

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA



“PROYECTO DE VENTILACION MINERA”

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PRESENTADO POR:

LUIS ENRIQUE MACCAPA SUYO

Lima – Perú

2009

DEDICATORIA

Este trabajo se las dedico a aquellas personas que estuvieron cerca, en todo la etapa de mi carrera, quienes me enseñaron el camino hacia el éxito.

AGRADECIMIENTO

A todas las personas quienes apoyaron y me dieron el conocimiento, en poder realizar este trabajo de investigación.

RESUMEN

El informe inicial se basó en dos accidentes que se tuvo en la mina, donde se dañaron dos ventiladores principales de tres, de 160,000 CFM de capacidad cada uno, estos equipos son los ventiladores extractores de la mina Limpe Centro, en la Unidad Iscaycruz. Se realizó el estudio sobre la instalación inicial de los ventiladores principales en Bocamina Sur, llegando a la conclusión que estaban mal instalados y que se necesita realizar un nuevo diseño que mejorará el sistema. Los ventiladores son de 160,000 CFM 220 Hp de capacidad cada uno y con una presión de 6.7 “ C. A. Y al realizar el estudio de análisis se observó que los ventiladores estaban trabajando a una presión de 9.1” C.A. cada uno, el cual se necesitaba bajar dicha presión ya que en estas condiciones el equipo está operando en una zona inestable, y expuesto a cualquier accidente de equipo como lo ocurrido. Entonces con estos datos iniciales se diseñó un nuevo sistema de ventilación de tal manera que permitiera disminuir las presiones de trabajo y que

la mina siga con el plan de profundización ya que este es otro problema que generaría a los equipos. Al aumentar la profundidad de la mina los ventiladores deberán de realizar un mayor esfuerzo, ocasionando la elevación de las presiones de trabajo de cada ventilador.

Finalmente se logró el diseño adecuado a las condiciones actuales que tiene la mina, logrando los objetivos iniciales de bajar las presiones de trabajo del ventilador y poseer un nuevo sistema de instalación de los ventiladores.

INDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
INDICE	iv
INTRODUCCIÓN	v
OBJETIVO	vi
CAPITULO I GENERALIDADES	
1.1 UBI CACIÓN	1
1.1.1 ACCESIBILIDAD	2
1.2 GEOMORFOLOGIA	2
1.2.1 Fisiografía y Topografía	2
1.2.2 Clima y Vegetación	3
1.2.3 Ambiente Biológico	3
1.2.4 Ambiente Económico	4
CAPITULO II CARACTERISTICAS GEOLOGICAS	
2.0 GEOLOGIA GENERAL	5
2.1 GEOLOGIA REGIONAL	5
2.2 ESTRATIGRAFIA	6
2.3 GEOLOGIA DEL YACIMIENTO POLIMETALICO DE ISCAYCRUZ	7
2.3.1 GEOLOGIA ECONOMICA DE LIMPE CENTRO	7
2.3.2 CUERPOS MINERALIZADOS	8

2.3.3 DESCRIPCIÓN DEL CUERPO ESTERLA	8
2.3.4 DESCRIPCIÓN DEL CUERPO OLGA	10
2.3.5 ALTERACIONES Y MINERALIZACIÓN	10
2.3.6 POSIBLE SECUENCIA DE FORMACIÓN DE MINERALES	11
CAPITULO III SISTEMA DEL MÉTODO DEL MINADO	
3.0 MÉTODO DE MINADO	12
3.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE MINADO	13
3.2 SISTEMA DE RELLENO CEMENTADO	16
3.3 PLANTA DE AGREGADO	17
3.4 PLANTA DE CONCRETO	17
CAPITULO IV TRATAMIENTO DE MINERALES	
4.1 CHANCADO PRIMARIO	19
4.2 CHANCADO SECUNDARIO	20
4.3 FLOTACIÓN DE NATURALMENTE FLOTABLES	20
4.4 CONCENTRADO	21
4.5 DISPOSICIÓN DE RELAVES	22
CAPITULO V MARCO TEÓRICO	
5.1 DETALLE DE LA PROBLEMÁTICA INICIAL	24
5.2 NECESIDAD O REQUERIMIENTO DE AIRE	25
5.3 REVISIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN INICIAL	27
5.3.1 BOCAMINA SUR – TRES VENTILADORES DE 160000 CFM	29
5.3.2 PROYECTANDO HASTA EL NIVEL-27, TRABAJANDO CON TRES PANELES	31
5.3.3 PROYECTANDO CUATRO PANELES HASTA EL NIVEL NV-32	31

5.3.4 CON UNA NUEVA CHIMENEA A SUPERFICIE	32
5.3.5 ANALISIS	34
5.4 SISTEMA DE TRABAJO ACTUAL EN BOCAMINA SUR	34
5.4.1 Condición inicial de instalación del Equipo recomendado para Ventiladores en Paralelo	34
5.4.2 Bocamina Sur – Instalación Actual de los Ventiladores	35
5.4.3 Turbulencia	37
5.4.4 Cálculos de Trabajo	37
5.4.5 Observaciones	39
5.4.6 Solución Recomendada	40
5.5 DETALLE DE LA CAPACIDAD DEL EQUIPO INSTALADO	40
5.5.1 Conociendo la curva de Trabajo de los Ventiladores Instalados en Paralelo	41
5.5.2 Curva Característica Tres Ventiladores en Paralelo	43
5.5.3 Interpretación del Grafico	45
5.5.4 Análisis	46
CAPITULO VI PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO	
6.1 ENTRADAS Y SALIDAS DE AIRE PROYECTANDO EN INTERIOR MINA.	47
6.2 PLANTEAMIENTO DEL NUEVO SISTEMA DE VENTILACIÓN HASTA EL NIVEL -32 USANDO LA PROLONGACIÓN DE LA CHIMENEA 214.	48
6.3 RESUMEN	49
6.4 SIMULACIÓN VNET NUEVO SISTEMA NV-32	50
6.5 TRABAJOS A REALIZAR	52

6.6 PLANTEAMIENTO DEL NUEVO SISTEMA DE VENTILACIÓN HASTA EL NIVEL -32, USANDO LA CHIMENEA 130	54
6.6.1 Objetivo	54
6.6.2 Vista del Sistema de Ventilación	55
6.6.3 Calculo de la Presión del Circuito Usando el Software Vnet.	56
6.6.4 Análisis	57
CAPITULO VII BOCAMINA SUR – INSTALACIÓN	
7.1 CONDICIONES DE TRABAJO	63
7.2 TRABAJOS PREVENTIVOS	64
CONCLUSIONES	66
RECOMENDACIONES	68
BIBLIOGRAFÍA	70
ANEXO	72
CALCULOS Y BASE DE DATOS DEL PROYECTO	

RELACION DE FIGURA

FIGURA N ° 1: CUERPO ESTELA

FIGURA N ° 2: GEOLOGIA DE ESTELA

FIGURA N ° 3: SISTEMA DE MINADO

FIGURA N ° 4: MALLA EN ABANICO

FIGURA N ° 5: MALLA EN VERTICAL

FIGURA N ° 6: VISTA EN PLANTA DE UN TAJEO

FIGURA N ° 7: PLANO ESQUEMATICO

FIGURA N° 15: GRAFICO ESQUEMATICO DE TURBULENCIA

FIGURA N° 16: ESQUEMA DE LA CABINA PLENUM

FIGURA N ° 17: CUADRO RESUMEN DE DATOS

FIGURA N ° 18: CUADRO RESUMEN DE DATOS

FIGURA N ° 19: ESQUEMA FINAL DE INSTALACION DE LOS EQUIPOS

FIGURA N ° 20: CONDICION FINAL DE SEPARACIONES DE LOS

EQUIPOS

FIGURA N ° 21: ESQUEMA DE COLOCACION DEL TABIQUE

RELACION DE CUADROS

CUADRO N° 1: CALCULO DE NECESIDAD DE AIRE DE LA MINA LIMPE

CENTRO

CUADRO N° 2: CONDICIONES DE PRESION DE AIRE SEGÚN LAS

CONDICIONES DE LOS DOS PROYECTOS

PRESENTADOS

RELACION DE ESQUEMAS

ESQUEMA N ° 1: SE MUESTRA LAS LABORES DE DISEÑO QUE SE
REALIZAN EN INTERIOR MINA

ESQUEMA N ° 2: SE MUESTRA LAS LABORES DE DISEÑO QUE SE
REALIZAN EN INTERIOR MINA

ESQUEMA N ° 3: SE MUESTRA LA DIRECCION DEL SENTIDO DE FLUJO
DE AIRE EN INTERIOR MINA

INTRODUCCION

La necesidad de airé en interior mina es vital para la continuidad de las operaciones y el proceso de minado, tanto las personas, como las máquinas que funcionan a combustión, necesitan el oxígeno para realizar los diferentes trabajos que requiere la operación minera.

Se realizó el diseño adecuado a través del uso de Software llegando a conclusiones en donde se tenía un mal diseño inicial de la mala instalación de los equipos; y la continuidad de seguir profundizando la Mina, generaría aún más el esfuerzo de trabajo de los ventiladores, ya que la sección de la chimenea no era el adecuado. Es por ello que se realiza un nuevo diseño del sistema de ventilación, con la finalidad de continuar con los trabajos y seguir con la profundización de la mina.

Para llegar a las conclusiones sobre el mal diseño nos apoyamos en una gran empresa que es AIRTEC, el cual se encarga de suministrar y vender equipos de ventilación minera, con sus parámetros y los nuestros con ayuda del Software Vnet, se realizó este informe, en un primer nivel; el segundo paso se realizó con

las condiciones que se podían realizar en mina. Al realizar una labor nueva y para el tiempo de vida de la mina que esta estimada en tres años mas de operación, no era dable tal inversión, entonces solo se varió el sistema inicial, logrando nuestro objetivo inicial, que es bajar la presión de trabajo de los ventiladores principales ya que estos estaban por encima, trabajando y estaban expuesto a cualquier accidente a ocurrir que generaría la paralización de la Mina, la necesidad de aire en interior Mina es muy importante.

El objetivo de este trabajo es diseñar una alternativa al sistema de ventilación, al problema que se tiene inicialmente. Debido a que la mina esta en proceso de expansión y profundización de labores y esta origina un esfuerzo a los ventiladores principales, generando problemas como rotura a los álabes del ventilador, por la alta presión que se origina en cada equipo.

Primeramente conocer las condiciones inicial del sistema de ventilación instalada, luego con la ayuda del Software, saber las condiciones a las cuales estará expuesto el equipo cuando la mina profundice sus labores y finalmente diseñar el nuevo sistema de ventilación, de tal manera que las presiones de trabajo de los ventiladores principales estén dentro de lo establecido.

