

**INGENIERIA DE DIAGNOSTICO:
SISTEMA DE EXTRACCION DE AIRE
BODEGA CONCENTRADO DE COBRE
N° 1**

**PREPARADO PARA
PUERTO VENTANAS S.A.
CHILE**

JUNIO 2013



BETTER AIR IS OUR BUSINESS



SIN MEDIDAS NO HAY CONTROL

INDICE

1	INTRODUCCION
2.	OBJETIVO GENERAL
2.1	OBJETIVO ESPECIFICO
3.	ALCANCES
4.	VENTILACIÓN GENERAL
4.1	PRINCIPIOS DE LA VENTILACIÓN GENERAL
4.2	CÁLCULO DEL CAUDAL DE EXTRACCIÓN
4.3	MOVIMIENTOS DEL AIRE
5	MEMORIA DE CÁLCULO
5.1	STOCKPILE N° 1
5.2	TOMA DE MEDICIONES
6	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
7	CONCLUSIONES

Srs. **PUERTO VENTANAS S.A.**
Att. Sr. Jorge Musa
Ref.: diagnóstico sistema extracción de Aire

24 de junio de 2013

Puerto Ventanas S.A. ha contratado a **TAIS Ingeniería** para realizar Diagnóstico a Sistemas de Extracción de Aire y des-presurización de Bodega de apilamiento de Concentrado de Cobre N°1

1 INTRODUCCION

Para la elaboración de esta Ingeniería de Diagnóstico se recopilaron los siguientes antecedentes:

- Visita técnica a Bodega N° 1
- Mediciones de velocidad de aire de Inyección y de salida por Celosías Gravitacionales, compuertas, traspaso de correa, puertas, etc.
- Medición de presión interior de bodega

Estas mediciones fueron realizadas con el siguiente instrumental

- Thermo-Anemómetro digital
- Tubo de Pitot Testo 512 digital

Puerto Ventanas S.A. se encuentra ubicado en la Bahía de Quintero, V Región en Camino Costero s/n Ventanas, Comuna de Puchuncaví, Valparaíso – Chile y posee las siguientes condiciones geográficas

Altura geográfica	: 5 msnm
Temperatura promedio	: 11,5°C mínima
	: 17,5°C máxima
Humedad Ambiente	: 38 a 90% HR

2 OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio a nivel de Ingeniería que permita evaluar técnicamente las condiciones actuales de funcionamiento del Sistema de Ventilación existente mediante extracción de aire verificando que este se encuentre bajo presión negativa.

2.1 OBJETIVO ESPECIFICO

- *Identificar los ingresos de aire no controlados tales como puertas, Lucarnas, etc. y minimizarlos más los ingresos de aire controlados como son las celosías gravitacionales.*
- *Determinar cantidad de aire que ingresa a la bodega por puertas y celosías gravitacionales midiendo la velocidad de este por un área posible de cuantificar.*
- *Tomar mediciones con un manómetro diferencial entre el interior de la bodega y el exterior para comprobar que se cumple con lo indicado en la Resolución de Calificación Ambiental del Proyecto **"AMPLIACION CAPACIDAD DE ACOPIO CONCENTRADOS DE COBRE EN PUERTO VENTANAS "** en el punto 3.12.12.3.2.*
- *Analizar y realizar recomendaciones con la finalidad de optimizar el funcionamiento de dicho sistema*
- *El estudio, además considera el cumplimiento de la legislación vigente, específicamente con el "Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo, D.S. 594 del Ministerio de Salud", publicado en el Diario Oficial el 5 de julio del 2001, artículos 32 al 35.*

3 ALCANCES

El alcance del trabajo comprende el desarrollo de:

- *Levantamiento físico de los equipos existentes*
- *Toma de mediciones de velocidades y presión*
- *Diagnostico de operación de los equipos existentes*
- *Ingeniería (memorias de cálculo)*
- *Conclusiones y recomendaciones*

4 VENTILACIÓN GENERAL

La ventilación general tiene como objeto el mantenimiento de la pureza y de unas condiciones en el aire de un local determinado, es decir, mantener la temperatura, velocidad del aire y un nivel de polvo y/o gases dentro de los límites admisibles para preservar la salud de los trabajadores.

El aire con polvo y/o gases se extrae del local, previo filtrado, mientras se introduce aire exterior para reemplazarlo.

Se llama ventilación general mecánica cuando las renovaciones de aire se llevan a cabo mediante ventiladores.

