

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA
MINERA Y METALURGICA**



**DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN
EN LA VETA RAYO
(EMPRESA MINERA LOS QUENUALES S.A.
- UNIDAD YAULIYACU)**

TESIS

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE MINAS**

PRESENTADO POR :

ESTEBAN ENRIQUE ARIAS MENDOZA

**LIMA – PERÚ
2005**

Dedicatoria:

“A mi madre y padre por su abnegado apoyo incondicional, a mi esposa e hijos Jahayra, Santiago Alonso y Aleli por su amor y comprensión”

Agradecimiento:

Primeramente agradezco a Dios, a la Empresa Minera Los Quenuales S. A., en su Unidad de Producción Yauliyacu, por brindarme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente, también a todos los ingenieros, Ing. Fernando Ramos, Ing. Pedro Quinteros, Ing. Fernando Café, Gerente General, Ing. Richard Contreras, Gerente de Operaciones, Ing. Roberto Vicuña, Superintendente Técnico, Ing. Miguel Torres, Jefe de Ventilación; que con sus experiencias, conocimiento y aportes, han contribuido en el desarrollo de mi formación profesional, el cual hoy día me siento realizado.

También a los Asesores y tutores M.Sc. Ing. Fidel Julio Hidalgo M., Decano de la FIGMM, M.Sc. Ing. José A. Corimanya M., Catedrático UNI, han hecho posible la realización de la presente tesis.

DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACION EN LA VETA RAYO (EMPRESA MINERA LOS QUENUALES S. A. - Unidad Yauliyacu)

INDICE

RESUMEN

INTRODUCCION

1.- ASPECTOS GENERALES

- 1.1 Ubicación
 - 1.1.1 Plano de Ubicación
- 1.2 Accesibilidad
- 1.3 Clima
- 1.4 Recursos Energéticos
- 1.5 Historia
- 1.6 Generalidades
 - 1.6.1 Producción y Leyes de Cabeza
 - 1.6.2 Métodos de Explotación
 - 1.6.3 Costos de Minado y Ley de Corte
 - 1.6.4 Producción por Método de Explotación
 - 1.6.5 Tratamiento Metalúrgico

2.- GEOLOGIA DE LA VETA RAYO

- 2.1 Geología General
- 2.2 Geología Regional
- 2.3 Mineralogía
- 2.4 Alteración
- 2.5 Reservas y Leyes de Mineral

3.- METODOS DE EXPLOTACIÓN EN LA VETA RAYO

- 3.1 Método de Minado en la Veta Rayo
 - 3.1.1 Descripción del Método en la Veta Rayo

- 3.1.2 Ciclo de Minado en la Veta Rayo
- 3.1.3 Relación de Equipos Diesel en la Veta Rayo
- 3.2 Producción Estimada
- 3.3 Geomecánica de la Veta Rayo

4.- SISTEMA ACTUAL DE VENTILACION DE LA VETA RAYO

- 4.1 Descripción de Sistema de Ventilación Actual
- 4.2 Levantamiento General de Ventilación y Registro de Data.
 - 4.2.1 Equipos de Levantamiento de Ventilación
 - 4.2.2 Trabajos de Campo y Gabinete
 - 4.2.3 Criterios para Cálculo del Balance de Aire
- 4.3 Circuitos de Ventilación
 - 4.3.1 Circuito Rayo Siberia
 - 4.3.2 Circuito Rayo Corina
- 4.4 Balance General Actual de Aire
 - 4.4.1 Ingresos de Aire
 - 4.4.2 Necesidades de Aire
 - 4.4.3 Coberturas de Aire
 - 4.4.4 Salidas de Aire
 - 4.4.5 Balance General Actual de Aire por Circuito
- 4.5 Relación de Ventiladores Auxiliares en Operación
- 4.6 Relación Actual de Equipos Diesel en Mina
- 4.7 Cálculo de las Pérdidas de Presión
 - 4.7.1 Resistencia de los Conductos de Ventilación
 - 4.7.2 Cálculo de Resistencias y Pérdidas de Presión en Mangas de Ventilación
 - 4.7.3 Cálculo de la Potencia Requerida del Aire y del Ventilador
- 4.8 Características de Ventiladores Auxiliares

5.- DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACION DE LA VETA RAYO

- 5.1 Objetivo
- 5.2 Antecedente
- 5.3 Diseño del Circuito General de Ventilación

- 5.4 Balance General de Aire Proyectado
 - 5.4.1 Ingresos de Aire
 - 5.4.2 Necesidades de Aire
 - 5.4.3 Coberturas de Aire
 - 5.4.4 Salidas de Aire
- 5.5 Planeamiento de Ventilación
- 5.6 Requerimientos de Ventiladores
 - 5.6.1 Cálculo de Resistencia y Pérdida de Presión en Galerías y Raise Boring
 - 5.6.2 Ventiladores Principales y Secundarios Proyectados
 - 5.6.3 Ventiladores Auxiliares Proyectados
- 5.7 Relación de Equipos Diesel Proyectados en Mina
- 5.8 Requerimiento de Chimeneas de Ventilación

6.- EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO

- 6.1 Inversión del Proyecto
 - 6.1.1 Inversión en Desarrollos y Preparaciones
 - 6.1.2 Inversión en Equipos
 - 6.1.2.1 Inversión en Ventiladores y Accesorios
 - 6.1.2.2 Inversión en Chimeneas de Ventilación
- 6.2 Costo Total de la Inversión
- 6.3 Costo de Ventilación
- 6.4 Costo de Energía en Ventilación
- 6.5 Evaluación Económica del Proyecto

7.- APLICACIÓN DEL PROGRAMA DE VENTILACION (Software VNET PC-2003)

- 7.1. Descripción del Programa
- 7.2. Características del Programa
- 7.3. Data de Entrada del Programa
- 7.4. Registro de Data
 - 7.4.1 Registro de Levantamiento de Ventilación
 - 7.4.2 Alimentación de los Ramales

7.4.3 Alimentación de las Cantidades Fijas

7.5. Resumen de Resultados

7.5.1 Resultados VnetPC - Ramales

7.5.2 Resultados VnetPC - Ventiladores

7.6. Esquemático

7.7. Análisis de los Resultados del Programa

8.- CONCLUSIONES

9.- RECOMENDACIONES

10.- ANEXOS

10.1. Reglamento de Seguridad e Higiene Minera (D. S. 046-2001-EM)

10.2. Glosario

10.3 Planos

10.3.1 Plano de Ubicación de la Mina Yauliyacu (P-01) (pág. 13)

10.3.2 Plano Longitudinal de la Mina Yauliyacu (P-02) (pág. 17)

10.3.3 Plano de Ventilación Actual – Veta Rayo Siberia Nv. 800 (P-03)

10.3.4 Plano de Ventilación Actual – Veta Rayo Corina Nv. 800 (P-04)

10.3.5 Plano de Ventilación Proyectado – Veta Rayo Nv. 800 (P-05)

10.3.6 Plano Unifilar de Ventilación Proyectado – Veta Rayo (P-06)

10.3.7 Plano Isométrico de Ventilación Proyectado – Veta Rayo (P-07)

10.3.8 Plano Instalación de Ventilador de 100.000 cfm (P-08)

10.3.9 Plano Estándares de Galería de 3.5 m x 3.5 m (P-09)

10.3.10 Plano de Instalación de Mangas de Ventilación (P-10)

10.4 Cuadros y Gráficos

10.4.1 Cuadros

10.4.2 Gráficos

10.5 Fotos

11.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACION EN LA VETA RAYO

(EMPRESA MINERA LOS QUENUALES S. A. - Unidad Yauliyacu)

RESUMEN

El desarrollo de un estudio del Sistema de Ventilación es muy importante en la evaluación de un proyecto minero comprende diversas etapas que van desde la evaluación, análisis y planeamiento del sistema de ventilación primaria, secundaria y auxiliar, diseños de circuitos de ventilación, selección de ventiladores, ubicación de chimeneas de ventilación, basado en la información geológica y de reservas de mineral, para garantizar la continuidad operativa de la mina a futuro.

El objetivo de la presente tesis es sustentar el Diseño del Sistema de Ventilación de un Proyecto Nuevo, con técnicas de programación, mediante el uso del Software de ventilación VnetPC – 2003, para determinar un nuevo circuito de ventilación, con el objeto de cubrir la demanda de aire, durante la etapa de explotación, preparación y desarrollos a fin de brindar un ambiente seguro, saludable y confortable cumpliendo la normatividad Legal.

La Veta Rayo en una veta filoniana hidrotermal con alto contenido de plata, el cual representa una zona nueva de reemplazo de las antiguas vetas en explotación, para mantener la producción de la mina; lo cual a originado la apertura de este nuevo proyecto.

INTRODUCCION

La Empresa Minera Los Quenuales S. A., con su Unidad de Producción Yauliyacu, es una mina polimetálica, productora de concentrados de Plata, Zinc, Plomo y cantidades menores de Cobre. La mineralogía es relativamente simple constituida por tetraedrita, esfalerita, galena y calcopirita como minerales de mena de mayor abundancia; los minerales de ganga están representados por la pirita, calcita y cuarzo.

En la Unidad Yauliyacu, se viene operando con tecnología avanzada en sus diferentes operaciones, empleando los métodos de explotación como el Tajeo por Subniveles, Corte y Relleno Ascendente con relleno Detrítico en vetas y cuerpos de gran potencia, Tajeos Abiertos y Shirinkaje en vetas angostas; la mina Yauliyacu (ex Casapalca), antiguamente fue explotada convencionalmente en todos sus niveles; con la privatización se inició el cambio a una minería mecanizada (Track Less), en el cual se esta empleando equipos diesel de gran capacidad, mejorando la producción de mineral; esto conlleva a tener un mejor sistema de ventilación tanto para el personal, equipos diesel en interior mina y diluir contaminantes.

Actualmente, la Empresa Minera Los Quenuales en la Unidad Yauliyacu, se encuentra enmarcada dentro de un programa de implementación del Sistema de Seguridad NOSA (CINCO ESTRELLAS), además del mejoramiento del Medio Ambiente en interior mina y superficie.

1.- ASPECTOS GENERALES

La mina se encuentra ubicada a 4.200 msnm. En este nivel se encuentran las Oficinas Principales, Planta Concentradora, Taller de Mantenimiento Mecánico y Eléctrico.

El nivel más alto de la mina está en Nv. 5.000 y el más bajo esta en el Nv. 3530 (4300), la mina cuenta con 25 niveles de los cuales todos los niveles están en producción; además en el nivel 3.251 a la altura del distrito de San Mateo está el Túnel Graton que está conformado por dos túneles paralelos de 11,5 km de longitud uno de servicio-ventilación y el otro de drenaje que está comunicado por un Raise Boring de 1,2 m de diámetro al nivel 3650 (3900) de la mina, con una longitud de 398 m; que es por donde se drena toda el agua de la mina.

Para la ventilación primaria de la mina contamos con ventiladores principales de 100.000 cfm trabajando como extractores de aire contaminado, para la ventilación secundaria (booster) se tienen ventiladores de 60.000 cfm; el ingreso de aire limpio es por las bocaminas por tiro natural, de sur a norte; tenemos circuitos de ventilación en forma independiente; para la ventilación auxiliar contamos con ventiladores de 3.200 cfm, 10.000 cfm, 20.000 cfm, 25.000 cfm, 30.000 cfm y 40.000 cfm empleando mangas de ventilación de 18, 24, 28, 30 y 36 pulgadas de diámetro dependiendo de la sección de la labor. Para las mediciones y monitoreos contamos con un miltidetector de gases digital, termo-hidro-anemómetro para las mediciones de velocidades de aire, temperatura y humedad relativa; psicrómetros, para medir temperatura y humedad relativa; decibelímetros para medir ruidos, medidor de polvo para ambientes, etc.

1.1.- UBICACIÓN

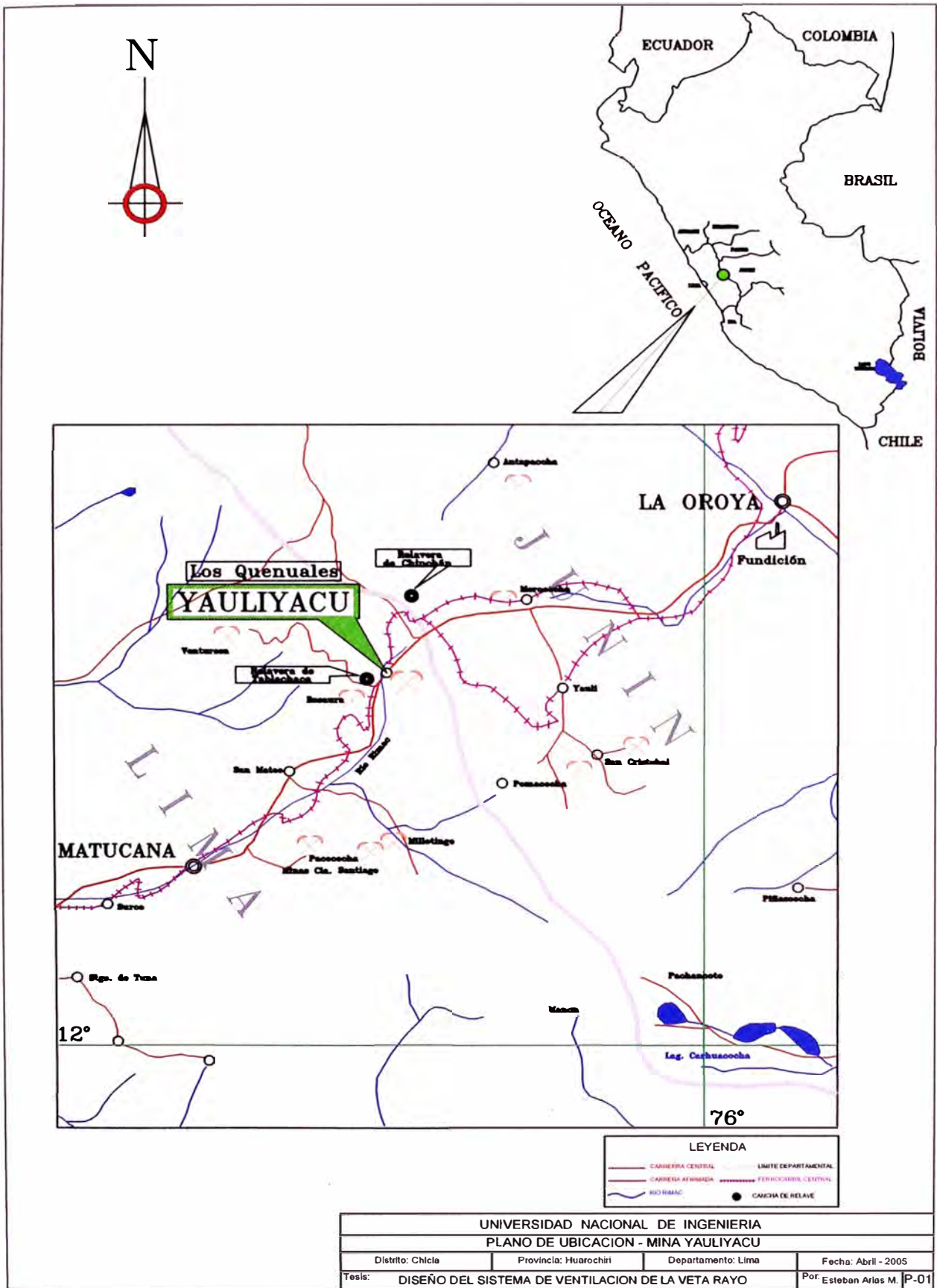
La mina Yauliyacu esta ubicada en el distrito de Chicla, provincia de Huarochirí, en el departamento de Lima, aproximadamente a 120 km al este de Lima, geográficamente se localiza en la zona central, flanco Oeste de la Cordillera Occidental de los Andes, en la región Central del Perú.

Las coordenadas UTM son: N - 8.712.200 E - 366.200 (Boc. C. Fco. 1700).

Las coordenadas Geográficas son: 11° 30' Sur, 76° 10' Oeste (Boc. C. Fco. 1700).

Se encuentra a una altura promedio de 4.250 m.s.n.m.

1.1.1.- PLANO DE UBICACIÓN



1.2.- ACCESIBILIDAD

La mina Yauliyacu es accesible mediante la Carretera Central, ubicada al Este de la Ciudad de Lima a 120 km, aproximadamente 3 horas; también es accesible mediante la vía Ferroviaria Central Andina.

1.3.- CLIMA

Es observable que el relieve ha sido modelado por acción glacial mostrándose en cotas muy elevadas presencia de nieve perpetua. El afluente principal de la zona es el río Rímac que surca de este a oeste drenando dentriticamente hacia el Océano Pacífico.

En la zona minera la temporada de lluvias (enero – marzo) esta caracterizada por fuertes precipitaciones con una temperatura que varía de 10° y a 0°C.

Dirección y velocidad del viento, máx. es de 30 km/h W

1.4.- RECURSOS ENERGETICOS

La energía eléctrica utilizada en la Mina Yauliyacu es comprada a la empresa generadora **Termoselva**, y la línea de transmisión eléctrica es de **Electro Andes S. A.**

La capacidad instalada es de 11 Mwatios.

La capacidad contratada es de 12 Mwatios.

El precio de energía eléctrica es de US\$ 0,05/kW-h (incluye potencia, energía, peaje, compensación reactiva).

Consumo por mes: 6.000.000 kW-h.

1.5.- HISTORIA

La extracción de mineral de plata/plomo/zinc de la región de Casapalca data de la época colonial. En aquel tiempo, la extracción de mineral se realizaba solamente en zonas de fácil acceso o superficie. A fines del siglo pasado, la empresa Backus & Johnston empezó la exploración, desarrollo y explotación de las estructuras mineralizadas en este distrito minero. Más tarde, en 1.921 la Empresa Cerro de Pasco Corporation adquirió la mayoría de los permisos de explotación que hoy en día conforman la propiedad de Yauliyacu, e inició en el año 1.950 la construcción del Túnel Graton de 11,5 km de largo (1.961), cuál permite el drenaje y la subsiguiente exploración y desarrollo de las partes inferiores de las estructuras mineralizadas del distrito, Centromín-Perú al perforar una chimenea "Raise Borer" entre el nivel 3900 y el Túnel Graton, complementó este proyecto.

Posteriormente, en enero de 1.974, la empresa estatal Centromin Perú (Unidad Casapalca) adquirió la propiedad desde entonces ha desarrollado la mina, incrementando la producción hasta 60.000 TPM además de realizar las labores necesarias para la comunicación de la mina con el Túnel Graton, facilitando el drenaje natural de las aguas industriales y mejorando la ventilación.

La mina Casapalca, propiedad de Centromin Perú, pasó al sector privado dentro del proceso de privatización llevado a cabo por el Gobierno Peruano. Yuracmayo tomó posesión de la mina el 1° de Mayo de 1.997, llamándola adelante Unidad Minera Yauliyacu, como Empresa Minera Yauliyacu S. A., realizando modificaciones y rehabilitaciones con el objeto de mejorar las condiciones de seguridad y continuar lo incremento de la producción, para 1.999 la producción prevista fué de 75.000 TM/mes.

En diciembre del 2.003 la empresa cambio de razón social por Empresa Minera Los Quenuales S. A., con su Unidad de Producción Yauliyacu, siendo su producción actual de 3.400 toneladas por día.

1.6.- GENERALIDADES

La mina Yauliyacu es una mina antigua que actualmente tiene una altura de 1,5 km por 2,5 de longitud, tiene 160 labores en exploración, desarrollo y explotación; 80 tajeos en explotación con distintos métodos mencionados posteriormente; la mina está dividida en 6 secciones (Ver Plano Longitudinal de la mina (P-02)); se tiene tres turnos de 8 horas/turno, dos disparos por día:

Primer Turno: 7:00 a.m. a 4: 00 p.m. (disparo a 3:20 p.m.).

Segundo Turno: 4:00 p.m. a 12:00 p.m. (extracción).

Tercer Turno: 11: 00 p.m. a 7:00 a.m. (disparo a 6:20 a.m.).

Las operaciones se realiza de la siguiente manera:

1.6.1.- PRODUCCION Y LEYES DE CABEZA

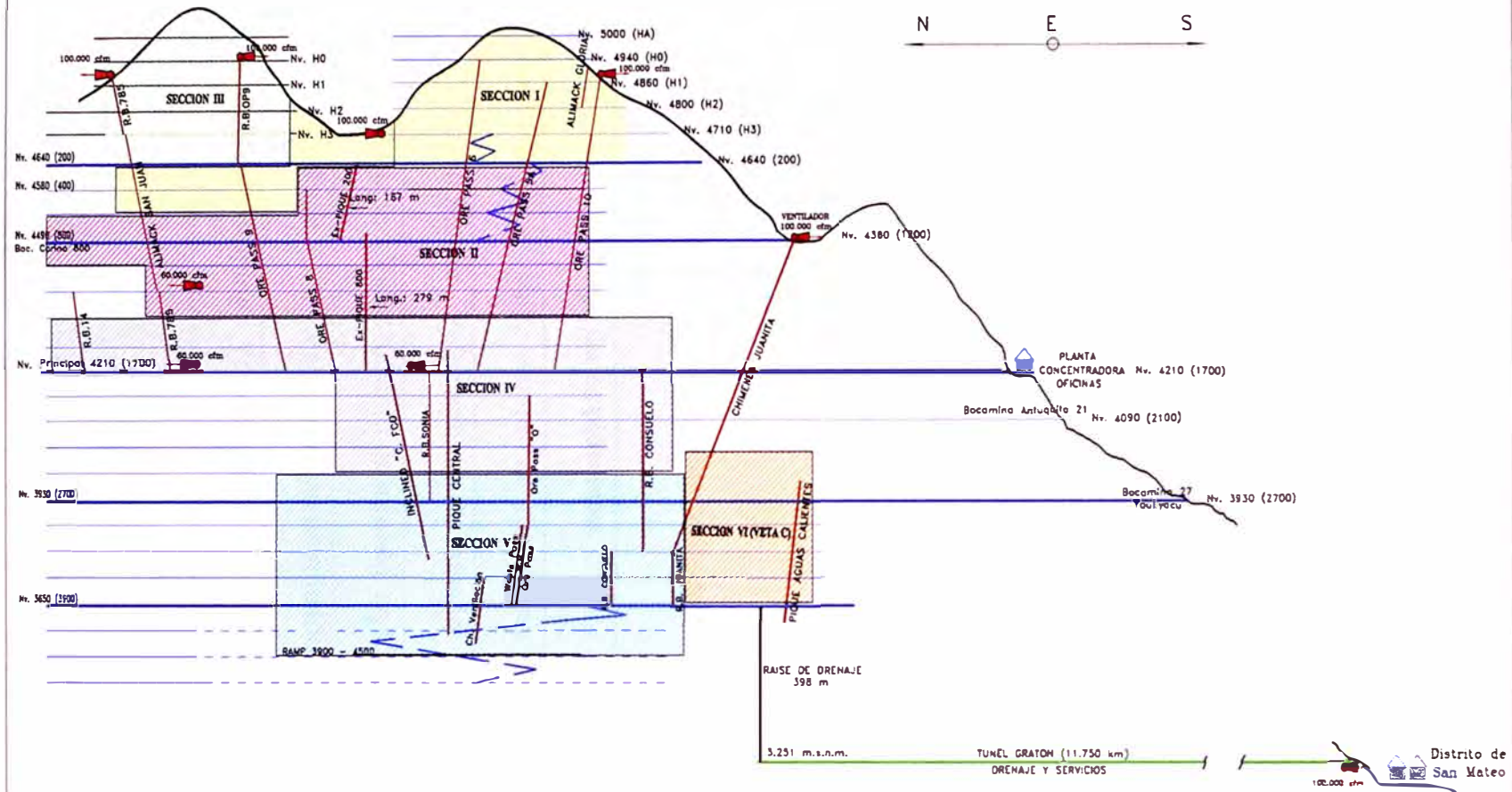
La producción actual de la mina es **3.400 TM/día, 104.000 TM/mes**, con leyes de cabeza:

Cuadro N° 1: Leyes de Mineral

Mineral	% Zn	Onza Ag/TM	% Pb	% Cu
Ley	3,26	4,53	1,40	0,24

PLANO LONGITUDINAL DE LA MINA YAULIYACU (P-02)

VISTA LONGITUDINAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PLANO LONGITUDINAL - MINA YAULIYACU	Escala: S/E
EMPRESA MINERA LOS QUENUALES S. A. - Unidad Yauliyacu	Fecha: Abril - 2005
Tema: DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACION EN LA VETA RAYO	Por: Esteban E. Arias U/P-2

1.6.2.- METODOS DE EXPLOTACION

Los métodos de minado actuales aplicados en la Mina Yauliyacu, para extraer las reservas minerales son los siguientes métodos de minado:

- 1.- Corte-Relleno.
- 2.- Shrinkage o Almacenamiento.
- 3.- Sublevel Stoping (Tajeo por Sub niveles).
- 4.- Tajeos Abiertos (Open Stope).

1.6.3.- COSTO DE MINADO Y LEY DE CORTE

Se considera una ley de corte variable de acuerdo con el costo operacional del método de minado previsto para cada uno de los bloques de cubicación.

Así tenemos:

Cuadro N° 2: Valor de Mineral por Método de Explotación

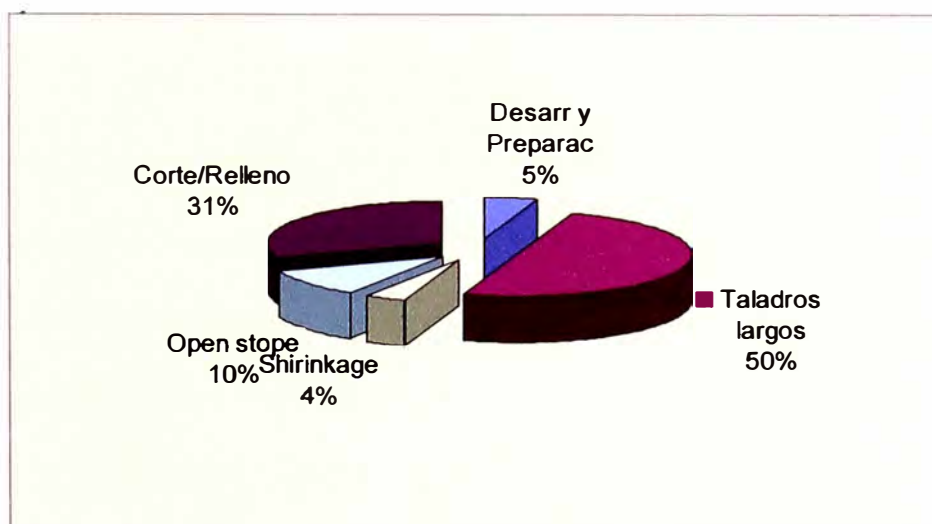
Método de Explotación	US\$/TM
Corte y Relleno - Valor mínimo de minado en Veta	26,70
Open Stopes - Valor mínimo de minado	25,50
Corte y Relleno - Valor mínimo de minado en Cuerpo	20,10
Shrinkage - Valor mínimo de minado	23,00
Sublevel Stoping - Valor mínimo de minado	15,00

1.6.4.- PRODUCCION POR METODO DE EXPLOTACION:

Cuadro N° 3: Tonelaje por Método de Explotación

Método de Explotación	Producción	
	(Toneladas)	(%)
Sublevel Stopping	52.000	50
Corte y Relleno en Veta	32.240	31
Open Stopes	10.400	10
Desarrollo y Preparaciones	5.200	5
Shrinkage	4.160	4
Total	104.000	100

Gráfico N° 1: Tonelaje por Método de Explotación



1.6.5.- TRATAMIENTO METALURGICO

El tratamiento del mineral para el año 2.005 es de 104.000 TM/mes, según los parámetros siguientes:

Cuadro N° 4: Producción Metalúrgica

Concentrado	Leyes		TM/mes
Zn	58,00 % Zn	7,00 onz Ag/TM	5.300
Pb	59,00 % Pb	119,25 onz Ag/ TM	2.000
Cu	27,01 % Cu	396,51 onz Ag/ TM	220

2.- GEOLOGIA DE LA VETA RAYO

2.1.- GEOLOGIA GENERAL

La Mina Yauliyacu es productora de zinc, plomo, plata y cantidades menores de cobre. La mineralogía es constituida por esfalerita, galena, tetraedrita y calcopirita como minerales de mena de mayor abundancia; los minerales de ganga están representados principalmente por pirita, calcita y cuarzo.

La Veta Rayo es una estructura filoniana hidrotermal con rumbo N 32 E y buzamiento 60 NW. Atraviesa toda la columna estratigráfica terciaria del distrito de las formaciones Casapalca y Carlos Francisco.

Data histórica y actual determinan la Veta Rayo como un filón principal, del sistema NE-SW, igual que la veta L, de la cual dista 600 m hacia la caja techo.

La Veta Rayo, es un filón que aflora entre la quebrada Carmen y la quebrada Corina en una extensión superficial de 3.200 metros y su extensión vertical es aproximadamente 600 metros.

2.2.- GEOLOGIA REGIONAL

La secuencia estratigráfica del distrito está constituida por rocas sedimentarias y volcánicas, cuyas edades fluctúan desde el Cretáceo hasta el Cuaternario. El distrito muestra plegamientos, desarrollándose pliegues invertidos cuyos ejes se orientan paralelamente a la dirección general de los Andes. La estructura principal, es el anticlinorium Casapalca, que constituye un pliegue moderadamente abierto en la parte central del distrito, el cuál se cierra hacia el norte hasta constituir una falla inversa de empuje con buzamiento al este. Cuerpos intrusivos de composición intermedia se encuentran intruyendo la secuencia sedimentaria y volcánica.

La roca encajonante se encuentran emplazas en roca arenisca.

La características de la masa rocosa en el aspecto estructural, la orientación de las estratificaciones, discontinuidades, se representan de manera paralela al rumbo de la mineralización, respecto a las fallas tienen una incidencia en tramos sub paralelos a la mineralización.