Los puntos a tratarse son los siguientes:

- Conocer el estado de trabajo de los ventiladores limpe centro y realizar una proyección a los futuros paneles a trabajar.
- Simulación con el software del Vnet.
- Instalación de los ventiladores en bocamina sur (esquema).

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 – UBICACIÓN

La concesión de beneficio Iscaycruz se encuentra ubicada en el Departamento de Lima, Provincia de Oyón, Distrito de Pachangara; mientras que la Planta de Tratamiento de Filtrado de Lagsaura se encuentra en el Distrito de Checras, Provincia de Huaura. El área de Iscaycruz, donde se ubican las instalaciones de la mina y Planta de Flotación, cubre 600 hectáreas y se encuentra en el flanco Oeste de la Cordillera Occidental Andina sobre altitudes que varían entre 4 200 y 4 900 metros sobre el nivel del mar (msnm). El área de Lagsaura donde se encuentra la Planta de Filtrado cubre 1,2 hectáreas y se encuentra a una altitud promedio de 2 250 msnm.

Ambas áreas están unidas por una concesión de transporte que recorre 24,80 kilómetros en la cual se ha instalado la tubería para concentrados.

1.1.1.- Accesibilidad

El acceso a Iscaycruz es por vía terrestre, desde la ciudad de Lima o desde cualquiera de las ciudades de la costa por la Panamericana, tomando las siguientes rutas:

Lima - Huaura = 153 Kms. Asfaltado Panamericana Norte.

Huaura - Sayán = 45 Kms. Asfaltado.

Sayán - Churín = 61 Kms. Afirmado.

Oyón - Mina = 27 Kms. Afirmado.

TOTAL = 318 Kms.

1.2.- GEOMORFOLOGIA

1.2.1.-Fisiografía y Topografía.

La concesión de beneficio Iscaycruz está situado en el flanco Oeste de la Cordillera Occidental de los Andes.

El área de Iscaycruz se ubica en un terreno de geomorfología típica glacial, como remanentes de la antigua actividad glacial se observan en varias zonas depósitos morrénicos encontrados mayormente en ambos flancos de los cauces.

En los alrededores del entorno minero se encuentran varias lagunas de origen glacial. La laguna Escondida y Geniocochoa se encuentra en el extremo Sur,

mientras que la laguna Tinyag Inferior se ubica en la cabecera de la Quebrada Yarahuayno.

1.2.2.- Clima y Vegetación

La zona de Iscaycrúz es una zona frígida glacial. Las temperaturas varían de 30°C a 10°C. La época de lluvias se presenta desde el mes de Octubre hasta Abril, siendo los meses de Enero a Marzo los más lluviosos. La humedad relativa es del orden del 50%.

La precipitación total anual es del orden de 840 mm, lo cual corresponde al valor teórico de la zona de vida Nivel-Tropical.

1.2.3.- Ambiente Biológico.

- **FLORA.**

De acuerdo a los ecosistemas locales identificados se pudo registrar: Ichu, juncáceas acompañados de especies de porte bajo como escrofularaceas, asteraceas, helechos xerófilos, grupos compactos aislados de Warqu Opuntina flocosa cactácea característica de la Puna, especies leñosas y herbáceas.

- **FAUNA**

Presenta predominancia de aves como perdíz cordillerana, guarahuau, pato puna, pato sutro, huachua, gaviota serrana, cascabelita, picaflor gigante, bandurrita, churrete, minerito, dormilona, golondrina andina, tordo serrano, arrocero, jilguero negro, corbatita azulada, gorrión peruano, chirigui, existiendo

además vizcachas, ratones silvestres, zorro serrano, llama, alpaca, venado gris, bovinos, ovinos y equinos; así también anfibios como sapo y peces como chalgua.

1.3. AMBIENTE SOCIAL

El área de estudio se encuentra ubicada en la sierra de la comunidad Campesina de Pachangara, es una organización de formación ancestral, compuesto por el pueblo de Pachangara que constituye la capital de la comunidad. La población del distrito de Pachangara, según el censo de Población y Vivienda del año 1993 ascendía a 3249 habitantes (12,89 hab/km²), y para el año 2000 la población según la tendencia desciende a 3244 habitantes (12,87 hab/km²), con una población urbana de 65%.

La población del distrito está formado por niños, adolescentes y jóvenes que conforman el 77% de la población. Siendo el 23% de la población adulta y de la tercera edad (según proyecciones como censo).

1.4. AMBIENTE ECONOMICO

La superficie agrícola de Pachangara constituye el 1,8% y no agrícola 98,2%, conformado por pastos naturales, montes, bosques y otras clases de tierras. En el distrito existen 545 comunidades agropecuarias, donde el 77,2% de las parcelas posee títulos registrados, mientras 21,9% de las parcelas aún no han registrado título. La población económicamente activa del distrito de Pachangara constituye el 32,6%.

CAPITULO II

CARACTERISTICAS GEOLOGICAS

2.0.- GEOLOGIA GENERAL

2.1.- GEOLOGIA REGIONA

El área de Iscaycruz está localizada en un ambiente netamente de rocas sedimentarias pertenecientes a la zona de la cuenca del cretáceo y estructuralmente está situado en la zona de pliegues y sobre escurrimientos, representativo de la parte central de la Cordillera Occidental.

La potente serie sedimentaria de edad Cretácea, está compuesta en la parte inferior por rocas clásticas tales como areniscas silíceas y lutitas, en la parte superior rocas calcáreas asociada a calizas, dolomitas y lutitas.

Las rocas clásticas en el área están representadas por las formaciones Oyón, Chimú, Santa, Carhuáz y Farrat; y la secuencia calcárea por las formaciones Pariahuanca, Chulec, Pariatambo y Jumasha.

Durante la Orogenia Andina la columna sedimentaria ha sido intensamente plegada en la dirección principal de N 20° W - y 75° a 80° S E. Los anticlinales y sinclinales principales se extienden por varias decenas de kilómetros y se intercalan con zonas de sobre escurrimientos paralelos al eje principal.

2.2.- ESTRATIGRAFIA

2.1. FORMACIÓN OYON (Berriasiano inferior)

La formación Oyón es la base de la columna estratigráfica de la región, constituida principalmente por lutitas gris oscuras con importantes horizontes de areniscas y mantos de carbón antracita en la zona transicional a la formación suprayacente Chimú.

2.2. FORMACIÓN SANTA (Valanginiano)

Dentro del área, la formación Santa está constituida de calizas azul o gris finamente estratificadas con algunos horizontes de calizas arcillosas, con ocasiones nódulos de Chert, tiene potencia de 100 a 150 metros.

En el área de Iscaycruz, la formación Santa se ubica longitudinalmente en la parte central y es importante por la presencia de mantos o cuerpos mineralizados por reemplazamiento. Se localiza en el flanco occidental del anticlinal Pico Yanqui Oeste con una potencia de 40 a 80 metros.

2.3. FORMACIÓN PARIAHUANCA (Albiano medio)

Consiste en calizas de color gris, masivo y resistente a la erosión. Suprayace a la formación Farrat en concordancia, su potencia varía de 50 a 200 metros en la región y en la zona manifiesta su potencia de 50 metros.

Es una formación fosilífera principalmente de Amonite, típico del Albiano. Es la base de la secuencia calcárea que modela el sinclinal de Rapáz, ubicado al Oeste del anticlinal de Pico Yanqui ó del área de Limpe.

2.3.- GEOLOGIA DEL YACIMIENTO POLIMETALICO DE ISCAYCRUZ

2.3.1.- GEOLOGIA ECONOMICA DE LIMPE CENTRO

El área de Limpe Centro es una de las principales áreas mineralizadas de la formación Santa que ha sido inicialmente objeto de los trabajos de exploración; actualmente en explotación que cubre el 70 % de la producción actual de Iscaycruz.

En la fotografía 1 se aprecia el acceso principal a la mina Limpe Centro, y es una de las entradas de aire limpio a la Mina.



Foto N° 1: Acceso a la Mina Limpe Centro.

2.3.2.- Cuerpos Mineralizados

Existen dos cuerpos de sulfuros masivos de zinc, localizados uno en el miembro inferior (Cuerpo Estela) y otro en el miembro superior (Cuerpo Olga) de la formación Santa, localizados ambos dentro de un gran cuerpo de pirita masiva, separados por estratos de caliza silicificada. Ambos cuerpos están localizados en una extensión longitudinal de 300 metros en el área de Limpe Centro.

2.3.3.- Descripción del Cuerpo Estela

La mineralización del cuerpo es polimetálica compuesta de esfalerita, marmatita, galena argentífera y calcopirita. La orientación es similar a la de los

estratos N 20°-25° W con 80°-85° NE de buzamiento. El cuerpo Estela es de forma tabular lenticular con potencias que van desde 5 hasta 30 metros, tiene una extensión longitudinal de 300 metros. El cuerpo Estela presenta principalmente 2 zonas definidas, el cuerpo masivo y la zona de brecha al piso con clastos de caliza y dolomita.

En la figura 1, se aprecia el cuerpo mineralizado, la rampa de acceso y el pique inclinado de la Mina Limpe Centro, también se observa la geología en diferentes niveles de explotación.

