



Ingeniería
Servicios
Capacitación

DISTRIBUCIÓN DE AIRE - VENTILACIÓN MINERÍA SUBTERRÁNEA

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

DISTRIBUCIÓN DE AIRE - VENTILACIÓN MINERÍA SUBTERRÁNEA

Definición:

“La distribución de aire en un Sistema de Ventilación de Minas, es la asignación de caudales de aire -en cantidad y calidad- al interior de los diversos sectores de la mina demandantes del recurso, de manera tal de lograr: medioambientes subterráneos aptos para el normal desempeño de los trabajadores y, una óptima operación de las instalaciones y equipos”.

Reseña evolutiva - Distribución de aire de ventilación

La distribución efectiva del recurso aire hacia los diferentes sectores de una mina a ventilar, es función del uso y buen grado de utilización de los ventiladores (principales y secundarios), más los diversos dispositivos de control de flujos de aire de ventilación, tales como puertas de ventilación, tapados y reguladores, instalados para este fin (distribución) al interior de los circuitos -principales y secundarios- de ventilación.

En las últimas décadas, se han producido fuertes cambios en cuanto a inyección, distribución y extracción de aire de ventilación en minas subterráneas explotadas por métodos de hundimiento; dichos cambios, se han generado debido a diferentes factores, tales como cambios desarrollados en métodos de explotación, lejanía entre los portales de ventilación y los puntos finales de consumo del vital elemento en interior mina, lo cual ha ido acompañado de una masiva incorporación y operación de equipos diesel, implicando -esto último- un incremento de contaminantes (Calor, Gases, Polvo) y de las correspondientes concentraciones ambientales de dichos contaminantes, altamente tóxicos para la vida humana.

En los inicios de la explotación minero-subterránea mediante método Block Caving, la inyección y distribución de aire fresco hasta el nivel de producción, se lograba mediante chimeneas de inyección principal conectadas directamente al nivel de producción; tal distribución, aún cuando permitía la inyección directa a dicho nivel (de alto consumo), no permitía el uso de ventiladores de alta capacidad dado las altas velocidades de aire (en galerías) que ésto implicaba. Por otro lado, no resultaba fácil el buen manejo y distribución del aire -en el mismo nivel, de producción, demandante del recurso- dado el alto tráfico de personas, operación de equipos y otros, que prácticamente taponeaban el normal paso del aire por el nivel.

A mediados de los años '50, se introdujo en Chile -en Mina El Teniente- el concepto de Subnivel de Ventilación (SNV), el cual está conformado por galerías de INY. y EXT., desarrolladas para el manejo exclusivo de aire fresco de ventilación y aire contaminado de extracción. Desde el SNV, se distribuía el aire fresco (XC's de Inyección) -por medio de chimeneas de inyección- hacia los niveles



Figura 1: Pala LHD

demandantes y, a su vez, se extraía aire contaminado, por medio de chimeneas de extracción, desde los diferentes niveles atendidos, hacia los XC's de extracción del SNV.

Es interesante consignar que, la implementación de SNV, conformado por galerías (conectadas a chimeneas exclusivas de ventilación), dentro de las cuales se incorporó puertas y tapados, se constituyó -por esos años- en el inicio de circuitos de ventilación y distribución de aire controlado hacia los diversos lugares de consumo.

La incorporación de SNV dentro de la explotación subterránea según método Block Caving, mejoró -sin duda alguna- la distribución del recurso aire al interior de los sectores. El aire inyectado se distribuía desde galerías independientes

(SNV), conectadas sólo por chimeneas a los niveles demandantes de aire; al interior, del SNV no existían obstrucciones por tránsito de personal, tránsito de equipos, ni problemas de corto circuito por mal manejo de puertas. A mediados de los años '60, se incorporó fuertemente el uso de dispositivos de control de flujos (puertas de ventilación, reguladores y tapados) para suministrar y distribuir -de manera más eficiente- el recurso aire de ventilación; además, se aumentó las secciones de las galerías que conformaban el SNV (Mina El Teniente - CHILE).