Gráfico N° 2: Vista General Estratigráfica

VISTA GENERAL ESTRATIGRAFICA

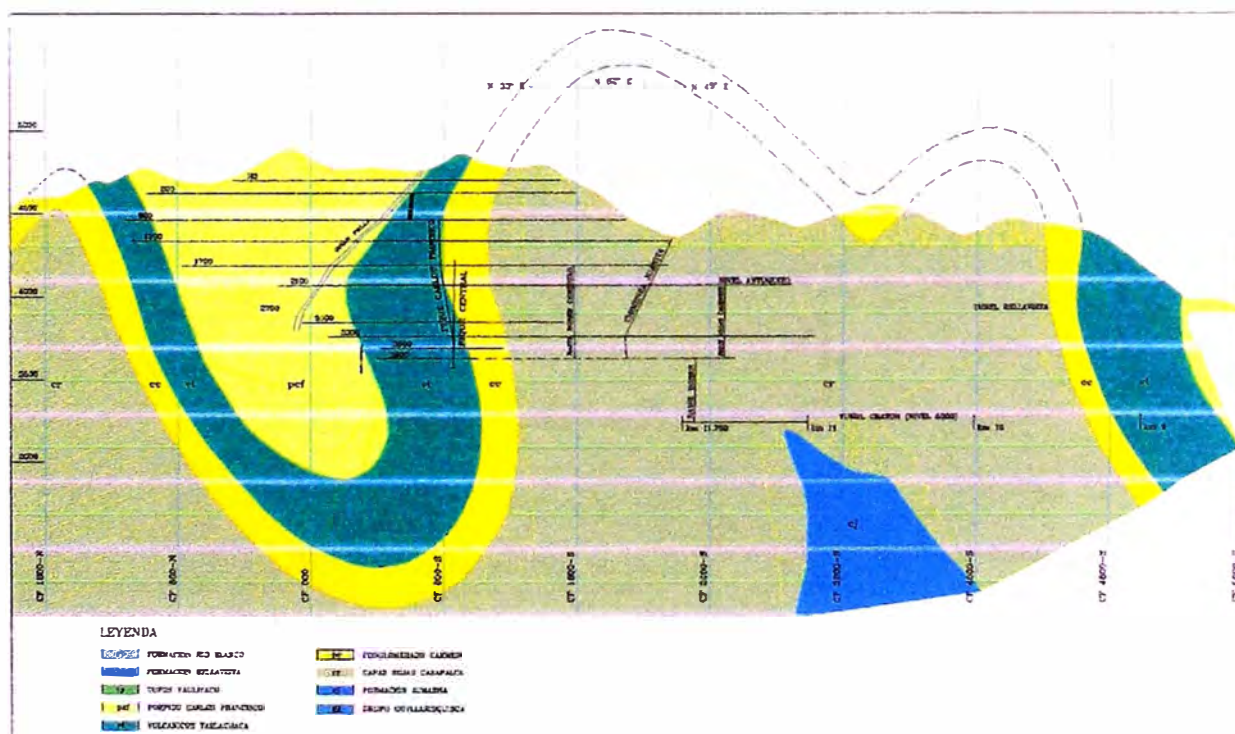


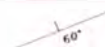


































Gráfico N° 3: Columna Estratigráfica

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

		ESTRATIGRAFIA	SIMBOLOS
CUATERNARIO		<p> Sin información</p> <p> Cuaternario Depósitos glaciares</p>	<p> Rumbo y buzamiento de estratos</p> <p> Estratos invertidos</p> <p> Estratos verticales</p>
			<p> Estratos horizontales</p> <p> Contacto geológico observado</p> <p> Contacto geológico inferido</p>
TERCIARIO	Rocas Intrusivas	<p> Tar Taruca Andesitas porfíricas (diques, stocks)</p> <p> Frg Fraguamachay</p> <p> Vc Victoria Diorita con matriz de sericita</p> <p> Vu Veintiuno Andesita</p> <p> Mg Meiggs Diorita</p> <p> Hb Huayracancha Brecha volcánica</p> <p> Hd Huayracancha Diorita porfírica</p>	<p> Falla</p> <p> Falla inferido</p> <p> Falla normal</p> <p> Falla inversa</p>
			<p> Falla y buzamiento</p>
			<p> Falla de rumbo</p>
			<p> Eje de anticlinal</p>
			<p> Eje de sinclinal</p>
			<p> Buzamiento del eje</p>
			<p> Mina en actividad</p> <p> Mina abandonado</p>
		<p> Señal geodésica</p>	
		<p> Cota</p>	
	CRETACICO	Fm. Carlos Francisco	<p> Y Miembro Yauliyacu Tufos rojos</p> <p> CF Miembro Carlos Francisco Flujos andesíticos porfíricos</p> <p> Tab Miembro Tablachaca Tufos y brechas porfíricas</p>
Fm. Casapalca			<p> Crm Miembro Carmen conglomerados, areniscas y lutitas</p> <p> CR Miembro Capas Rojas Lutitas y areniscas calcáreas (rojo)</p>
		<p> Jum Formación Jumasha Calizas con lutitas arenosas</p> <p> Goy Formación Goyllarisquiza Areniscas, lutitas y cuarcitas</p>	

2.3.- MINERALOGIA

La mineralización de la veta Rayo, implica la deposición mineralizada en las zonas denominadas: Corina, San Juan y Siberia.

Mineralización predominante: Tetrahedrita acompañado de esfalerita, galena y calcopirita en menores cantidades.

Ganga acompañante: Calcita, cuarzo y escasa pirita.

2.4.- ALTERACIÓN

Su relación con procesos hidrotermales de formación de yacimientos se observa claramente en la franja de alteración que presenta la veta Rayo y que varía entre 20 m y 50 metros de ancho paralelo a la veta. Se puede reconocer la alteración argílica avanzada caracterizada principalmente por cuarzo residual (cuarzo oqueroso o vuggy sílica) y por alteración propilítica caracterizada principalmente por la asociación clorita-epidota con calcita, pirita y cuarzo. La alteración propilítica ocurre como halo gradacional y distal de una alteración potásica.

La alteración hidrotermal de las rocas encajonantes es silicificación.

La alteración de la estructura mineralizada varía de Norte a Sur, es decir de Corina hacia Sibería.

En Corina la estructura presenta un halo de alteración en ambas cajas de potencia promedio en la caja techo de 20 m y en la caja piso de 10 m. Esta alteración se da por sericitización (silicato de Al y K).

En San Juan, la alteración se encuentra entre los procesos de sericitización a silicificación. O sea podemos decir que la roca se hará competente progresivamente.

En Sibería, la alteración se da por silicificación. La roca es competente.

Cuadro N° 5: Progreso de la Alteración

Progreso de la Alteración Norte a Sur		
Corina	San Juan	Siberia
Seritización	← — →	Silicificación
Mala	Regular	Buena

Agua subterránea: Se puede observar que la humedad se encuentra presente en cercanías a la estructura mineralizada, siendo más negativo para la estructura que se encuentra en Corina y descendiendo según avance sea hacia el Sur.

2.5.- RESERVAS Y LEYES DE MINERAL

Una revisión de labores antiguas (Corina 800, Corina 1000, Rayo 1700, Constancia, Vanguardia), superficie y perforación diamantina realizados entre 1.927 y 1.997, y adicionalmente perforación diamantina en los años 2.003 y 2.004, nos dan información para calcular recursos (medidos, indicados e inferidos) por un total de:

El resumen las reservas de mineral a Marzo del 2.004 es el siguiente:

En Reservas Minerales Probadas y Probables tenemos un total de 724.270 TMS, con leyes promedio de 1,23 % Zn; 0,80 % Pb; 0,04 % Cu y 9,24 OnzAg/TM.

El Cuadro N° 6, muestra las reservas disponibles:

Cuadro N° 6: RESERVAS DE MINERAL: 31-03-2.005

Zona	TMS	Ancho (m)	Zn (%)	Pb (%)	Cu (%)	Ag (onz/TM)	VM (US\$/TM)
Rayo Corina	134.000	1,53	1,27	0,72	0,03	12,18	63,15
Rayo San Juan	117.110	0,87	0,51	1,18	0,03	3,32	20,70
Rayo Siberia	473.160	1,50	1,40	0,72	0,05	9,91	53,63
TOTAL	724.270	1,40	1,23	0,80	0,04	9,24	49,95

PERFORACION DIAMANTINA

Una etapa posterior de perforación diamantina es prioritario, con el objetivo de mejorar la certeza de los recursos encontrados y también con la finalidad de complementar la información geológica que permita facilitar las operaciones de Rayo mediante un túnel de extracción principal ubicado en el Nv. 1700.

3.- METODOS DE EXPLOTACIÓN EN LA VETA RAYO

La primera etapa del proyecto consiste en acceder a la Veta Rayo en la zona de Siberia y en la Zona de Corina al Norte, por el Nv. 4.490 (Nv. 800) de la mina Central; donde se tienen las reservas cubicadas para explotar; el cual cuenta con la infraestructura de servicios cercanos, como aire comprimido, agua, energía, ventilación, echadero R. B. 14, tajos vacíos (Tj. 296-L) y acceso a superficie donde acumular el desmonte que provenga de los cruceros y By Passes.

En esta 1^{er} etapa se considera la construcción del Cx. 740, una longitud de 700 m con sus y cámaras de carguío de desmonte cada 100 m, hasta cortar la veta Rayo Siberia aproximadamente en la progresiva 900 N, y hacer el By Pass Norte en Corina Norte; e integrar ambas zonas mediante el by pass y desarrollar la veta, para ventilar estas labores se hará uso de ventiladores en serie de capacidad de 40.000 cfm, para luego proyectar dos R. B. de 8 pies de diámetro a superficie donde se instalarán ventiladores principales extractores para evacuar el aire contaminado.

De acuerdo a la evaluación geomecánica realizada por nuestro departamento de Control de Calidad se está planteando el minado de Sub Level Stoping hasta alturas de 15 m y potencias de veta mínimas de 1,50 m. En el mercado se cuenta con equipos de perforación y limpieza para esas dimensiones, se proyecta dejar pilares de 5 m entre tajos cuya longitud propuesta por nuestra área de geomecánica es de 50 m y rellenar los vacíos con el desmonte que provenga de las labores de preparación y desarrollos.

3.1- MÉTODO DE MINADO EN LA VETA RAYO

3.1.1.- DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO EN LA VETA RAYO

El método de minado será Sub-Level Stopping con Relleno Detrítico, el block estará determinada por una longitud de 50 m de largo, 15 m de altura y 1,5 m de potencia. Se dejarán pilares de 5 m x 2 m x 12 m, que se utilizará como escudo entre blocks adyacentes para rellenar el tajeo vacío.

La perforación será taladros largos de 13,5 m de longitud, la voladura será en retirada y para el relleno se utilizará el desmonte generado por los desarrollos.

3.1.2.- CICLO DE MINADO EN LA VETA RAYO

- 1.- Preparación de Subniveles Inferior y Superior.
- 2.- Preparación de la Cara Libre.
- 3.- Perforación de Taladros largos.
- 4.- Voladura de Taladros largos.
- 5.- Limpieza de Mineral.
- 6.- Relleno Detrítico.

3.12.1.- COSTO DE MINADO EN LA VETA RAYO

Cuadro N° 7: Costo de Minado en la Veta Rayo

Costo de Minado	US\$/TM
Costo de Carguío	1,08
Costo de Perforación	0,78
Costo de Voladura	0,42
Costo de Relleno Detrítico	1,50
Costo de Transporte	1,09
Costo en Sostenimiento	0,27
Costo de Preparación	3,90
Costo en Servicios	1,72
Total	10,75

DESARROLLO Y PREPARACIONES:

La elección de las dimensiones de los Crucero y By Passes es en base a los equipos e instalaciones de los servicios requeridos durante la ejecución y operación futura.

Los crucero y by passes tendrán una sección de 3,5 m x 3,5 m con la finalidad que puedan transitar equipos de transporte como los Dumper de 13 TM, Scoop tram de 3,5 yd³, incluyendo las mangas de ventilación de diámetro de 36" que serán insufladas por ventiladores de 40.000 cfm, instaladas en serie cada 200 m de distancia.

Este crucero irá con una gradiente positiva de 5/1000 con una cuneta de 0,40 m x 0,40 m para captar los afluentes de la mina. También contará con los servicios de agua, aire comprimido, energía, ventilación y teléfono.

Para el sostenimiento será necesario el uso de cimbras de 8" x 8", se prevé el uso de pernos cementados con cemento y resina.

El equipo de perforación a usarse es un Jumbo frontonero cuyo diseño de perforación estará en función al tipo de roca.

En cuanto a la voladura se deberá tener en cuenta el tipo de roca, diámetro del taladro y cálculo de cantidad de explosivos a usarse.

Para la limpieza del desmonte que se genere se utilizará Dumper de 13 TM, el cual será evacuado a tajos vacíos como el 296-L y superficie.

En cuanto a los servicios, el aire comprimido irá con tuberías HDPE de 6" de diámetro. El agua será abastecida con tuberías de diámetro de 4" de diámetro, la energía eléctrica que alimentará a los jumbo, ventiladores y demás equipos será de 440 Voltios.

Paralelo a los By Passes se correrá la galería en veta de sección en función a la potencia de la veta conectado con ventanas al By Pass cada 50 m.

Se hará las rampa de acceso en desmonte en (+) y (-) y preparar los Subniveles Inferior y Superior cada 15 m en veta y estarán comunicadas con chimeneas de ventilación - camino y echaderos de mineral.

3.1.3.- RELACIÓN DE EQUIPOS DIESEL EN LA VETA RAYO:

Cuadro N° 8: Relación de Equipos Diesel en la Veta Rayo

N°	Equipos Diesel	Capacidad (yd ³)	Marca	Motor (HP)	Zona	Propiedad
1	Scoop Tramp	3,5	Wagner	180	Siberia	T. D. Mining
2	Scoop Tramp	3,5	Wagner	180	Siberia	T. D. Mining
3	Scoop Tramp	2,5	Wagner	137	Corina	Caminco
4	Scoop Tramp	2,5	Wagner	137	Siberia	T. D. Mining
5	Scoop Tramp	2,5	Wagner	137	Siberia	T. D. Mining
6	Scoop Tramp	1,5	Tamrock	67	Siberia	T. D. Mining
7	Scoop Tramp	1,5	Tamrock	67	Corina	Caminco
8	Dumper		Wagner	180	Corina	Caminco
9	Dumper		Wagner	180	Siberia	T. D. Mining
10	Dumper		Wagner	137	Corina	Caminco
11	Camión de Servicio			100		Contrata
12	Camioneta 4 x 4			80	Siberia	Contrata
13	Camioneta 4 x 4			80	Corina	Contrata
14	Camioneta 4 x 4			80	Corina	Contrata
TOTAL HP =				1.742		

3.2.- PRODUCCIÓN ESTIMADA

La producción de mineral para la Veta Rayo se esta estimando en un ritmo de 20.000 toneladas por mes, significando para la mina el reemplazo de una sección, debido a que no se han encontrado vetas de plata en las estructuras M, L y N.

Por el método de minado a utilizarse se tienen que tener 8 tajeos en producción con una producción de 2.500 TM/mes cada uno.

3.3.- GEOMECÁNICA DE LA VETA RAYO

La geomecánica del macizo rocoso en la Veta Rayo, se presenta de siguiente forma: La calidad de la roca en las cajas se encuentra con un RMR = 65 correspondiendo a una calidad Regular a Buena. En la estructura mineralizada corresponde a un RMR = 50, la alteración se encuentra en el orden de RMR = 25, siendo un tipo de roca Malo (según normas establecidas por Mecánica de Rocas - Yauliyacu).

Lo cual nos da la factibilidad de que los desarrollos y preparaciones no tendrían problemas excesivos con el sostenimiento. Lo mismo no se puede afirmar para la estructura mineralizada. La alteración observada en los sondajes hace presagiar que la alteración se mantiene constante y paralelo pegada a la mineralización.

Características de resistencia del macizo rocoso, respecto a la roca encajonante, se encuentra asociada directamente a la calidad de la misma. En cuanto a la estructura mineralizada se encuentra asociada a la presencia de la alteración por sericitización.

Los esfuerzos inducidos por el minado, se encuentran como aliado a las filtraciones, goteos (aguas subterráneas).

Se ha considerado el uso de relleno detrítico para devolver la estabilidad de la abertura.

4.- SISTEMA DE VENTILACION ACTUAL DE LA VETA RAYO

4.1.- DESCRIPCIÓN DE SISTEMA DE VENTILACIÓN ACTUAL

Actualmente el ingreso del aire limpio a la Veta Rayo es principalmente por la Bocamina Corina 800 en el Nv. 800 al Norte, siendo la salida del aire contaminado a otro circuito de ventilación definido, como el de la Chimenea San Juan 785 y de allí a superficie. La ventilación en la Veta Rayo por el momento es auxiliar, se compone de dos circuitos (Rayo Siberia y Rayo Corina), para acceder a la veta, las cuales son ciegas; donde se está utilizando ventiladores axiales auxiliares de 40.000 y 30.000 cfm de alta presión de 8,5 pulgadas de C. A., enseriados cada 200 m de longitud, con mangas de ventilación de rafia de 36 pulgadas de diámetro.

4.2.- LEVANTAMIENTO GENERAL DE VENTILACIÓN Y REGISTRO DE DATA.

4.2.1.- EQUIPOS DE LEVANTAMIENTO DE VENTILACIÓN

Actualmente el área de ventilación de la empresa cuenta con equipos e instrumentos de monitoreo y medición digitales, el cual se puede observar en el Cuadro N° 37 del anexo: Equipos e Instrumentos de Monitoreos de Ventilación.

4.2.2.- TRABAJO DE CAMPO Y GABINETE.- Comprende la toma de la siguiente información:

Medición de Velocidades de aire, áreas de sección (galerías, piques, chimeneas, cruceros, tajeos, etc.)

Evaluación de flujos de aire.

Medición de temperatura ambiental (seca y húmeda).

Medición de la humedad relativa (90 % zonas críticas).

Monitoreo de los siguientes gases de mina:

Oxígeno	(O ₂)
Monóxido de Carbono	(CO)
Anhídrido Carbónico	(CO ₂)
Gases Nitrosos	(NO + NO ₂)
Anhídrido Sulfuroso	(SO ₂)
Hidrógeno Sulfurado	(H ₂ S)

Monitoreo de Material Particulado (polvo).

Evaluación de Ruido.

Ubicación de puertas, reguladores, ventiladores, atomizadores, cortinas, venturis, etc

Cálculo de los Registros tomados y Balance de Aire.

Elaboración y actualización de planos de ventilación por niveles.

Actualización del Plano Unifilar e Isométrico.

4.2.3.- CRITERIOS PARA EL CALCULO DEL BALANCE DE AIRE

Cálculo del caudal según el Personal que trabajan.

Cálculo del caudal según Equipos Diesel.

Cálculo del caudal para Dilución de Contaminantes.

1.- Para el Personal:

$$Q_1 = n \times q_1$$

Donde:

n: N° de trabajadores en interior mina. Se considera el mayor número presente, esta dado por la suma de trabajadores de todos los departamentos o secciones de una guardia.

q_1 : cantidad mínima necesaria por cada trabajador en base al Art. 204, inc. (d) del RSHM D. S. N° 046-2001-EM.

2.- Para los Equipos Diesel autorizados:

$$Q_2 = 3 \times \sum HP$$

Donde:

3: 3 m³/min x HP: Art. 204, inc. (d) del RSHM D. S. N° 046-2001-EM.

$\sum HP$: Total de HPs de los motores desarrollados por los equipos diesel autorizados para trabajar en interior mina.

3.- Para Dilución de Contaminantes:

$$Q_3 = A \times V \times N$$

Donde:

A: Sección Media de la Galería (m²).

V: Velocidad del Flujo de aire mínima (m/min), Art. 204, inc. (e) del RSHM D. S. N° 046-2001-EM.

N: N° de Niveles en Operación.

4.3.- CIRCUITOS DE VENTILACIÓN

El circuito de ventilación en la Veta Rayo, está en el Nv. 800, es auxiliar, esta comunicado a las labores actuales del Nv. 800 de la Sección II de la mina, la tendencia es hacia los niveles superiores.

En la Veta Rayo tenemos dos circuitos de ventilación definidos:

4.3.1.- Circuito Rayo Siberia.- Esta comunicado a las labores de la Sección II. El acceso a la Veta Rayo en el Nv. 800 es a través de un crucero (Crucero 740) de 3,5 m x 3,5 m de sección, de 700 m de longitud en ciego, donde el ingreso del aire limpio es tomado del By Pass 777 Norte de la Bocamina Corina 800 con ventiladores de 40.000 cfm, con 8,5 de pulgadas de C. A. de alta presión, enseriado cada 200 m de longitud con manga de 36 pulgadas de diámetro, insuflando el aire limpio hacia las labores de desarrollo y preparación; la salida del aire contaminado es por el mismo crucero de regreso hacia el R. B. 785 San Juan y de allí a superficie. Ver Anexo: Plano de Ventilación Actual Rayo Siberia (P-03).

4.3.2.- Circuito Rayo Corina.- Ubicado al Norte del Nv. 800 Corina, al lado norte del Circuito Siberia; el ingreso del aire fresco es tomado de superficie por la Bocamina Corina 800 con un ventilador de 40.000 cfm, de 8,5 pulgadas de C. A. de alta presión y con mangas de 36 pulgadas de diámetro y enseriado con ventiladores de 30.000 cfm de 8,1 pulgadas de presión, el cual llegan a las labores de desarrollos para satisfacer las necesidades requeridas. La salida del aire contaminado es con mangas de ventilación de 36 pulgadas de diámetro con un ventilador de 40.000 cfm, de 8,5 pulgadas de C. A. de presión, extrayendo el aire contaminado de estas labores a superficie por la Bocamina Corina 800. Ver Anexo: Plano de Ventilación Actual Rayo Corina (P-04).

4.4.- BALANCE GENERAL ACTUAL DE AIRE

Cuadro N° 9: Balance General Actual de Aire

4.4.1.- INGRESOS DE AIRE:

Ingresos de Aire	pie ³ /min	m ³ /min	m ³ /s
Nv. 4490 (800) Bocamina Corina 800 (Ventilador 40.000 cfm)	41.100	1.162,5	19,4
Nv. 4490 (800) By Pass Norte 777 Corina (Ventilador 40.000 cfm)	40.750	1.152,6	19,2
Total Ingresos de Aire	81.850	2.315,1	38,6

4.4.2.- NECESIDADES DE AIRE:

Necesidades de Aire	pie ³ /min	m ³ /min	m ³ /s
a) Para Personal: 35 Trabajadores/gdia x 6 m ³ /min x trabajador	7.425	210,0	3,5
b) Para Dilución de Contaminantes: Vel. Aire 25 m/min x 2 Niv. Operativos x 11,37 m ² Sección	20.100	568,5	9,5
c) Para Equipos Diesel: 02 Scoop Wagner de 3,5 yd ³ = 2 x 180 HP = 360 HP 01 Scoop Wagner de 2,5 yd ³ = 1 x 137 HP = 137 HP 01 Scoop Tamrock de 1,5 yd ³ = 1 x 67 HP = 67 HP 01 Dumper de 16 TM = 1 x 180 HP = 180 HP 01 Dumper de 13 TM = 1 x 137 HP = 137 HP Total HP: 881 HP Caudal Requerido: 3 m ³ /(min x HP) x Total HP x F. S. (0,75)	70.083	1.982,3	33,0
Total Necesidad de Aire	97.607	2.760,8	46,0

4.4.3.- COBERTURA DE AIRE:

Cobertura de Aire :	83,86%
---------------------	---------------

4.4.4.- SALIDAS DE AIRE:

Salidas de Aire	pie ³ /min	m ³ /min	m ³ /s
Nv. 4490 (800) Raise Boring 785 Sn. Juan	38.000	1.074,8	17,9
Nv. 4490 Bocamina Corina 800 Superficie (Ventilador 40.000 cfm)	38.500	1.088,9	18,1
Total Salidas de Aire	76.500	2.163,7	36,1

4.4.5.- BALANCE GENERAL ACTUAL DE AIRE POR CIRCUITO

Cuadro N° 10: Balance General Actual de Aire por Circuito

4.4.5.1.- CIRCUITO RAYO SIBERIA

Ingresos de Aire:

Ingresos de Aire	pie ³ /min	m ³ /min	m ³ /s
Nv. 4490 (800) By pass Norte 777 Corina (Ventilador 40.000 cfm)	40.750	1.152,6	19,2
Total Ingreso de Aire	40.750	1.152,6	19,2

Necesidades de Aire:

Necesidades de Aire	pie ³ /min	m ³ /min	m ³ /min
a) <u>Para Personal:</u> 15 Trabajadores/gdía x 6 m ³ /min x trabajador	3.182	90,0	1,5
b) <u>Para Dilución de Contaminantes:</u> Vel. Aire 25 m/min x 1 Niv. Operativos x 11,37 m ² Sección	10.050	284,3	4,7
c) <u>Para Equipos Diesel:</u> 01 Scoop Wagner de 3,5 yd ³ = 1 x 180 HP = 180 HP 01 Scoop Wagner de 2,5 yd ³ = 1 x 137 HP = 137 HP 01 Dumper de 13 TM = 1 x 137 HP = 137 HP Total HP: 454 HP Caudal Requerido: 3 m ³ /(min x HP) x Total HP x F. S. (0,75)	36.116	1.021,5	17,0
Total Necesidad de Aire	49.347	1.395,8	23,3

Cobertura de Aire:

Cobertura de Aire :	82,58%
----------------------------	---------------

Salidas de Aire:

Salidas de Aire	pie ³ /min	m ³ /min	m ³ /s
Nv. 4490 (800) R. Boring 785 Sn. Juan	38.000	1.074,8	17,91
Total Salidas de Aire	38.000	1.074,8	17,91

4.4.5.2.- CIRCUITO RAYO SIBERIA

Ingresos de Aire:

Ingresos de Aire	pie ³ /min	m ³ /min	m ³ /s
Nv. 4490 (800) Bocamina Corina 800 (Ventilador 40.000 cfm)	41.100	1.162,5	19,4
Total Ingresos de Aire	41.100	1.162,5	19,4

Necesidades de Aire:

Necesidades de Aire	pie ³ /min	m ³ /min	m ³ /s
a) <u>Para Personal:</u> 20 Trabajadores/gdia x 6 m ³ /min x trabajador	4.243	120,0	2,0
b) <u>Para Dilución de Contaminantes:</u> Vel. Aire 25 m/min x 1 Niv. Operativos x 11,37 m ² Sección	10.050	284,3	4,7
c) <u>Para Equipos Diesel:</u> 01 Scoop Wagner de 3,5 yd ³ = 1 x 180 HP = 180 HP 01 Scoop Tamrock de 1,5 yd ³ = 1 x 67 HP = 67 HP 01 Dumper de 16 TM = 1 x 180 HP = 180 HP Total HP: 427 HP Caudal Requerido: 3 m ³ /(min x HP) x Total HP x F. S. (0,75)			
	33.968	960,8	16,0
Total Necesidad de Aire	48.260	1.365,0	22,8

Cobertura de Aire:

Cobertura de Aire :	85,16%
----------------------------	---------------

Salidas de Aire:

Salidas de Aire	pie ³ /min	m ³ /min	m ³ /s
Nv. 4490 Bocamina Corina 800 Superficie (Ventilador 40.000 cfm)	38.500	1.088,9	18,1
Total Salidas de Aire	38.500	1.088,9	18,1

4.5.- RELACION DE VENTILADORES AUXILIARES EN OPERACIÓN

Cuadro N° 11: Relación de Ventiladores Auxiliares en Operación

N°	CIA.	Ublcación		Zona	N°	Caudal		Presión Total (pulg.C.A.)	Total Potencia Instalado (HP)	Marca	Modelo	Función	Costo de Energía (US\$/mes)
		Labor	Nivel			(cfm)	(m³/seg)						
1	EMQSA	Crucero 740	800	Siberia	401	40.000	18,9	8,5	100	Airtec	VAV-32-14-3450-II	Impelente	2.686
2	EMQSA	Crucero 740	800	Siberia	402	40.000	18,9	8,5	100	Airtec	VAV-32-14-3450-II	Impelente	2.686
3	EMQSA	Crucero 740	800	Siberia	403	40.000	18,9	8,5	100	Airtec	VAV-32-14-3450-II	Impelente	2.686
4	T.D.Mining	Crucero 740	800	Siberia	s/n	30.000	14,2	8,0	60		VAV-32-14-3450-II	Impelente	1.611
5	T.D.Mining	Crucero 740	800	Siberia	s/n	30.000	14,2	8,0	60		VAV-32-14-3450-I	Impelente	1.611
6	EMQSA	Boc. Corina 800	800	Corina	404	40.000	18,9	8,5	100	Airtec	VAV-38-26-1750-II	Impelente	2.686
7	Caminco	By Pass 793	800	Corina	C-2	30.000	14,2	8,1	60	El Tigre	VAV-810-3545-II	Impelente	1.611
8	Caminco	By Pass 793	800	Corina	C-1	30.000	14,2	8,1	60	Giotto	VAV-810-3545-II	Impelente	1.611
9	EMQSA	Galería Antigua	800	Corina	405	40.000	18,9	8,5	100	Airtec	VAV-32-14-3450-II	Extractor	2.686
10	EMQSA	Almacen	1700	Siberia	406	40.000	18,9	8,5	100	Airtec	VAV-32-14-3450-II	Stand By	2.686
11	EMQSA	Almacen	1700	Corina	407	40.000	18,9	8,5	100	Airtec	VAV-32-14-3450-II	Stand By	2.686
12	T.D. Mining	Almacen	1700	Siberia	407	30.000	14,2	8,5	75	Airtec	VAV-32-14-3450-II	Stand By	2.014
						430.000			1.015	Costo de Energía en Operación			27.259

4.6.- RELACION ACTUAL DE EQUIPOS DIESEL EN MINA

Cuadro N° 12: Relación Actual de Equipos Diesel en Mina

VETA RAYO

	Equipos Diesel	Capacidad (yd³)	Marca	Motor (HP)	Zona	Propiedad
1	Scoop Tramp	3,5	Wagner	180	Siberia	T. D. Mining
2	Scoop Tramp	3,5	Wagner	180	Corina	Caminco
3	Scoop Tramp	2,5	Wagner	137	Siberia	T. D. Mining
4	Scoop Tramp	1,5	Tamrock	67	Corina	EMQSA
5	Dumper 16 TM		Wagner	180	Corina	B. T. G.
6	Dumper 13 TM		Wagner	137	Siberia	T. D. Mining
TOTAL HP =				881		

4.7.- CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE PRESIÓN

4.7.1.- RESISTENCIA DE LOS CONDUCTOS DE VENTILACION

La resistencia específica, es la resistencia que opone el paso del aire de una labor. Está dado por siguiente la fórmula:

$$R = \frac{K \times (L + Le) \times Per}{A^3}$$

Donde:

- R: Resistencia (Ns²/m⁸).
- K: Factor de Fricción (Ns³/m⁴).
- L: Longitud (m).
- Le: Longitud Equivalente por Choques (m).
- Per: Perímetro de la Sección (m).
- A: Area de Sección de la Galería (m²).

La resistencia de un conducto es afectada principalmente por K, Per, L, Le y A.

La pérdida de presión se calcula con la Fórmula de Atkinson:

$$PP = R \times Q^2$$

Donde:

- PP: Pérdida de Presión (Pa).
- R: Resistencia (Ns²/m⁸).
- Q: Caudal de Aire (m³/s).