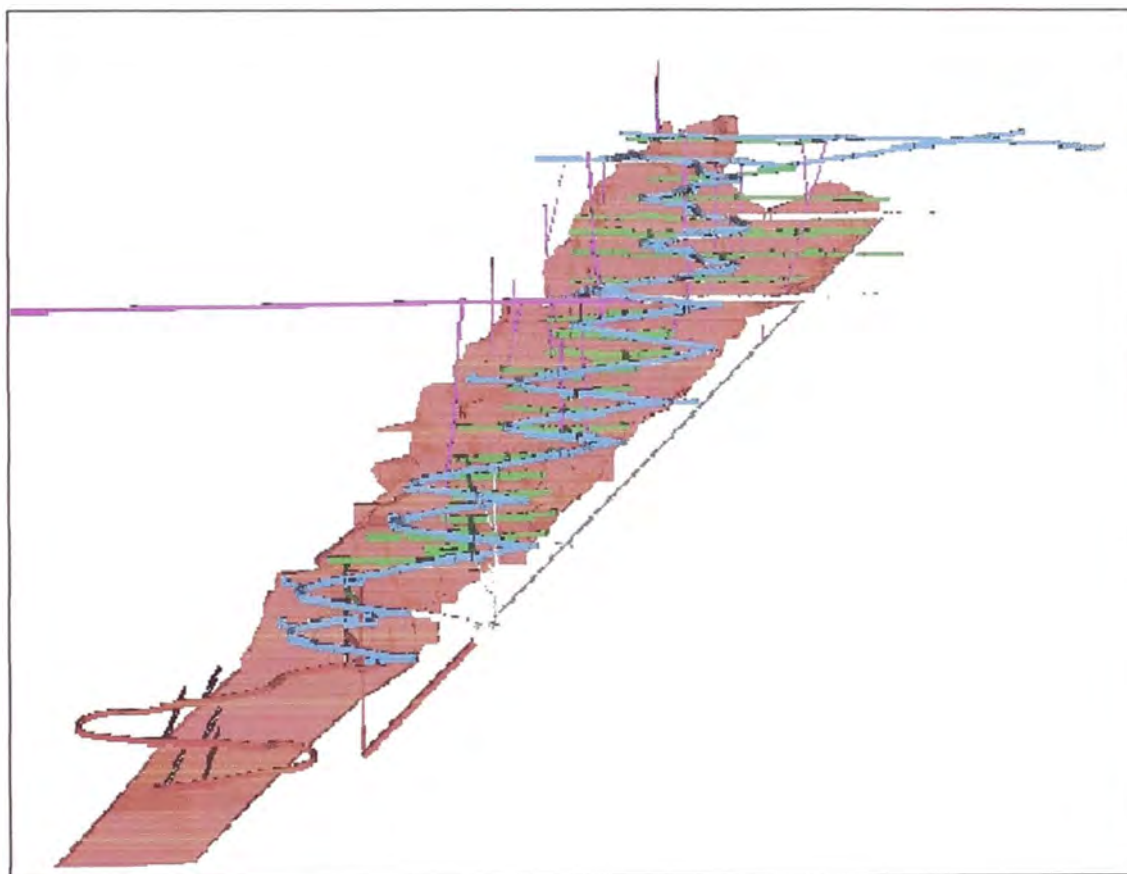


Figura N° 1 Cuerpo Estela

2.3.4.- Descripción del cuerpo Olga

La mineralización está representada básicamente por esfalerita masiva y cristalizada en oquedades de diferentes tamaños formando drusas dentro de la pirita masiva, También se encuentra diseminada en el cuerpo de pirita hacia los extremos N-S, su distribución es homogénea con reemplazamientos débiles de galena y argentita finamente diseminada, la ley promedio del cuerpo Olga es de 16% Zn con bajos valores de plomo y cobre, se observa un mayor reemplazamiento al lado sur antes de llegar a la falla 1 donde tenemos valores de hasta 40-45% Zn; esta falla limita la mineralización hacia el sur, encontrando luego de ella solo un pequeño lente aislado con diseminación y pequeñas drusas de esfalerita.

2.3.5.- Alteraciones y Mineralización.

La roca encajonante en ambos cuerpos mineralizados presenta alteraciones hidrotermales, siendo mayor en el cuerpo Estela, observándose al techo piritización, argilitización y localmente propilitización en las zonas de intersección con las fallas transversales principales, hacia el piso se puede observar una ligera dolomitización junto a una silicificación moderada.

En plano no se ha establecido una zonación clásica de minerales tipo skarn. Sin embargo en el Sector Sur de la cumbre de Limpe se ha detectado presencia intermitente de una asociación débil de granate (Grosularita), Tremolita y Magnetita en afloramientos de capas volcados de caliza reemplazada.

Se distinguen hasta cuatro procesos de mineralización a lo largo de la formación Santa:

2.3.6.- Posible Secuencia de Formación de Minerales

Del estudio mineragráfico de muestras se deduce la siguiente secuencia:

- 1.- Ganga.
- 2.- Pirita I
- 3.- Pirita II (Pirita + Ni).
- 4.- Esfalerita, Pirrotita, Calcopirita, Enargita, Estannita.
- 5.- Galena, Galena Argentífera, Bornita.
- 6.- Covelita (mineral secundario en fracturas de esfalerita).
- 7.- Hematita, Especularita, Calcopirita.

CAPITULO III

SISTEMA DEL METODO DE MINADO

3.0 TIPO DE EXPLOTACION

Las operaciones se inician en el año 1996, hasta la fecha se continúa con incrementos paulatinos en la producción.

Durante los dos primeros años, la capacidad de producción de mina subterránea no llegaba a cubrir las necesidades de tratamiento, por lo que se emplea mineral de superficie, el cual fue explotado en primer lugar en la Mina Limpe Centro el Open Pit Olga de donde se extrajeron 140,083 TMS con una ley de 15,9% de zinc y 0,06% de plomo, posteriormente se explotó Tinyag de donde se extrajeron 123,335 TMS de mineral con una ley de 11,30% de zinc y 0,4% de plomo, actualmente la capacidad de mina subterránea es de 65,000 TMS/mes con una ley de 15,8% de zinc y 1,5% de ley de plomo.

La Empresa Minera Iscaycruz ha diseñado un moderno método de explotación, el cual resulta ser el primero en Sudamérica, este es el **Método de Corte por Subniveles bajo Relleno Consolidado**. La bondad del método es que permite recuperar todo el mineral de forma masiva con baja dilución, en forma rápida y segura.

3.1.- DESCRIPCION DEL METODO DE MINADO

Las malas condiciones geomecánicas de los cuerpos mineralizados han subdividido a los cuerpos en subniveles con un máximo entre 13 y 17 metros de altura y entre 4 y 7 metros de ancho.

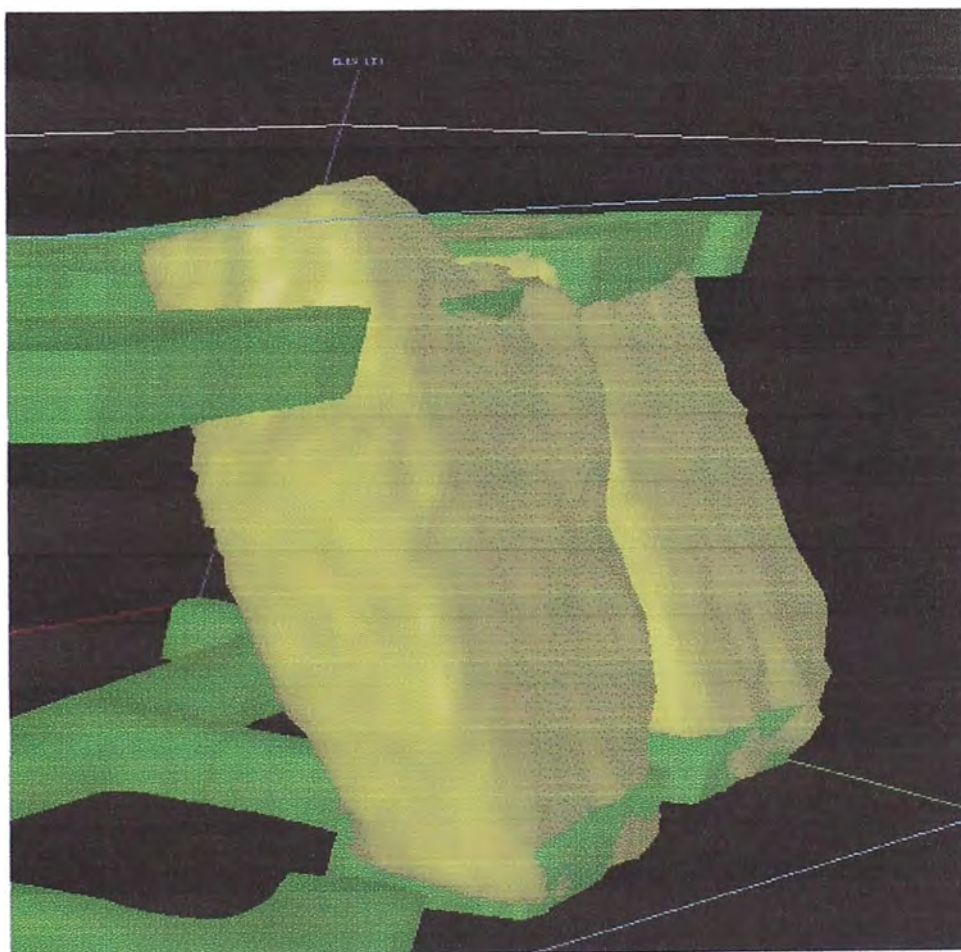


Figura N° 3: Sistema de Minado

En la figura N° 3, se visualiza el Tajo en Tres Dimensiones generado con el Equipo Optech, por el área de Topografía. Se aprecia los subniveles en dos niveles que cruzan el cuerpo mineralizado.

En el transcurso del tiempo La Empresa Minera Iscaycruz ha probado muchas variantes del método para lograr mayor productividad y sobre todo la reducción del consumo de cemento.

La dosificación de cemento al relleno según el diseño inicial era de 5.5% (125kg/m³), actualmente se opera con una dosificación de 3.9% (89 kg/m³), logrando abrir tajeos de 17 metros de alto y hasta 7 metros de ancho en las zonas más competentes. El acceso a los subniveles es a través de una rampa principal construida al techo de los cuerpos, para continuar con una galería principal (al techo) en dirección paralela a la orientación de los cuerpos mineralizados.

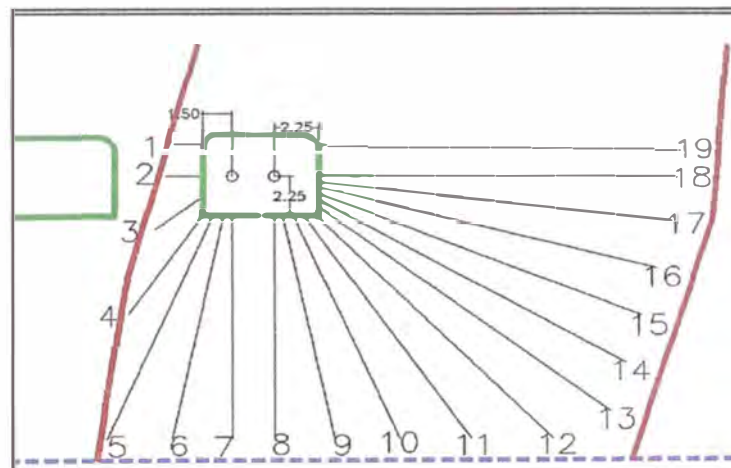


Figura N° 4: Malla en abanico

En la figura se aprecia la Perforación en Abanico, de un Tajo.

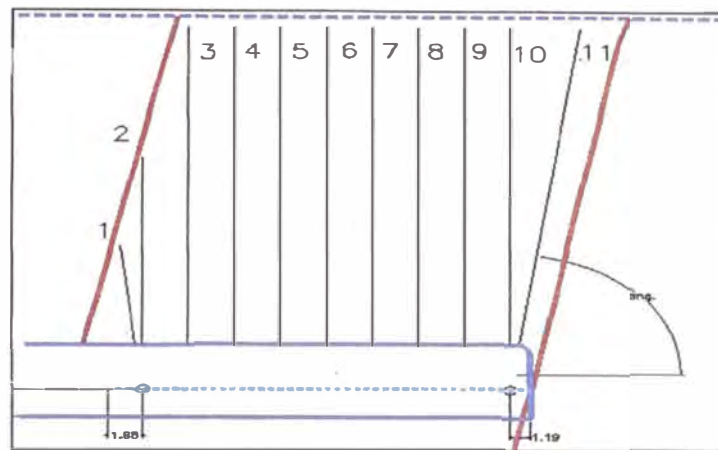


Figura N° 5: Malla en vertical

En esta figura es la Perforación en Paralelo, perforado desde el nivel inferior.