4.1 PRINCIPIOS DE LA VENTILACIÓN GENERAL

La concepción de una instalación de ventilación general mecánica contiene una gran parte de intuición, sin embargo se pueden enumerar los siguientes principios:

- *Asegurarse previamente de que la solución por ventilación localizada es técnicamente imposible.*
- *Tener en cuenta que puede aplicarse a contaminantes de baja toxicidad, de rápida difusión, pequeños flujos de emisión y siempre que el personal laboral está alejado de los focos emisores.*
- *Forzar un flujo general desde las zonas limpias.*
- *Evitar las zonas de flujo muerto.*
- *Compensar las salidas de aire por las correspondientes entradas de aire.*
- *Utilizar extracción mecánica y entrada natural o ambas mecánicas.*

Filtración y Control de Polvo y Gases

- *No se debe considerar una instalación de ventilación general para resolver problemas con gran cantidad de material particulado debido a que éste presenta dificultades de difusión.*
- *Se debe lograr tener una presión interior menor a la exterior con la finalidad de evitar que el polvo y/o gases que se puedan producir en el interior de un local, se propague hacia el ambiente.*

4.2 CÁLCULO DEL CAUDAL DE EXTRACCIÓN

El caudal de extracción, se debe calcular en función de las renovaciones de aire por hora, no existe un método certero para determinar cual es el valor más adecuado.

En este campo es arriesgado dar normas precisas, dado que hay muchos factores que intervienen, por lo que se debe trabajar de acuerdo a valores recomendados y a la experiencia que se tenga en procesos similares.

Estas renovaciones dependen a la naturaleza o destino de los locales. A modo de ejemplo se muestra la siguiente tabla:

TIPO DE LOCAL	RENOVACIONES DE AIRE / HORA
<i>Taller de pintura</i>	30-60
<i>Taller de mecanizado</i>	6-10
<i>Fundiciones</i>	6-10
<i>Hospitales</i>	6-8
<i>Laboratorios</i>	6-12
<i>Sala de calderas</i>	20-30
<i>Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo, D.S. 594 del Ministerio de Salud</i>	6 - 60

4.3 MOVIMIENTOS DEL AIRE

Es sabido que el aire en movimiento crea un efecto refrescante que puede ser expresado en función de la disminución de la temperatura del aire (temperatura seca) el cual daría el mismo efecto refrescante en aire tranquilo.

Un punto delicado radica en la ventilación de grandes naves. En efecto, si se aplica una tasa de renovación incluso elevada, se tiene la impresión de hacer intervenir caudales enormes que deberían dar resultados positivos; sin embargo si hacemos el cálculo de la velocidad de circulación del aire por la sección de la nave, una velocidad óptima sería de 0,3 a 0,7 m/ s.

No existen normas fijas referidas a disposición del sistema de ventilación debido a los diferentes tipos de construcciones y de necesidades existentes. Sin embargo pueden darse una serie de indicaciones generales, que fijan la pauta a seguir en la mayoría de los casos:

- Las entradas de aire deben estar diametralmente opuestas a la situación de los ventiladores, de forma que todo el aire utilizado haga un barrido por toda la sección de la nave.
- Es conveniente situar los extractores en un lugar cercano al apilamiento de material, de manera que la corriente de aire no arrastre partículas a todo el largo de la nave (ver FIGURA 4.2).
- Debe procurarse que el extractor no se halle cerca de una ventana abierta, o de otra posible entrada de aire, a fin de evitar que el aire expulsado vuelva a introducirse o que se formen bolsas de aire estancado en el local a ventilar.

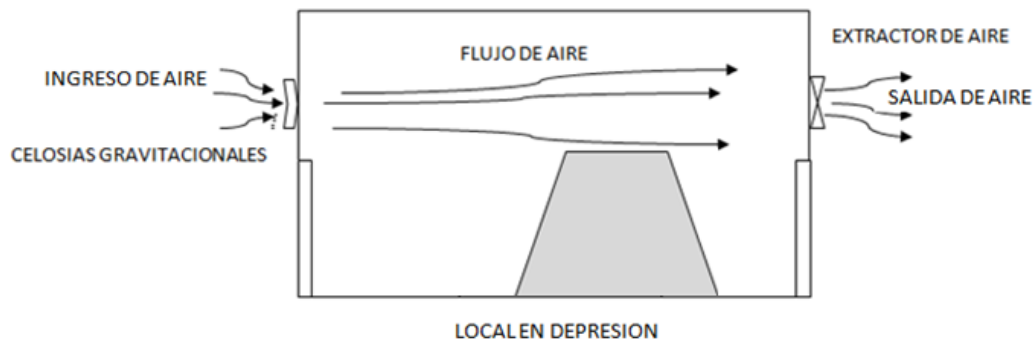


FIGURA 4.2

5 MEMORIA DE CÁLCULO

Para mantener una depresión en el interior de un recinto, el Caudal másico que es extraído por los ventiladores axiales (m_v) debe ser mayor en un cierto % al que ingresa por puertas (m_p), celosías gravitacionales (m_c), salida de correa (m_{co}) y otros ingresos (m_x).