El Coeficiente de Fricción (K): La fricción causa una transformación de la energía de trabajo a energía de calor. Mientras más áspera sea la superficie, mayor será la turbulencia y por lo tanto, mayor la fricción y mayor la pérdida de poder.

Factores que afectan la resistencia de un conducto de ventilación al flujo de aire son:

- a) La naturaleza de las paredes (Factor de Fricción).
- b) La configuración y Tamaño (Perímetro y Area).
- c) La Longitud.
- d) Restricciones por Choque.

4.7.2.- CALCULO DE RESISTENCIAS Y PERDIDAS DE PRESION EN MANGAS DE VENTILACION

Cuadro N° 13: Cálculo de Resistencias y Pérdidas de Presión en Mangas de Ventilación

CALCULO DE RESISTENCIAS Y PERDIDAS DE PRESION EN MANGAS DE VENTILACION

Altitud (m)	Temperatura del Aire (°C)	Densidad del Aire (kg/m³)	Diámetro de Manga		Longitud (m)	Area (m²)	Perímetro Sección (m)	Factor de Fricción (k) (Ns²/m⁴)	Resistencia (Ns²/m⁸)	Factor de Corrección	Ventilador Simulado		Pérdida Presión (PP)		Pérdida Presión Corregido (PPc)		Pérdida Presión x 30% de Seguridad	
			(pulgada)	(m)							(m³/seg)	(pie³/min)	(Pascal)	(" H₂O)	(Pascal)	(" H₂O)	(Pascal)	(" H₂O)
4.490	20,0	0,713	24,0	0,61	100	0,29	1,92	0,0037	28,50067	0,5941	18,88	40.000	10.159,6	40,785	6.035,4	24,23	7.846,05	31,50
4.490	20,0	0,713	28,0	0,71	100	0,40	2,23	0,0037	13,18625	0,5941	18,88	40.000	4.700,5	18,870	2.792,4	11,21	3.630,09	14,57
4.490	20,0	0,713	30,0	0,76	100	0,46	2,39	0,0037	9,33910	0,5941	18,88	40.000	3.329,1	13,365	1.977,7	7,94	2.570,99	10,32
4.490	20,0	0,713	32,0	0,81	100	0,52	2,55	0,0037	6,76334	0,5941	18,88	40.000	2.410,9	9,679	1.432,2	5,75	1.861,91	7,47
4.490	20,0	0,713	36,0	0,91	100	0,66	2,87	0,0037	3,75318	0,5941	18,88	40.000	1.337,9	5,371	794,8	3,19	1.033,23	4,15
4.490	20,0	0,713	40,0	1,02	100	0,81	3,19	0,0037	2,21621	0,5941	18,88	40.000	790,0	3,171	469,3	1,88	610,11	2,45

Nota:

- 1.- Densidad de Aire Estándar: 1,2 Kg/m³
- 2.- El Coeficiente de Fricción para Mangas de Rafia de Polietileno: $K = 0,0037 \text{ Ns}^2/\text{m}^4 = 20 \times 10^{-10} \text{ lb}/\text{pie}^3$
- 4.- Se esta tomando un 30% de seguridad por pérdida en los empalmes, fugas, etc.
- 3.- La Sección de la Galería es de 3,5 m x 3,5 m

Conclusión:

- 1.- Con un caudal de 40.000 cfm y una manga de 36 pulgadas de Ø, para 100 m de longitud se tiene una presión de 4,15" de C.A. Entonces para 200 m de manga la presión será de 8,30" de C. A.
- 2.- Para diámetros de manga menores a 36", se incrementa la pérdida de presión por cada 100 m de manga. En consecuencia se requiere que el ventilador a utilizar sea de alta presión, lo cual es antieconómico e imposible encontrar un ventilador axial minero de 31" de C. A. de presión a esta altura de trabajo y para 100 m de manga.
- 3.- Por las dimensiones de la sección de 3,5 m x 3,5 m, altura de equipos y pérdida de presión se utilizará mangas de 36 " de diámetro.

4.7.3.- CALCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA DEL AIRE Y DEL VENTILADOR

4.7.3.1.- POTENCIA REQUERIDA POR EL AIRE

$$AHP = \frac{Q \times PT}{1000}$$

Donde:

AHP: Potencia del Aire (kW).

Q: Caudal de Aire (m³/s).

PT: Presión Total (Pa).

4.7.3.2.- POTENCIA REQUERIDA POR EL VENTILADOR

$$BHP = \frac{Q \times PT}{1000 \times ef_v}$$

Donde:

BHP: Potencia al Freno del Ventilador (kW).

Q: Caudal de Aire (m³/s).

PT: Presión Total (Pa).

ef_v: Eficiencia del Ventilador (65-70%).

CONSUMO REAL DE HP DEL MOTOR DEL VENTILADOR:

$$HP_{motor} = \frac{V \times A \times 1,732 \times ef_m \times PF}{746}$$

Donde:

HP_{motor}: HP producidos por el Motor.

V: Voltios.

A: Amperaje.

ef_m: Eficiencia Mecánica del Motor (85-90%).

PF: Factor de Potencia (0.85).

4.7.3.3.- CALCULO DEL CONSUMO DE ENERGIA EN LOS VENTILADORES

El consumo de energía de un ventilador depende del tamaño del ventilador, el tiempo de uso y se puede calcular:

COSTO DE ENERGIA:

$$C.E. = HP_{motor} \times \frac{0,746 kW}{HP} \times \frac{Consumo}{mes} \times P.E. / kW - h$$

$$\frac{Consumo}{mes} = \frac{Horas}{día} \times \frac{días}{mes}$$

Donde:

C. E. : Costo de Energía (US\$).

HP_{motor}: Potencia del Motor.

P. E. : Precio de Energía: US\$ 0,05/kW-h.

PF: Factor de Potencia (0.85).

4.8.- CARACTERÍSTICAS DE VENTILADORES AUXILIARES

Cuadro N° 14: Pérdida de Presión y Alcance para Mangas de Ventilación

Item	Descripción	N°	Caudal (cfm)	Presión (" C.A.)	Alcance (m)	Ø de Mangas (pulgadas)	Altitud de Trabajo
1	Ventilador Axial	1	40,000	8.5	200	36	4.490 msnm
2	Ventilador Axial	1	40,000	10.0	240	36	4.490 msnm
3	Ventilador Axial	1	40,000	8.5	63	30	4.490 msnm
4	Ventilador Axial	1	40,000	10.0	79	30	4.490 msnm

Se determinó la utilización de ventiladores de 40.000 cfm, con 8,5 pulgadas de presión total para una altura de trabajo de 4.490 msnm, con mangas de 36 pulgadas de diámetro, insuflando aire limpio, para un scoop de 3,5 yd³ y un dumper de 16 TM.

Por las dimensiones de la sección de la galería de 3,5 m x 3,5 m, altura de equipos y pérdida de presión en las mangas de ventilación, se utilizará mangas de 36 " de diámetro. Ver Anexo: Plano de Estándares de Galería de 3,5 m x 3,5 m (P-09).

En el Cuadro N° 13 de Cálculo de Resistencias y pérdidas de presión para mangas se cálculo para distintos diámetros, cálculo las caídas de presión y los alcances (en m), por lo que se eligió las mangas de 36 pulgadas de diámetro, con una pérdida de presión de 8,5 pulgadas de C. A., para 200 metros de longitud.

El coeficiente de fricción en las mangas de rafia de polietileno es de:

$$k = 0,0037 \text{ Ns}^2/\text{m}^4 = 20 \times 10^{-10} \text{ lb/m}^3$$

5.- DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACION DE LA VETA RAYO

5.1.- OBJETIVO.- Determinar y diseñar el nuevo circuito de ventilación y seleccionar los ventiladores requeridos para cubrir la nueva demanda durante la etapa de explotación, desarrollos y preparación, desarrollos; a fin de brindar un ambiente seguro, saludable y confortable cumpliendo la normatividad Legal.

5.2.- ANTECEDENTES

El sistema actual de ventilación en la Veta Rayo es auxiliar enseriando ventiladores, presenta dos circuitos de ventilación auxiliares, el cual se detalló en el capítulo anterior.

5.3.- DISEÑO DEL CIRCUITO GENERAL DE VENTILACIÓN

El objetivo de los circuitos de ventilación es lograr una distribución adecuada del caudal de aire, obteniéndose el equilibrio de la caída de presión en los diferentes ramales. La resolución a un sistema de ventilación depende de la forma como están diseñados los circuitos de ventilación.

El nuevo circuito de ventilación de la Veta Rayo, en el Nv. 800 consiste en hacer integrar los circuitos auxiliares de Rayo Siberia con Rayo Corina para tener un solo circuito y brindarle una ventilación principal con chimeneas de salida de aire contaminado a superficie con la ayuda de ventiladores principales, en base a las necesidades de aire para el personal equipos diesel en operación y diluir contaminantes; de acuerdo a los estándares del R. S. H. M.

Ver Plano de Ventilación Integral Proyectado de la Veta Rayo (P-05)

El circuito esta conformado por dos ingresos principales de aire limpio, el de la Bocamina Corina 800 y el Crucero 740, los cuales recorrerán las labores de explotación y desarrollos y las salidas del aire contaminado es a través de dos chimeneas de ventilación tipo Raise Boring de 2,4 m (8 pies) de diámetro a superficie con ventiladores axiales principales extractores de 100.000 cfm y 11,0 pulgadas de C. A., a una altura de trabajo de 4.800 msnm.

Ver Plano Unifilar de Ventilación Proyecto de la Veta Rayo (P-06)

Ver Plano Isométrico de Ventilación Proyecto de la Veta Rayo (P-07)

La selección del ventilador la determinamos en base a las necesidades requeridas de aire limpio y a las pérdidas de presión en el circuito, que está en función a la sección de las chimeneas y galerías.

La selección del diámetro de la chimenea de ventilación se determinó en base a las pérdidas de presión que originan sus rugosidades en las paredes. Ver Cuadro N° 44, 45 y 45-A de Resistencias, Pérdida de Presión y Consumo de Energía para Diferentes Secciones de Chimeneas (Raise Boring vs Convencionales).

5.4.- BALANCE GENERAL DE AIRE PROYECTADO

Cuadro N° 15: Balance General de Aire Proyectado

5.4.1.- INGRESOS DE AIRE:

Ingresos de Aire	pie ³ /min	m ³ /min	m ³ /s
Nv. 4490 (800) Bocamina Corina 800	80.000	2.262,7	37,7
Nv. 4490 (800) By pass Norte 777	60.000	1.697,1	28,3
Nv. 4490 (800) By pass Sur 777	60.000	1.697,1	28,3
Total Ingresos de Aire	200.000	5.656,8	94,3

5.4.2.- NECESIDADES DE AIRE:

Necesidades de Aire	pie ³ /min	m ³ /min	m ³ /s
a) <u>Para Personal:</u>			
45 Trabajadores/gdía x 6 m ³ /min x trabajador	9.546	270,0	4,5
b) <u>Para Dilución de Contaminantes:</u>			
Vel. Aire 25 m/min x 1 Niv. Operativos x 11,37 m ² Sección	10.050	284,3	4,7
c) <u>Para Equipos Diesel:</u>			
02 Scoop Wagner de 3,5 yd ³ = 2 x 180 HP = 360 HP			
03 Scoop Wagner de 2,5 yd ³ = 3 x 137 HP = 411 HP			
02 Scoop Tamrock de 1,5 yd ³ = 2 x 67 HP = 134 HP			
02 Dumper de 16 TM = 2 x 180 HP = 360 HP			
01 Dumper de 13 TM = 1 x 137 HP = 137 HP			
01 Camión de Servicio = 1 x 100 HP = 100 HP			
03 Caminetas 4 x 4 = 1 x 80 HP = 240 HP			
Total HP: 1.742 HP			
Caudal Requerido: 3 m ³ /(min x HP) x Total HP x F. S. (0,75)	138.575	3.919,5	65,3
Total Necesidad de Aire	158.171	4.473,8	74,6

5.4.3.- COBERTURA DE AIRE:

Cobertura de Aire :	126,45%
----------------------------	----------------

5.4.4.- SALIDAS DE AIRE:

Salidas de Aire	pie ³ /min	m ³ /min	m ³ /s
Nv. H2 Superficie R. Boring Siberia Sur (Ventilador 100.000 cfm)	100.000	2.828,4	47,1
Nv. H2 Superficie R. Boring Corina Norte (Ventilador 100.000 cfm)	100.000	2.828,4	47,1
Total Salidas de Aire	200.000	5.656,8	94,3

5.5.- PLANEAMIENTO DE VENTILACION

El planeamiento de la ventilación es una herramienta que nos permite Administrar eficientemente del diseño de las actividades mineras, para lo cual deberá tenerse en cuenta las siguientes variables de decisión:

- Número de secciones.
- Cantidad de Reservas.
- Sección y Cantidad de Labores.
- Profundidad de las Reservas.
- Método de Explotación.
- Ubicación de chimeneas.
- Horario de actividades.

El planeamiento del sistema de ventilación nos sirve para garantizar la continuidad operativa de la mina.

PLAN DE CONTINGENCIA DE VENTILACION

En el RSHM D. S. N° 046 - 2.001 – EM, Art. 204 inciso “g” y “h” se detalla como actuar frente a un imprevisto en el funcionamiento de los ventiladores (Anexo: página 80).

- a) Corte imprevisto de la energía eléctrica que paralice todos los ventiladores.
- b) Energía que requiere de la inversión de los circuitos de ventilación de aire: no se considera de magnitud las paralizaciones fortuitas por fallas mecánicas y/o eléctricas y mantenimiento programado de ventiladores.

Además se tiene que evacuar al personal y equipos diesel (paralización) en caso de paralización de los ventiladores por corte de energía o fallas mecánicas/eléctricas.

5.6.- REQUERIMIENTOS DE VENTILADORES

5.6.1- CALCULO DE RESISTENCIAS Y PERDIDAS DE PRESION EN GALERIAS Y RAISE BORING

Cuadro N° 16: Cálculo de Resistencias y Pérdidas de Presión en Galerías y Raise Boring

Descripción	Altitud (m)	Temperatura del Aire (°C)	Densidad del Aire (kg/m³)	Sección		Longitud (m)	Longitud Equivalente (m)	Area (m²)	Perímetro Sección (m)	Factor de Fricción (k) (Ns²/m⁴)	Resistencia (Ns²/m⁴)	Factor de Corrección	Ventilador Simulado		Pérdida Presión (PP)		Pérdida Presión Corregido (PPc)		Pérdida Presión x 50% de Seguridad	
				Ancho (m)	Alto (m)								(m³/seg)	(pie³/min)	(Pascal)	(" H₂O)	(Pascal)	(" H₂O)	(Pascal)	(" H₂O)
Nv. 4490	4.490	20,0	0,713	3,5	3,5	2.437	500	11,37	12,71	0,0250	0,63490	0,5941	56,64	120.000	2.036,9	8,18	1.210,1	4,86	1.815,08	7,29
Nv. 4490	4.490	20,0	0,713	3,5	3,5	1.000	500	11,37	12,71	0,0250	0,32426	0,5941	37,76	80.000	462,4	1,86	274,7	1,10	412,00	1,65
Nv. 4800	4.800	22,0	0,685	2,4	2,4	320	63	4,52	8,64	0,0037	0,13224	0,5712	47,20	100.000	294,6	1,18	168,3	0,68	252,44	1,01
Nv. 4800	4.800	22,0	0,685	2,4	2,4	310	63	4,52	8,64	0,0037	0,12879	0,5712	47,20	100.000	286,9	1,15	163,9	0,66	245,85	0,99
Total																	1.816,9	7,294	2.361,98	10,94

Conclusiones:

- 1.- Densidad de Aire Estándar: 1,2 Kg/m³
- 2.- Se requiere dos ventiladores principales de 100.000 cfm (47m³/s), con 11,0 pulgadas de C. A. de presión total, para 4.800 msnm.

5.6.2.- RELACION DE VENTILADORES PRINCIPALES Y SECUNDARIOS PROYECTADOS

Cuadro N° 17: Relación de Ventiladores Principales y Secundarios Proyectados

	CIA.	Ubicación		Zona	N°	Caudal		Presión Total (pulg.C.A.)	Total Potencia Instalado (HP)	Marca	Modelo	Función	Costo de Energía (US\$/mes)
		Labor	Nivel			(cfm)	(m³/seg)						
1	EMQSA	R. B. Siberia	Superficie	Siberia		100.000	47,2	11,0	200		VAV-54-26.5-1750-II	Extractor	5.371
2	EMQSA	R. B. Corina	Superficie	Corina		100.000	47,2	11,0	200		VAV-54-26.5-1750-II	Extractor	5.371
						200.000	94,4		400				10.742

5.6.3.- RELACION DE VENTILADORES AUXILIARES PROYECTADOS

Cuadro N° 18: Relación de Ventiladores Auxiliares Proyectados

	CIA.	Ubicación		Zona	N°	Caudal		Presión Total (pulg.C.A.)	Total Potencia Instalado (HP)	Marca	Modelo	Función	Costo de Energía (US\$/mes)
		Labor	Nivel			(cfm)	(m³/seg)						
1	EMQSA	By Pass Norte	800	Siberia	402	40.000	18,9	8,5	100	Airtec	VAV-32-14-3450-II	Impelente	2.686
2	T.D.Mining	By Pass Sur	800	Siberia	s/n	30.000	14,2	8,0	75		VAV-32-14-3450-I	Impelente	2.014
3	Caminco	By Pass Norte	800	Corina	401	40.000	18,9	8,5	100	Joy	VAV-32-14-3650-II	Impelente	2.686
						110.000	51,9		275				7.385

Costo de Energía de Ventilación Principal y Auxiliar	310.000	146		675		18.128
---	----------------	------------	--	------------	--	---------------

5.7.- RELACION DE EQUIPOS DIESEL PROYECTADOS EN MINA

Cuadro N° 19: Relación de Equipos Diesel Proyectados en Mina

	Equipos Diesel	Capacidad (yd³)	Marca	Motor (HP)	Zona	Propiedad
1	Scoop Tram	3,5	Wagner	180	Siberia	T. D. Mining
2	Scoop Tram	3,5	Wagner	180	Siberia	T. D. Mining
3	Scoop Tram	2,5	Wagner	137	Corina	Caminco
4	Scoop Tram	2,5	Wagner	137	Siberia	T. D. Mining
5	Scoop Tram	2,5	Wagner	137	Siberia	T. D. Mining
6	Scoop Tram	1,5	Wagner	67	Siberia	T. D. Mining
7	Scoop Tram	1,5	Wagner	67	Corina	Caminco
8	Dumper	16 TM	Wagner	180	Corina	Caminco
9	Dumper	16 TM	Wagner	180	Siberia	T. D. Mining
10	Dumper	13 TM	Wagner	137	Corina	Caminco
11	Camión de Servicio			100		Contrata
12	Camioneta 4 x 4			80	Siberia	Contrata
13	Camioneta 4 x 4			80	Corina	Contrata
14	Camioneta 4 x 4			80	Corina	Contrata
TOTAL HP =				1.742		

REQUERIMIENTO DE VENTILADORES

En el nuevo diseño del sistema de ventilación se requieren dos ventiladores axiales de 100.000 cfm para cubrir las necesidades con 11,0 pulgadas de C.A. de presión total a una altura de trabajo de 4.800 msnm, trabajando como extractores de aire contaminado, instalados en las cabezas de los Raise Boring en superficie.

El cálculo de la pérdida de presión se puede observar en el Cuadro N° 26 pág. 51.

Nv. 4.800 (H2)	Longitud (m)	Diámetro de Raise Boring		Ventilador Axial	
		(m)	(pie)	Caudal (cfm)	P. Total (pulg. C. A.)
Superficie Siberia	310	2,4	8,0	100.000	11,0
Superficie Corina	320	2,4	8,0	100.000	11,0

5.8.- REQUERIMIENTO DE CHIMENEAS DE VENTILACIÓN

Para el nuevo diseño del sistema de ventilación, según las necesidades de aire para cubrir la demanda requerida se necesitan dos chimeneas de ventilación del Nv. 800 a superficie, para la evacuación del aire contaminado.

Se está recomendando chimeneas tipo Raise Boring, por su baja resistencia que ofrecen, con un diámetro de 2,4 m (8 pies) como máximo, debido a su alto costo.

Cuadro N° 20: Relación de Chimeneas de Ventilación

N°	Ubicación	Diámetro		Longitud (m)	Tipo de Chimenea
		(m)	(pie)		
1	Rayo Corina Norte	2,4	8	320	Raise Boring
2	Rayo Siberia Sur	2,4	8	310	Raise Boring

La selección de chimenea tipo Raise Boring, con un diámetro de 2,4 m. se puede apreciar en los cálculos de resistencias, pérdida de presión y consumo de energía para diferentes labores en función de las secciones, para una longitud de 100 m.

Ver en el Anexo, Cuadro N° 43, 44, 45 y 45-A

El coeficiente de fricción que se está considerando en las paredes del Raise Boring en base a las tablas ya calculadas, es de:

$$k = 0,0037 \text{ kg/m}^3 = 20 \times 10^{-10} \text{ lb/m}^3$$

En las paredes de las Galerías se considera:

$$k = 0,025 \text{ kg/m}^3 = 135 \times 10^{-10} \text{ lb/m}^3$$

Ver en el Anexo, Cuadro N° 38: Valores de Coeficientes de Fricción (K).

6.- EVALUACION ECONOMICA DE LA INVERSION

6.1.- INVERSIÓN DEL PROYECTO

6.1.1.- INVERSIÓN EN DESARROLLOS Y PREPARACIONES

Cuadro N° 21: Inversión en Desarrollos y Preparaciones

Actividad	m	US\$	US\$/TM
Desarrollo Primario	4.352	1.526.704	2,11
Desarrollo Vertical	697	650.000	0,90
Preparaciones	3.175	787.013	1,09
Total Des. y Prep.	8.524	2.963.717	4,09

6.1.2.- INVERSIÓN EN EQUIPOS

6.1.2.1.- INVERSION EN VENTILADORES Y ACCESORIOS

a) VENTILACION AUXILIAR

Cuadro N° 22: Inversión en Ventilación Auxiliar

Item	Descripción	Cantidad	Tarifa		Total (US\$)
1	Adquisición de Ventilador de 40.000 cfm, 100 HP	6	8.750	\$/unid	52.500
2	Adquisición de Arrancador para Ventilador de 100 HP	6	1.200	\$/unid	7.200
3	Manga de Ventilación de 36" de Ø (m)	2.000	3,30	\$/m	6.560
4	Ductos Succión Rígidos (m) de 36" Ø	150	20,00	\$/m	3.000
5	Alambre N° 8 (kg)	200	0,78	\$/kg	156
6	Instalación de Ventilador (Mano de Obra)	6	209,49	\$/unid	1.257
Costo en Ventilación Auxiliar					70.673

b) VENTILACION PRINCIPAL

Cuadro N° 23: Inversión en Ventilación Principal

Item	Descripción	Cantidad	Tarifa		Total (US\$)
1	Adquisición de Ventilador de 100.000 cfm	2	35.000	\$/unid	70.000
2	Adquisición de Arrancador para Ventilador	2	7.000	\$/unid	14.000
3	Adquisición de Transformador para Energía	2	8.000	\$/unid	16.000
4	M. de Obra y Materiales en Instalación de Ventilador	2	3.500	\$	7.000
5	Línea, postes, pararrayos, cut out	2	13.000	\$	26.000
6	M. Obra + Material en Instalación Eléctrica	2	557	\$	1.114
Costo en Ventilación Principal					134.114

COSTO EN VENTILACION PRINCIPAL Y AUXILIAR

Costo en Ventilación Principal y Auxiliar (US\$)	204.787
---	----------------

6.1.2.2.- INVERSION EN CHIMENEAS DE VENTILACIÓN

Cuadro N° 24: Inversión en Chimeneas de Ventilación

Actividad	Cantidad	Tarifa	Total (US\$)
Raise Boring Rayo Siberia a Superficie			
Loza de Concreto (4 m x 5 m)	1	486,0 \$	486
Raise Boring (m) (Ø = 8 pies)	310	650,0 \$/m	201.500
Adicional (10 %)		\$	20.150
Costo R. B. Rayo Siberia			222.136
Raise Boring Rayo Corina a Superficie			
Loza de Concreto (4 m x 5 m)	1	486,0 \$	486
Raise Boring (m) (Ø = 8 pies)	320	650,0 \$/m	208.000
Adicional (10 %)		\$	20.800
Costo R. B. Rayo Corina			229.286
Costo Total en Chimeneas de Ventilación			451.421

6.2.- COSTO TOTAL DE LA INVERSIÓN

En equipos no se considera la compra de equipos como scoop tram, dumper y jumbo porque la estrategia es tercerizar la explotación, al igual que el desarrollo y la preparación. Solo se considera la inversión en ventilación auxiliar y principal.

La inversión en chimeneas de ventilación, está considerado en desarrollo vertical.

Cuadro N° 25: Costo Total de la Inversión

Costo Total Desarrollo y Preparaciones (US\$)	2.612.912
Costo Ventilación Principal y Auxiliar (US\$)	204.787
Costo Total de la Inversión (US\$)	2.817.699

6.3.- COSTO DE VENTILACION

Cuadro N° 26: Costo de Ventilación

1.- COSTO DE POSESION

Costo Ventilación Principal y Auxiliar (US\$)	204.787
Costo Total (US\$)	204.787
Vida (años)	15
Costo Total de Posesión (US\$/mes)	1.138

2.- COSTO DE OPERACIÓN

Costo Energía de Ventilación (US\$/mes)	13.468
Costo de Mantenimiento (US\$/mes) (25% de C. Posesión)	284
Costo Total de Operación (US\$/mes)	13.752
Costo Total de Posesión y Operación (US\$/mes)	14.890
Producción/mes (TM/mes)	20.000
Costo Total de Ventilación (US\$/TM)	0,74

6.4.- COSTO DE ENERGIA EN VENTILACIÓN

Cuadro N° 27: Costo de Energía en Ventilación

Item	Descripción	Cantidad	HP	HP Total	kW Total	Unidades
1	Ventilación Principal	2	200	400		
2	Ventilación Auxiliar	3	100	275	401	kW
3	Horas Efectivas/día				24	horas
4	Tarifa de Energía Eléctrica				0,05	US\$/kW-h
5	Costo de Energía				481	US\$/día
6	Producción/mes				20.000	TM
7	Producción/día				769	TM
Costo de Energía de Ventilación/TM					0,63	US\$/TM

Este costo de energía de ventilación está considerado en el costo de servicio, para el costo de minado en la Veta Rayo.

6.5.- EVALUACION ECONOMICA

Cuadro N° 28: Evaluación Económica

EVALUACION ECONOMICA VETA RAYO				
NOMBRE DEL PROYECTO:	VETA RAYO			
CARACTERISTICAS:	CANTIDAD	TARIFA	MONTO	
DESARROLLO HORIZONTAL (m)	4.352,0	1,00 \$/m	1.526.704	\$
DESARROLLO VERTICAL (m)	997,0	1,00 \$/m	650.000	\$
PREPARACIONES (m)	3.175,0	1,00 \$/m	787.013	\$
EQUIPOS	1,0	1,00 \$/m **	204.787	
Total			3.168.504	\$
RESERVAS				
	Toneladas *	724.270 TMS		
	Valor de Mineral	49,95 \$/TMS		
	Vida del Proyecto	3,00 años		
INVERSION				
	C.Directo	3.168.504 \$	4,37	\$/TMS
	Materiales	0 \$	0,00	\$/TMS
	Energía	0 \$	0,00	\$/TMS
	Otros	\$	0,00	\$/TMS
	Total	3.168.504 \$	4,37	\$/TMS
INGRESOS		36.177.287 \$	49,95	\$/TMS
COSTOS OPERATIVOS				
	C. Mina	10,75 \$/TMS	7.785.903	\$
	C. Planta	4,33 \$/TMS	3.136.089	\$
	C. Mantenimiento	1,33 \$/TMS	963.279	\$
	C. Indirectos	2,20 \$/TMS	1.593.394	\$
	C. Total	18,61 \$/TMS	13.478.665	\$
RESULTADO BRUTO			22.698.622	\$
AMORTIZACIONES			1.056.168,00	\$
RESULTADO ANTES DE IMPUESTOS			21.642.453,80	\$
IMPUESTOS SOBRE EL BENEFICIO (30%)			6.492.736,14	\$
RESULTADO NETO			15.149.717,66	\$
AMORTIZACIONES			1.056.168,00	\$
FLUJO DE FONDO NETO			16.205.885,66	\$

NOTA:

** En equipos no se considera la compra de equipos como scooptram, dumper y jumbo porque la estrategia es tercerizar la explotación, al igual que el desarrollo y la preparación.

* En base a solo a las reservas que se tiene, geología ha estimado esas reservas.

Cuadro N° 29: Evaluación Económica de la Veta Rayo

EVALUACION ECONOMICA DE LA VETA RAYO (US\$)						
		Años				
		0	1	2	3	
INVERSION	años: 3,00	-3.168.504				
PRODUCCION (TMS)			240.000	240.000	244.270	724.270
INGRESOS			11.988.000	11.988.000	12.201.287	36.177.287
COSTOS OPERATIVOS			4.466.400	4.466.400	4.545.865	13.478.665
RESULTADO BRUTO			7.521.600	7.521.600	7.655.422	22.698.622
AMORTIZACIONES			1.056.168	1.056.168	0	
RESULTADO ANTES DE IMPUESTOS			6.485.432	6.465.432	7.655.422	
IMPUESTOS SOBRE EL BENEFICIO (30%)			1.939.630	1.939.630	2.296.627	
RESULTADO NETO			4.525.802	4.525.802	5.358.795	
AMORTIZACIONES			1.056.168	1.056.168	0	
FLUJO DE FONDO NETO		-3.168.504	5.581.970	5.581.970	5.358.795	
FLUJO DE FONDO NETO ACUMULADO		-3.168.504	5.581.970	11.163.941	0	16.745.911
Tasa de Actualización (%)	12,00					
Factor de Actualización		1,0000	0,8929	0,7972	0,7118	
FLUJO DE FONDO NETO ACTUALIZADO		-3.168.504	4.983.902	4.449.913	3.814.285	
FLUJO DE FONDO N. ACT. ACUMULADO		-3.168.504	4.983.902	9.433.815	13.248.099	
Tasa de Actualización (%)	75,00					
Factor de Actualización		1,0000	0,5714	0,3265	0,1866	
FLUJO DE FONDO NETO ACTUALIZADO		-3.168.504	3.189.697	1.822.684	999.892	
FLUJO DE FONDO N. ACT. ACUMULADO		-3.168.504	3.189.697	5.012.382	6.012.273	
VAN	2.843.769					
VAN :	10.079.595	\$	(BUENO => VAN >0)			
TIR :	99,76	(%)	(BUENO => TIR > 12%)			
BENEFICIO/COSTO = 3,18	3,18		(BUENO)			

El Proyecto en la Veta Rayo es factible, con un Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno y un Beneficio/Costo de:

VAN = US\$ 10.079.595 y un TIR = 99,76%.