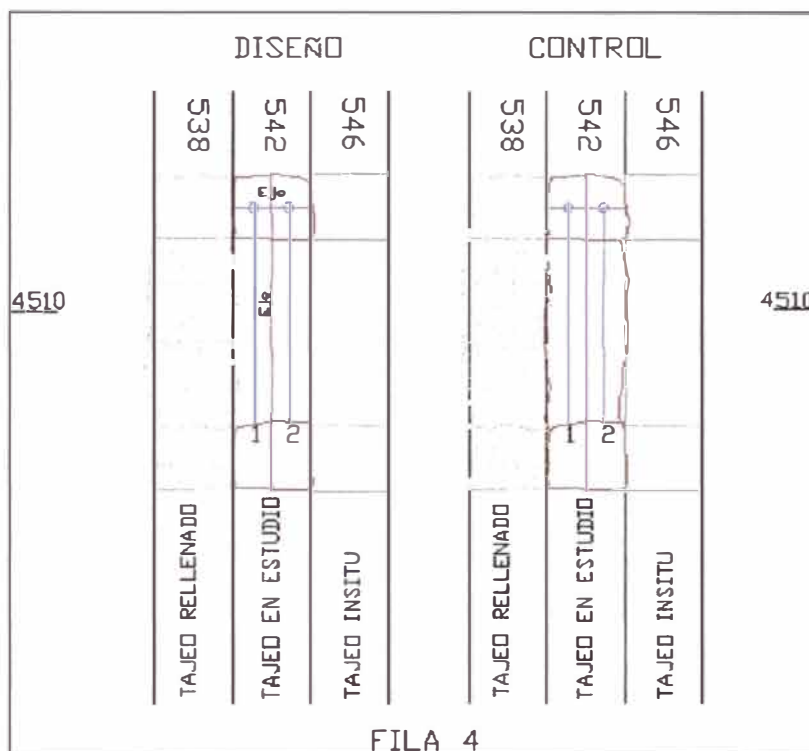


Figura N° 6: Vista en Planta de unTajeo.

Vista en Planta al Tajeo, mostrando los Tajeos adyacentes, con su respectivo estado que se encuentran los Tajeos.

Desde la galería principal se ingresa a los cuerpos mineralizados a través de los cruceros primarios perpendiculares. Tanto al subnivel superior como al inferior, estos cruceros tienen una sección de 3.5 x 3.5 metros hasta 4 x 5 metros y se están explotando en retirada tanto al Sur como al Norte por puentes de 10 metros de altura entre ambos niveles. Una vez completada la construcción del crucero primario (de caja techo a caja piso) se inicia la comunicación vertical (13 metros) entre ambos subniveles, retirándose el mineral y procediéndose de inmediato a sustituir el espacio vacío dejado entre ambos por la comunicación con relleno cementado, de igual forma se procederá a explotar los tajeos laterales; una vez que haya transcurrido el tiempo de fraguado. Al cumplirse este periodo (7 días) se ingresa al crucero siguiente de la misma forma que en crucero primario, este procedimiento continúa hasta recuperar todo el mineral entre los dos subniveles de operación.

3.2.- SISTEMA DE RELLENO CEMENTADO

Para hallar un ritmo de producción de 65,000 TM/mes es necesario rellenar 18,000 m³ requiriéndose además de 700 m³ de concreto como sostenimiento preventivo definitivo de labores. A fin de cumplir el objetivo, es necesario contar con el siguiente ciclo de relleno cementado:

Preparación de agregados (gravas y arenas) en la Planta de Agregados.

Dosificación y preparación de mezcla en la Planta de concreto.

Transporte y colocación en la zona de tajeos.

3.3.- PLANTA DE AGREGADOS.

En esta etapa se produce diferentes tipos de agregados a ser usados tanto en relleno como en sostenimiento. La Planta de Agregados proporciona tres tipos de agregados:

- Piedra para relleno 3/8 < D < 2”
- Relave Cicloneado para Relleno -400 < D < 4”
- Arena para sostenimiento -200 < D < 3/8”

La capacidad inicial de esta planta fue de 25m³/hora, Empresa Minera Iscaycruz rediseñó el sistema de transporte por volquetes de 12m³ y uniformizó la operación mediante el servicio de terceros, quienes tuvieron que implementar la planta de agregados para cubrir esta necesidad, llegando a un ritmo de operación de 40 m³/hora, la capacidad actual es de 60 m³/hora, la planta produce el 15% de agregados gruesos, los finos son abastecidos de las canteras de (Nava) y el restante de grueso (85%) es por zarandeo de la cantera norte.

3.4.- PLANTA DE CONCRETO.

En esta planta se prepara el relleno cementado para el método de minado, el cual cumple las siguientes etapas:

- Transporte del material de relleno hasta el Fill Pass donde se realiza la descarga del material, el cual por gravedad baja hasta el nivel de operaciones.

Recojo del material en el nivel de operación mediante Scooptrams y transportado por estos hasta la zona de relleno.

CAPITULO IV

TRATAMIENTO DE MINERALES

La Planta procesa sulfuros por el método de flotación selectiva. La característica del mineral de Iscaycrúz es el típico polimetálico; proviene fundamentalmente de los cuerpos mineralizados Estela y Olga de Limpe Centro, Chupa y Tinyag. El mineral es mezclado en proporciones convenientes, con el fin de obtener una ley de cabeza homogénea y constante para el proceso de extracción por flotación. El mineral extraído de las minas es transportado por volquetes y por una locomotora eléctrica hasta la tolva de gruesos de la planta concentradora, en donde previamente se realizará un adecuado blending para obtener una ley de cabeza de 15%, ley de alimentación con la que se inicia el circuito.

4.1.- CHANCADO PRIMARIO

Este proceso comprende la recepción del mineral en una tolva de gruesos de 150 TM de capacidad. El mineral se extrae mediante un alimentador de placas Apron

Feeder Allis Faco de 1 x 5 metros, que descarga hacia un Grizzly estacionario de 1.30 a 2.30 metros con una luz de 4", los finos se dirigen hacia el chancado secundario, los gruesos alimentan (con tamaños de mineral de hasta 18") a una trituradora de quijada de 30" x 40" donde serán reducidos hasta menos de 4". La continuidad de las operaciones se efectúa mediante el empleo de fajas transportadoras.

4.2.- CHANCADO SECUNDARIO

Actualmente se lleva a cabo en circuito abierto, iniciándose con la recepción del mineral (tamaños menores de 4") en la zaranda vibratoria Allis Faco de 6"x14" que tiene instalado sólo un piso de malla de ¾" de abertura, a pesar de estar diseñada para 2 pisos. Las partículas de tamaños menores a ¾" constituyen el producto final del chancado y pasan a la tolva de finos, pero aquellas que en su tamaño son mayores a la abertura de la malla alimentan a la chancadora Symons Estándar de 4 1/2" cuyo set de descarga está regulado a ½". Los productos finales de esta chancadora también son llevados a la tolva de finos.

4.3.- FLOTACION DE ZINC

El relave de flotación de plomo es enviado mediante una bomba centrífuga horizontal 8"x 6" a dos tanques de acondicionamiento de zinc de 10'x 10', continúa hacia 4 celdas Outokumpu OK -16 de flotación rougher y luego a tres celdas de flotación Scavenger Outokumpu OK-16 donde termina la flotación; de esta manera se forma la pulpa final una vez que el relave es descargado y bombeado hacia la relavera (zona de deposición de relaves Tinyag inferior).

La espuma de la flotación y el relave de la primera limpieza de zinc son enviados a la remolienda para liberar partículas mixtas. En esta etapa se cuenta con el molino de barras Denver de 5'x 8', unido de tres ciclones D-6 y un ciclón D-10. Los over flows de los ciclones pasan a la etapa de flotación de remolienda; los gruesos de la clasificación constituyen alimentación para el molino 5'x8'. Las espumas de la flotación de remolienda se mezclan con el concentrado rougher de zinc y van al primer cleaner de zinc; el relave de este circuito es enviado a la penúltima celda de zinc, cerrando de esta manera el circuito. El concentrado de zinc es producido con una ley de zinc de 52.3 %.

4.4.- CONCENTRADUCTO

El under flow de los espesadores con los porcentajes de sólidos indicados en el párrafo anterior es bombeado hacia los tanques de cabeza del concentraducto cuyas dimensiones son de 4.0 mtsx4.5mts y de 8.0mts x 9.0mts para concentrados de plomo y zinc respectivamente.

La pulpa del concentrado luego de ser agitada es enviada desde la Planta Concentradora de Iscaycruz a una altura de 4 580 msnm por una tubería de 3.5" de diámetro y 24.8 kms de longitud, hasta la planta de filtrado de Lagsaura a una altitud de 2 212 msnm. El concentrado de Iscaycruz es el primero y único a nivel nacional y viene funcionando eficientemente.

4.5.- DISPOSICION DE RELAVES

Los relaves desechados de la Planta Concentradora son recepcionados en un cajón que alimenta a una bomba 8"x 6". La pulpa es enviada a la Zona de

Disposición de Relaves Tinyag Inferior por cualquiera de las dos líneas de tubería de 6" de diámetro, llegando hasta la orilla; estas líneas están sostenidas por cilindros flotantes que penetran paralelamente al espejo de agua hasta los puntos programados, para luego sumergirse perpendicularmente a una profundidad de dos metros desde donde se inicia la disposición sub-acuática del relave.

CAPITULO V

~ MARCO TEORICO



Foto N° 2: Bocamina Sur-ventiladores en Paralelo.

5.1.- DETALLE DE LA PROBLEMÁTICA INICIAL

El problema inicial es la determinación del accidente ocurrido en los ventiladores principales. El ultimo accidente ocurrió en el mes de agosto 2008, donde se dañaron las álabes de dos equipos de los tres que hay instalados en bocamina sur. Quedando la Mina inoperativa y perjudicando las operaciones en interior Mina. La mina Limpe Centro, posee cuatro zonas por donde ingresa el aire limpio y una salida en el cual esta ubicado los ventiladores principales que es en Bocamina Sur.

Los tres ventiladores son de 160,000 CFM de capacidad cada uno, instalados en paralelo y conectados a la única chimenea llamada Ch-190, extractora.

