



Ingeniería  
Servicios  
Capacitación

CASO PRÁCTICO

SISTEMA DE VENTILACIÓN AUXILIAR /  
DESARROLLO RAMPA PRINCIPAL

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

## CASO PRÁCTICO:

### SISTEMA DE VENTILACIÓN AUXILIAR - DESARROLLO RAMPA PRINCIPAL

#### 1. Descripción del Problema

---

Se desea diseñar, calcular y dimensionar un Sistema de Ventilación Auxiliar para atender las operaciones de desarrollo de Rampa principal.

El contaminante principal a controlar (dilución-extracción) durante el desarrollo de la Rampa, son los gases emitidos por los equipos diesel que operarán al interior de dicha labor.

#### 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

---

- Altura geográfica - faena : 2.400 m.s.n.m.
- Densidad del aire - faena : 0,056 lb/pe<sup>3</sup>
- Desarrollo rampa : Desde superficie
- Longitud rampa (a desarrollar) : 1.100 m.
- Sección rampa : 5,0 x 4,0 m.
- Flota operativa equipos diesel : 1 cargador frontal x 160 HP  
+ 1 camión x 140 HP
- Número de trabajadores/turno : 10 trabajadores

### 4. Solución

---

Considerando la longitud máxima de Rampa a desarrollar (L= 1100 m.), se recomienda implementar un Sistema de Ventilación Auxiliar de Tipo Aspirante, en el cual, el aire fresco (de ventilación) entrará por la galería a desarrollar y, el aire contaminado será extraído por ductos, hasta superficie.

Dado sistema aspirante a implementar, se recomienda utilizar ducto flexible (confeccionado en tejido de poliéster, recubierto con PVC), reforzado con espiral de acero.

De acuerdo a las dimensiones físicas de la galería a desarrollar y de los equipos mineros que allí operarán, se propone instalar un tendido de ductos de 1.200 mm. de diámetro.

#### 4.1 Requerimiento de Caudal de Aire

Dado que, el mayor contaminante ambiental que se generará -dentro de las operaciones de desarrollo de Rampa a ventilar- son los gases emitidos por los equipos diesel, el caudal de aire de ventilación deberá ser calculado de acuerdo a normativa de suministrar 2,83 m<sup>3</sup>/min por cada HP motor de todo equipo diesel en operación (equivalente a 100 pie<sup>3</sup>/min por cada HP motor). (**Art. 132, D.S. N°132/72**).

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 (**Art. 132 y 138, D.S. N°132/72**).

Se tiene:

#### 4.1.1 Total Q requerido (Equipos Diesel)

##### i) Caudal (Q) Equipos Diesel - Cargador Frontal

$$\begin{aligned} \text{Caudal (Q) Cargador Frontal} &= 160 \text{ HP} \times 100 \text{ pie}^3/\text{min} \\ \text{Caudal (Q) Cargador Frontal} &= 16.000 \text{ pie}^3/\text{min} \end{aligned}$$

---

##### ii) Caudal (Q) Equipos Diesel - Camión

$$\begin{aligned} \text{Caudal (Q) Camión} &= 140 \text{ HP} \times 100 \text{ pie}^3/\text{min} \\ \text{Caudal (Q) Camión} &= 14.000 \text{ pie}^3/\text{min} \end{aligned}$$

---

#### Subtotal Caudal (Q) requerido/equipos

$$\begin{aligned} \text{Subtotal Caudal (Q) requerido/equipos} &= [16.000 + 14.000] \text{ pie}^3/\text{min} \\ \text{Subtotal Caudal (Q) requerido/equipos} &= 30.000 \text{ pie}^3/\text{min} \end{aligned}$$

---

#### 4.1.2 Requerimiento de aire (trabajadores)

##### Cantidad de Trabajadores:

$$\begin{aligned} &= 10 \text{ trabajadores} \times 3 \text{ m}^3/\text{min}/\text{trabajador} [1] \\ &= 30 \text{ m}^3/\text{min} \\ &= 1.059,6 \text{ pie}^3/\text{min} \text{ (aprox.)} \\ \text{Caudal (Q) Trabajadores} &= 1.100 \text{ pie}^3/\text{min} \end{aligned}$$

---

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

$$\text{Total Caudal (Q) requerido (equipos + trabajadores)} = [30.000 + 1.100] \text{ pie}^3/\text{min}$$

$\text{Total Caudal (Q) requerido (equipos + trabajadores)} = 31.100 \text{ pie}^3/\text{min}$
--

A este caudal debe agregársele, como mínimo, **30% del Caudal (Q) requerido** por concepto de fugas/filtraciones, obteniéndose:

$$\begin{aligned} \text{Caudal (Q) filtraciones} &= (0,30 \times 31.100) \text{ pie}^3/\text{min} \\ \text{Caudal (Q) filtraciones} &= 9.330 \text{ pie}^3/\text{min} \end{aligned}$$

---

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

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

$$\begin{aligned}\text{Caudal (Q) TOTAL} &= (\text{Q requerido} + \text{Q filtraciones}) \text{ pie}^3/\text{min} \\ &= (31.100 + 9.330) \text{ pie}^3/\text{min} \\ &= 40.630 \text{ pie}^3/\text{min} \\ \text{Caudal (Q) TOTAL} &= 41.000 \text{ [pie}^3/\text{min]}\end{aligned}$$