BENEFICIO/COSTO = 3,18

7.- APLICACIÓN DEL PROGRAMA DE VENTILACION (Software VnetPC–2003) MODELAMIENTO DE SISTEMA DE VENTILACIÓN

7.1.- DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA

Programa Vnet PC - 2003 válido para simulación de redes de ventilación que incluye flujos de aire, ventiladores, caídas de presión y pérdidas de fricción.

- Usa datos basados en dimensiones y características de vías de aire conocidas.
- También usa datos físicos de planos y parámetros de diseño.
- Permite trabajar en tres dimensiones.
- El programa se desarrolla en base a suposiciones de flujo incomprensible y las leyes de Kirchhoffs así como técnica de repetición de Hardy Cross.
- Presenta la red en forma esquemática
- Sistema de coordenadas, mejorada y ampliable.
- Importación de archivos DXF de CAD y programas de planeamiento.
- Sistema métrico (SI) y sistema inglés (conversión).

7.2.- CARACTERÍSTICAS DEL PROGRAMA

- Software basado en técnica iterativa de Hardy Cross.
- Límite programa: 5.000 ramales, 600 ventiladores.
- Genera circuitos de aire.
- Calcula Caídas de presión en cada labor o ramal.
- Define operación ventiladores: Caudal, presión, HP.
- Brinda información de costo de operación de ventilación, (Consumo de energía eléctrica).
- Genera diagrama de redes.

7.3.- DATOS DE ENTRADA DEL PROGRAMA

(Data Input Para Uso de Software)

Los datos iniciales que requiere el programa para su ejecución son los siguientes:

- Factor de Fricción K, en $\text{kg}\times\text{min}^2/\text{m}^4$.
- Densidad del aire corregido por altura, en kg/m^3 .
- Temperatura de ambiente, en $^{\circ}\text{C}$.
- Sección transversal de cada ramal, en m^2 .
- Longitud de cada ramal, en m.
- Perímetro, en m.
- Rugosidad de paredes de ramales, en m. (Factor de fricción).
- Puntos de trabajo de ventiladores (curva del ventilador).
- Costo energía eléctrica, US\$/kW-h.
- Data de levantamiento de ventilación.
- Generación de un diagrama de la red.
- Uso de las curvas de rendimiento de los ventiladores.
- Simulación con distintos diámetros de chimeneas de ventilación.

7.4.- REGISTRO DE DATA

7.4.1.- Registro de Levantamiento de Ventilación

7.4.2.- Alimentación de lo Ramales (Data Input Vnet PC)

7.4.3.- Alimentación de las Cantidades Fijas

7.4.1.- Registro de Levantamiento de Ventilación

Cuadro N° 30: Datos del Levantamiento de Ventilación

DATOS DE LEVANTAMIENTO DE VENTILACION

Est.	Altitud (m)	Sección (m)		Area de la Sección		Perímetro (m)	Longitud (m)	Longitud Equivalente (m)	Temperatura del Aire (°C)	Humedad Relativa (%)	Presión Atmosférica (pulg de Hg)	Densidad del Aire (kg/m³)	Gases			Oxígeno O₂ (%)	Observaciones
		Ancho	Alto	(pie²)	(m²)								CO (ppm)	NO (ppm)	SO₂ (ppm)		
EV-1	4.490	3,67	3,50	128,37	11,93	12,98	86,50	12,80	9,00	65,00	17,34	0,726	0	0	0,00	20,70	Bocamina Corina 800
EV-2	4.490	3,51	3,50	122,77	11,41	12,72	24,20	6,40	13,00	86,00	17,47	0,721	2	0	0,40	20,70	By Pass 793
EV-3	4.490	3,50	3,52	123,12	11,44	12,75	200,00	19,20	14,00	87,00	17,51	0,720	2	0	0,50	20,60	By Pass 793 N
EV-4	4.490	3,70	3,24	119,81	11,13	12,46	300,00	14,00	21,00	88,00	17,73	0,712	6	0	0,70	20,60	By Pass 777 Norte
EV-5	4.490	3,60	3,31	119,09	11,06	12,47	337,00	12,80	21,00	89,00	17,73	0,712	7	0	0,80	20,50	By Pass 777 Norte
EV-6	4.490	4,20	3,30	138,51	12,87	13,21	200,00	13,70	21,00	92,00	17,73	0,712	23	3	3,90	20,10	By Pass 777 Sur
EV-7	4.490	3,61	3,55	128,08	11,90	12,99	200,00	12,80	22,00	95,00	17,76	0,711	24	3	4,00	20,10	Crucero 740
EV-8	4.490	3,56	3,65	129,86	12,06	13,11	200,00	12,80	22,00	95,00	17,76	0,711	24	3	4,00	20,00	Crucero 740
EV-9	4.490	3,54	3,60	127,36	11,83	12,97	200,00	12,80	22,00	95,00	17,76	0,711	24	3	4,00	20,00	Crucero 740
EV-10	4.490	3,62	3,59	129,88	12,07	13,08	69,00	12,80	22,00	95,00	17,76	0,711	24	3	4,00	20,00	Crucero 740

Nota:

EV-Nº: Estación de Ventilación

Cuadro N° 31: Alimentación de los Ramales

VnetwinB
G:\WETA-RAYO-2005.vdb

Datos de Alimentación de Rama
05/05/05 22:01:04

Ramal No.	De	A	FQi	Tipo	Resistencia (Ns ² /m ⁸)	Presión Baja (Pa)	Cantidad (m ³ /s)	Fricción Factor (kg/m ³)	Resistencia per Longitud (R/1000m)	Longitud (m)	Equiv. Longitud (m)	Area (m ²)	Perimetro (m)	Paralelo Factor	Calculada Resistencia (Ns ² /m ⁸)	Auto Longitud	Ramal Código	Superficie Estatus	Símbolo	Descripción
1	1	2	i	k Factor				0.0250		86.5	12.8	11.9	14.51	1.00	0.02138	Desactivad	Entrada	Entrada	R	Boc. Corina
2	2	3		k Factor				0.0250		24.2	6.4	11.4	14.02	1.00	0.00724	Desactivad	Predeter	Ninguno	Ninguno	B. P. Corina Norte
3	3	4		k Factor				0.0250		200.0	19.2	11.4	14.03	1.00	0.05189	Desactivad	Predeter	Ninguno	Ninguno	B. P. Corina Norte
4	4	5		k Factor				0.0250		323.3	19.2	11.3	13.90	1.00	0.08097	Desactivad	Predeter	Ninguno	Ninguno	B. P. Corina Norte
5	5	6		k Factor				0.0250		20.0	12.8	8.36	10.89	1.00	0.01528	Desactivad	Retomo	Ninguno	Ninguno	Vent. R.B. Corina
6	6	7	V	k Factor				0.0037		320.0	13.4	4.52	7.54	1.00	0.10072	Desactivad	Retomo	Salida	Ninguno	R.B. Corina
7	8	5		k Factor				0.0250		300.0	19.2	11.3	12.71	1.00	0.07029	Desactivad	Predeter	Ninguno	Ninguno	B. P. Siberia Norte
8	9	8		k Factor				0.0250		327.1	25.6	11.3	12.71	1.00	0.07767	Desactivad	Predeter	Ninguno	Ninguno	B. P. Siberia Norte
9	9	10		k Factor				0.0250		68.7	12.8	11.3	12.71	1.00	0.01795	Desactivad	Predeter	Ninguno	Ninguno	B. P. Siberia Sur
10	10	11		k Factor				0.0250		20.0	12.8	8.43	10.97	1.00	0.01502	Desactivad	Retomo	Ninguno	Ninguno	Vent. R.B. Siberia
11	13	10		k Factor				0.0250		100.0	13.1	11.8	12.71	1.00	0.02187	Desactivad	Predeter	Ninguno	Ninguno	B. P. Siberia Norte
12	11	12	V	k Factor				0.0037		310.0	13.4	4.52	7.54	1.00	0.09770	Desactivad	Retomo	Salida	Ninguno	R. B. Siberia
13	14	9		k Factor				0.0250		68.9	12.8	12.1	14.42	1.00	0.01634	Desactivad	Predeter	Ninguno	Ninguno	Crucero 740
14	15	14		k Factor				0.0250		200.0	12.8	11.8	14.28	1.00	0.04589	Desactivad	Predeter	Ninguno	Ninguno	Crucero 740
15	16	15		k Factor				0.0250		200.0	12.8	12.0	14.42	1.00	0.04374	Desactivad	Predeter	Ninguno	Ninguno	Crucero 740
16	17	16		k Factor				0.0250		200.0	12.8	11.9	14.32	1.00	0.04521	Desactivad	Predeter	Ninguno	Ninguno	Crucero 740
17	18	17	i	k Factor				0.0250		200.0	13.7	12.8	12.23	1.00	0.03065	Desactivad	Entrada	Entrada	R	By Pass Sur
18	19	17		k Factor				0.0250		300.0	14.0	11.1	12.46	1.00	0.07094	Desactivad	Entrada	Ninguno	Ninguno	By Pass Norte
19	20	19	i	k Factor				0.0250		337.0	12.8	11.1	12.46	1.00	0.07903	Desactivad	Entrada	Entrada	R	By Pass Norte

Cuadro N° 32: Alimentación de las Cantidades Fijas

VnetwinB
G:\WETA-RAYO-2005.vdb

Datos de Cantidades Fijas
05/05/05 22:01:04

Fixed Q No.	De	A	IR	Fija Cantidad (m³/s)	Refuerzo Presión (Pa)	Ramal Resistencia (Ns²/m⁸)	Regulador Resistencia (Ns²/m⁸)	Total Resistencia (Ns²/m⁸)	Orifico Area (m²)	Descripción
1	1	2	i	37.76		0.02138	1.40608	1.42746	0.86	Ingreso de Aire Limpio
2	18	17	i	28.00		0.03065	2.19888	2.22953	0.69	Ingreso de Aire Limpio
3	20	19	i	28.00		0.07903	2.07956	2.15859	0.71	Ingreso de Aire Limpio

DATA MINA EN LA VETA RAYO

- Nuevo Requerimiento de Aire: 158.171 cfm.
- Densidad de Aire: 0,713 kg/m³.
- Temperatura: 20 a 22 °C.
- Costo Energía: US\$ 0,05/kW-h.
- Chimeneas de ventilación: 2,4 metros de diámetro (8 pies).
- Eficiencia de Ventilador: 70 %.
- Puntos de trabajo de ventiladores: Caudal vs Presión (Ventiladores Joy, Airtec).

7.5.- RESUMEN DE RESULTADOS

7.5.1.- RESULTADOS VnetPC - RAMALES

7.5.2.- RESULTADOS VnetPC - VENTILADORES

Cuadro N° 33: Resultados de los Ramales

VnetwinB
G:\VETA-RAYO-2005.vdb

Datos de Resultados de Ramal
05/05/05 22:01:04

Ramal No.	De	A	FBR	Total Resistencia (Ns ² /m ⁸)	Cantidad (m ³ /s)	Presión Baja (Pa)	Energía de Aire Perdida (kW)	Operación Costo (\$/yr)	Descripción
1	1	2	R	1.42746	37.76	2035.3	76.85	48088	Boc. Corina
2	2	3		0.00724	37.76	10.3	0.39	243	B. P. Corina Norte
3	3	4		0.05189	37.76	74.0	2.79	1748	B. P. Corina Norte
4	4	5		0.08097	37.76	115.4	4.36	2727	B. P. Corina Norte
5	5	6		0.01528	47.13	33.9	1.60	1000	Vent. R.B. Corina
6	6	7	V	0.10072	47.13	223.8	10.55	6600	R.B. Corina
7	8	5		0.07029	9.37	6.2	0.06	36	B. P. Siberia Norte
8	9	8		0.07767	9.37	6.8	0.06	40	B. P. Siberia Norte
9	9	10		0.01795	46.63	39.0	1.82	1138	B. P. Siberia Sur
10	10	11		0.01502	46.63	32.7	1.52	954	Vent. R.B. Siberia
11	13	10		0.02187	0.00	0.0	0.00	0	B. P. Siberia Norte
12	11	12	V	0.09770	46.63	212.4	9.90	6197	R. B. Siberia
13	14	9		0.01634	56.00	51.2	2.87	1794	Crucero 740
14	15	14		0.04589	56.00	143.9	8.06	5042	Crucero 740
15	16	15		0.04374	56.00	137.2	7.68	4807	Crucero 740
16	17	16		0.04521	56.00	141.8	7.94	4969	Crucero 740
17	18	17	R	2.22953	28.00	1747.9	48.94	30623	By Pass Sur
18	19	17		0.07094	28.00	55.6	1.56	974	By Pass Norte
19	20	19	R	2.15859	28.00	1692.3	47.38	29649	By Pass Norte

Cuadro N° 34: Resultados de los Ventiladores

VnetwinB
G:\VETA-RAYO-2005.vdb

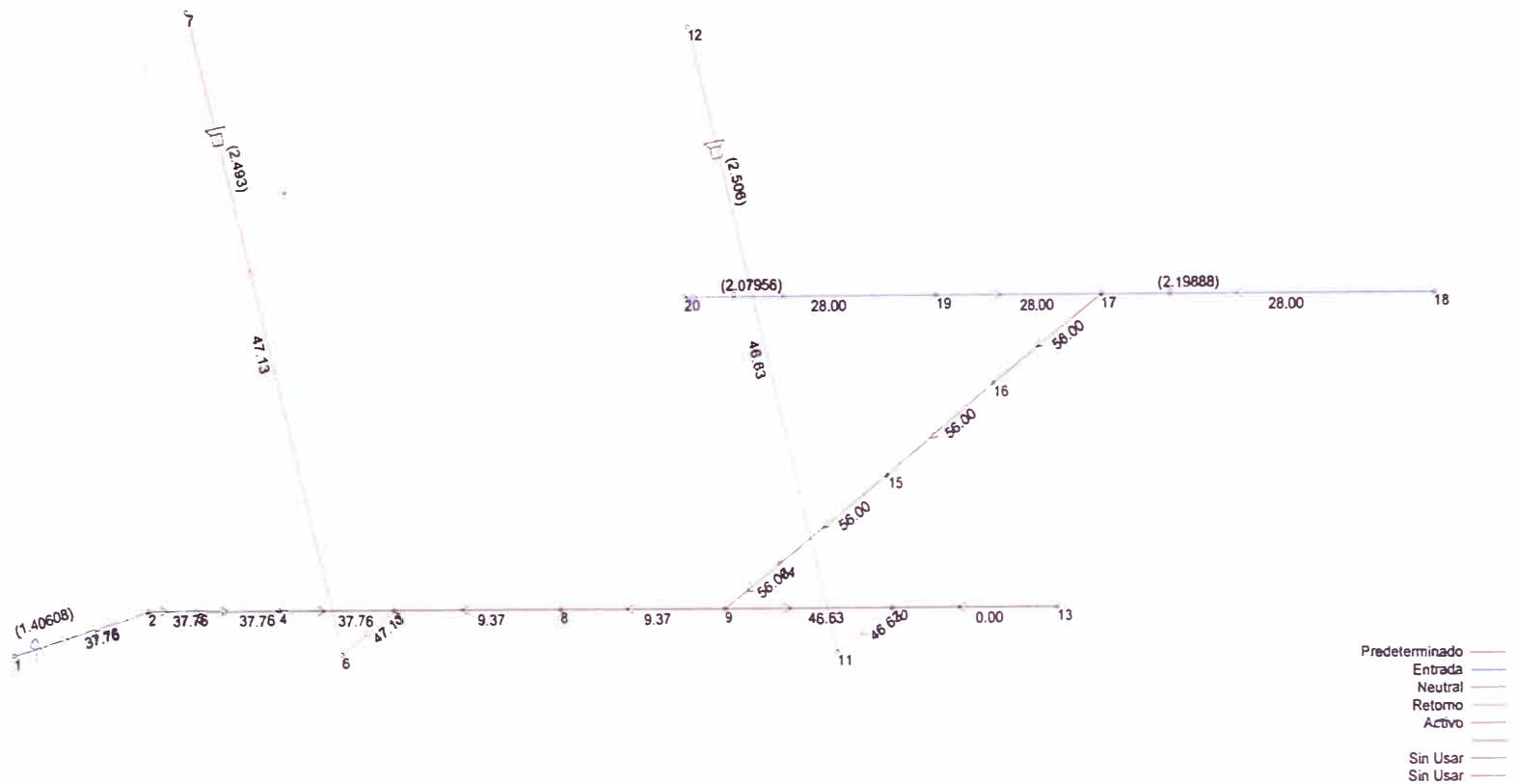
Datos de Resultados de Ventiladores
05/05/05 22:01:04

Ventilador No.	De	A	Ventilador Presión (kPa)	Ventilador Cantidad (m³/s)	Aire Energie (kW)	Operación Costo (\$/yr)	Curva Estatus	Ventiladores en Paralelo	Ventiladores en Series	Descripción
1	6	7	2.493	47.13	117.50	73518	On	1	1	R.B. Corina Aire Contaminado
2	11	12	2.506	46.63	116.85	73118	On	1	1	R.B. Siberia Aire Contaminado

7.6.- ESQUEMATICO

VnetPC 2003
 G:\WETA-RAYO-2005.vdb
 Cantidad (m³/s)
 Impreso: 05/05/05 21:28:14

Gráfico N° 4: Esquemático de la Red de Ventilación



7.7.- ANALISIS DE LOS RESULTADOS DEL PROGRAMA

El modelamiento del programa, nos da las caída de presión de los dos ventiladores instalados en las cabeza de las chimeneas de ventilación, con sus costos de operación de los ventiladores de US\$ 73.518/año y US\$ 73.118/año, que es US\$ 6.109/mes en promedio cada uno, con sus pérdidas de presión de 2.493 kPa (10,01” C. A.) y 2.506 kPa (10,06” C. A.); también las resistencias y las caídas de presión en todos lo ramales.

Nos muestra un esquemático, el cual detalla los ingresos aire limpio y las salidas de aire contaminado con sus respectivos caudales y caída de presión.

8.- CONCLUSIONES

1.- El objetivo de los circuitos de ventilación es lograr una distribución adecuada del caudal de aire, obteniéndose el equilibrio de la caída de presión en los diferentes ramales. La resolución a un sistema de ventilación depende de la forma como están diseñados los circuitos de ventilación.

2.- La mejor forma de diseñar un sistema de ventilación es independizando su circuito con la salidas del aire contaminado a superficie.

3.- Las chimeneas de ventilación del tipo raise boring son las más adecuadas para la ventilación, debido a su baja resistencia que presenta cuando circula el aire en sus paredes, ya que son casi lisas. Y la rugosidad es mínima en comparación con las chimeneas convencionales, bajando el costo de energía en la evacuación de aire contaminado.

4.- El flujo de aire en una mina es causado por la diferencia de presiones entre las aberturas de entrada y de salida. La diferencia de presiones es causada por la imposición de alguna forma de presión en un punto o una serie de puntos del sistema de ventilación.

5.- Toda labor minera debe tener un ingreso de aire fresco y una chimenea de salida para el aire viciado.

6.- Las mangas de mayor diámetro nos permiten incrementar el caudal de aire que circula en ellas, decreciendo la pérdida de presión y en consecuencia generando

mayor alcance en longitud (ver Anexo: Cuadro N° 13: Cálculo de Resistencias y Pérdidas de Presión en Mangas de Ventilación).

Por lo tanto, toda salida o ingreso de aire al incrementar su sección (área), incrementa el caudal de aire que circula por esta y disminuye la pérdida de presión.

7.- El nuevo diseño de ventilación reemplazarían los ventiladores auxiliares colocados en serie, los cuales quedarían solo algunas para los frentes en ciego.

8.- El costo en consumo en energía eléctrica en ventiladores auxiliares actuales es de US\$ 27.259/mes (ver Cuadro N° 11) y proyectados tanto primarios y auxiliares es US\$ 18.128/mes (ver Cuadro N° 17 y 18), la diferencia es de US\$ 9.131/mes, en un año sería de US\$ 109.572/año que se estaría ahorrando con este nuevo circuito.

9.- La explotación en la Veta Rayo es factible, según la evaluación económica dá un Valor Actual Neto (VAN) de US\$ 10.079.595, el cual es positivo; al igual que la Tasa Interna de Retorno (TIR) de 99,76 % y la Relación Beneficio/Costo es de 3,18.

Ver Cuadro N° 28 y 29: Evaluación Económica de la Veta Rayo.

10.- El nuevo balance de aire nos dá una cobertura positiva de 126,5 %, el cual es necesario para satisfacer las necesidades de aire limpio para el personal, equipos diesel en operación y diluir los contaminantes para mantener un ambiente sano, confortable y seguro.

9.- RECOMENDACIONES

1.- Integrar ambos frentes en desarrollo, para obtener un nuevo circuito de ventilación independiente en base a una ventilación principal.

2.- Se esta recomendando la ejecución de dos chimeneas de ventilación del tipo Raise Boring de 2,4 m (8 pies) de diámetro del Nv. 800 a superficie, para la evacuación del aire contaminado, con la instalación de ventiladores principales, tipo extractores de 100.000 cfm con 11,0 pulgadas de C. A. de presión para una altura de trabajo de 4.800 msnm, ubicados en la cabeza de cada chimenea en superficie.

3.- Por su baja resistencia, caída de presión mínima y consumo de energía bajo, que ofrece al evacuar el flujo de aire, se ha recomendado la chimenea tipo Raise Boring.

10.- ANEXOS

10.1.- REGLAMENTO DE SEGURIDAD E HIGIENE MINERA

D. S. N° 046-2001-EM

TITULO SEGUNDO

CAPITULO II: GESTION DE LA SEGURIDAD E HIGIENE MINERA

SUBCAPITULO NUEVE: Salud Ocupacional

Artículo 80°.- El titular de actividad minera esta obligado a brindar capacitación y entrenamiento a todo el personal en general en el control de agentes físicos de la zona de trabajo.

Artículo 81°.- Todo Sistema de Gestión de Seguridad e Higiene Minera deberá monitorear los agentes físicos presentes en la operación minera tales como: ruido, temperaturas extremas, presión barométrica, vibraciones, humedad extrema, iluminación y radiaciones.

NIVEL DE RUIDO

Artículo 82°.- Niveles de Ruido: Se proporcionará protección auditiva cuando el nivel de ruido o el tiempo de exposición sea superior a los siguientes valores:

Cuadro N° 35: Niveles de Ruido (decibeles)

Nivel de Ruido Escala "A"	Tiempo de Exposición
82 decibeles	16 horas/día
85 decibeles	8 horas/día
88 decibeles	4 horas/día
91 decibeles	1 ½ hora/día
94 decibeles	1 hora/día
97 decibeles	½ hora/día
100 decibeles	¼ horas/día

No debe exponerse al personal a ruido continuo, intermitente o de impacto por encima de un nivel ponderado de 140 dB.

Artículo 83°.- En los lugares de trabajo donde se supere la temperatura efectiva de treinta grados Celsius (30°C), se tomarán medidas como: cortos períodos de descanso, suministro de agua para beber, aclimatación, tabletas de sal, entre otros a fin de controlar la fatiga, deshidratación y otros efectos sobre el personal.

CONTROL DE AGENTES QUIMICOS

Artículo 84°.- El titular de la actividad minera esta obligado a brindar capacitación a todo el personal en general del centro de trabajo, en el control de agentes químicos.

Artículo 85°.- Todo Sistema de Gestión de Seguridad e Higiene deberá monitorear los agentes químicos presentes en la operación minera tales como: polvos, vapores, gases, humos metálicos, neblinas, entre otros que puedan presentarse en las labores e instalaciones.

Artículo 86°.- Los límites máximos permisibles (LMP) de los agentes químicos medidos en el punto de emisión, será el siguiente:

Cuadro N° 35-A: Límites Permisibles en Agentes Químicos

a) Polvo inhalable	: 10 mg/m ³	(1)
b) Polvo respirable	: 3 mg/m ³	(1)
c) Oxígeno (O ₂)	: mínimo	19,5%
d) Dióxido de carbono (CO ₂)	: máximo 9.000 mg/m ³ ó 5.000 ppm	
e) Monóxido de Carbono (CO)	: máximo 29 mg/m ³ ó 25 ppm	
f) Metano (NH ₄)	: máximo	5.000 ppm
g) Hidrógeno Sulfurado (H ₂ S)	: máximo 14 mg/m ³ ó 10 ppm	
h) Gases nitrosos (NO _x)	: máximo 7 mg/m ³ ó 5 ppm	
i) Anhídrido sulfuroso (SO ₂)	: máximo	5 ppm
j) Aldehídos	: máximo	5 ppm
k) Hidrógeno (H)	: máximo	5.000 ppm
l) Ozono	: máximo	0,1 ppm

(1) Este valor es para la materia particulada inhalable (total) que no contenga amianto y con menos del 1% de sílice cristalina.

El Titular de la actividad minera efectuará mediciones periódicas de acuerdo al Plan de Monitoreo, sobre todo en los lugares susceptibles de mayor concentración, verificando que se encuentren por debajo de sus límites máximos permisibles (LMP) para garantizar la salud y la seguridad de los trabajadores.

Artículo 87°.- En las minas subterráneas donde operan equipos con motores petroleros, deberán adoptarse las siguientes medidas de seguridad:

- a) Deberán estar provistos de equipos diseñados para controlar que las concentraciones de emisión de gases estén por debajo de los LMP.
- b) Monitorear y registrar en el escape de las máquinas:
 - 1.- Diariamente las concentraciones de monóxido de carbono.
 - 2.- Mensualmente óxidos nitrosos y aldehídos.
- c) Las operaciones de las máquinas diesel se suspenderán, prohibiendo su ingreso a labores de mina subterránea:
 - 1.- Cuando las concentraciones de Monóxido de Carbono (CO), Monóxido de Nitrógeno (NO_x) o aldehídos en el ambiente de trabajo estén por encima del límite Máximo Permisible (LMP) establecidos en el Artículo 86° del presente reglamento.
 - 2.- Cuando la emisión de gases por el escape de dicha máquina exceda de mil (1.000) ppm de monóxido de carbono y de vapores nitrosos, medidos en las labores subterráneas.
- d) Cuando la producción de gases ofrezcan peligro a otras labores de la mina, deberán:

1.- Contar con equipos de ventilación forzada capaz de diluir los gases a concentraciones por debajo de los LMP.

2.- Si las labores están gaseadas o abandonadas, serán clausuradas por medio de puertas o tapones herméticos que impidan el escape de gases.

CONTROL DE AGENTES BIOLÓGICOS

Artículo 88°.- El titular de la actividad minera esta obligado a brindar capacitación a todo el personal en general del centro de trabajo, en el control de agentes biológicos.

Artículo 89°.- Todo Sistema de Gestión de Seguridad e Higiene Minera deberá monitorear los agentes químicos presentes en la operación minera tales como: mohos, hongos bacterias, parásitos gastrointestinales y otros agentes que puedan presentarse en las labores e instalaciones.

TITULO TERCERO: GESTION DE LAS OPERACIONES MINERAS

CAPITULO I: ESTANDARES DE LAS OPERACIONES MINERAS

SUBCAPITULO TRES: Ventilación

Artículo 204°.- Todos los titulares de actividad minera dotarán de aire limpio a las labores de trabajo de acuerdo a las necesidades del personal, las maquinarias y para evacuar los gases, humos y polvo suspendido que pudieran afectar la salud del trabajador. Todo sistema de ventilación en la actividad minera, en cuanto se refiere a la calidad del aire, deberá mantenerse dentro de los Límites Máximos Permisibles dispuesto en el Artículo 86° del presente reglamento; además de cumplir con lo siguiente:

- a) Al inicio de cada jornada se deberá verificar la ventilación y la condición de seguridad del área de trabajo.
- b) En todas las labores subterráneas se mantendrá una circulación de aire limpio y fresco en cantidad y calidad suficientes de acuerdo con el número de personas, con el total de HPs de los equipos con motores de combustión interna así como para la dilución de los gases que permitan contar en el ambiente de trabajo con un mínimo de 19.5% de oxígeno.
- c) Las labores de entrada y salida de aire deberán ser absolutamente independientes. El circuito general de ventilación se dividirá en el interior de las minas en ramales para hacer que todas las labores en trabajo reciban su parte proporcional de aire limpio y fresco.
- d) Cuando las minas se encuentren hasta 1.500 metros sobre el nivel del mar, en los lugares de trabajo, la cantidad mínima de aire necesaria por hombre será de tres (03) metros cúbicos por minuto. En otras altitudes la cantidad de aire será de acuerdo con la siguiente escala:
- 1.- De 1.500 a 3.000 metros aumentará en 40%; será igual a 4 m³/min
 - 2.- De 3.000 a 4.000 metros aumentará en 70%; será igual a 5 m³/min
 - 3.- Sobre los 4.000 metros aumentará en 100%; será igual a 6 m³/min
 - 4.- En el caso de emplearse equipo diesel autorizado, la cantidad de aire circulante no será menor de tres (3) metros cúbicos por minuto por cada HP que desarrollen los equipos.
- e) En ningún caso la velocidad del aire será menor de veinte (20) metros cúbicos por minuto ni superior a doscientos cincuenta (250) metros cúbicos por minutos en las labores de desarrollo, preparación y en todo lugar donde haya personal trabajando.

Cuando se emplee explosivo ANFO u otros agentes de voladura, la velocidad del aire no será menor de veinticinco (25) metros cúbicos por minuto.

f) Cuando la ventilación natural no fuera capaz de cumplir con los artículos precedentes, deberá emplearse ventilación mecánica, instalando ya sea ventiladores principales, secundarios o auxiliares, según las necesidades.

g) Se tomarán todas las providencias del caso para evitar la destrucción y paralización de los ventiladores principales. Dichos ventiladores deberán cumplir las siguientes condiciones:

1.- Ser instalados en casetas incombustibles y protegidos contra derrumbes, golpes, explosivos y agentes extraños;

2.- Tener por lo menos dos (02) fuentes independientes de energía eléctrica que, en lo posible, deberán llegar por caminos diferentes;

3.- Estar provistos de dispositivos automáticos de alarma para el caso de disminución de velocidad o paradas.

4.- Contar con otras precauciones aconsejables según las condiciones locales para protegerlas.

h) Los ventiladores principales estarán provistos de dispositivos que permitan invertir la corriente de aire en caso necesario, cuyos controles estarán ubicados el lugares adecuados y protegidos, alejados del ventilador y preferentemente en la superficie.