Realizando un balance másico tenemos:

$$m_v > m_p + m_c + m_{co} + m_x$$
$$\delta V_v A_v > \delta V_p A_p + \delta V_c A_c + \delta V_{co} A_{co} + \delta V_x A_x$$

Donde:

δ = densidad del aire

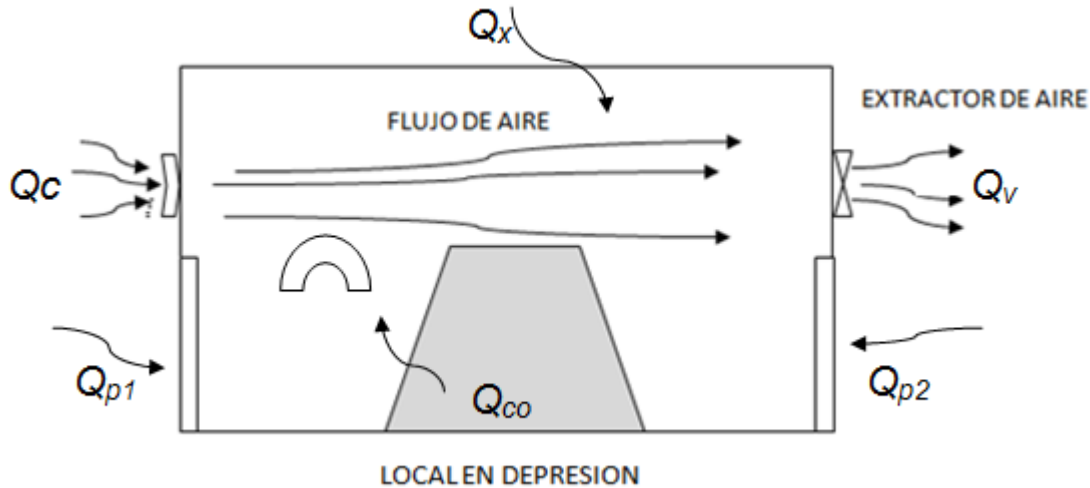
V = Velocidad de ingreso de aire

A = Area de ingreso de aire

Considerando que la densidad del aire que es extraído es igual a la densidad del aire que ingresa al local, tenemos lo siguiente:

$$V_v A_v > V_p A_p + V_c A_c + \delta V_{co} A_{co} + V_x A_x$$

$$Q_v > (Q_{p1} + Q_{p2}) + Q_c + Q_{co} + Q_x$$



Donde:

Q_v = Caudal extraído por los Ventiladores Axiales

Q_c = Caudal que ingresa por celosías gravitacionales

Q_{p1} = Caudal que ingresa por puerta 1

Q_{p2} = Caudal que ingresa por puerta 2

Q_{co} = Caudal túnel correa

Q_x = Caudal considerado por pérdidas e infiltraciones (30% de caudal requerido)

5.1 STOCKPILE N° 1

La Bodega N° 1 es un Stock Pile que almacena aproximadamente 30.000 ton/m de Concentrado de Cobre ocupando un volumen de 13.636 m³.