Cada ventilador posee una capacidad de extracción y un rango de trabajo de presión; al realizar el estudio, se encontró que los ventiladores estaban con una presión de trabajo muy alto. Se llego a la conclusión de que los parámetros iniciales de trabajo no estaban dentro de lo permitido. Ocasionando que los ventiladores generan vibración e inestabilidad, pasando el límite de presión de trabajo, según recomendación de la Empresa AIRTEC. La presión de trabajo es de 6.9 “C. A. máximo según el diseño, pero se observó de que estos equipos están trabajando con una presión de 9.1“C. A. esto quiere decir de que los tres equipos están trabajando en una zona inestable, el cual están expuestos a cualquier accidente durante el funcionamiento de estos.

Al observar en que estado estaban trabajando los ventiladores se tomó la medida de realizar una continua medición de vibración, (semanal) con la finalidad de determinar cualquier estado de inestabilidad del equipo, en caso de generar demasiada vibración se cambia el equipo de inmediato por otro.

5.2.- NECESIDAD O REQUERIMIENTO DE AIRE

El siguiente cuadro muestra el cálculo de la necesidad de aire para la Mina Limpe Centro, el cual este balance se realiza mensualmente para el reporte mensual. Este cuadro muestra la necesidad de aire por personas, equipos y la dilución de gases por disparo. Finalmente la suma total se le considera un 15% más como adicional, debido a recirculamiento y pérdidas.

Para realizar este cálculo se consideró la norma según el reglamento minero, de la necesidad de aire con respecto a la altura.

Cuadro N° 1: Calculo de Necesidad de Aire de la Mina Limpe Centro.

C1

CALCULO DE CAUDAL DE AIRE NECESARIO PARA LA VENTILACION

MINA LIMPE CENTRO DICIEMBRE DEL 2008

1.0 PARA EL PERSONAL Y ALTURA (Q1):

Por cada persona se consumira 0.05 m³/seg (3 m³/min-persona)

Departamento	N° de Trabajadores/guardia	Caudal Requerido	
		m ³ /seg	cfm
Mina	60	3	6.364,0
Ingeniería-Geolo.	6	0,3	636,4
Mecánicos	12	0,6	1.272,8
Visitas	3	0,15	318,2
Total	81	4,1	8.591,4

Por Altura 100%	8,1	17.183	Q1
------------------------	------------	---------------	-----------

2.0 PARA EL CARGUIO Y TRANSPORTE (Q2): 3m³/min-HP Motor

Propietario	Equipo	Potencia HP	Capacidad	Cant.	Caudal (106 cfm/HP)	F. S.	Caudal Requerido	
							cfm	m ³ /seg
EMQSA	Scoop 511	250	6,0 yd ³	1	26.500	0,30	7.950	3,8
EMQSA	Scoop 314	186	3.5 yd ³	1	19.716	0,75	14.787	7,0
EMQSA	Scoop 312	186	3.5 yd ³	1	19.716	0,75	14.787	7,0
EMQSA	Scoop 512	250	6.0 yd ³	1	26.500	0,75	19.875	9,4
EMQSA	Scoop CAT N° 603	250	6.0 yd ³	1	26.500	0,75	19.875	9,4
EMQSA	Scoop CAT N° 602	250	6.0 yd ³	1	26.500	0,75	19.875	9,4
EMOSA	Simba 08	68	1	1	7.208	0,30	2.162	1,0
EMOSA	Rock	68	1	1	7.208	0,30	2.162	1,0
EMOSA	Motoniveladora Mina	190	1	1	20.140	0,30	6.042	2,9
EMOSA	Anfo Track	68	1	1	7.208	0,20	1.442	0,7
JRC	Scoop N° 3838	186	3.5 yd ³	1	19.716	0,50	9.858	4,7
E. Espec.	Camiones Servicios	100		2	21.200	0,50	10.600	5,0
E. Espec.	Camionetas 4x4 de Servicios	80		8	67.840	0,50	33.920	16,0
E. Espec.	Camión Volquete	350	15 m ³	3	111.300	0,50	55.650	26,3
		2.482		24		Total	218.985	103,4

Considerando el Factor de Simultaneidad (F.S.)

Q2

3.0 PARA LA DILUCION DE GASES DE DISPARO (Q3):

Labores	Sección		Area (m ²)
	Ancho(m)	Alto(m)	
Galerías	3,5	3,5	11,3
Tajeos	10,0	5,0	46,0
Chimeneas	2,7	2,7	6,7
Rampa	4,0	4,0	14,7
Area Promedio			19,7

N = N° de Niveles de Operación: 7

V = Velocidad Mínima el Aire (m/seg) (25 m/min): 0,42 m/seg.

Para Dilución de Contaminantes se Requiere:

$$Q3 = A \times V \times N$$

$$Q3 = 19.7 \text{ m}^2 \times 0.42 \text{ m/seg} \times 7 = 57,8 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Caudal Requerido para Dilución		
Q3	m ³ /seg	cfm
	57,8	122.702

TOTAL DE AIRE REQUERIDO PARA LA VENTILACION (Qt):

$$Q1 = 8,1 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q2 = 103,4 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q3 = 57,8 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Qt = Q1 + Q2 + Q3$$

$$Qt = 169 \text{ m}^3/\text{seg} = 359.147 \text{ cfm}$$

Por Recirculamiento y Pérdidas dentro del circuito se considera un 20% más como adicional.

Caudal Total Necesario :	Q Total	203,2	m³/seg
		430.976	cfm

5.3.- REVISIÓN DEL SISTEMA INICIAL DE VENTILACIÓN

En esta parte revisaremos el sistema inicialmente con la ayuda del Software Vnet, que nos permite ver a detalle la presión de trabajo de los ventiladores, en los diferentes escenarios a futuro de la mina.

Primeramente conoceremos como esta orientado el aire en interior mina, para ello esta el Plano Esquemático en el cual nos muestra estos detalles.

CONOCIENDO EL PLANO ESQUEMATICO DE LA MINA LIMPE CENTRO

En la figura se aprecia el plano Esquemático de la Mina Limpe Centro, en donde nos muestra las entradas y salidas del circuito de aire.

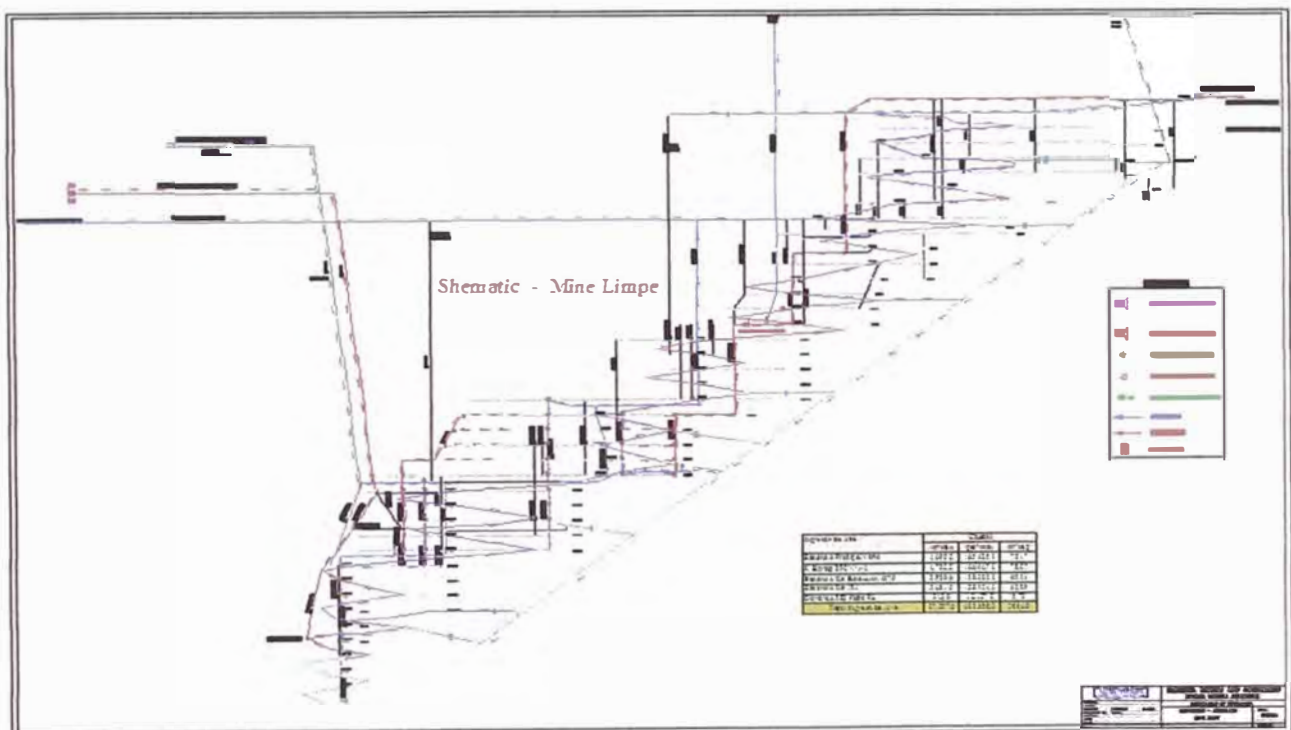


Figura N° 7: Plano esquemático.

ESTADO INICIAL – BOCAMINA SUR

Se realizó primeramente la simulación con el software Vnet, con el esquema del circuito actual, con la finalidad de conocer la presión de trabajo de los ventiladores que están instalados en bocamina sur. Cada ventilador es de 160,000 cfm de capacidad con una presión de 6.9 “ C. A. máximo de trabajo. Se realizará en cuatro estados la simulación en que se encontrará la mina, los cuales son:

1. Estado inicial, como se esta trabajando con el circuito actual de ventilación- bocamina sur – tres ventiladores en paralelo de 160000 cfm.
2. Proyectando hasta el nivel -27 trabajando tres paneles.
3. Proyectando cuatro paneles hasta el nivel -32.
4. Con una nueva chimenea a superficie con tres ventiladores en paralelo de 160000 cfm c/u.

Desarrollo de los estados mencionados:



Foto N° 3: Donde se aprecia a los tres ventiladores en Bocamina Sur, instalados en Paralelo, cuando uno de ellos se encuentra apagado.

5.3.1.- BOCAMINA SUR-TRES VENTILADORES DE 160000 CFM

En la siguiente figura N° 8, muestra la simulación con el software Vnet, cuando se tiene trabajando los tres ventiladores de 160000 cfm de capacidad cada uno, instalados en paralelo.