El cambio de la inversión será ejecutado solo por personal autorizado.

i) Se colocarán dispositivos que eviten la recirculación de aire en los ventiladores secundarios.

j) Es obligatorio el empleo de ventiladores auxiliares en labores que no posean sino una vía de acceso y desde que tenga un avance de más de sesenta (60) metros. Se

prohíbe el empleo de sopladores para este objeto. En longitudes inferiores se empleará también ventiladores auxiliares cuando las condiciones ambientales así lo exijan. Los ductos empleados en ventilación auxiliar serán de material resistente de acuerdo con las características propias del lugar y actividades que se realicen.

Cuando las condiciones del trabajo lo requieran, los ventiladores auxiliares estarán provistos de dispositivos que permitan la inversión de la corriente de aire en el sector respectivo, evitando cualquier posible recirculación.

- k) Se contará con el equipo necesario para las evaluaciones de ventilación la que se hará con periodicidad que determinen las características de la explotación. Asimismo, se llevarán acabo evaluaciones cada vez que se originen cambios en el circuito y que afecten significativamente el esquema de ventilación.
- l) Cuando existan indicios de estar cerca de una cámara subterránea de gas o posibilidades de un desprendimiento, súbito de gas, se efectuarán taladros paralelos al eje de la labor y oblicuos, con por lo menos diez (10) metros de avance.
- m) La evaluación integral del sistema de ventilación de una mina subterránea se hará cada semestre y evaluaciones locales toda vez que se produzcan nuevas comunicaciones de chimeneas, cruceros, tajeos y otras labores considerando primordialmente que la cantidad y calidad del aire establecido en los artículos precedentes deben ser en las labores donde haya personal trabajando, como son los frentes de los tajeos, subniveles, galerías, chimeneas, inclinados, piques, entre otros.

- n) La concentración promedio de polvo respirable en la atmósfera de la mina, a la cual cada trabajador será expuesto, no será mayor de 3 miligramos por metros cúbicos de aire.
- o) En el monitoreo, incluir el número de partículas por m³ de aire, su tamaño y el porcentaje de sílice por m³.
- p) La medición de la calidad del aire se hará con instrumentos adecuados para cada necesidad.
- q) La concentración promedio se determinará midiendo durante un periodo de seis (6) meses en cada una de las áreas de trabajo. El contenido de polvo por m³ de aire existente en las labores de actividad minera debe ser puesto en conocimiento de los trabajadores.

SUBCAPITULO ONCE: Planos y Mapas

Artículo 283°.- En toda mina deberá mantenerse al día un juego de planos en coordenadas UTM que comprenda:

- a) Un plano general de superficie en el que se muestre la ubicación de las instalaciones, bocaminas, campamentos, vías de acceso y circulación.
- b) Un plano general de labores mineras, a escala adecuadas y en el que estén indicados los pozos, galerías, chimeneas, salas de máquinas entre otros.
- c) Planos isométrico de ventilación de las labores subterráneas, en los que se indicarán las corrientes de ventilación, la situación de los ventiladores, puertas, reguladores, cortinas, mamparas, ductos y todas las demás instalaciones que influyan la distribución del aire en el interior de la mina. Asimismo, se indicará las zonas mal ventiladas o de producción de gases, señalándose en este caso el tipo de éstos.
- d) Plano general de explotación y en sección longitudinal de las labores.

- e) Plano de detalle de instalaciones subterráneas como piques, estaciones, cámaras de bomba, a escala no mayor de 1 en 100;
- f) Plano de almacenamiento de relaves u otros desechos;
- g) Plano del sistema de contra incendio como redes de agua, grifos y ubicación de los extintores en la mina, planta, talleres, oficinas y otros lugares.

Cuadro N° 35-B: ANEXO N° 3

VELOCIDAD DEL AIRE (en metros por minuto)

NECESARIA PARA OBTENER UNA TEMPERATURA EFECTIVA DE 30°C

Temperatura del aire °C	Humedad Relativa (%) del Aire										
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
30°	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
31°	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	30
32°	*	*	*	*	*	*	*	*	30	60	90
33°	*	*	*	*	*	*	25	50	90	140	**
34°	*	*	*	*	*	30	50	100	150	**	**
35°	*	*	*	20	45	90	140	**	**	**	**
36°	*	*	35	95	140	**	**	**	**	**	**
37°	*	50	105	**	**	**	**	**	**	**	**
38°	55	100	150	**	**	**	**	**	**	**	**
39°	150	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
40°	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

(*) Significa que debe conservarse como velocidad mínima la establecida en el inciso e) del Artículo 204 del Reglamento.

(**) Significa que es muy difícil obtener una temperatura efectiva de 30° C por medio de ventilación convencional. Se recomienda el empleo de sistemas de refrigeración.

Temperatura Efectiva: Es el resultado de la combinación de tres factores: temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del aire. En un solo valor expresa el grado de confort termo-ambiental, en la sensación y efecto de calor o frío del cuerpo humano.

Cuando para una temperatura y humedad determinadas existe una velocidad del aire inferior a la señalada en el presente Anexo significa que la temperatura efectiva está por encima de 30° C y que debe tomarse las precauciones del caso.

Cuadro N° 35-C: ANEXO N° 4

CONCENTRACIONES MAXIMAS PERMISIBLES

GASES Y VAPORES	p.p.m. +	mg/m³ ++
Acetona	1.000	2.400
Acido Acético	10	25
Acido Cianhídrico	10	11
Acido Clorhídrico	5	7
Acido Fluorhídrico	3	2
Acido Nítrico	2	5
Acido Sulfhídrico	10	15
Amoníaco	50	35
Benceno	25	80
Cloro	1	3
Clorobenceno	75	350
Cloroformo	50	240
Eter Etilico	400	1.200
Formaldehido	5	6
Fosgeno	0,1	0,4
Gasolina	500	2.000
Ozono	0,1	0,2
Tetracloruro de Carbono + + +	10	66
Tolueno (tolul)	200	750

HUMOS, POLVOS Y NIEBLAS TOXICAS

Acido Sulfúrico	1,00
Antimonio	0,50
Arseniato de Plomo	0,15
Arseniato de Calcio	1,00
Arsénico	0,50
Cianuro, como CN	5,00
Manganeso	5,00
Mercurio	0,01
Mercurio (compuestos orgánicos)	0,10
Oxido de Cadmio, Humos de	0,10
Oxido de Zinc, Humos de	5,00
Oxido Férrico, Humos de	10,00
Plomo	0,20
Selenio, Compuestos de (como Se)	0,10
Talio, compuestos solubles de	0,10
Telurio	0,10
Uranio, Compuestos Solubles de	0,05
Uranio, Compuestos Insolubles de	0,28
Vanadio, Polvos de V ₂ O ₅	0,50
Vanadio, Humos Metálicos de V ₂ O ₅	0,10

+ Partes por millón en volumen

++ Miligramos por metro cúbico

+++ Considerar como vía de ingreso al organismo la vía respiratoria, y a través de la piel.

Cuadro N° 36: ANEXO N° 10

NIVELES DE ILUMINACION

Areas de Trabajo	Expresado en Lux
- Pasillos, bodegas, salas de descanso, comedores, servicios higiénicos, salas de trabajo con iluminación suplementaria sobre cada máquina, salas que no exigen discriminación de detalles finos o donde hay suficiente contraste	: 150
- Trabajo prolongado con requerimiento moderado sobre la visión, trabajo mecánico con cierta discriminación de detalles, moldes en funciones y trabajos similares	: 300
- Salas y paneles de control	: 300 - 500
- Trabajos con pocos contrastes, lectura continuada en tipo pequeño, trabajo mecánico que exige discriminación de detalles finos, maquinarias, herramientas y trabajos similares	: 500
- Revisión prolija de artículos, corte y trazado	: 1.000
- Trabajo prolongado con discriminación de detalles finos, montaje y revisión de artículos con detalles pequeños y poco contraste	: 1.500 - 2.000
Para iluminación de oficinas, se tendrá en cuenta los siguientes parámetros:	
- Ambientes pequeños	: 500 - 700
- Ambientes grandes	: 750 - 1.000
- Salas de reuniones	: 500 - 700
- Salas de dibujo (mínimo)	: 1.000
- Aulas de clases	: 300 - 500
- Salas de conferencias y auditorios	: 300 - 500
Para iluminación de hospitales:	
- Sala de enfermeros	: 100 - 300
- En quirófanos	: 2.000
- Sala de cuidados intensivos	: 300
- Sala de Rayos X	: 10 - 30
- En pasillos de día	: 200 - 300
- En pasillos de noche	: 3 - 5
Para iluminación de hoteles, comedores:	
- En pasillos y escaleras	: 200
- En habitaciones	: 150
- En baños	: 300
En túneles:	
- En los primeros ochenta (80) metros de la bocamina se instalarán fluorescentes de 40 w espaciados a cinco (05) metros.	
- La iluminación de emergencia mínima en casa de fuerza, hidroeléctrica y hospital, a nivel del piso debe ser por lo menos de 0.30 a 20 lux.	

10.2.- GLOSARIO

Aire Limpio.- Es aquel que no tiene mezcla con otras partículas (gases nocivos, polvo, etc.)

Aire Fresco.- Aire reciente.

Aire Viciado.- El que, por no haberse renovado, se ha empobrecido en oxígeno y al par que se ha cargado de anhídrido carbónico y otras emanaciones.

Aire Nocivo.- Aire adulterado por la presencia en su contenido de gases nocivos, polvo, etc.

Caudal.- Cantidad de fluido gaseoso o líquido, durante una unidad de tiempo.

Cfm.- Pies cúbicos por minuto (pie^3/min).

Conducto o Ducto.- En ventilación de minas, se refiere a las galerías, chimeneas, rampas, caminos planos inclinados, tuberías (metálica, de jebe, plástico, lona, etc.)

Ergonomía.- Es el estudio sistemático o evaluación de la productividad y eficiencia del hombre con relación al lugar y ambiente de trabajo. Su propósito es la concepción de equipos para mejorar los métodos de trabajo con el fin de minimizar el estrés y la fatiga y con ello incrementar el rendimiento y la seguridad del trabajador. La Ergonomía, es definida también como Ingeniería Humana.

Espacio Confinado.- Es aquel lugar de área reducida constituido por una labor, maquinaria, tanque o chimenea; en las cuales existen condiciones de alto riesgo, como falta de oxígeno, presencia de gases tóxicos u otras similares que requieran certificado de calificación para trabajar en ellos.

Fluido.- Cuerpo cuyas moléculas por falta de cohesión pueden deslizarse unas sobre otras (líquidos) o moverse sueltas (gases); por lo mismo no tienen forma propia.

Flujo.- Movimiento de los fluidos.

Gaseado.- Es un término genérico que se emplea para indicar que una persona o varias han sufrido la afección de un gas tóxico (intoxicación) que sobrepasa sus límites permisibles.

Malla (Mesh).- Se denomina a toda vía cerrada compuesta por ramales conectados dentro del sistema de la red.

Nudo.- Es un punto donde se unen dos o más ramales.

Presión.- Es la fuerza aplicada por una unidad de área.

Ramal.- Es un simple conducto de aire (galería, chimenea, piques, etc).
Unión de dos puntos.

Red de Ventilación.- Es un sistema de ramales cerrados e interconectados entre sí, a través de los cuales pueden circular flujo de aire.

Reglas.- Son principios, fórmulas o preceptos que se deberán cumplir siempre, sin ninguna excepción; para asegurar que una tarea sea bien hecha.

Es un mandato que establece la forma en la que debe controlarse los riesgos en cada Centro y Ambiente de Trabajo.

Reglamento.- Es el conjunto de disposiciones y la autorización de uso y aplicación de una norma, que abarca todos los procedimientos, prácticas o disposiciones detalladas, a las que la autoridad competente ha conferido el uso obligatorio.

Riesgo.- Es la contingencia de un daño, se define también como un peligro latente en las áreas de trabajo; se refiere al peligro de la salud y el bienestar del trabajador, en todas las circunstancias de la ejecución de tareas.

Salud Ocupacional.- Es la actividad que se encarga de detectar, evaluar y controlar los agentes químicos, físicos o biológicos que puedan afectarla.

Temperatura Efectiva.- Es el resultado de la combinación de tres (3) factores:

Temperatura, Humedad Relativa y Velocidad del Aire, que expresa en un solo valor el grado de confort termo-ambiental.

Se define también como la sensación de frío o calor del cuerpo humano.

Velocidad.- Es el cambio de posición de un cuerpo por una unidad de tiempo.

Ventilación.- Acción y efecto de ventilar.

Ventilar.- Renovar el aire en un ambiente de trabajo.

10.3.- PLANOS

10.3.1 PLANOS DE VENTILACIÓN DE NIVEL ACTUAL (P-01)

10.3.2 PLANO LONGITUDINAL DE LA MINA YAULIYACU (P-02)

10.3.3 PLANO DE VENTILACION ACTUAL RAYO SIBERIA Nv. 800 (P-03)

10.3.4 PLANO DE VENTILACION ACTUAL RAYO CORINA Nv. 800 (P-04)

10.3.5 PLANO DE VENTILACION INTEGRAL PROYECTADO DE LA VETA RAYO (P-05)

10.3.6 PLANO UNIFILAR DE VENTILACIÓN PROYECTADO VETA RAYO (P-06)

10.3.7 PLANO ISOMETRICO DE VENTILACIÓN PROYECTADO VETA RAYO (P-07)

**10.3.8 PLANO DE INSTALACION DE VENTILADOR DE 100.000 cfm
(P-08)**

10.3.9 PLANO DE ESTANDARES DE GALERIA DE 3,5 m x 3,5 m (P-09)

**10.3.10 PLANO DE INSTALACIÓN DE MANGAS DE VENTILACION
(P-10)**

10.4.- CUADROS Y GRAFICOS

10.4.1.- CUADROS:

Cuadro N° 1: Leyes de Mineral

Cuadro N° 2: Valor de Mineral por Método de Explotación

Cuadro N° 3: Tonelaje por Método de Explotación

Cuadro N° 4: Producción Metalúrgica

Cuadro N° 5: Progreso de la Alteración

Cuadro N° 6: Reservas de Mineral: 31-03-2005

Cuadro N° 7: Costo de Minado en la Veta Rayo

Cuadro N° 8: Relación Actual de Equipos Diesel en Veta Rayo

Cuadro N° 9: Balance General Actual de Aire

Cuadro N° 10: Balance General Actual de Aire por Circuito

Cuadro N° 11: Relación de Ventiladores Auxiliares en Operación

Cuadro N° 12: Relación Actual de Equipos Diesel en Mina

**Cuadro N° 13: Cálculo de Resistencias y Pérdidas de Presión en
Mangas de Ventilación**

**Cuadro N° 14: Pérdida de Presión y Alcance para Mangas de
Ventilación**

Cuadro N° 15: Balance General de Aire Proyectado

Cuadro N° 16: Cálculo de Resistencias y Pérdidas de Presión en Galerías y Raise Boring

Cuadro N° 17: Relación de Ventiladores Principales y Secundarios Proyectados

Cuadro N° 18: Relación de Ventiladores Auxiliares Proyectados

Cuadro N° 19: Relación de Equipos Diesel Proyectados en Mina

Cuadro N° 20: Relación de Chimeneas de Ventilación

Cuadro N° 21: Inversión en Desarrollos y Preparaciones

Cuadro N° 22: Inversión en Ventilación Auxiliar

Cuadro N° 23: Inversión en Ventilación Principal

Cuadro N° 24: Inversión en Chimeneas de Ventilación

Cuadro N° 25: Costo Total de la Inversión

Cuadro N° 26: Costo de Ventilación

Cuadro N° 27: Costo de Energía en Ventilación

Cuadro N° 28: Evaluación Económica

Cuadro N° 29: Evaluación Económica de la Veta Rayo

Cuadro N° 30: Datos del Levantamiento de Ventilación

Cuadro N° 31: Alimentación de los Ramales

Cuadro N° 32: Alimentación de las Cantidades Fijas

Cuadro N° 33: Resultados de los Ramales

Cuadro N° 34: Resultados de los Ventiladores

Cuadro N° 35: Niveles de Ruido (decibeles)

Cuadro N° 35-A: Límites Permisibles en Agentes Químicos

Cuadro N° 35-B: Anexo N° 3: Velocidad del Aire (m/min)

Necesaria para Obtener una Temperatura Efectiva de 30°C

**Cuadro N° 35-C: Anexo N° 4: Concentraciones Máximas
Permisibles**

Cuadro N° 36: Anexo N° 10: Niveles de Iluminación

Cuadro N° 37: Equipos e Instrumentos de Monitoreos de Ventilación

**EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MONITOREOS
DE VENTILACION**

Equipo	Marca	Modelo	Año	Función	Observaciones
Multidetector de Gases	MSA	Passport (5 Estrellas)	1.999	Detector de Gases	OK
HidroTermo Anemómetro	Pacer Industries	HTA 4200	2.003	Velocidades de Aire Temperatura Humedad Relativa	OK
Depresímetro y Tubo Pitot	Dwyer		2.000	Presiones de Aire Caudal de Aire	OK
Decibelímetro	Simpson	890-2	1.998	Medidor de Ruido	OK
Bomba Selectora de Polvo	MSA	Escort ELF	1.999	Medidor de Polvo	OK
Analizador de Gases	SEKUR	MSI 150	2.000	Medidor de CO, CO ₂	OK
Psicrómetro	Taylor		2.002	Med. de Temperatura Seca y Húmeda	OK
Bomba Detectora de Gas	MSA	Kwt Drat	2.002	Bomba de Succión	OK
Detector de CO	MSA	MiniCO	1.997	Detector de CO	OK
Bomba Detectora de Gas	Drager	Accuro	1.996	Bomba de Succión	De Baja
Luxómetro	EXTECH		2.004	Iluminación	Nuevo
Bomba Selectora de Polvo	MSA	Escort ELF	2.004	Medidor de Polvo	Nuevo

Cuadro N° 38: Valores de los Coeficientes de Fricción (K)**VALORES DE COEFICIENTE DE FRICCIÓN (K)**

CONDUCTO DE VENTILACIÓN	K(Ns ² /m ⁴)		
Túnel rectangular de madera	0,045	–	0,09
Túnel circular revestido de hormigón			
– vacío	0,003	7	
– con puntales divisorios R.S.J.	0,007	5	– 0,06
– con puntales divisorios aerodinámicos	0,004	5	– 0,025
Túnel subterráneo	0,011	–	0,018
Cañerías galvanizadas	0,002	7	
Conducto de ventilación flexible	0,003		
Ductos de fibra de vidrio	0,002	5	

Fuente: LOCK, Jakes, ISTEK, *Ventilación Elemental para Minería*, pag. 25.

Cuadro N° 39: Factores de Conversión

1 metro	3,2803 pies
1 pie	0,3048 m
1 pulgada	0,0254 m
1 metro cuadrado	10,7639 pie cuadrado
1 metro cúbico	35,3554 pie cúbico
1 pie cúbico	0,0283 metro cúbico
1 yarda cúbica	0,7646 metro cúbico
1 libra	0,4534 kilogramos
1 kilogramo	35,274 onzas
1 onza troy	31.10 gr
1 HP	0,746 kW
1 pulgada C. A.	249,1 Pa
1 psi	1 lb/pulg ²
°C	(°F -32)/1,8

Cuadro N° 40: Cálculo de la Densidad del Aire

CALCULO DE LA DENSIDAD DEL AIRE

Cálculo de la Presión Atmosférica (P_b):

Donde:

P_b: Presión Atmosférica (pulgadas de Hg)

H: Altura (pies snm)

T: Temperatura Absoluta (°R)

$$^{\circ}C = \left(\frac{^{\circ}F - 32}{1,8} \right)$$

$$^{\circ}R = ^{\circ}F + 459,5$$

$$\text{Log}P = 1,476 - \left[\frac{H}{122,4 \times T} \right]$$

Cálculo de la Densidad del Aire:

Donde:

D: Densidad del Aire (lb/pie³)

P_b: Presión Atmosférica (pulgadas de Hg)

T: Temperatura Absoluta (°R)

$$D = 1,327 \times \frac{P_b}{T}$$

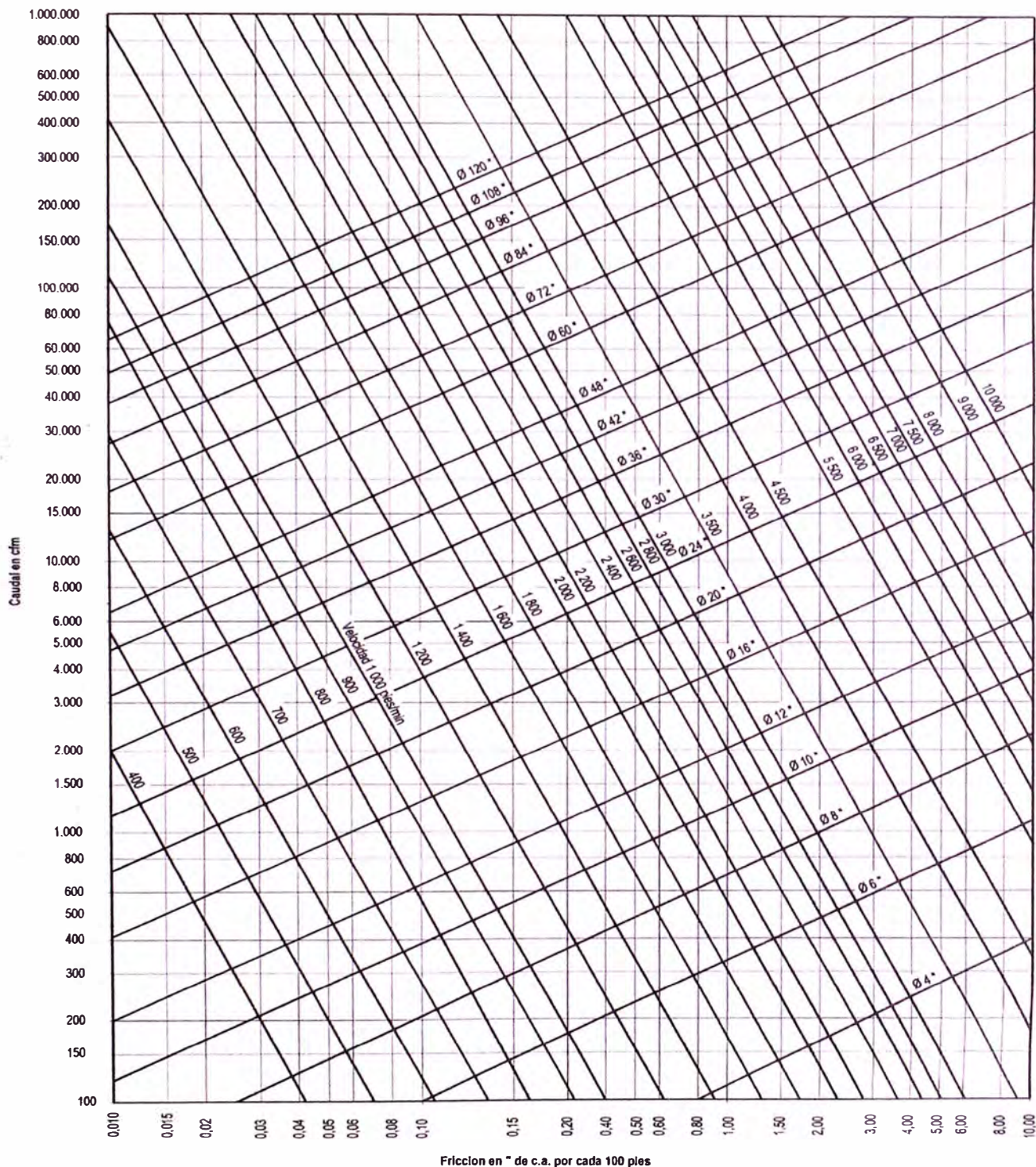
CALCULO DE LA DENSIDAD DE AIRE

Altura		Temperatura		Log P	Presión Atmosférica (pulg de Hg)	Densidad	
(m)	(pies)	(°C)	(°R)			(lb/pie ³)	(kg/m ³)
4.800	15.745,44	20	527,69	1,23222	17,07	0,0429	0,687
4.710	15.450,21	20	527,69	1,23679	17,25	0,0434	0,695
4.580	15.023,77	20	527,69	1,24340	17,51	0,0440	0,705
4.490	14.728,55	20	527,69	1,24797	17,70	0,0445	0,713
4.490	14.728,55	22	531,29	1,24951	17,76	0,0444	0,711
4.210	13.810,06	22	531,29	1,26364	18,35	0,0458	0,734

Densidad de Aire Estándar: 1,2 kg/m³ = 0,075 lb/pie³

Cuadro N° 41: Cartilla de Fricción en Mangas Flexibles de Ventilación

Cartilla de Fricción en Mangas Flexibles



Cuadro N° 42: Factores de Corrección por Altitud y Temperatura

Temp. msnm	Std	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80	90	100	
0 mts	1.000	1.077	1.039	1.004	0.971	0.940	0.911	0.883	0.858	0.834	0.811	0.789	0.00 pies
100 mts	0.990	1.063	1.026	0.991	0.958	0.928	0.899	0.872	0.847	0.823	0.800	0.779	328.08 pies
200 mts	0.980	1.050	1.013	0.978	0.946	0.916	0.887	0.861	0.836	0.812	0.790	0.769	656.17 pies
300 mts	0.972	1.036	1.000	0.966	0.934	0.904	0.876	0.850	0.825	0.802	0.780	0.759	984.25 pies
400 mts	0.966	1.023	0.987	0.954	0.922	0.893	0.865	0.839	0.815	0.792	0.770	0.749	1312.34 pies
500 mts	0.960	1.018	0.982	0.949	0.917	0.888	0.861	0.835	0.810	0.788	0.766	0.745	1640.42 pies
600 mts	0.948	0.999	0.964	0.931	0.900	0.872	0.845	0.819	0.796	0.773	0.752	0.732	1968.50 pies
700 mts	0.936	0.987	0.952	0.919	0.889	0.861	0.834	0.809	0.786	0.763	0.742	0.722	2296.59 pies
800 mts	0.926	0.980	0.946	0.913	0.883	0.855	0.829	0.804	0.780	0.758	0.737	0.718	2624.67 pies
900 mts	0.918	0.964	0.930	0.898	0.869	0.841	0.815	0.791	0.768	0.746	0.725	0.706	2952.76 pies
1000 mts	0.910	0.952	0.919	0.887	0.858	0.831	0.805	0.781	0.758	0.737	0.717	0.697	3280.84 pies
1100 mts	0.902	0.941	0.908	0.877	0.848	0.821	0.796	0.772	0.749	0.728	0.708	0.689	3608.92 pies
1200 mts	0.894	0.931	0.898	0.867	0.839	0.812	0.787	0.763	0.741	0.720	0.700	0.682	3937.01 pies
1300 mts	0.885	0.920	0.888	0.857	0.829	0.803	0.778	0.755	0.733	0.712	0.692	0.674	4265.09 pies
1400 mts	0.875	0.910	0.878	0.848	0.820	0.794	0.769	0.746	0.725	0.704	0.685	0.666	4593.18 pies
1500 mts	0.865	0.900	0.868	0.839	0.811	0.785	0.761	0.738	0.717	0.696	0.677	0.659	4921.26 pies
1600 mts	0.857	0.887	0.855	0.826	0.799	0.774	0.750	0.727	0.706	0.686	0.667	0.649	5249.34 pies
1700 mts	0.849	0.874	0.843	0.814	0.787	0.762	0.739	0.716	0.696	0.676	0.657	0.640	5577.43 pies
1800 mts	0.841	0.864	0.834	0.805	0.779	0.754	0.731	0.709	0.688	0.669	0.650	0.633	5905.51 pies
1900 mts	0.833	0.855	0.825	0.797	0.771	0.746	0.723	0.701	0.681	0.662	0.644	0.626	6233.60 pies
2000 mts	0.825	0.846	0.817	0.789	0.763	0.739	0.716	0.694	0.674	0.655	0.637	0.620	6561.68 pies
2100 mts	0.817	0.838	0.808	0.781	0.755	0.731	0.708	0.687	0.667	0.648	0.630	0.614	6889.76 pies
2200 mts	0.809	0.827	0.797	0.770	0.745	0.721	0.699	0.678	0.658	0.640	0.622	0.605	7217.85 pies
2300 mts	0.800	0.814	0.786	0.759	0.734	0.711	0.689	0.668	0.649	0.630	0.613	0.596	7545.93 pies
2400 mts	0.790	0.802	0.774	0.748	0.723	0.700	0.678	0.658	0.639	0.621	0.604	0.588	7874.02 pies
2500 mts	0.780	0.793	0.765	0.739	0.715	0.692	0.671	0.651	0.632	0.614	0.597	0.581	8202.10 pies
2600 mts	0.774	0.785	0.758	0.732	0.706	0.685	0.664	0.644	0.625	0.608	0.591	0.575	8530.18 pies
2700 mts	0.768	0.774	0.747	0.721	0.698	0.675	0.655	0.635	0.616	0.599	0.583	0.567	8858.27 pies
2800 mts	0.760	0.763	0.736	0.711	0.688	0.666	0.645	0.626	0.608	0.591	0.574	0.559	9186.35 pies
2900 mts	0.750	0.753	0.726	0.702	0.678	0.657	0.637	0.617	0.600	0.583	0.567	0.551	9514.44 pies
3000 mts	0.740	0.743	0.716	0.692	0.669	0.648	0.628	0.609	0.591	0.575	0.559	0.544	9842.52 pies
3100 mts	0.734	0.734	0.708	0.684	0.661	0.640	0.620	0.602	0.584	0.568	0.552	0.537	10170.6 pies
3200 mts	0.728	0.726	0.701	0.677	0.655	0.634	0.614	0.596	0.578	0.562	0.547	0.532	10498.69 pies
3300 mts	0.721	0.719	0.694	0.670	0.648	0.627	0.608	0.590	0.573	0.556	0.541	0.527	10826.77 pies
3400 mts	0.713	0.712	0.687	0.663	0.642	0.621	0.602	0.584	0.567	0.551	0.536	0.521	11154.86 pies
3500 mts	0.705	0.705	0.680	0.657	0.635	0.615	0.596	0.578	0.561	0.545	0.530	0.516	11482.94 pies
3600 mts	0.697	0.698	0.673	0.650	0.629	0.609	0.590	0.572	0.556	0.540	0.525	0.511	11811.02 pies
3700 mts	0.689	0.691	0.667	0.644	0.623	0.603	0.584	0.567	0.550	0.535	0.520	0.506	12139.11 pies
3800 mts	0.682	0.685	0.660	0.638	0.617	0.597	0.579	0.561	0.545	0.530	0.515	0.501	12467.19 pies
3900 mts	0.676	0.678	0.654	0.632	0.611	0.592	0.573	0.556	0.540	0.525	0.510	0.497	12795.28 pies
4000 mts	0.670	0.672	0.648	0.626	0.605	0.586	0.568	0.551	0.535	0.520	0.505	0.492	13123.36 pies
4100 mts	0.662	0.665	0.642	0.620	0.600	0.581	0.563	0.546	0.530	0.515	0.501	0.487	13451.44 pies
4200 mts	0.654	0.659	0.636	0.614	0.594	0.575	0.557	0.541	0.525	0.510	0.496	0.483	13779.53 pies
4300 mts	0.647	0.653	0.630	0.609	0.589	0.570	0.552	0.536	0.520	0.505	0.492	0.478	14107.61 pies
4400 mts	0.641	0.647	0.624	0.603	0.583	0.565	0.547	0.531	0.515	0.501	0.487	0.474	14435.7 pies
4500 mts	0.635	0.641	0.619	0.598	0.578	0.560	0.542	0.526	0.511	0.496	0.483	0.470	14763.78 pies
4600 mts	0.629	0.636	0.613	0.592	0.573	0.555	0.538	0.521	0.506	0.492	0.478	0.466	15091.86 pies
4700 mts	0.623	0.630	0.608	0.587	0.568	0.550	0.533	0.517	0.502	0.488	0.474	0.462	15419.95 pies
4800 mts	0.617	0.625	0.603	0.582	0.563	0.545	0.528	0.512	0.497	0.483	0.470	0.457	15748.03 pies
4900 mts	0.611	0.619	0.597	0.577	0.558	0.540	0.524	0.508	0.493	0.479	0.466	0.454	16076.12 pies
5000 mts	0.605	0.614	0.592	0.572	0.553	0.536	0.519	0.504	0.489	0.475	0.462	0.450	16404.2 pies
	Std	32°F	50°F	68°F	86°F	104°F	122°F	140°F	158°F	176°F	194°F	212°F	msnm Temp.