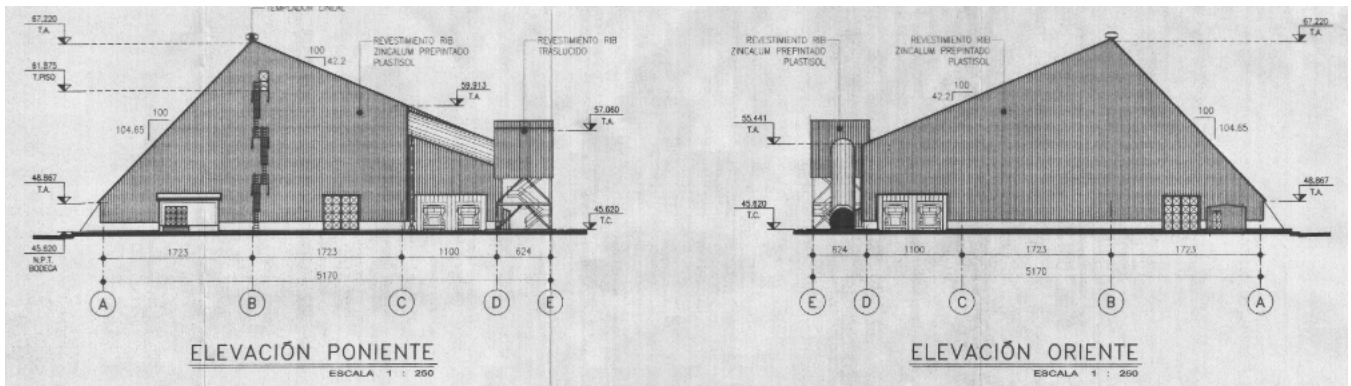


FIGURA 5.1 VISTAS BODEGA N° 1



Celosías gravitacionales

FOTOGRAFIA 5.1 VISTA DE CELOSÍAS GRAVITACIONALES BODEGA N° 1

Instalaciones existentes:

- 5 lucarnas las que en el momento de realizar mediciones, se encontraban cerradas.
- 7 ventiladores axiales de extracción ubicados en pared oriente
- 7 celosías gravitacionales ubicadas en pared poniente

Ventiladores

Cantidad	: 7
Modelo	: ADVA-1100-AD
Diámetro	: 1100 mm
Potencia	: 4 HP (380 V / 50 Hz / 3 f)
RPM	: 950
Accionamiento	: Directo
Caudal	: 43.500 m ³ /h
Presión	: 10 mmca
Motor	: Siemens alta eficiencia
Material base	: Acero Galvanizado en caliente de 6mm
Material Aspa	: Aluminio
Caja de celosía	: Integrada de material galvanizado
Sección	: 1200 x 1200
Material	: Acero galvanizado
Tipo	: Aletas paralelas
Accionamiento	: Actuador electro mecánico

Celosía

Dimensiones	: 1165 x 1165 mm
Material	: Acero Galvanizado
Tipo	: Aletas paralelas
Accionamiento	: Gravitacional

5.2 TOMA DE MEDICIONES

Al momento de realizar las mediciones, la Bodega N° 1 cumplía lo siguiente:

Puerta N° 1 : cerrada (apertura aproximada de 100 mm)

Puerta N° 2 : cerrada (apertura aproximada de 60 mm)

Lucarnas : cerradas en un 100%

Dimensiones de nave:

Ancho : 34,46 m

Largo : 72,00 m

Alto : 21,60 m

Volumen : 37.682 m³

Se realizaron mediciones de velocidades de ingreso en celosías, puertas y otras aberturas obteniendo los siguientes resultados:

CELOSÍAS GRAVITACIONALES

Area Abierta de Celosía : 0,93 m²

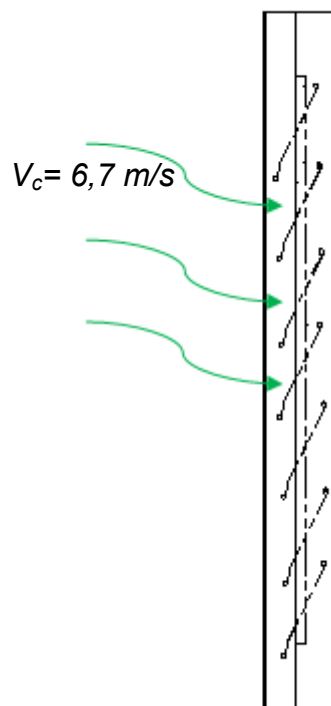
Velocidad de aire : 6,7 m/s

N° Celosías : 7

$$Q_c = V \times A \times N^\circ \text{ celosías}$$

$$Q_c = (6,7 \text{ m/s} \times 3600) \times 0,93 \text{ m}^2 \times 7$$

$$Q_c = 157.021 \text{ m}^3/\text{h}$$



De similar manera, determinamos los siguientes caudales:

$$Q_{p1} = 12.300 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (puerta cerrada)}$$

$$Q_{p2} = 9.700 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (puerta cerrada)}$$

$$Q_{co} = 22.791 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_x = 30\% \text{ de caudal requerido}$$

$$Q_{req} = Q_c + Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{co} + Q_x$$

$$Q_x = 30\% Q_{req}$$

$$Q_{req} = 201.812 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_x = 60.544 \text{ m}^3/\text{h}$$