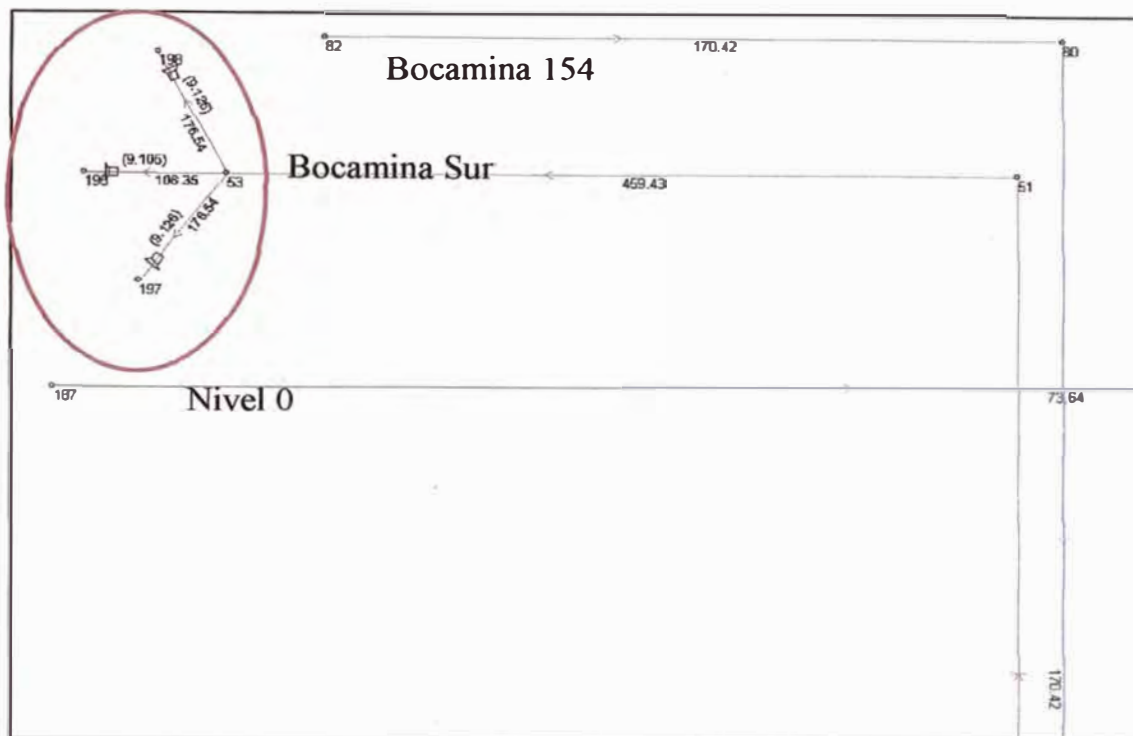


Figura N° 8: Cuadro resumen de datos.

- Primeramente se observa que las presiones de trabajo están de por encima del cual se debe de trabajar, los tres ventiladores:
- Presión de trabajo según el diseño es de 6.9" C.A.
- Presión de trabajo que se obtiene mediante la simulación es de 9.126" C.A. en los tres Ventiladores Principales.

Obs: En la figura solo se muestra la parte de interés donde están ubicados los ventiladores, ya que mostrar todo el esquema simulado sería un poco engorroso.

5.3.2.- PROYECTANDO HASTA EL NIVEL -27 – TRABAJANDO TRES PANELES

Para el siguiente esquema se consideró trabajar hasta el nivel -27, cinco niveles más del esquema anterior (hacia abajo), el cual se observa la presión de trabajo de los ventiladores que sigue subiendo.

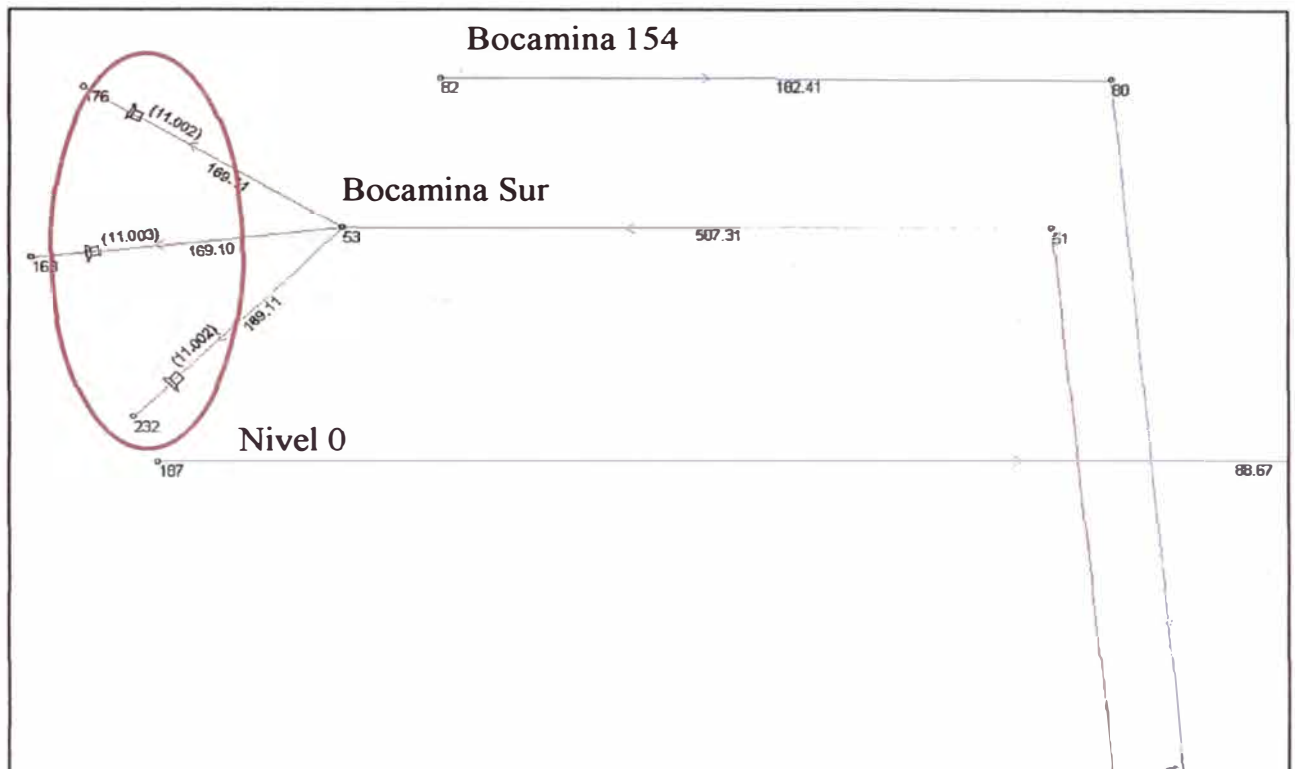


Figura N° 9: Cuadro resumen de datos.

La presión llega a 11" C.A. el cual nos indica un valor superior al del trabajo, al igual también este dato de presión es en los tres ventiladores principales.

5.3.3.- PROYECTANDO CUATRO PANELES HASTA EL NIVEL -32

Por último se está simulando un panel más de cinco niveles inferiores hasta donde se realizará la explotación de mineral de la mina Limpe Centro. El cual se observa una ligera bajada de presión por que se están conectando las chimeneas

por los diferentes niveles, pero a pesar de esto se tiene un promedio superior a 10" C.A. de 6.9" C.A. del cual se debe trabajar.

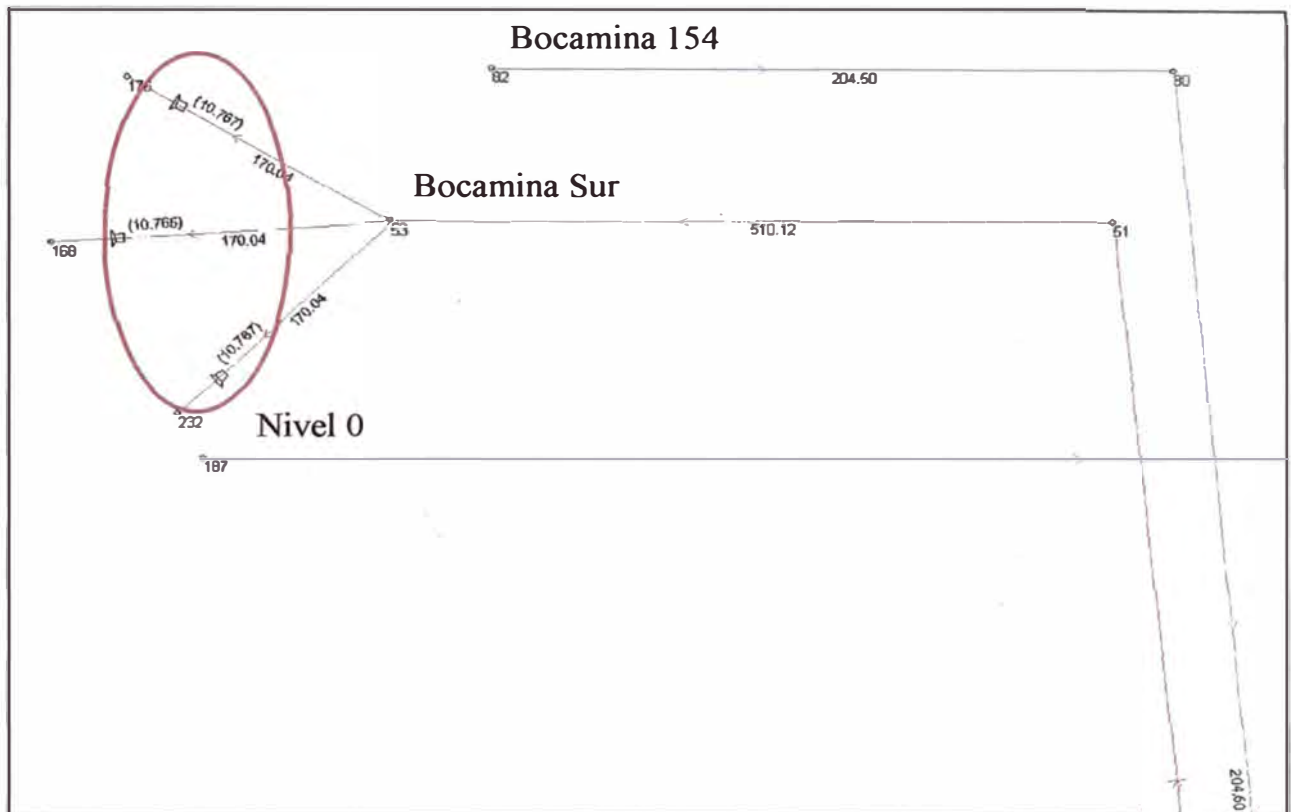


Figura N° 10: Cuadro resumen de datos.

Obs: La presión de trabajo llega a 10.767" C.A. debido a que se realizan algunas chimeneas favoreciendo la resistencia inicial. Es por ella la baja de presión en los tres ventiladores principales.

5.3.4.- CON UNA NUEVA CHIMENEA A SUPERFICIE-TRES VENTILADORES DE 160000 CFM

Aquí consideraremos la realización de una nueva chimenea desde interior mina a superficie, generando una salida más del aire viciado. En el cual se

colocará un solo ventilador en dicha salida y en bocamina sur se mantendría dos ventiladores instalados en paralelo.