Cuadro N° 43: Resistencias, Pérdida de Presión y Consumo de Energía para Diferentes Secciones en Galerías

**RESISTENCIAS, PERDIDA DE PRESION Y CONSUMO DE ENERGIA PARA DIFERENTES SECCIONES
EN GALERIAS**

Descripción	Altitud (m)	Temperatura del Aire (°C)	Densidad del Aire (kg/m³)	Sección		Longitud (m)	Longitud Equivalente (m)	Area (m²)	Perimetro Sección (m)	Factor de Fricción (k) (Ns²/m⁴)	Resistencia (Ns²/m⁶)	Factor de Corrección	Ventilador Simulado		Pérdida Presión (PP)		Pérdida Presión Corregido (PPc)		Potencia (kW)	Costo de Energía (US\$/mes)
				Ancho (m)	Alto (m)								(m³/seg)	(pie³/min)	(Pascal)	(* H₂O)	(Pascal)	(* H₂O)		
Nv. 4800	4.800	20,0	0,687	1,5	1,5	100	21	2,07	5,64	0,0250	1,92885	0,5729	47,20	100.000	4.297,3	17,251	2.462,0	9,884	203	7.302
Nv. 4800	4.800	20,0	0,687	2,0	1,5	100	21	2,76	6,58	0,0250	0,94935	0,5729	47,20	100.000	2.115,1	8,491	1.211,8	4,865	100	3.594
Nv. 4800	4.800	20,0	0,687	2,0	2,0	100	21	3,68	7,52	0,0250	0,45772	0,5729	47,20	100.000	1.019,8	4,094	584,2	2,345	48	1.733
Nv. 4800	4.800	20,0	0,687	2,5	2,5	100	21	5,75	9,40	0,0250	0,14999	0,5729	47,20	100.000	334,2	1,341	191,4	0,769	16	568
Nv. 4800	4.800	20,0	0,687	3,0	2,5	100	21	6,90	10,34	0,0250	0,09548	0,5729	47,20	100.000	212,7	0,854	121,9	0,489	10	361
Nv. 4800	4.800	20,0	0,687	3,0	3,0	100	21	8,28	11,28	0,0250	0,06028	0,5729	47,20	100.000	134,3	0,539	76,9	0,309	6	228
Nv. 4800	4.800	20,0	0,687	3,5	3,0	100	21	9,66	12,22	0,0250	0,04112	0,5729	47,20	100.000	91,6	0,368	52,5	0,211	4	156
Nv. 4800	4.800	20,0	0,687	3,5	3,5	100	21	11,27	13,16	0,0250	0,02789	0,5729	47,20	100.000	62,1	0,249	35,6	0,143	3	106
Nv. 4800	4.800	20,0	0,687	4,0	3,5	100	21	12,88	14,10	0,0250	0,02002	0,5729	47,20	100.000	44,6	0,179	25,5	0,103	2	76
Nv. 4800	4.800	20,0	0,687	4,0	4,0	100	21	14,72	15,04	0,0250	0,01430	0,5729	47,20	100.000	31,9	0,128	18,3	0,073	2	54
Nv. 4800	4.800	20,0	0,687	5,0	4,0	100	21	18,40	16,92	0,0250	0,00824	0,5729	47,20	100.000	18,4	0,074	10,5	0,042	1	31

Nota:

- 1.- Densidad de Aire Estándar: 1,2 Kg/m³
- 2.- Energía: US\$ 0,05/kW-h
- 3.- Factor de Fricción: k = 0,025 Ns²/m⁴

Cuadro N° 44: Resistencias, Pérdida de Presión y Consumo de Energía para Diferentes Secciones en Chimeneas Raise Boring

**RESISTENCIAS, PERDIDA DE PRESION Y CONSUMO DE ENERGIA PARA DIFERENTES SECCIONES
EN CHIMENEAS RAISE BORING**

Descripción	Altitud (m)	Temperatura del Aire (°C)	Densidad del Aire (kg/m³)	Diámetro		Longitud (m)	Longitud Equivalente (m)	Area (m²)	Perímetro Sección (m)	Factor de Fricción (k) (Ns²/m⁴)	Resistencia (Ns²/m⁴)	Factor de Corrección	Ventilador Simulado		Pérdida Presión (PP)		Pérdida Presión Corregido (PPc)		Potencia (kW)	Costo de Energía (US\$/mes)
				(pies)	(m)								(m³/seg)	(pie³/min)	(Pascal)	(* H₂O)	(Pascal)	(* H₂O)		
Nv. 4800	4.800	20,0	0,687	5,0	1,5	100	21	1,77	4,71	0,0037	0,38337	0,5729	47,20	100.000	854,1	3,429	489,3	1,964	40	1.451
Nv. 4800	4.800	20,0	0,687	6,0	1,8	100	21	2,54	5,65	0,0037	0,15407	0,5729	47,20	100.000	343,2	1,378	196,7	0,789	16	583
Nv. 4800	4.800	20,0	0,687	7,0	2,1	100	21	3,46	6,60	0,0037	0,07128	0,5729	47,20	99.999	158,8	0,638	91,0	0,365	7	270
Nv. 4800	4.800	20,0	0,687	8,0	2,4	100	21	4,52	7,54	0,0037	0,03656	0,5729	47,20	100.000	81,5	0,327	46,7	0,187	4	138
Nv. 4800	4.800	20,0	0,687	9,0	2,7	100	21	5,73	8,48	0,0037	0,02029	0,5729	47,20	100.000	45,2	0,181	25,9	0,104	2	77
Nv. 4800	4.800	20,0	0,687	10,0	3,0	100	21	7,07	9,42	0,0037	0,01198	0,5729	47,20	100.001	26,7	0,107	15,3	0,061	1	45
Nv. 4800	4.800	20,0	0,687	11,0	3,3	100	21	8,55	10,37	0,0037	0,00744	0,5729	47,20	100.002	16,6	0,067	9,5	0,038	1	28
Nv. 4800	4.800	20,0	0,687	12,0	3,6	100	21	10,18	11,31	0,0037	0,00481	0,5729	47,20	100.003	10,7	0,043	6,1	0,025	1	18

Nota:

- 1.- Densidad de Aire Estándar: 1,2 Kg/m³
- 2.- Energía: US\$ 0,05/kW-h
- 3.- Factor de Fricción: k = 0,0037 Ns²/m⁴

Cuadro N° 45: Resistencias, Pérdida de Presión y Consumo de Energía para Diferentes Secciones en Chimeneas Convencionales

**RESISTENCIAS, PERDIDA DE PRESION Y CONSUMO DE ENERGIA PARA DIFERENTES SECCIONES
EN CHIMENEAS CONVENSIONALES**

Descripción	Altitud (m)	Temperatura del Aire (°C)	Densidad del Aire (kg/m³)	Sección		Longitud (m)	Longitud Equivalente (m)	Area (m²)	Perimetro Sección (m)	Factor de Fricción (k) (Ns²/m⁴)	Resistencia (Ns²/m⁸)	Factor de Corrección	Ventilador Simulado		Pérdida Presión (PP)		Pérdida Presión Corregido (PPc)		Potencia (kW)	Costo de Energía (US\$/mes)
				Ancho (m)	Alto (m)								(m³/seg)	(pie³/min)	(Pascal)	(* H₂O)	(Pascal)	(* H₂O)		
Nv. 4800	4.800	20,0	0,687	1,5	1,5	100	21	2,03	5,64	0,0250	2,06032	0,5729	47,20	100.000	4.590,2	18,427	2.629,8	10,557	217	7.800
Nv. 4800	4.800	20,0	0,687	2,0	1,5	100	21	2,70	6,58	0,0250	1,01406	0,5729	47,20	100.000	2.259,3	9,070	1.294,4	5,196	107	3.839
Nv. 4800	4.800	20,0	0,687	2,0	2,0	100	21	3,60	7,52	0,0250	0,48892	0,5729	47,20	100.000	1.089,3	4,373	624,1	2,505	51	1.851
Nv. 4800	4.800	20,0	0,687	2,5	2,0	100	21	4,50	8,46	0,0250	0,28162	0,5729	47,20	100.000	627,4	2,519	359,5	1,443	30	1.066
Nv. 4800	4.800	20,0	0,687	2,5	2,5	100	21	5,63	9,40	0,0250	0,16021	0,5729	47,20	100.000	356,9	1,433	204,5	0,821	17	607
Nv. 4800	4.800	20,0	0,687	3,0	2,5	100	21	6,75	10,34	0,0250	0,10199	0,5729	47,20	100.000	227,2	0,912	130,2	0,523	11	386
Nv. 4800	4.800	20,0	0,687	3,0	3,0	100	21	8,10	11,28	0,0250	0,06438	0,5729	47,20	100.000	143,4	0,576	82,2	0,330	7	244
Nv. 4800	4.800	20,0	0,687	3,5	3,0	100	21	9,45	12,22	0,0250	0,04392	0,5729	47,20	100.000	97,9	0,393	56,1	0,225	5	166
Nv. 4800	4.800	20,0	0,687	3,5	3,5	100	21	11,03	13,16	0,0250	0,02979	0,5729	47,20	100.000	66,4	0,266	38,0	0,153	3	113

Nota:

1.- Densidad de Aire Estándar: 1,2 Kg/m³

2.- Energía: US\$ 0,05/kW-h

3.- Factor de Fricción: k = 0,025 Ns²/m⁴

Cuadro N° 45-A: Comparación de Chimenea Raise Boring vs Chimeneas Convensionalones de Pérdida de Presión y Consumo de Energía

CHIMENEAS RAISE BORING Vs CHIMENEA CONVENCIONAL

Tipo de Chimenea	Altitud (m)	Temperatura del Aire (°C)	Densidad del Aire (kg/m³)	Diámetro de R.B.		Sección Ch.		Longitud (m)	Longitud Equivalente (m)	Area (m²)	Perímetro Sección (m)	Factor de Fricción (k) (Ns²/m⁴)	Resistencia (Ns²/m⁶)	Factor de Corrección	Ventilador Simulado		Pérdida Presión (PP)		Pérdida Presión Corregido (PPc)		Potencia (kW)	Costo de Energía (US\$/mes)
				(pies)	(m)	Ancho (m)	Alto (m)								(m³/seg)	(pie³/min)	(Pascal)	(" H₂O)	(Pascal)	(" H₂O)		
Raise Boring	4.800	20,0	0,687	5,0	1,5			100	21	1,77	4,71	0,0037	0,38337	0,5729	47,20	100.000	854,1	3,43	489,3	1,96	40	1.451
Ch. Convencional	4.800	20,0	0,687			1,5	1,5	100	21	2,03	5,64	0,0250	2,06032	0,5729	47,20	100.000	4.590,2	18,43	2.629,8	10,56	217	7.800
Raise Boring	4.800	20,0	0,687	7,0	2,1			100	21	3,46	6,60	0,0037	0,07128	0,5729	47,20	99.999	158,8	0,64	91,0	0,37	7	270
Ch. Convencional	4.800	20,0	0,687			2,0	2,0	100	21	3,60	7,52	0,0250	0,48892	0,5729	47,20	100.000	1.089,3	4,37	624,1	2,51	51	1.851
Raise Boring	4.800	20,0	0,687	8,0	2,4			100	21	4,52	7,54	0,0037	0,03656	0,5729	47,20	100.000	81,5	0,33	46,7	0,19	4	138
Ch. Convencional	4.800	20,0	0,687			2,5	2,5	100	21	5,63	9,40	0,0250	0,16021	0,5729	47,20	100.000	356,9	1,43	204,5	0,82	17	607
Raise Boring	4.800	20,0	0,687	10,0	3,0			100	21	7,07	9,42	0,0037	0,01198	0,5729	47,20	100.000	26,7	0,11	15,3	0,06	1	45
Ch. Convencional	4.800	20,0	0,687			3,0	3,0	100	21	8,10	11,28	0,0250	0,06438	0,5729	47,20	100.000	143,4	0,58	82,2	0,33	7	244

Nota:


- 1.- Densidad de Aire Estándar: 1,2 Kg/m³
- 2.- Energía: US\$ 0,05/kW-h
- 3.- Factor de Fricción en Raise Boring: $k = 0,0037 \text{ Ns}^2/\text{m}^4$
- 4.- Factor de Fricción en Ch. Convencional: $k = 0,0250 \text{ Ns}^2/\text{m}^4$

Cuadro N° 46: Cargos Equivalentes en Pies para Pérdida de Choque

CARGOS EQUIVALENTES EN PIES (L_e) PARA VARIAS FUENTES DE PERDIDAS DE CHOQUE O IMPACTO (L_e en pies)

FORMA	L_e	NOMBRE	FORMA	L_e	NOMBRE
	0.5	CURVA OBTUSA REDONDEADA		230	BIFURCACION
	1	ANGULO RECTO REDONDEADO		90	JUNTURA
	3	CURVA AGUDA REDONDEADA		3	ENTRADA
	15	CURVA OBTUSA QUEBRADA		65	DESCARGA
	70	ANGULO RECTO QUEBRADO		1	PASO SOBRE NIVEL (OPTIMO)
	150	CURVA AGUDA QUEBRADA		85	PASO SOBRE NIVEL (BUENO)
	1	CONTRACCION GRADUAL		290	PASO SOBRE NIVEL (MALO)
	1	EXPANSION GRADUAL		70	HUECO PARA PUERTA
	10	CONTRACCION ABRUPTA		100	CARRO O JAULA 20% AREA DEL CONDUCTO
	20	EXPANSION ABRUPTA		500	CARRO O JAULA 40% AREA DEL CONDUCTO

Cuadro N° 47: Estándar de Trabajo de Instalación de Ventiladores

	Estándar de Trabajo	INSTALACION DE VENTILADORES	Código: EST-YAU-ING-V07
Sección: Ingeniería	Páginas: 1/3	Alcance: EMPRESA MINERA LOS QUENUALES S. A.	Aprobado:

OBJETIVO

Normar los trabajos de instalación de ventiladores, a fin de tener un flujo adecuado de aire limpio para el personal y equipos; así como alcanzar condiciones seguras de operación de estos equipos.

REFERENCIAS

Reglamento de Seguridad e Higiene Minera DS-046-2001/EM. Art. 204 al 208.

Reglamento Interno de Seguridad e Higiene Minera EMQSA.

ISTEC, Tratado de Ventilación.

NORMATIVA LEGAL VIGENTE

- Art. 204 – Inc. e).- En ningún caso la velocidad del aire será menor de veinte (20) metros por minuto ni superior a doscientos cincuenta (250) metros por minuto en las labores de explotación incluido el desarrollo, preparación y en todo lugar donde haya personal trabajando. Cuando se emplee explosivo ANFO u otros agentes de voladura, la velocidad del aire no será menor de veinticinco (25) metros por minuto.
- Art. 204 – Inc. f).- Cuando la ventilación natural no fuera capaz de cumplir con los artículos precedentes, deberá emplearse ventilación mecánica, instalando ya sea ventiladores principales, secundarios o auxiliares, según las necesidades.
- Art. 204 – Inc. j).- Es obligatorio el empleo de ventiladores auxiliares en labores que no posean sino una vía de acceso y desde que tengan un avance de mas de sesenta (60) metros. Se prohíbe el empleo de sopladores para éste objeto. En longitudes inferiores se empleará también ventiladores auxiliares cuando las condiciones ambientales así lo exijan. Los ductos empleados en ventilación auxiliar serán de material resistente de acuerdo con las características propias del lugar y actividades que se realicen.

ESTANDARES

- Se utilizarán ventiladores de 3.200, 10.000, 30.000, 40.000, 60.000, y 100.000 cfm, solamente.
- Todo trabajo de instalación será coordinado y supervisado por el responsable designado por el Área de Ventilación.
- La ubicación del ventilador estará en un lugar que no obstruya o dificulte el paso de equipos, en caso contrario el área de operaciones realizará los trabajos complementarios. El Área de Ventilación realizará solicitará al Área de Operaciones, las gestiones para realizar dichos trabajos complementarios.

ELABORADO POR:	APROBADO SUPERINTEND. INGENIERIA	JEFE DE SSMA	VºBº GERENCIA GENERAL
Ing. Miguel Torres	Ing. Roberto Vicuña	Ing. Mariano Herrera	Ing. Fernando Caffé
FECHA	VIGENTE DESDE	VERSION	REVISION
Nov. 2.004	Dic. 2.004	1.00	Ene. 2.005

De los Ventiladores:

- Se utilizarán ventiladores de 1.800 rpm, para caudales mayores a 30.000 cfm.
- Se utilizarán ventiladores de 3.600 rpm, para caudales inferiores o iguales a 30.000 cfm.
- El ventilador contará con su campana de succión, difusor y mallas de protección en los dos extremos.
- El arrancador debe estar ubicado en un lugar seguro a media altura de la galería y contar con aplicación del sistema lock out.
- El ventilador debe estar enumerado y contar con su placa de especificaciones técnicas.
- Los ventiladores deben contar con sensores de protección.
- El Área de Ventilación será responsable del traslado de los ventiladores y arrancadores desde interior mina a superficie.

De los Tableros y/o Arrancadores:

- Se debe retirar el arrancador cuando sale fuera de servicio el ventilador.
- Cuando se retira un ventilador de una labor para mantenimiento o reparación, también se debe retirar el arrancador.
- Los arrancadores para ventiladores menores de 50.000 cfm, serán colocados sobre dos pernos de anclaje en una zona segura.
- Los arrancadores para ventiladores mayores de 50.000 cfm, serán colocados sobre bases de madera en interior mina y cuando estén en superficie, deberá construirse una caseta de concreto para su instalación.
- El Área de Taller Eléctrico será el área responsable del manipuleo de los arrancadores.
- Los arrancadores deberán estar provistos con :
 - Protección para sobrecarga.
 - Pérdida de fase.
 - Sensores de vibración.
 - Y los componentes necesarios para el tipo de arranque.

De la Instalación:

- Los ventiladores mayores o iguales a 60.000 cfm se colocarán sobre una base de concreto de altura de acuerdo al diseño y requerimiento, con 6 pernos de ¾" anclados en dicha base.
- Para ventiladores menores de 60.000 cfm:
 - Al piso de la galería o labor:
Se construirá una base de madera de las siguiente dimensiones: 1,0 m (ancho) x 1,5 m (altura) x 1,0 m (largo), utilizando madera aserrada de 6" x 6" x 5', tablas de 2" x 6" x 5' y pernos pasantes, para asegurar el ventilador con la plataforma de madera.
 - Al Techo de la galería o labor:
A 1,50 m se construirá una base rectangular de ángulos de fierro, a la cual se empernará la base del ventilador, con un soporte angular (tipo pata de gallo). Además, se perforará taladros de 7 pies a los cuales se colocarán pernos de anclaje mecánico, realizando un amarre perimetral con cable de acero de 3/8" de Ø, entre el ventilador y los pernos.
- Culminada la instalación las Áreas de Taller Eléctrico y Ventilación levantarán un acta de conformidad de instalación.

ELABORADO POR: Ing. Miguel Torres	APROBADO SUPERINTEND. INGENIERIA Ing. Roberto Vicuña	JEFE DE SSMA Ing. Mariano Herrera	VºBº GERENCIA GENERAL. Ing. Fernando Caffé
FECHA Nov. 2.004	VIGENTE DESDE Dic. 2.004	VERSION 1.00	REVISION Enc. 2.005

Del Mantenimiento:

- 1 El Área de Mantenimiento Eléctrico debe presentar y ejecutar en forma mensual el cronograma de mantenimiento de ventiladores, el cual será fiscalizado por el Área de Ventilación.
- 2 Para ventiladores mayores ó iguales a 60.000 cfm, el mantenimiento y las reparaciones se realizarán en empresas especializadas.
- 3 Las Área de Ventilación y Mantenimiento Eléctrico presentarán el acta de conformidad, cuando el mantenimiento y /o las reparaciones se realicen fuera de la Unidad.
- 4 Todo ventilador de Empresa y Contrata, deberá ser probado en Taller Eléctrico, antes de su ingreso a mina.

CONTROL

El control será realizado por el Jefe de Ventilación.

RESPONSABILIDAD

La responsabilidad es del Jefe de Departamento de Ingeniería.

ELABORADO POR: Ing. Miguel Torres	APROBADO SUPERINTEND. INGENIERIA Ing. Roberto Vicuña	JEFE DE SSMA Ing. Mariano Herrera	V°B° GERENCIA GENERAL Ing. Fernando Café
FECHA Nov. 2.004	VIGENTE DESDE Dic. 2.004	VERSION 1.00	REVISION Enc. 2.005

Cuadro N° 48: Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS)

Ventilación Mecánica de Labores Ciegas



PETS – PROCEDIMIENTO ESCRITO PARA EL TRABAJO SEGURO	ELEMENTO 5.50	FECHA: Febrero de 2.004
	REFERENCIA 5.50.3	

Descripción de la tarea: VENTILACION MECANICA DE LABORES CIEGAS

Item	Pasos Críticos	Riesgos	Medidas de Seguridad	OBS-TRAB		Comentarios
				SI	NO	
1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Encender la ventiladora levantando el swich de la caja breaker (color verde) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Contraer enfermedades profesionales ▪ Lesión por caída de rocas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilizar respirador contra polvos y gases. ▪ Desatar las rocas sueltas que se presenta. 			EPP: mameluco con cintas reflectoras, protector de cabeza (casco) con barbiquejo, respirador contra polvo, guantes de cuero o jebe, correa porta lampara, botas con punta de acero, tapones de oídos. ▪ El personal debe ser calificado y entrenado. EQUIPO: VENTILADORA AUXILIAR DE 30.000 cfm, 40.000 cfm.
2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ventilar la labor. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Intoxicación por acumulación de gases. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prohibir el ingreso del personal a la labor recién disparada. 			

Cuadro N° 49: Resumen de Aire de Mina

EL AIRE

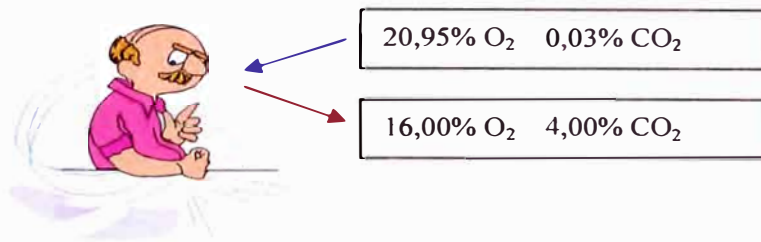
AIRE ATMOSFERICO.- Es una mezcla de gases que rodean la tierra, cada uno de los cuales tiene propiedades físicas y químicas

COMPOSICION DEL AIRE:

El aire puro y seco, a nivel del mar, está formado por:

Nitrógeno (N ₂)	78,09 %
Oxígeno (O ₂)	20,95 %
Otros (Argón, neón, helio CO, Vapor de agua, etc)	0,93 %
Anhídrido Carbónico (CO ₂)	0,03 %
Total	100.00 %

El aire seco inhalado contiene normalmente 20,95% de O₂ y 0,03% de CO₂, mientras que el aire exhalado contiene 16,0% de O₂ y 4,0% de CO₂ y vapor de agua.



AIRE DE MINA

Durante su paso a través de la mina, el aire recoge los contaminantes producidos por las operaciones mineras, entre ellos gases, y vapores (respiración humana, materiales que oxidan y descomponen), el polvo en suspensión y el calor producido por las máquinas en funcionamiento en el interior de las labores subterráneas, el aire pierde parte de su oxígeno. Se denomina **AIRE FRESCO** al aire atmosférico que ingresa a la mina, y **AIRE VICIADO o de RETORNO** al aire contaminado que sale.

El aire de mina está afectado normalmente por vapor de agua en un porcentaje aproximado de 1%, este porcentaje puede variar con la temperatura, la presión barométrica, la presencia de agua en el estado líquido para formar vapor y el contenido de humedad del aire de entrada a la mina.

AIRE FRESCO: Es el aire atmosférico que ingresa a la mina, que sirve para nuestra respiración, para poder trabajar; para los equipos diesel y para diluir los contaminantes. Este aire contiene al **OXIGENO (O₂)**

OXIGENO (O₂): Es un gas que se encuentra formando parte del aire y que es indispensable para mantener la vida y la combustión. Es incoloro, inodoro e insípido. No es venenoso.

AIRE VICIADO o de RETORNO (Contaminado): Es el aire contaminado que sale y que ya ha sido utilizado, contiene contaminantes químicos como los gases y el polvo.

Cuadro N° 50: Gases de Mina

GASES DE MINA

No es posible lograr una atmósfera libre de gases en el interior de las minas, puesto que éstos se producen como consecuencia de las actividades para la extracción de los minerales. Estos gases constituyen un riesgo permanente en las operaciones mineras subterráneas si no son controlados por una buena ventilación y por normas muy estrictas.

ORIGEN DE LOS GASES DE MINA

- Uso de explosivos.
- Máquinas de combustión interna.
- Gases de estratos.
- Respiración humana.
- Descomposición de sustancias orgánicas.

PRINCIPALES GASES EN LAS MINAS

Monóxido de Carbono (CO)

Gases Nitrosos (NO, NO₂)

Anhídrido Sulfuroso (SO₂)

Hidrogeno Sulfurado (Gas Sulfhídrico) (H₂S)

Anhídrido Carbónico (CO₂)

DEFICIENCIA DE OXIGENO

El descenso del contenido de oxígeno en la atmósfera se llama **Deficiencia de Oxígeno**. La falta de ventilación de la mina puede significar que en distintos lugares se encuentren deficiencias de oxígeno. Una persona respira y trabaja mejor en una atmósfera donde haya a lo menos 20 % de oxígeno. Si el oxígeno baja un 15 %, la persona que se encuentre en ese lugar va a experimentar una respiración rápida, ritmo acelerado del corazón, vahidos y zumbido de los oídos.