Por lo tanto la cantidad de aire que ingresa a la nave (Q_{total}) corresponde a la suma del caudal requerido y del caudal considerado por pérdidas e infiltraciones.

$$Q_{total} = Q_{req} + Q_x$$

$$Q_{total} = 262.356 \text{ m}^3/\text{h}$$

La depresión es controlada mediante las Celosías Gravitacionales las cuales se abrirán o cerrarán dependiendo de la hermeticidad lograda principalmente en puertas, las que se recomienda permanezcan cerradas.

Se realizó además medición de presión interior respecto de la presión atmosférica dando el siguiente resultado:

$$\Delta P = -4,0 \text{ mmca}$$

El valor de "depresión" o diferencia de presión recomendado en el interior con respecto de la atmosférica, está entre -2 @ -5 mm.c.a.

El caudal extraído por la batería de 7 ventiladores axiales es de:

$$Q_v = 304.500 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{ventiladores}} > Q_{\text{total}}$$

$$304.500 \text{ m}^3/\text{h} > 262.356 \text{ m}^3/\text{h}$$

6 OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

La finalidad principal de estos sistemas de ventilación, es lograr una “depresión” o presión negativa al interior de las Bodegas de Concentrado de Cobre logrando que por las celosías, puertas y otras aberturas, ingrese aire limpio exterior producto del aire extraído por la batería de ventiladores axiales.

Debe cumplirse que:

- El caudal extraído por los ventiladores debe ser mayor que el caudal que ingresa por celosías, puertas, túneles, pérdidas e infiltraciones

$$Q_{\text{ventilador}} > Q_{\text{total}}$$

$$304.500 \text{ m}^3/\text{h} > 262.356 \text{ m}^3/\text{h}$$

- El N° de renovaciones hora esté dentro de los rangos recomendados de acuerdo a D.S. 594 del Ministerio de Salud

El **NRH** considerando la bodega sin material almacenado es:

$$N^{\circ} RH = Q_{\text{total}} / V_{\text{bodega}}$$

$$N^{\circ}RH = 262.356 \text{ m}^3/\text{h} / 37.882 \text{ m}^3$$

$$\boxed{N^{\circ}RH = 6,9}$$

En rigor, deberíamos considerar el volumen libre de la bodega que se determina como la diferencia entre el volumen de bodega y el volumen de concentrado de cobre

$$V_{\text{real}} = V_b - V_{\text{conc}} = 37.882 \text{ m}^3 - 13.636 \text{ m}^3 = 24.246 \text{ m}^3$$

El **NRH** considerando la bodega con material almacenado es:

$$N^{\circ}RH = 262.356 \text{ m}^3/\text{h} / 24.246 \text{ m}^3$$

$$\boxed{N^{\circ}RH = 10,8}$$

Filtración y Control de Polvo y Gases

- *La diferencia de presión entre el interior de la bodega y la atmosférica, debe estar entre -2 mm.c.a. y -5 mm.c.a.*