Grafico de la simulación.

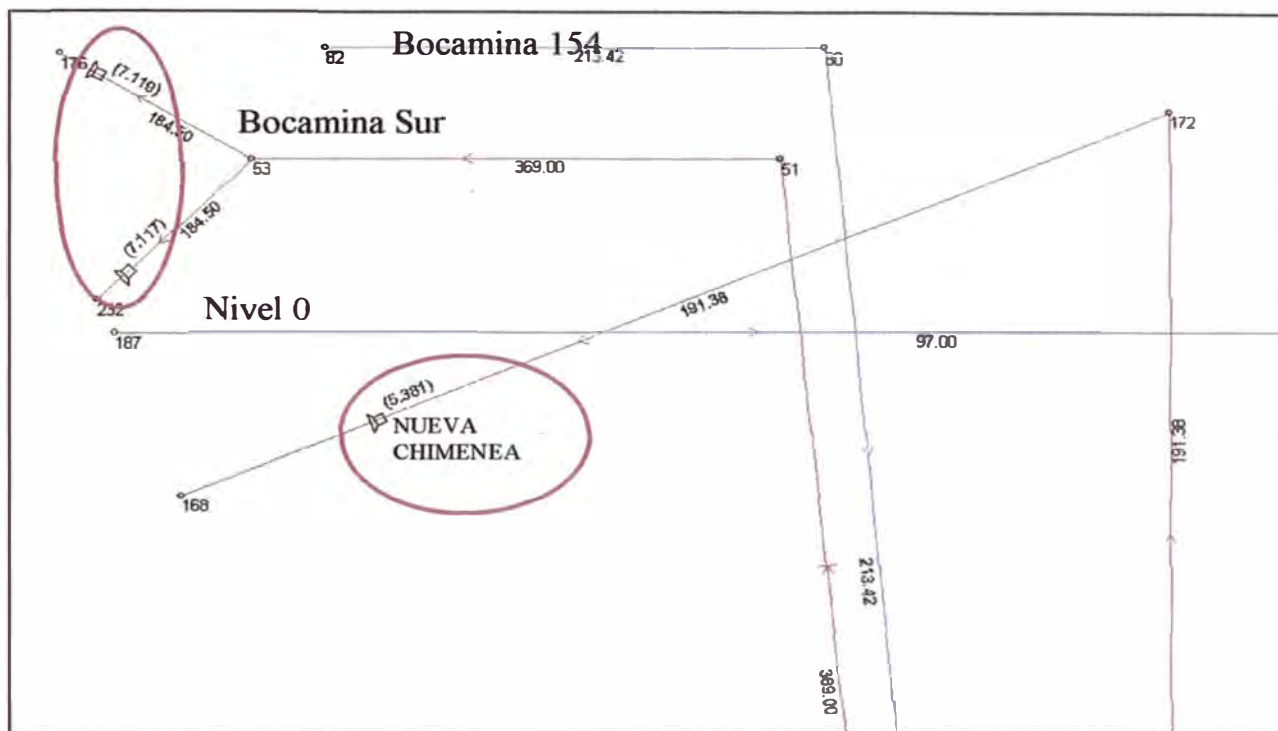


Figura N° 11: Cuadro resumen de datos.

Las presiones de trabajo según la simulación son:

En bocamina sur se tiene 7.11" C.A.

En la chimenea nueva se tiene 5.38" C.A.

El cual es relativamente ideal excepto por el primero que aún está por encima del valor recomendado. Este diseño es muy costoso debido a que se estaría realizando una chimenea de 3x3 m de sección, más de 150 m de altura y otros 120 m de un frente de sección 3.5 x3.5 m mínimo.

5.3.5.- ANALISIS

- Trabajando con el sistema de tres ventiladores en bocamina sur hasta el nivel -22 se tiene una presión alta 9.1” c.a.
- Si se mantiene el mismo sistema y se abre la operación hasta el nivel -27, se tiene una presión de 11” c.a.
- Según el cuadro de la curva del ventilador la presión total llega a 9.5”, la presión dinámica es de 4.0”, la diferencia de presiones nos da la presión estática que es de 7.4 ” c. a. donde se estaría trabajando en una zona inestable del equipo a la cual se denomina stall.
- Stall – es una zona de trabajo inestable, donde se puede provocar una fatiga a los álabes y producirse un accidente de equipo.

5.4.- SISTEMA DE TRABAJO ACTUAL EN BOCAMINA SUR

En esta parte conoceremos el diseño actual de instalación de los ventiladores en Bocamina sur y que nos recomienda el manual de instalación de ventiladores en paralelo, según AIRTEC.

5.4.1.- CONDICION INICIAL DE INSTALACION DEL EQUIPO RECOMENDADO PARA VENTILADORES EN PARALELO

En el manual de instalación de ventiladores en paralelo se considera una separación adecuada de equipo a equipo, el cual es de 1.5D veces el diámetro del

ventilador, para que no se genere la turbulencia al momento de trabajar estos equipos. Tal como se aprecia en la siguiente figura mostrada.

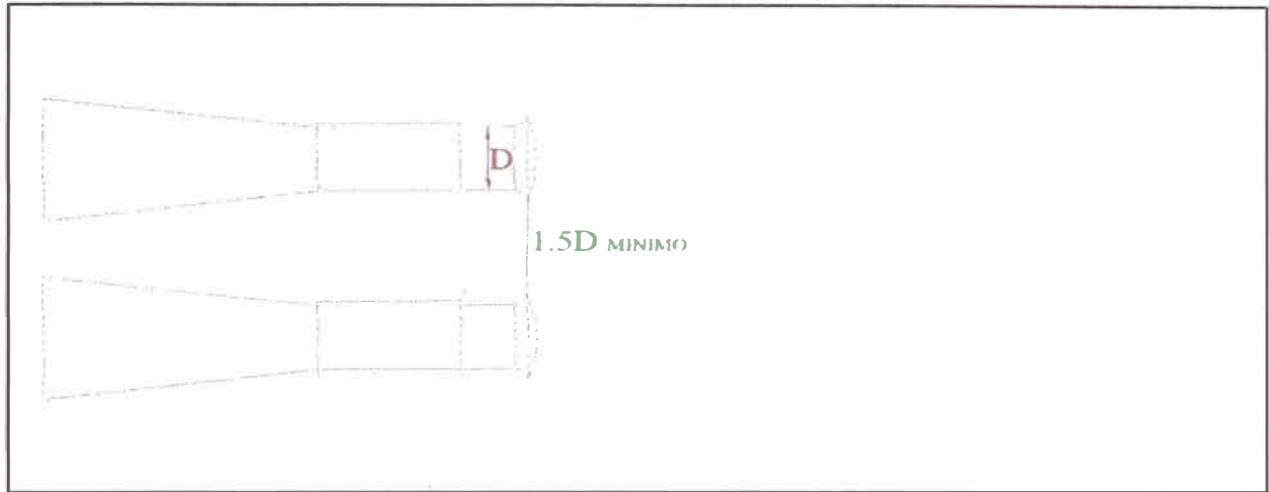


Figura N° 12: Consideraciones a instalar el equipo.

5.4.2.- BOCAMINA SUR – INSTALACION ACTUAL DE LOS VENTILADORES

En el gráfico siguiente se muestra el diseño de instalación con la cual se encuentra trabajando estos equipos, son tres ventiladores de 250 HP el cual el diámetro de la carcasa es de 60”, y son de 160000 cfm de capacidad cada uno, instalados en paralelo, y se observa la dimensión de separación de estos equipos notándose que no es adecuada la instalación tal como se recomienda.

Otra observación es la cabina Plenum el cual es muy pequeño motivo por el cual la velocidad del aire impacta a los equipos directamente generando grandes velocidades de entrada hacia los ventiladores.

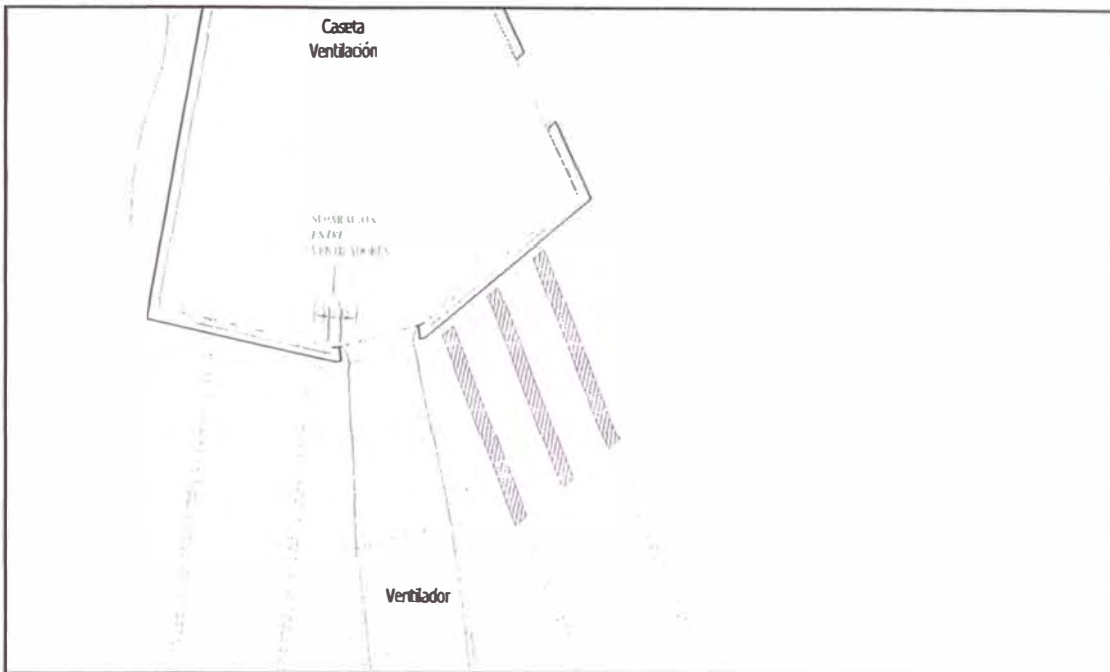


Figura N° 13: Condición actual de instalación de los equipos

Viendo más detalladamente esta separación es de 0.12 con respecto a lo recomendado que es de 1.5 veces el diámetro del ventilador, está muy cercano lo cual se genera un fenómeno de **Turbulencia**. Como se puede apreciar en el gráfico.