Cuadro N° 51: Límites Permisibles

LIMITES PERMISIBLES DE LOS GASES:

Gases	O ₂ (%)	CO (ppm)	NO (ppm)	SO ₂ (ppm)	CO ₂ (ppm)	H ₂ S (ppm)
Límite Mínimo Permissible	19,5	-	-	-	-	-
Límite Máximo Permissible	-	25	5	5	5.000	10

VELOCIDAD DE AIRE:

Velocidad del Aire (m/min)	
Velocidad Mínima	Velocidad Máxima
20 (Dinamita)	250
25 (Anfo)	

LIMITES PERMISIBLES EN RUIDO:

Ruido	Decibeles (dB)
Límite Máximo Permissible (Para 8 horas de exposición)	85

LIMITES PERMISIBLES EN POLVO:

Polvo (respirable)	mg/m ³
Límite Máximo Permissible	3,0

Nota:

ppm: Parte por millón

10.4.2.- GRAFICOS:

Gráfico N° 1: Tonelaje por Método de Explotación

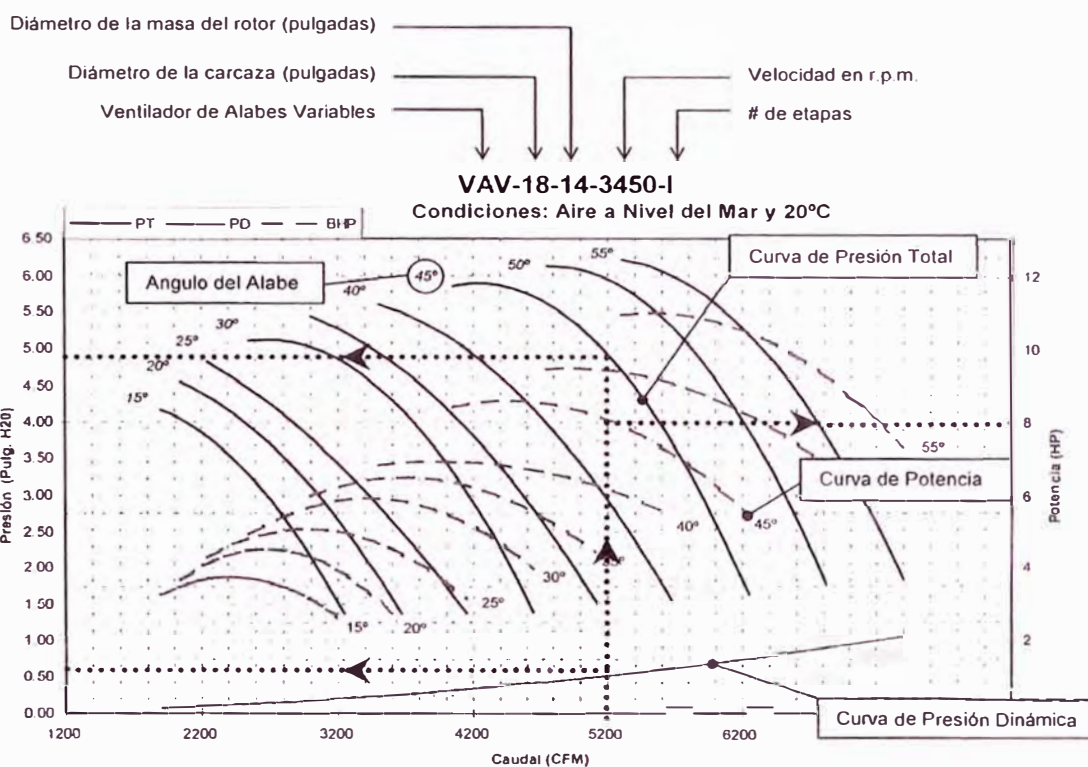
Gráfico N° 2: Vista General Estratigráfica

Gráfico N° 3: Columna Estratigráfica

Gráfico N° 4: Esquemático de la Red de Ventilación

Gráfico N° 5: Curva Característica de Performance de Ventiladores
Caudal vs Presión

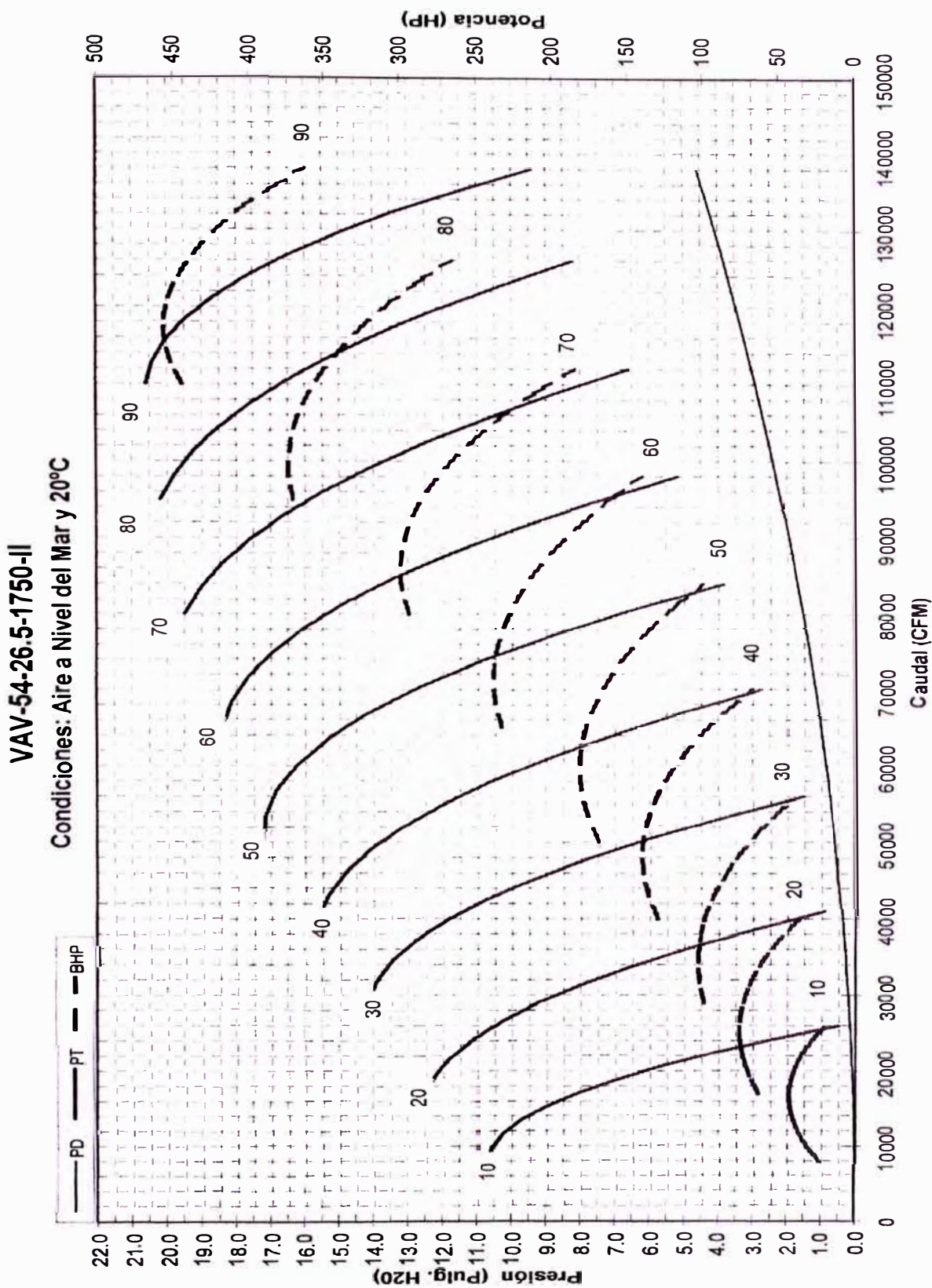
CURVAS CARACTERISTICAS



Procedimiento de utilización

1. Cada ventilador tiene una curva característica para cada ángulo de las paletas (p.e. 45°).
2. Con el valor del **caudal** medido (p.e. 5,200 cfm), se traza una perpendicular hasta la intersección con la **curva característica de presión total**, con el ángulo correspondiente de los alabes. De esta intersección, se traza una horizontal, hacia el eje de la izquierda, allí se puede leer la **Presión Total** entregada por el ventilador (p.e. 4.75 " de H₂O).
3. Con el valor del **caudal** medido (p.e. 5,200 cfm), se traza una perpendicular hasta la intersección con la **curva de presión dinámica** del ventilador, de este punto se traza una horizontal, hacia el eje de la izquierda, allí se lee la **presión dinámica** (p.e. 0.6 " de H₂O).

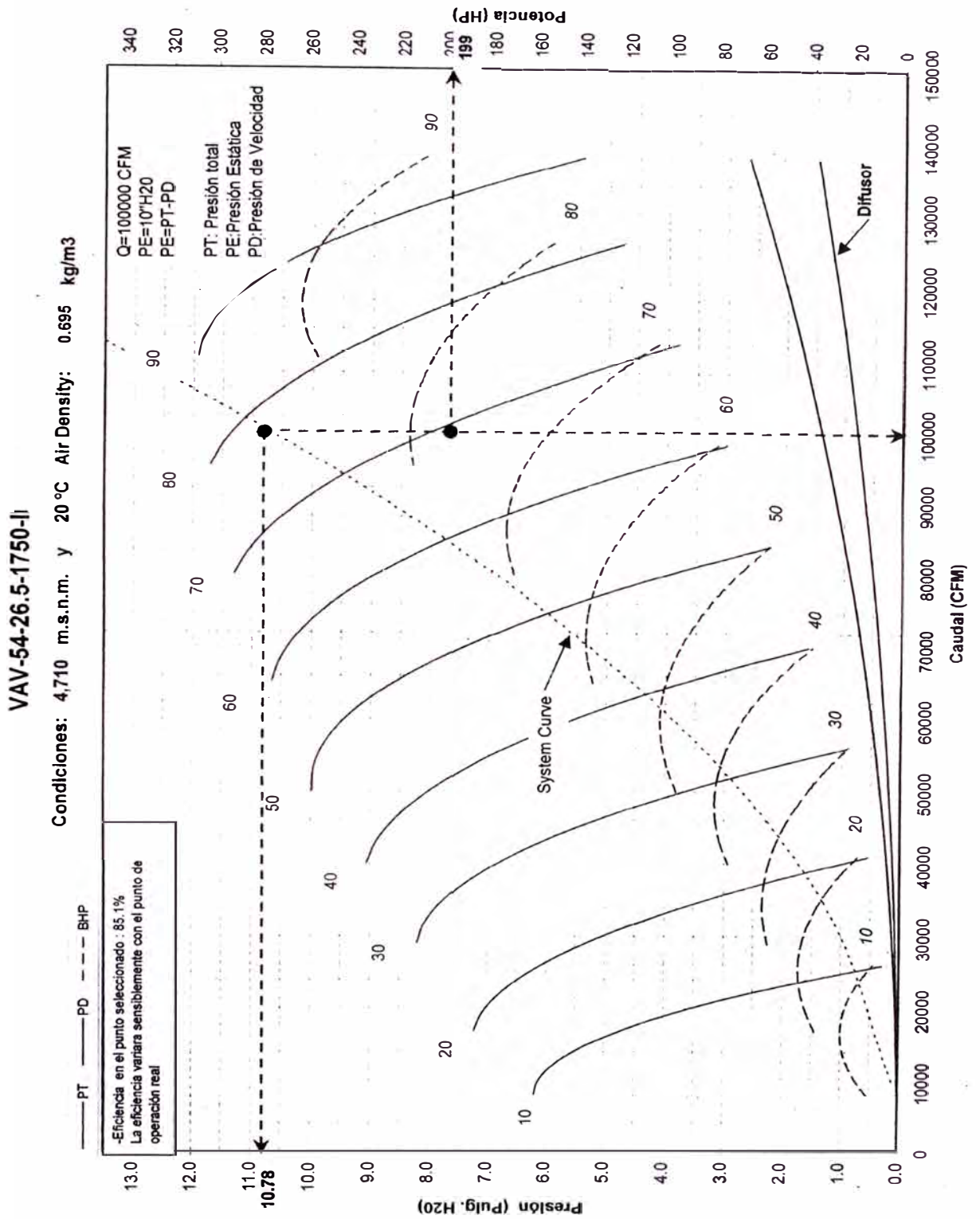
Gráfico N° 6: Curvas de Performance de Ventiladores
Caudal vs Presión



Airtec S. A.

Curva de Performance de Ventiladores

Caudal vs Presión



COMPONENTES BÁSICOS DEL VENTILADOR MINERO AIRTEC DOBLE ETAPA

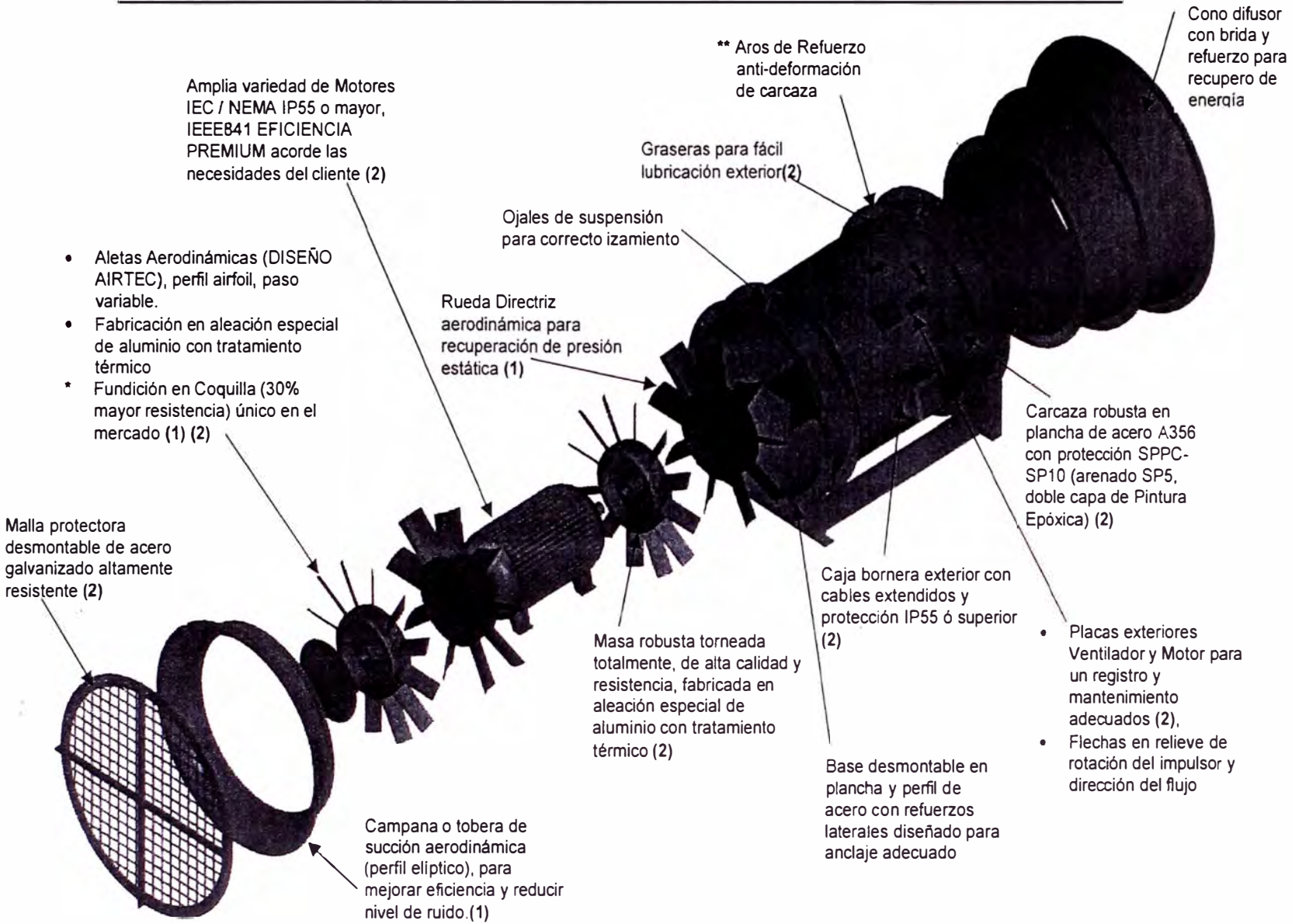


Gráfico No 7: Componentes Principales de un Ventilador Axial Minero de Doble Etapa

10.4.2 FOTOS

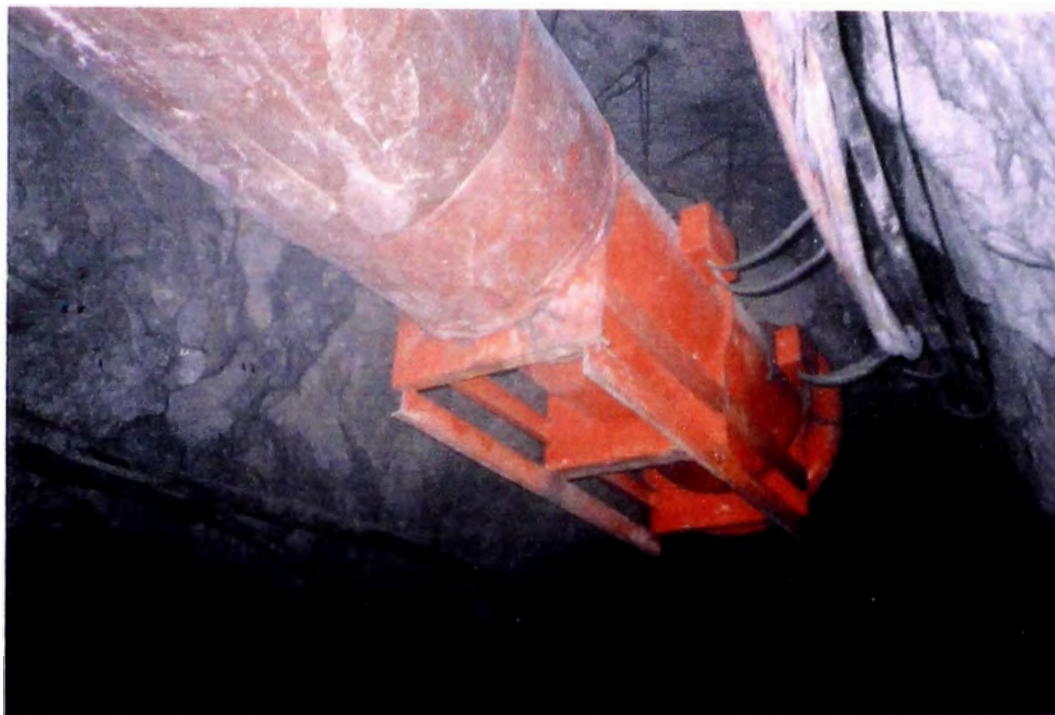
Foto N° 1: Medición con Termo Hidro Anemómetro de Velocidad de Aire, Temperatura y HR.



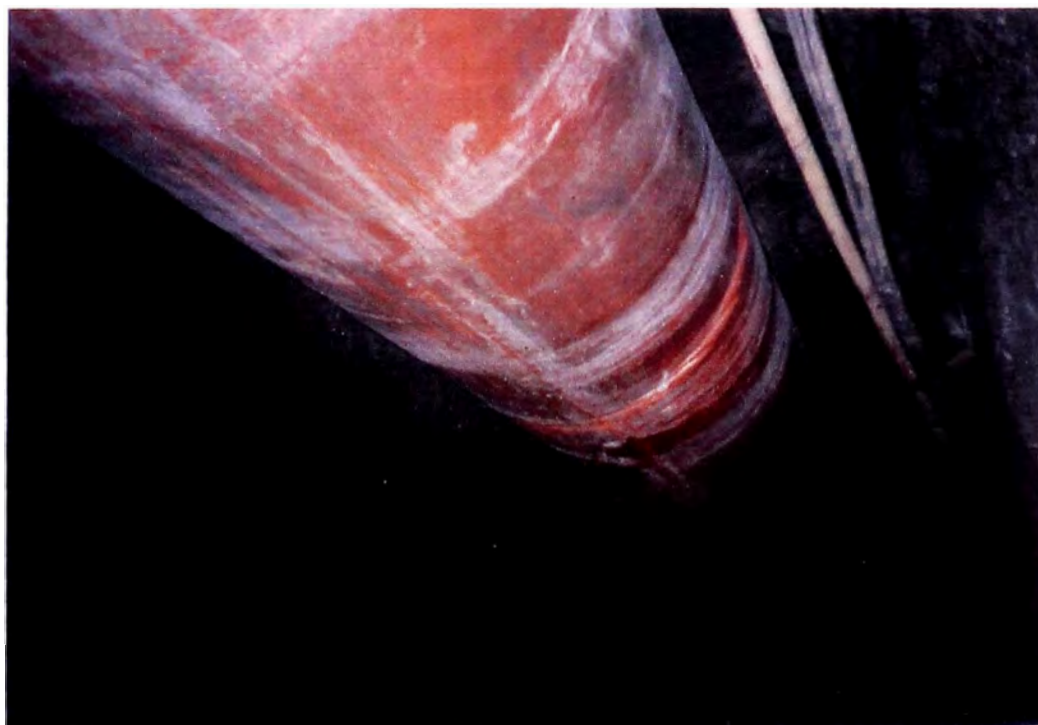
Foto N° 2: Medición de Corriente de Aire con Tubos de Humo.



**Foto N° 3: Ventilador de 40,000 cfm Enseriado, Insuflando Aire Limpio con Manga de 36 pulgadas de diámetro.
Crucero 740 Rayo Siberia - Nv. 800.**



**Foto N° 4: Manga de Ventilación de Rafia de Polietileno de 36 pulgadas de Diámetro, Insuflando Aire Limpio.
Crucero 740 Rayo Siberia - Nv. 800.**



**Foto N° 5: Ventilador de 30, 000 cfm Insuflando Aire Limpio con
Manga de Ventilación de 36 pulgadas de Diámetro.
Crucero 740 Rayo Siberia – Nv. 800.**



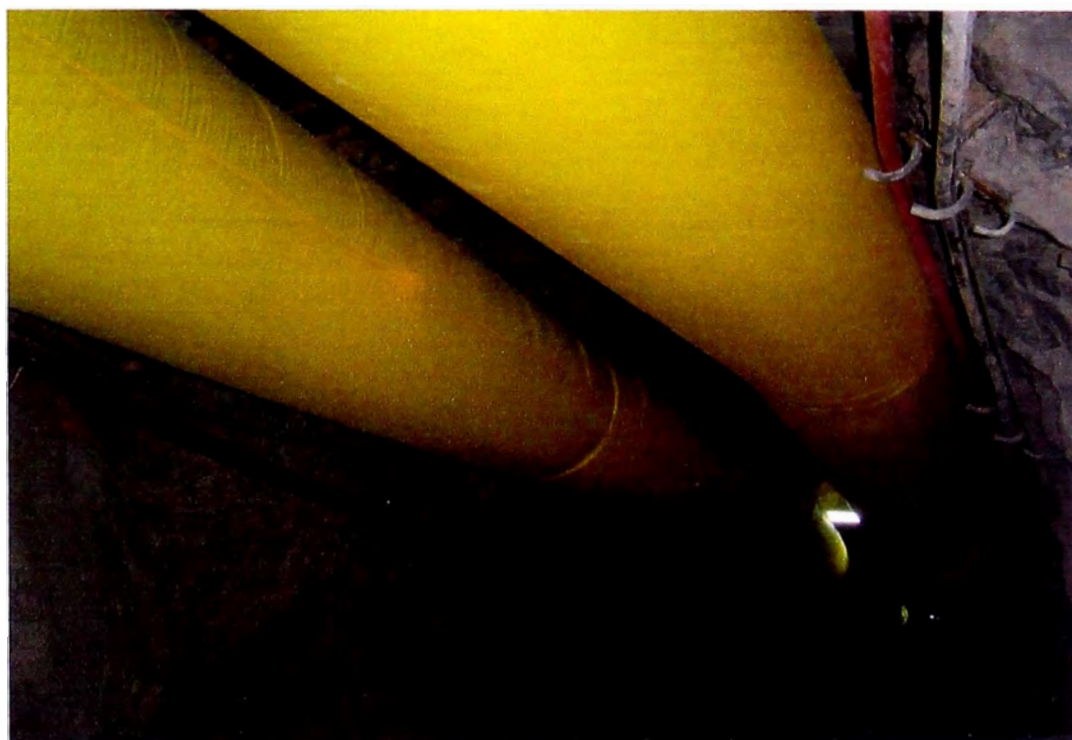
Foto N° 6: Equipos e Instrumentos de Ventilación.



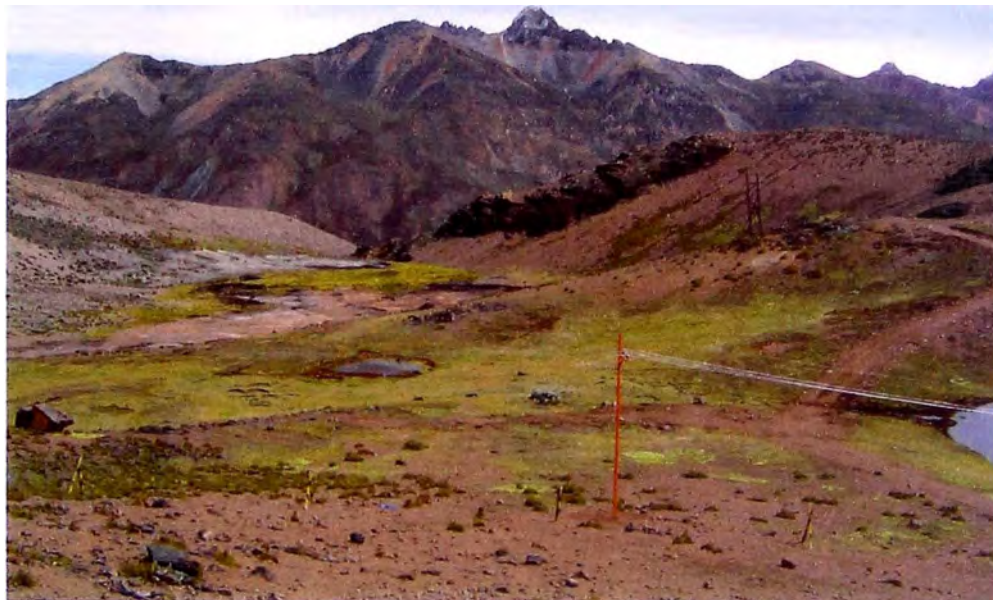
**Foto N° 7: Ventilador de 40,000cfm, Insuflando Aire Limpio con
Manga de Ventilación de 36 pulgadas de Diámetro.
Bocamina Corina 800 Nv. 800 - Rayo Corina.**



**Foto N° 8: Mangas de Ventilación de Rafia de Polietileno de 36
pulgadas de Diámetro, Insuflando Aire limpio y Extrayendo.
Aire Contaminado. Crucero Corina 800 - Rayo Corina.**

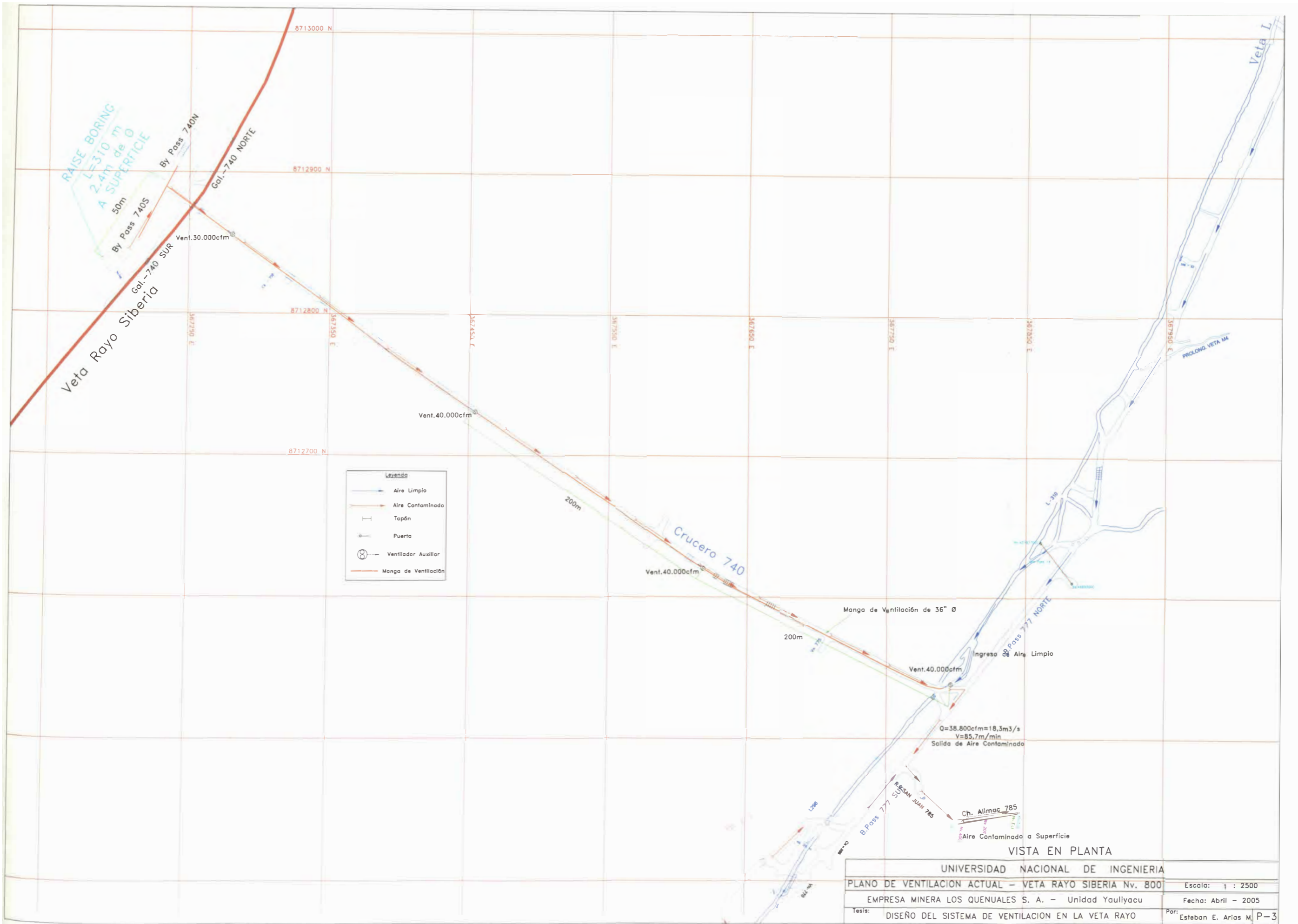


**Foto N° 9: Vista en Superficie, Zona de Instalación del Raise
Boring Corina – Rayo Corina
Superficie.**



11.- BIBLIOGRAFIA

- MINING ENGINEERING HANDBOOK, “Mine Ventilation” Chapter 11.6 and “Mine Ventilation Design” Chapter 11.7, Ramani, Raja. V. and Johnson, Bruce.
- HOWARD L. HARTMAN, *Mine Ventilation And Air Conditioning*, Segunda Edición, 1.982.
- NOVICKY, Alejandro, *Ventilación de Minas*, Buenos Aires – Argentina, 1.962.
- INSTITUTO DE INGENIEROS DEL PERU, *Manual de Ventilación de Minas*, Lima 1.989.
- LOCK, Jakes, ISTECS, *Ventilación Elemental para Minería*, 1.998.
- MALLQUI TAPIA, Anibal N., *Ventilación de Minas*, Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería de Minas, Huancayo 2.004.
- ROBLES ESPINOZA, Nerio H., “*Excavación y Sostentamiento de Túneles en Roca*”, Concytec, Lima, 1.994, pág. 264-267 y 243-251.
- AIRTEC S. A., *Manual de Ventilador Axial para Minería*, Lima, 1999.
- M. E. M. “*Reglamento de Seguridad e Higiene Minera*” D. S. N° 046 – 2001 EM, Lima, 2.001.
- SERMITEC, *Manual de Ventilación*, Santiago de Chile – Chile, 1.999.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, *Curso Internacional de Ventilación Minera*, Lima, Abril del 2.000.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, *Curso de Ingeniería en la Ventilación Minera*, Lima, Abril de 1.999.
- MINE VENTILATION SERVICES INC., “*Manual del Usuario y Tutorial-VnetPC 2003*”, Usa, 2.003.