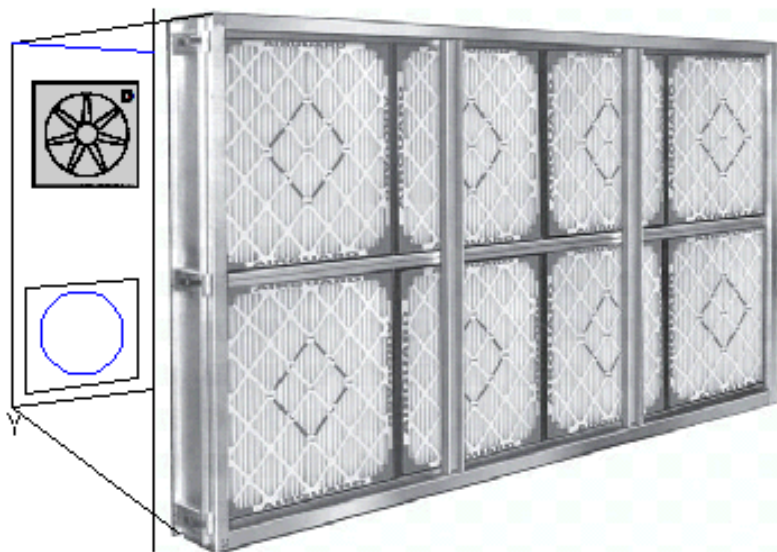
$$\Delta P = -4,0 \text{ mm.c.a.}$$

Si logramos disminuir los ingresos de aire no deseados, la mayor parte del aire ingresará por las Celosías Gravitacionales, las cuales están diseñadas para controlar la depresión al interior de la bodega, por esta razón, se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- *Las puertas deben permanecer cerradas completamente mientras se esté cargando o descargando material al interior de la bodega, principalmente las puertas ubicadas en zonas cercanas a los ventiladores debido a que provocarán una circulación de aire entre ambas y no en toda la trayectoria longitudinal de la bodega.*
- *Verificar que las celosías de los ventiladores con actuadores y las celosías gravitacionales funcionen correctamente.*
- *El deficiente funcionamiento de las celosías con actuadores instaladas en los ventiladores al no activarse y abrirse completamente, podría provocar un recalentamiento del motor de éstos.*
- *Los filtros instalados en los ventiladores deben reponerse cuando se encuentren saturados debido a que esta saturación, hará aumentar la pérdida de carga disminuyendo la eficiencia de estos equipos y por ende la eficiencia del sistema.*

Filtración y Control de Polvo y Gases

Una gran área filtrante permitirá una mejor extracción de aire, una disminución de las pérdidas de carga, una mayor vida útil de los filtros y menores tiempos de detención y horas/hombre por mantención, por lo que se recomienda la instalación de un Banco de Filtros que cubra toda la superficie donde se encuentran instalados los ventiladores formando un plenum el cual además podría ser útil para acceder a cada ventilador y al recambio de filtros.

**BANCO DE FILTROS DE AIRE**

7 CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis de los resultados obtenidos como consecuencia de nuestra Ingeniería de diagnóstico, podemos concluir técnicamente que el sistema de Ventilación instalado en Bodegas de Concentrado de Cobre N° 1 cumple con el propósito para el que fueron destinados y diseñados, que es ventilar los recintos por Depresión extrayendo el aire de la bodega provocando que esta quede en depresión respecto de la Presión Atmosférica. El aire penetra desde el exterior por las aberturas existentes y destinadas para ello efectuando una ventilación y des-presurización efectiva.

Los valores obtenidos de renovaciones de aire cumplen totalmente con lo dispuesto por el "Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo, D.S. 594 del Ministerio de Salud"

- *Para Bodega N° 1 se determinaron valores de RH considerando bodega vacía y bodega al máximo de su capacidad, tomaremos un valor promedio de ellos, resultando:*

$$\mathbf{N^{\circ}RH_{Bod. N^{\circ} 1 \text{ promedio}} = 8,85}$$

Los valores recomendados van desde 6 RH como mínimo hasta 60 RH dependiendo de las condiciones ambientales existentes, o de la magnitud de la concentración de polvo y gases.

El valor medido de la presión en el interior de la bodega cumple con los rangos recomendados que debe estar entre -2 mm.c.a.@-5 mm.c.a.

$$\Delta P_{\text{medido}} = -4,0 \text{ mm.c.a.}$$

Al realizar las mediciones de velocidad de aire por puertas y celosías, se verificó que el sentido de la corriente de aire es desde el exterior hacia el interior de las bodegas, lo que indica que el volumen de aire interior se está renovando de acuerdo a lo dispuesto y que la presión interior es inferior a la Presión Atmosférica.

Filtración y Control de Polvo y Gases

De los sistemas existentes para ventilación de recintos, el utilizado es el que mejor cumple con el objetivo.

Desde el punto de vista Técnico-Económico es más conveniente debido a que no se requiere de redes de ductos ni grandes instalaciones para lograr una ventilación por depresión.

Los otros sistemas tales como filtros de mangas, ciclones, etc. son muy eficientes pero para extracción localizada, no para Ventilación General ni para obtener una presión negativa en un recinto de grandes dimensiones que corresponde al presente estudio.

Referencias:

- *Industrial Ventilation, A Manual of Recommended Practice for Design, 26th edition, 2007*
- *Manual de Ventilación, Salvador Escoda, Barcelona*
- *Guía metodológica de Seguridad para Ventilación en minas, Servicio Nacional de Geología y Minería, Sergio Andrade Gallardo, Departamento de Seguridad minera, Santiago de Chile, 2008*



*Italo Vaccaro R.
Ing. De Proyectos
TAIS Ingeniería*