Dentro de los años '70, se incorporó -en forma masiva- palas LHD accionadas por motores diesel, en niveles de producción (período de transición desde explotación Block Caving, a Panel Caving), lo cual implicó un fuerte aumento de los requerimientos de ventilación subterránea en términos de mayor caudal de aire movido para diluir-extraer gases tóxicos emitidos por la operación de dichas palas.

Dentro de los años '70, se incorporó -como herramienta de apoyo a los proyectos de ventilación- el uso de Modelos computacionales de equilibrio de redes de ventilación, basados éstos en el algoritmo original desarrollado por Hardy Cross (U.S.A.). Como es bien conocido, tales modelos permitían -ya en esos tiempos- predecir los movimientos y distribución de aire al interior de minas simuladas, como también conocer qué equipo y/o dispositivo de control de flujo era necesario [instalar ventilador(es) y/o regulador(es)] y, en qué ramas dentro del circuito general, representado por un diagrama equivalente de ventilación, de manera tal de lograr los caudales requeridos en mina real (previamente definidos como caudal impuesto dentro de la base de datos del Modelo). En la misma década, se utilizó ventiladores auxiliares (de 40 y 50 HP), como ventiladores reforzadores en chimeneas de ventilación, en sectores de mineral primario (Mina El Teniente - CHILE).