#### 4.2 Cálculo Caída de Presión Estática

De acuerdo a la expresión:

$$P_s = \left[ \frac{1,247 \times K \times L \times Q^2}{D^5} \right]$$

Donde:

$P_s$	: Caída de presión estática ducto	(Pulg. de Agua)
$K$	: Coeficiente de fricción ducto	(lbf x min <sup>2</sup> / pie <sup>4</sup> x 10 <sup>-10</sup> )
$L$	: Longitud ducto	(pie)
$Q$	: Caudal de aire a mover	(pie <sup>3</sup> /min)
$D$	: Diámetro ducto	(pie)

Y, para un Coeficiente de Fricción de ducto ( $K$ ), igual a  $30 \times 10^{-10}$  [lbf x min<sup>2</sup> / pie<sup>4</sup>], para una longitud de ducto ( $L$ ), igual a 1.100 m., un caudal igual a 41.000 pie<sup>3</sup>/min y, un diámetro de ducto ( $D$ ), igual a 1.200 mm., se obtiene:

<b>Caída de Presión Estática (<math>P_s</math>) = 24,0 [Pulgada de Agua]</b>
--

### 4.3 Dimensionamiento Propuesto

De acuerdo a la longitud de galería a desarrollar y, a la caída de presión estática obtenida, se recomienda la implementación del siguiente sistema: instalar 4 (cuatro) ventiladores auxiliares, de tipo axial, extractores, idénticos, según disposición en serie dentro del tendido de ductos, separados 275 m. entre ellos [ 1].

Cada uno de los ventiladores auxiliares, deberá generar el siguiente Punto de Operación:

<b>Caudal (Q) = 41.000 [pie<sup>3</sup>/min] ; Caída de Presión Estática (Ps) = 6,0 [Pulg. de Agua]</b>
---

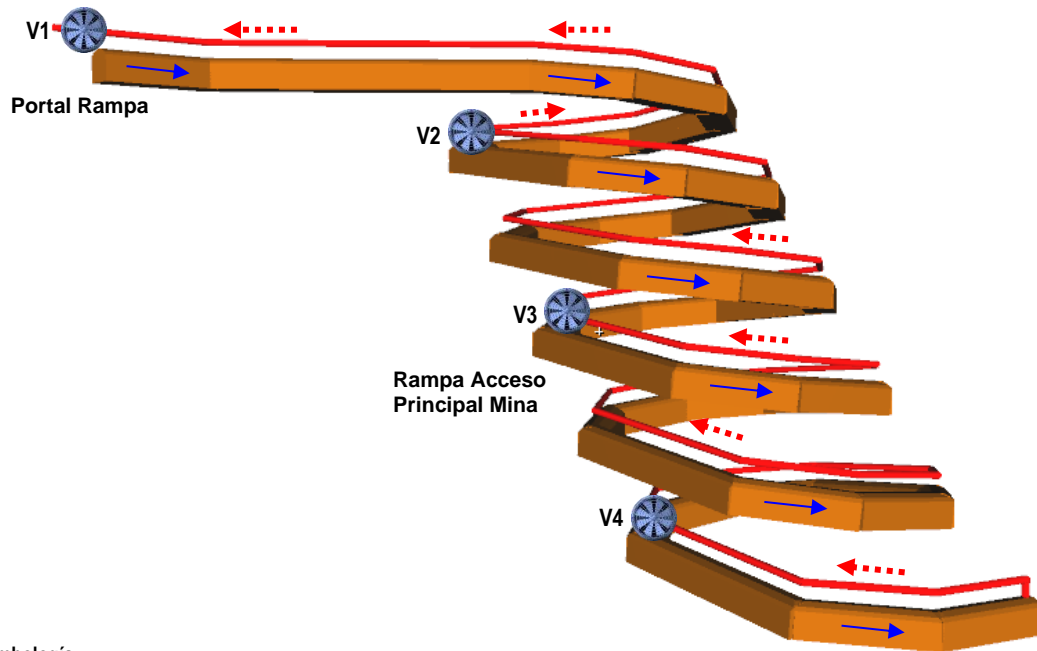
**Nota:**

***Se deberá especificar el punto de operación (Q v/s Ps), único, de cada uno de los 4 (cuatro) ventiladores auxiliares, de tipo axial, requeridos de instalar, de manera tal que, proveedores coticen las unidades ventiladoras (idénticas) -con potencia de motor eléctrico correspondiente- que satisfagan tal punto; en tal especificación, se deberá incluir la altura geográfica promedio en dónde se instalará dichos equipos.***




---

[ 1]: Tales equipos, deberán ser instalados de manera progresiva según avance el desarrollo de la Rampa.

## ESQUEMA: SISTEMA DE VENTILACIÓN AUXILIAR - TIPO ASPIRANTE



### Simbología

-  : Aire fresco entrando (desde superficie) por galería
-  : Aire contaminado saliendo (hacia superficie) por ductos
-  : Ventilador Auxiliar Extractor (Instalación en Serie)