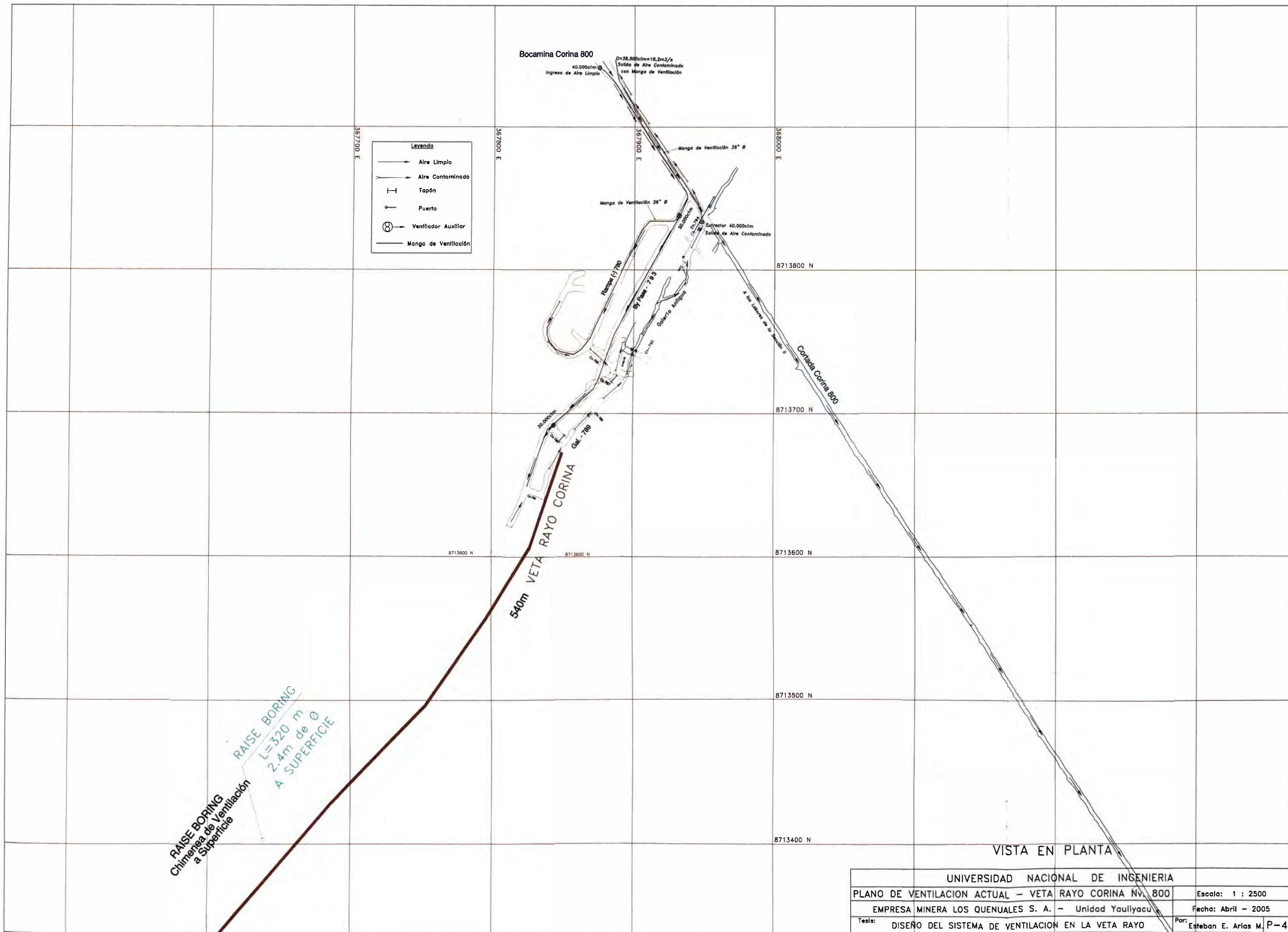


LEYENDA

	Aire Limpio
	Aire Contaminado
	Tapón
	Puerta
	Ventilador Auxiliar
	Manga de Ventilación

VISTA EN PLANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PLANO DE VENTILACION ACTUAL - VETA RAYO SIBERIA Nv. 800	
Empresa:	EMPRESA MINERA LOS QUENUALES S. A. - Unidad Yauliyacu
Tesis:	DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACION EN LA VETA RAYO
Escala:	1 : 2500
Fecha:	Abril - 2005
Por:	Esteban E. Arias M. P-3



Legenda

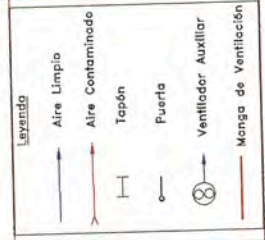
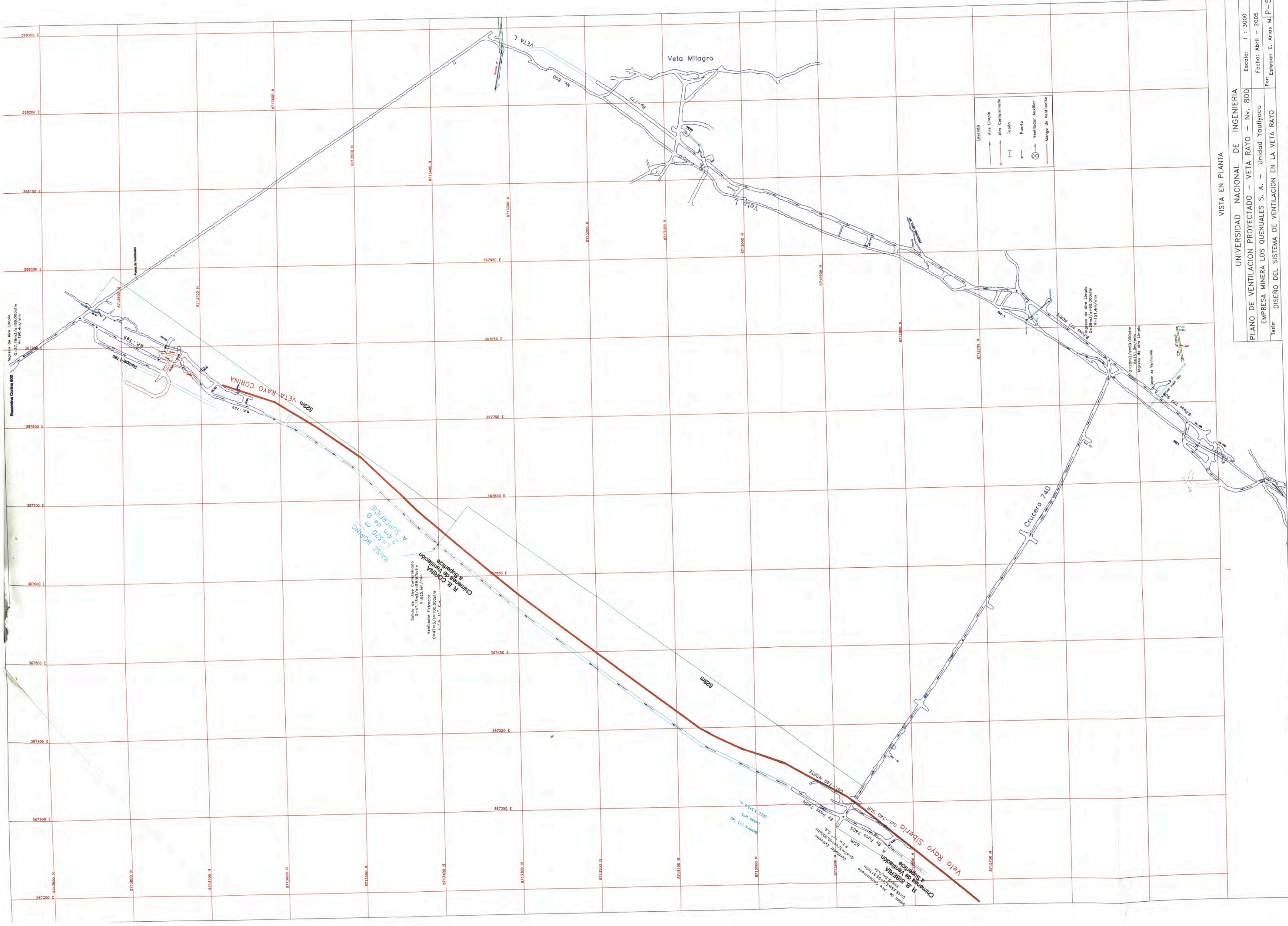
	Aire Limpio
	Aire Contaminado
	Tapón
	Puerta
	Ventilador Auxiliar
	Manga de Ventilación

RAISE BORING
Chimenea de Ventilación
a Superficie

RAISE BORING
L=320 m
2.4m de Ø
A SUPERFICIE

VISTA EN PLANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PLANO DE VENTILACION ACTUAL - VETA RAYO CORINA N° 800	Escala: 1 : 2500
EMPRESA MINERA LOS QUENUALES S. A. - Unidad Yauliyacu	Fecha: Abril - 2005
Tesis: DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACION EN LA VETA RAYO	Por: Esteban E. Arias M. P-4



VISTA EN PLANTA

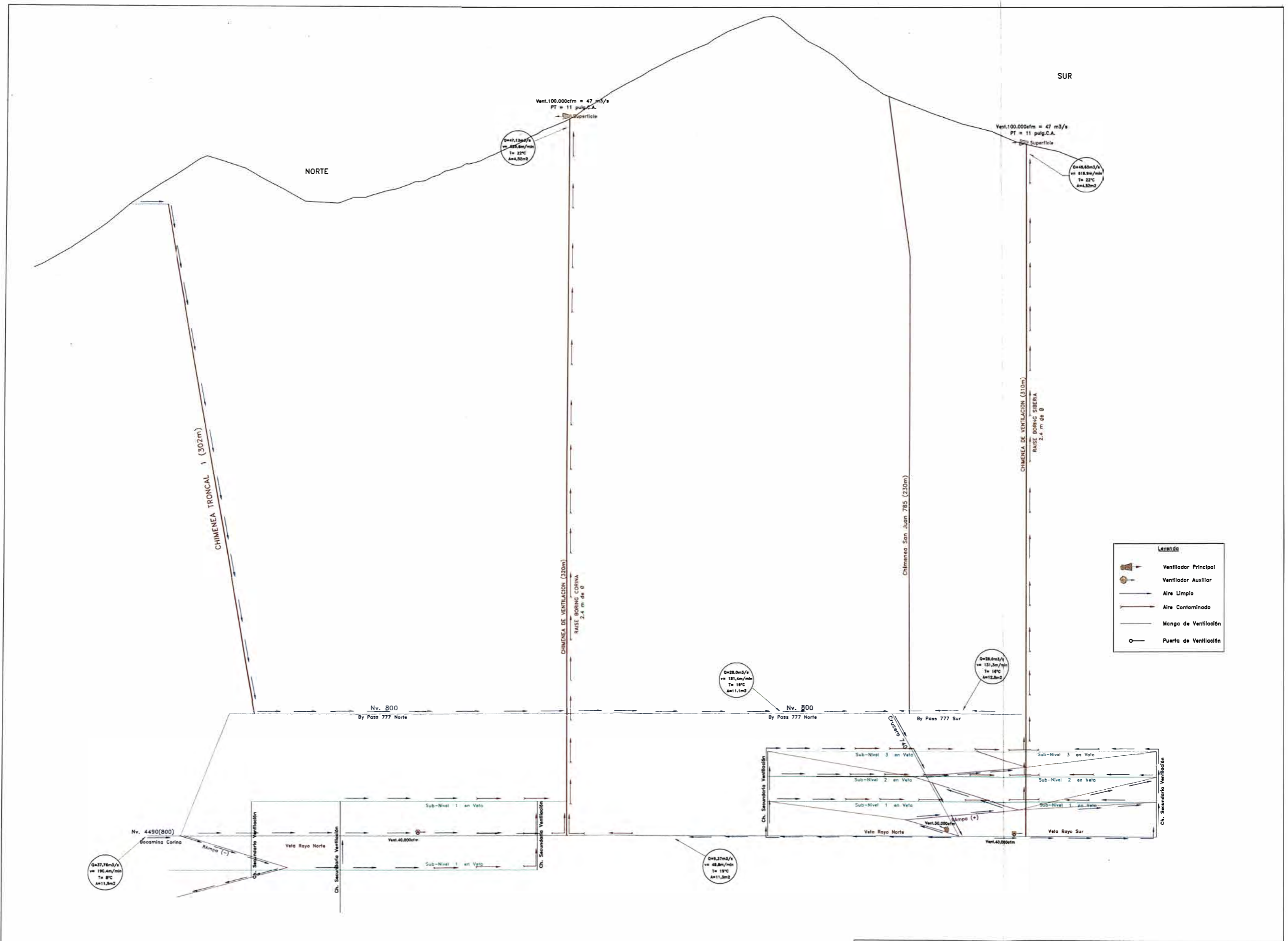
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

PLANO DE VENTILACION PROYECTADO - VETA RAYO - Nv. 800

EMPRESA MINERA LOS QUENUALES S. A. - Unidad Yauliyacu

Testis: DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACION EN LA VETA RAYO

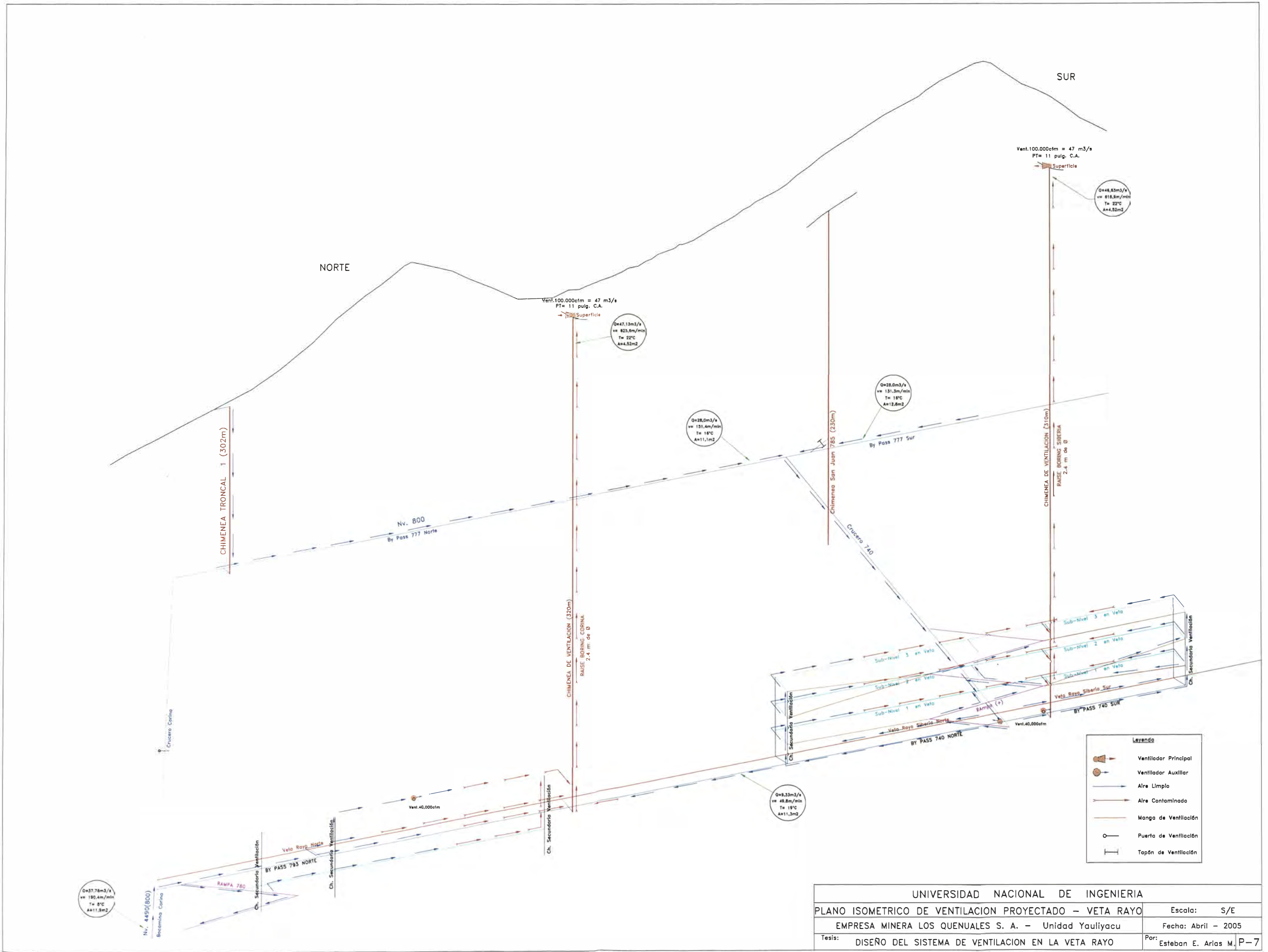
Escala: 1 : 3000
Fecha: Abril - 2005
Prof: Esteban E. Arias M. P-5



Legenda

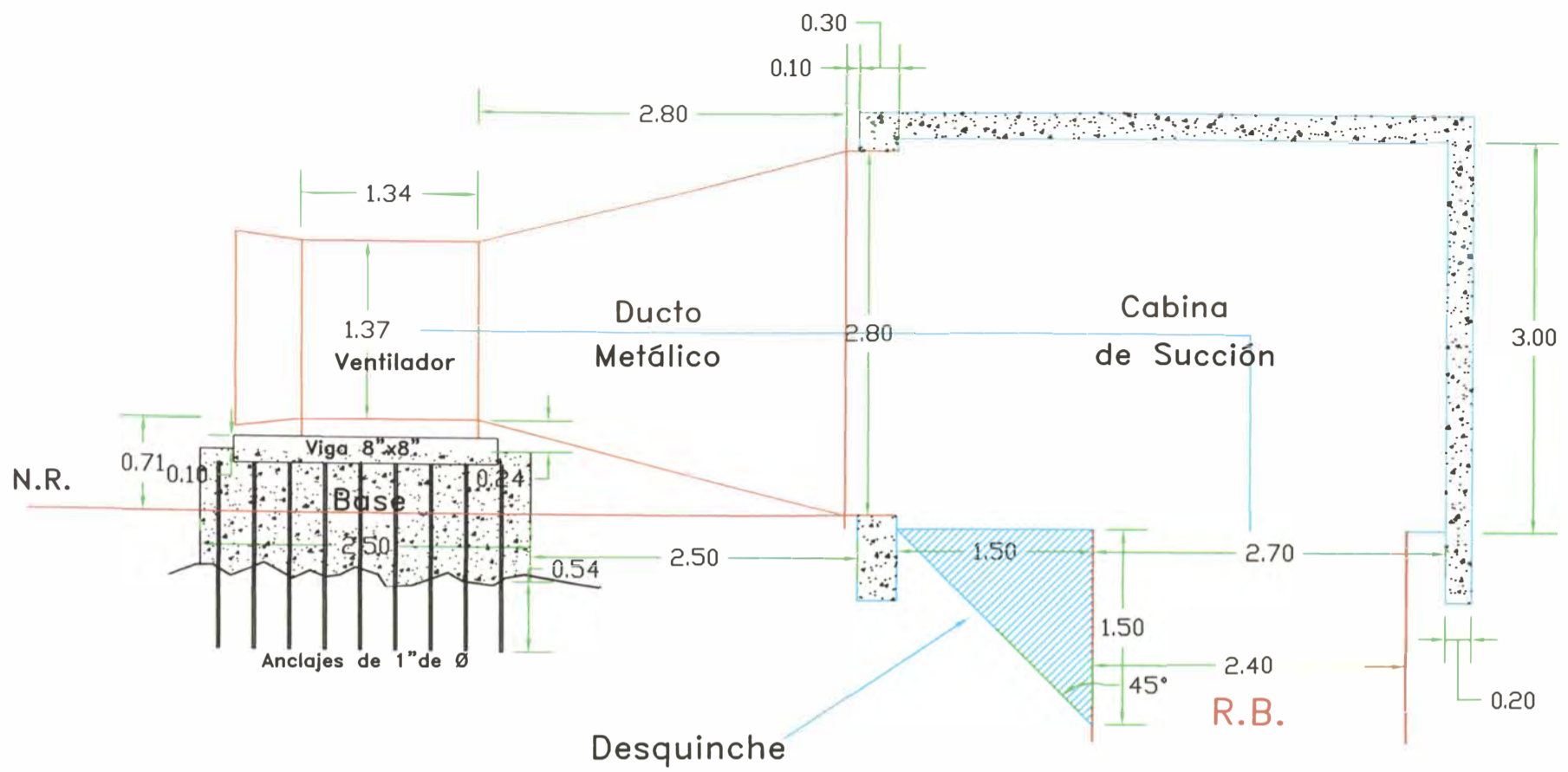
	Ventilador Principal
	Ventilador Auxiliar
	Aire Limpio
	Aire Contaminado
	Mango de Ventilación
	Puerta de Ventilación

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PLANO UNIFILAR DE VENTILACION PROYECTADO - VETA RAYO	Escala: S/E
EMPRESA MINERA LOS QUENUALES S. A. - Unidad Yauliyacu	Fecha: Abril - 2005
Tesis: DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACION EN LA VETA RAYO	Por: Esteban E. Arias M. P-6



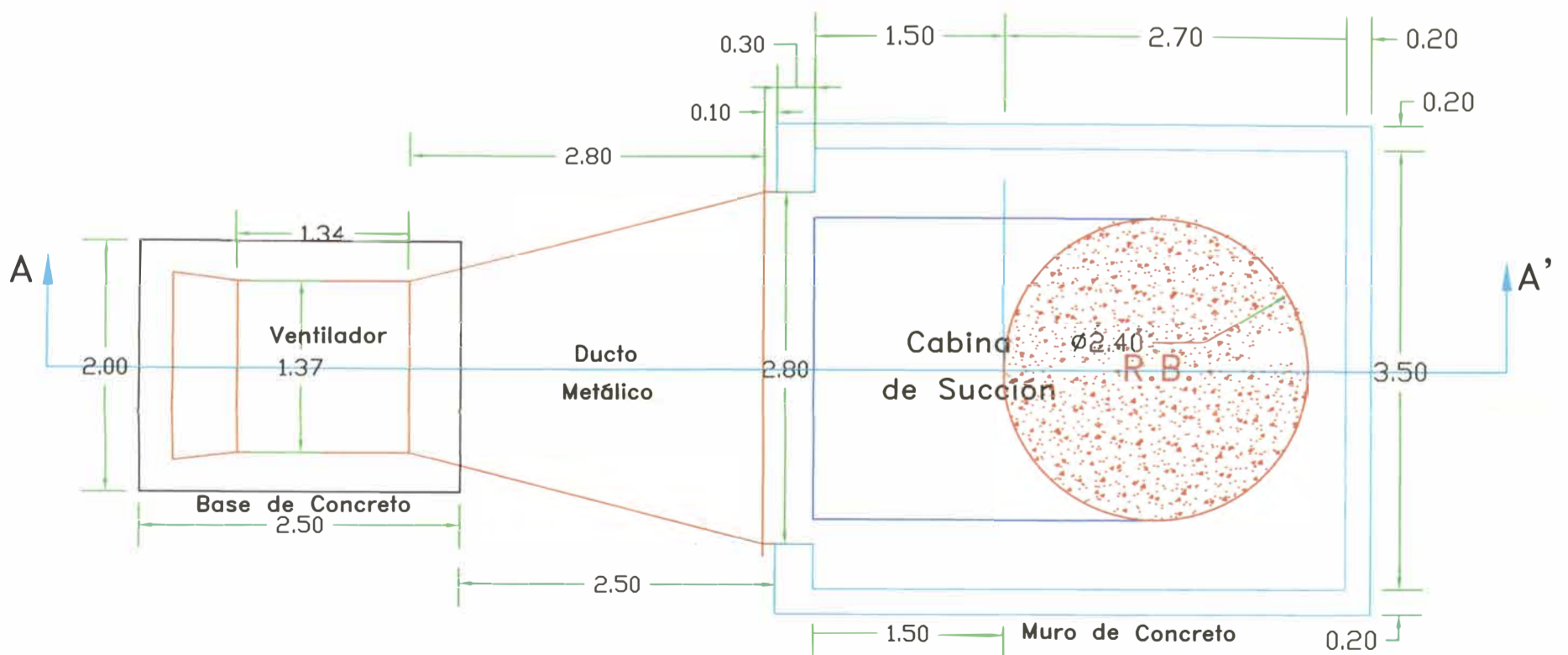
Leyenda	
	Ventilador Principal
	Ventilador Auxiliar
	Alre Limpio
	Alre Contaminado
	Manga de Ventilación
	Puerta de Ventilación
	Tapón de Ventilación

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PLANO ISOMETRICO DE VENTILACION PROYECTADO - VETA RAYO	Escala: S/E
EMPRESA MINERA LOS QUENUALES S. A. - Unidad Yauliyacu	Fecha: Abril - 2005
Tesis: DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACION EN LA VETA RAYO	Por: Esteban E. Arias M. P-7



Corte A - A'

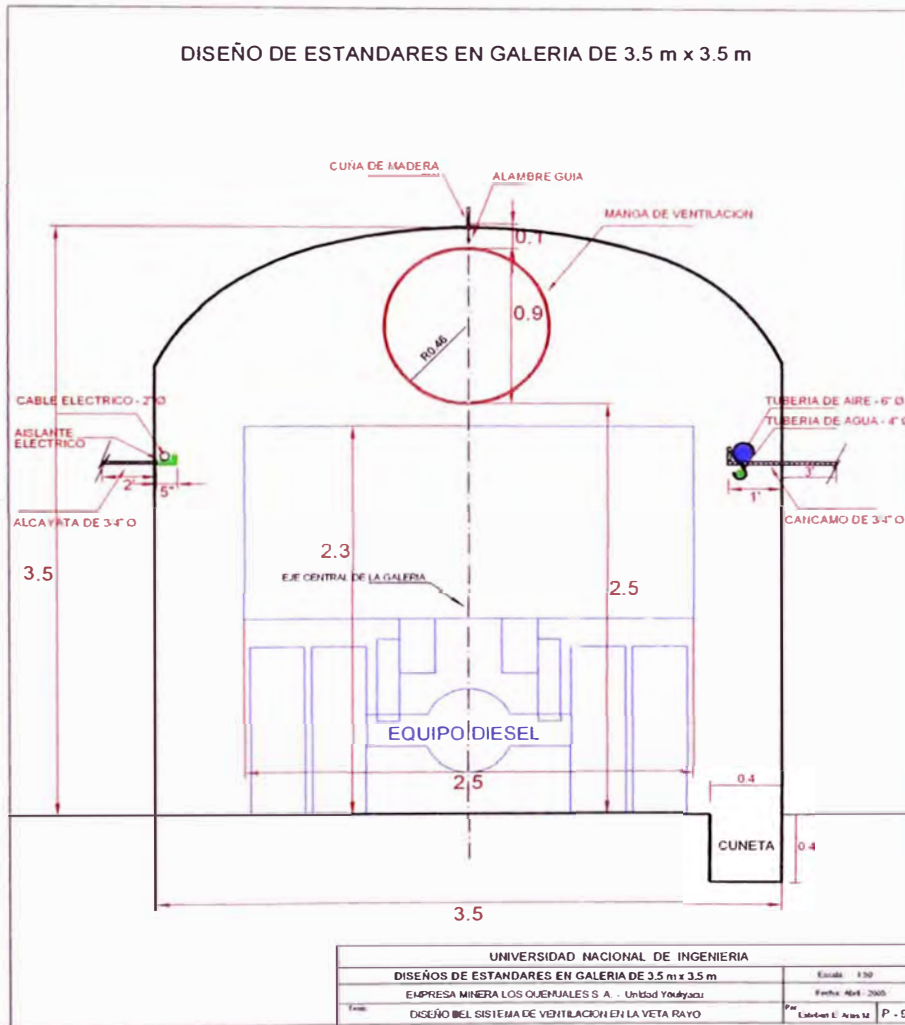
Esc. 1/50

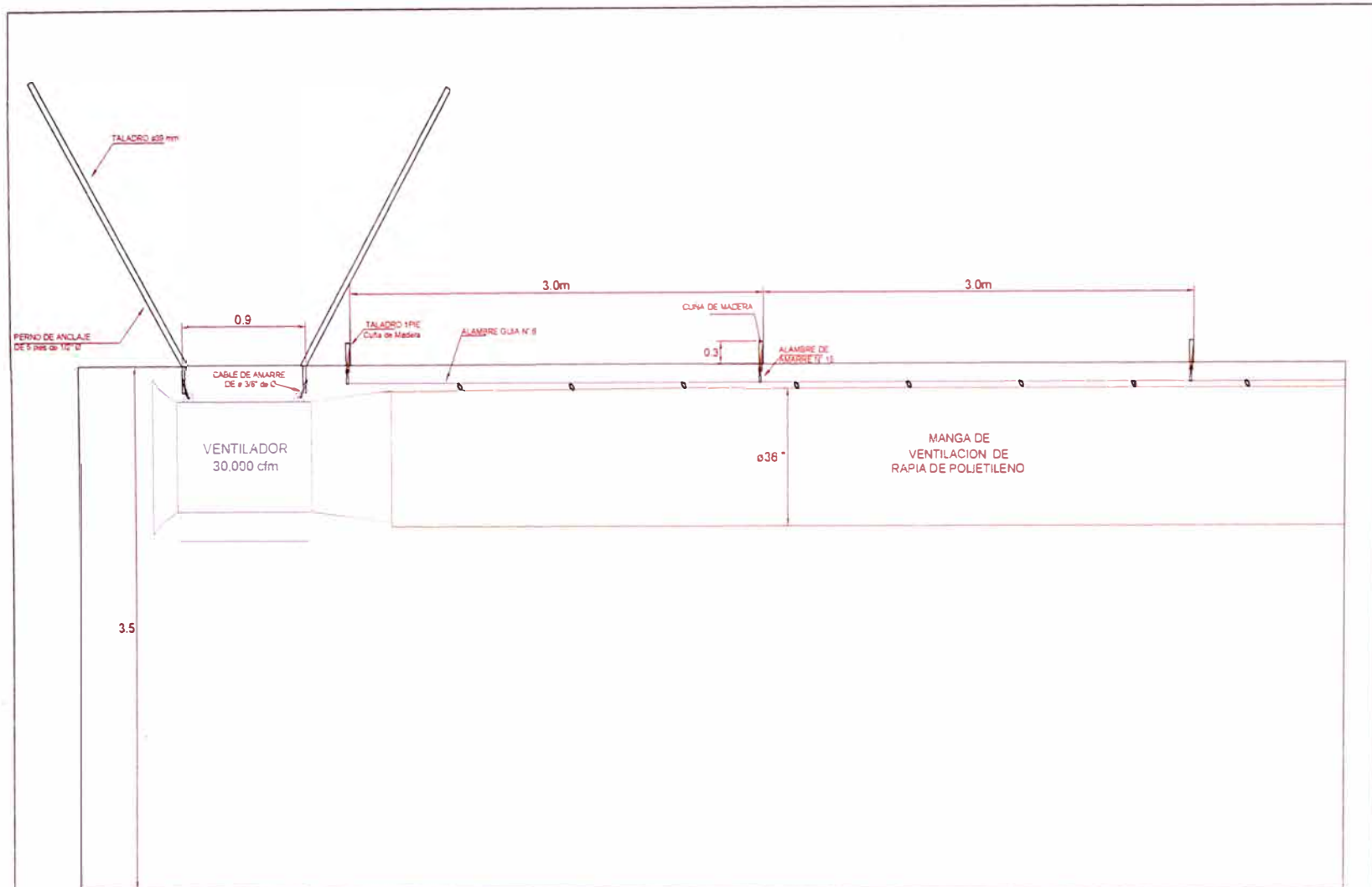


Planta

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PLANO DE INSTALACION DE VENTILADOR DE 100.000 cfm	Escala: 1 : 50
EMPRESA MINERA LOS QUENUALES S. A. - Unidad Yauliyacu	Fecha: Abril - 2005
Tema: DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACION EN LA VETA RAYO	Por: Esteban E. Arias M. P-8

DISEÑO DE ESTANDARES EN GALERIA DE 3.5 m x 3.5 m





CORTE LONGITUDINAL DE LA GALERIA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PLANO DE INSTALACION DE MANGAS DE VENTILACION	Escala: 1/50
EMPRESA MINERA LOS QUENUALES S. A. - Unidad Yauliyacu	Fecha: Abril - 2005
Tema: DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACION EN LA VETA RAYO	Por: Esteban E. Arias M. P-10