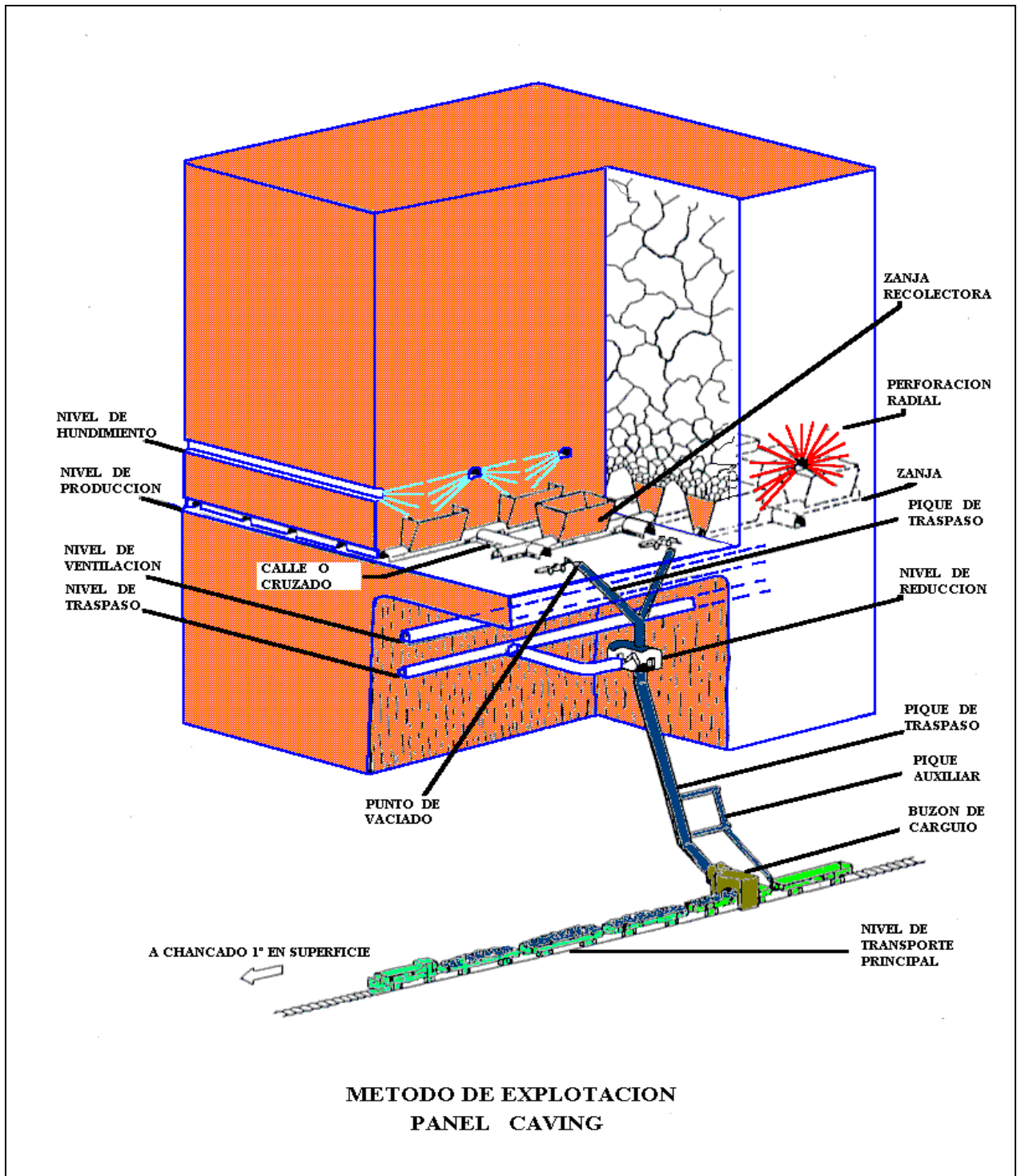


Figura 2: Método de Explotación Panel Caving

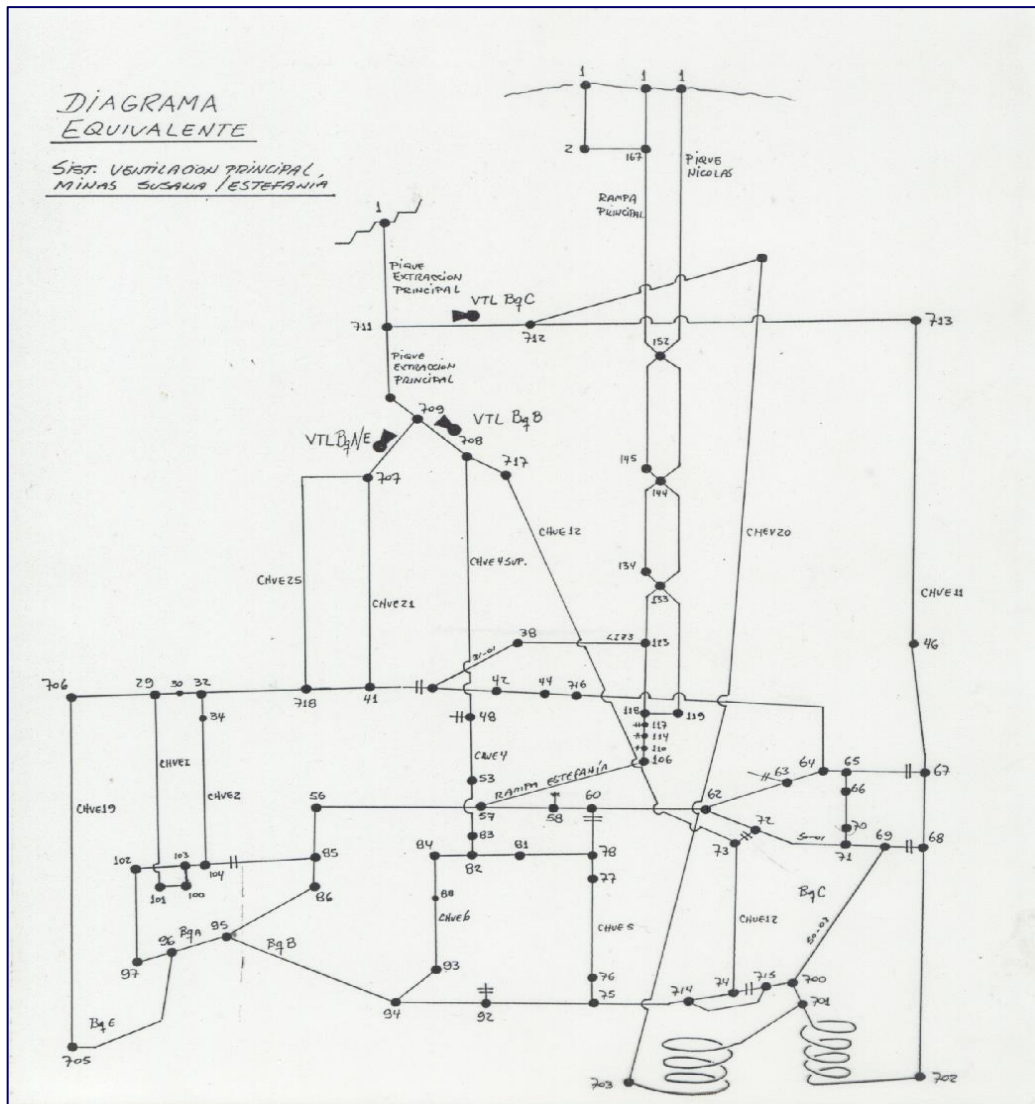


Figura 3: Diagrama Equivalente de Ventilación

A fines de los años '80, se incorporó reguladores metálicos de accionamiento manual, en frontones de chimeneas de ventilación, en calles de producción [1].

[1]: Ref.: CODELCO-CHILE, DIVISIÓN EL TENIENTE.

Desde el año 2000, en Mina Río Blanco (Codelco-Chile, División Andina), explotada por Método Panel Caving, se está utilizando como dispositivos de distribución de flujos de aire de ventilación, ventiladores auxiliares reforzadores y reguladores (controlados de forma manual y telecomandados) ; los primeros (ventiladores) actúan ya sea como ventiladores reforzadores de inyección de aire, por chimeneas, desde subniveles de ventilación (SNV-16½ ; SNV-17), hasta los diferentes niveles demandantes del recurso (por ejemplo: Nivel de Producción) ó, como ventiladores reforzadores de extracción de aire, por chimeneas, desde los respectivos niveles (por ejemplo: Nivel 17-Transporte), hasta los respectivos subniveles de ventilación (SNV-16½ ; SNV-17). Por otro lado, los reguladores operan en circuitos de inyección de alta presión (en área cercanas a ventiladores principales de inyección), desde dónde se distribuye aire fresco -en forma controlada (por medio de una abertura predefinida en el regulador)- hacia diferentes puntos de consumo [1].

De acuerdo a lo consignado en páginas anteriores, es posible concluir que, efectivamente la distribución de aire de ventilación en minas explotadas por métodos Block y Panel Caving ha evolucionado notablemente en lo que respecta a infraestructura, como también al equipamiento requerido de implementar, es decir ventiladores principales + ventiladores auxiliares reforzadores + dispositivos de control de flujos, tales como: puertas, reguladores, tapados, otros.

[1]: Ref.: CODELCO-CHILE, DIVISIÓN ANDINA

PROYECTO:

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN AIRE - MINA SUBTERRÁNEA

Un estudio que aborde el proyecto: **SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN AIRE - MINA SUBTERRÁNEA**, deberá entregar por resultado:

- La **infraestructura** requerida (galerías, piques y chimeneas que -eventualmente- pudiesen requerirse, complementarios a infraestructura ventilación principal), más
- El **equipamiento** requerido, es decir, **ventiladores secundarios** (reforzadores) y/u otras unidades de aireación (como, por ejemplo: incorporación de unidades Jet Fans (ventiladores de chorro) para atender aquellas áreas específicas, en dónde los circuitos de ventilación principal, no logran atenderlas), más
- Los **dispositivos de control de flujos de aire de ventilación** requeridos, tales como **puertas, tapados, reguladores** (manuales y/o automáticos), **otros**.

La infraestructura y equipamiento -por definir y dimensionar al interior del proyecto en cuestión- deberá asegurar una efectiva distribución de caudales y, por ende, una ventilación aceptable de los diversos puntos particulares de consumo, para c/u de los diferentes niveles de una mina subterránea en particular.

Se lista, a continuación, los diferentes puntos de consumo -de aire de ventilación- de una mina explotada por método Panel Caving:

- Instalaciones Subterráneas : Oficinas, paños, naves de mantención, otros,
- Nivel de Producción : XC's de producción - LDH, Piques de producción,
- Nivel de Reducción : Estaciones de martillos, Chancadores subterráneos,
- Nivel de Transporte Principal : Avances FFCC, Estaciones de carguío de trenes,
- Nivel de Hundimiento : XC's de Hundimiento (perforación radial, polvorazos).

Consideraciones Generales

- Cabe señalar que, cuando se haga referencia a Distribución de Aire, se entenderá como tal a las siguientes fases: **inyección de aire fresco - ventilación - extracción de aire contaminado**. La aclaración anterior obedece al hecho de que, si sólo aseguramos la inyección de aire fresco al interior del sector, pero no aseguramos la extracción del aire contaminado desde el interior de dicho sector, mal podremos hablar de una distribución exitosa de aire.
- Es de interés consignar que, durante el desarrollo del Proyecto: **SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN AIRE - MINA SUBTERRÁNEA**, se deberá considerar -dentro de la fase de generación de opciones de equipamiento- la opción de instalar ventiladores reforzadores (de caudal fijo ó variable [1]) en subniveles de ventilación, los cuales deberán ser operables (estado ON/OFF) ya sea en forma local ó, en forma remota al equipo.
- Es preciso señalar que, cualquiera sea el ó los sistemas propuestos de implementar para distribución de aire al interior de sectores -demandantes del vital elemento- éstos deberán llevar asociado, y en forma indisoluble al proyecto mismo, programas exhaustivos de mantenimiento de cada uno de los componentes, equipos e instalaciones que conformen dichos sistemas.
- El *Costo de Inversión - Sistema de Distribución Aire*, absolutamente complementario al *Costo de Inversión - Proyecto Ventilación Principal*, deberá ser manejado con la mayor rigurosidad, dado su particular connotación dentro del Costo Global de Inversión en Ventilación.

Nota: Es necesario que, en la estimación del costo de inversión Sistema de Distribución Aire- Mina Subterránea, se incorpore los costos de Adquisición, Instalación y Montaje de todo el sistema eléctrico requerido (salas eléctricas, tendido de cables, sistemas de fuerza y control y otros).

[1]: Ante un comprobado requerimiento masivo de ventiladores con caudal variable, es necesario considerar la instalación - para esos casos específicos- de ventiladores con variador de frecuencia eléctrica (VDF) incorporado.

Sistema de Monitoreo y Control Centralizado

Dado que, la instalación de ventiladores de mediana capacidad actuando como reforzadores para atender niveles de producción, reducción y hundimiento, es una clara necesidad, a la fecha: se debe planear/implementar un Sistema de Monitoreo y Control Centralizado (del tipo Inteligente ó Semi-inteligente) del estado y operación de estos equipos.

El mismo concepto es válido para la eventualidad de que, al interior del Proyecto se proponga instalar reguladores de flujos de aire, los cuales además de poder ser operados en forma manual (CONTROL LOCAL), puedan también ser conectados a un Sistema de Monitoreo y Control a Distancia (ACTUACIÓN DE TIPO TELECOMANDADO).

Las funciones mínimas con que debería implementarse el *Sistema de Monitoreo y Control Centralizado de un Sistema de Distribución Aire - Mina Subterránea*, son las siguientes:

- Captura de información (*monitoreo*, en tiempo real) del estado de operación de ventiladores reforzadores y reguladores de flujos (con servomotores incorporados); actuación (*control*, del tipo ON/OFF) sobre los comandos de todos los motores de ventiladores reforzadores de caudal fijo, por sector ; y, actuación sobre los servomotores, de manera tal de controlar las diferentes posiciones de apertura de reguladores, incluida posición: “regulador cerrado”.
- Comando de operación ventiladores reforzadores de caudal variable, por sector:

Para el caso concreto de XC's-LHD, de gran longitud, en dónde una chimenea atiende a dos tramos independientes del XC, se recomienda considerar el uso de ventiladores reforzadores con variador de frecuencia eléctrica (VDF) incorporado, de manera tal de variar el caudal según opere(n) equipo(s) en uno ó los dos tramos del XC, simultáneamente (Ejemplo: Escenario 1: 1 equipo LHD operando en sólo uno de los tramos del XC ; Escenario 2: 2 equipos LHD, operando c/u de ellos en un tramo particular dentro del mismo XC).

La recomendación de considerar la implementación de un Sistema de Monitoreo y Control Centralizado dentro del Proyecto SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN AIRE - MINA SUBTERRÁNEA, apunta a lograr una eficiente administración de la operación -altamente coordinada- entre los diferentes elementos que conformarán el futuro Sistema Distribución de Aire en interior mina.