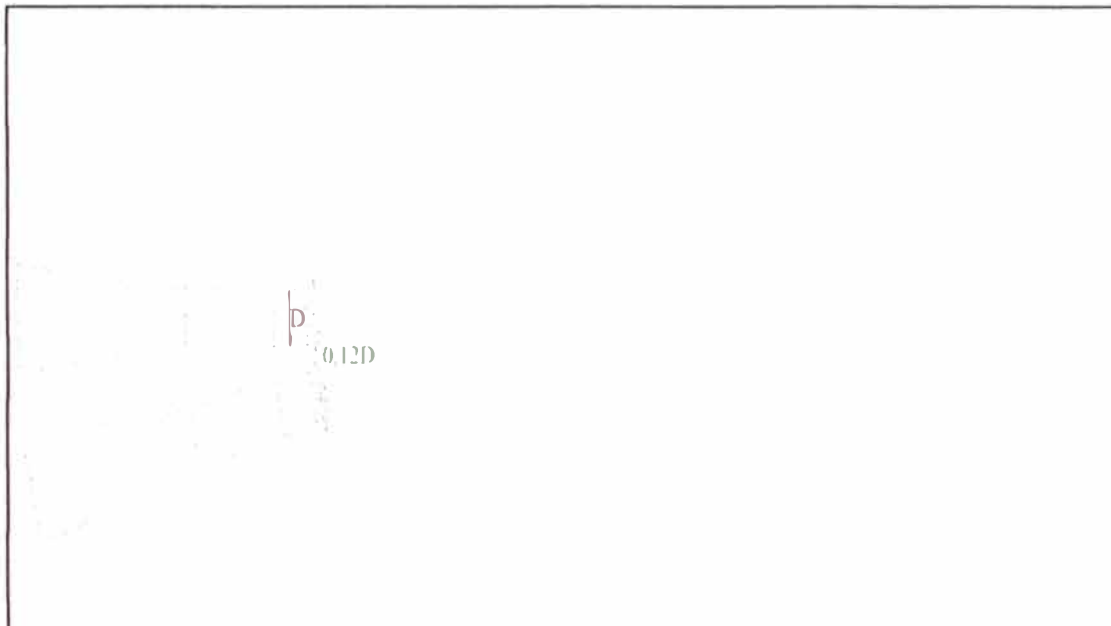


Figura N° 14: Distancia de los equipos - ventiladores

5.4.3.- TURBULENCIA:

Este fenómeno se origina debido a que los equipos, cuando trabajan juntos, la carga que están succionando son arrastrados con más fuerza, y los equipos hacen un esfuerzo en quitarse la carga, a esta zona de impacto se llama turbulencia que genera al ventilador una velocidad variable en la salida la cual con el tiempo produce fatiga a los álabes y una alta vibración.

Gráfico de cómo se genera la turbulencia en la cabina Plenum de Bocamina Sur. En el cual se observan los tres ventiladores en paralelo.

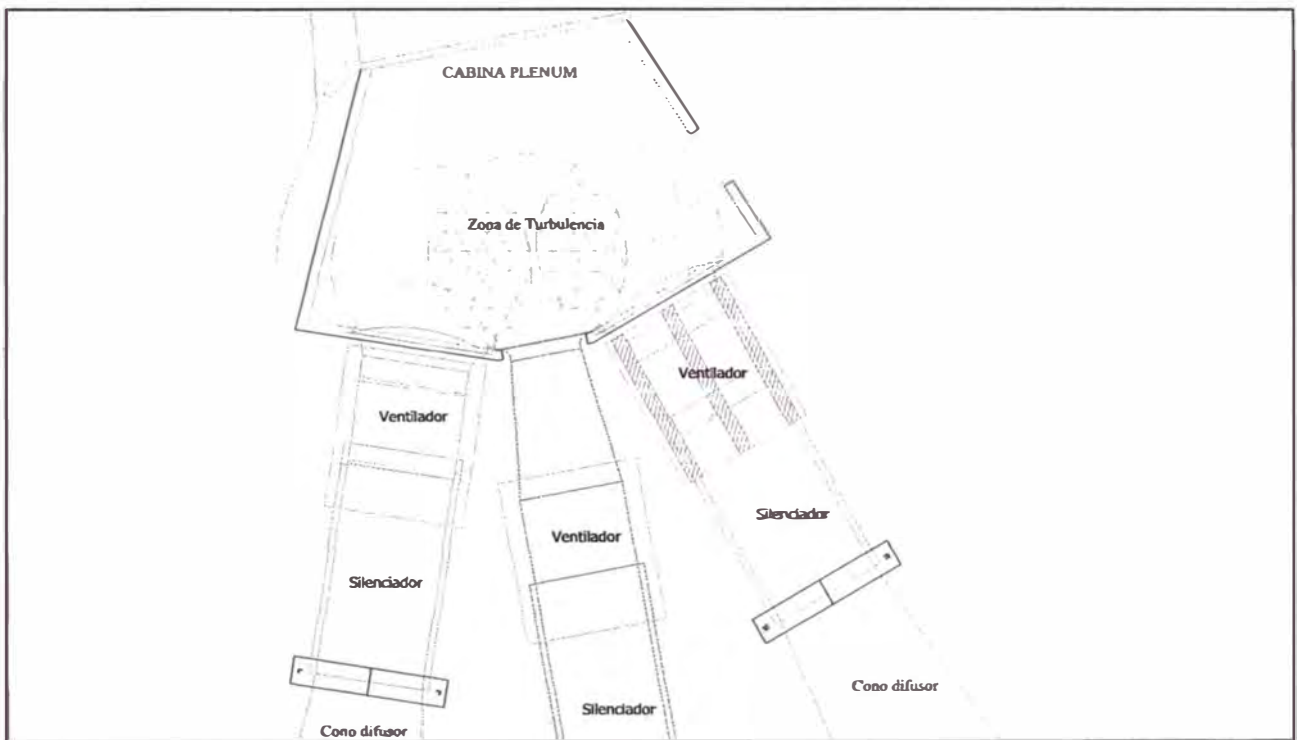


Figura N° 15: Grafico esquemático de la Turbulencia.

5.4.4.- CALCULOS DE TRABAJO

■ CONDICIONES ACTUALES DE OPERACIÓN

Infraestructura:

- Sección aprox. de la galería: 3.65x3.65m
- Sección aprox. de la chimenea: 3.5x3.5m
- Dimensiones de la cabina plenum: trapezoide 3.71x6.76x4.0 m de altura.
- Área de la cabina plenum: 21.59 m²
- Caudal total nominal a extraer: 160 000cfm x 03 = 480 000 cfm

■ **VELOCIDADES ESTIMADAS EN SECCIONES EXISTENTES
PARA EL CAUDAL TOTAL A EXTRAER**

- Velocidad aprox. de la galería: 14.5 a 17 m/s
- Velocidad aprox. de la chimenea: 16 a 18 m/s
- Velocidad aprox. en cabina plenum: 9 a 10 m/s

Gráfico del Diseño de la cabina Plenum, que se encuentra en Bocamina Sur.

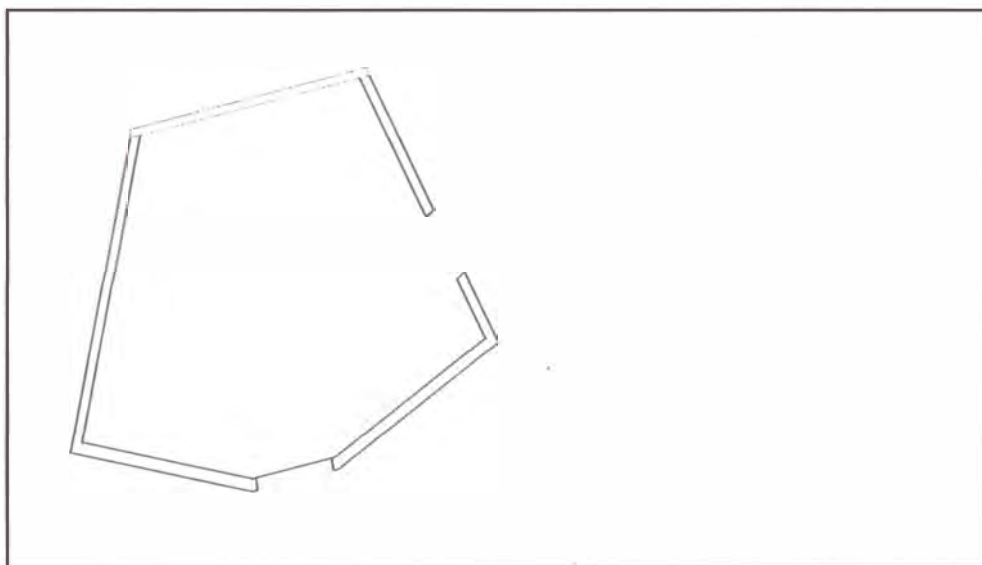


Figura N° 16: Esquema de la Cabina Plenum.

5.4.5.- Observaciones:

- Se tiene velocidades del aire elevadas en las galerías y cabina plenum.
- Dichas velocidades altas generan turbulencias en la zona de succión de los ventiladores.
- La alta velocidad que se tiene permite que grandes partículas de polvo y hollín ingresen y se acumulen a los ventiladores produciendo desbalance a los equipos.
- El área de la sección del Plenum es muy pequeña, para los tres ventiladores.
- La sección de la Chimenea y Galería son muy reducidas el cual hace que se aumente la velocidad por el estrangulamiento de estos.
- Generación del fenómeno de Turbulencia, en la cabina Plenum.
- No cumple con la norma estándar de separación entre equipos, el cual recomienda la empresa AIRTEC, el cual hace que los ventiladores se fatiguen y se encuentre trabajando en una zona inestable.
- La empresa AIRTEC, realizó un estudio sobre su instalación de los ventiladores de la Mina Iscaycruz, llegando a la conclusión, de su mal diseño.

5.4.6.- Solución recomendada

- La solución al diseño de instalación de los tres ventiladores en paralelo pasa por diseñar una cabina plenum que asegure una baja velocidad del aire y elimine las condiciones inadecuadas de succión.
- Caudal total nominal a extraer: 480 000 cfm = 226 m³/s.
- Velocidad óptima en la cabina plenum: 2 m/s.
- La fórmula de la velocidad es: $v = q/a$ (caudal / área).
- Entonces el área será $a = 113 \text{ m}^2$.

5.4.7.- Observaciones

- Según AIRTEC recomienda un área de 120 m² por 7 m de altura
- Asimismo la gran dimensión del plenum permitirá un separamiento entre los ventiladores.
- Se eliminaría los problemas anteriores, reducir el polvo y hollín, acumulado en los ventiladores y trabajar con la velocidad óptima en la cabina plenum.

5.5.- DETALLE DE LA CAPACIDAD DEL EQUIPO INSTALADO - CONOCIENDO LA CURVA DE TRABAJO DE LOS VENTILADORES INSTALADOS EN PARALELO

5.5.1.- Curva característica del ventilador de 160000 CFM

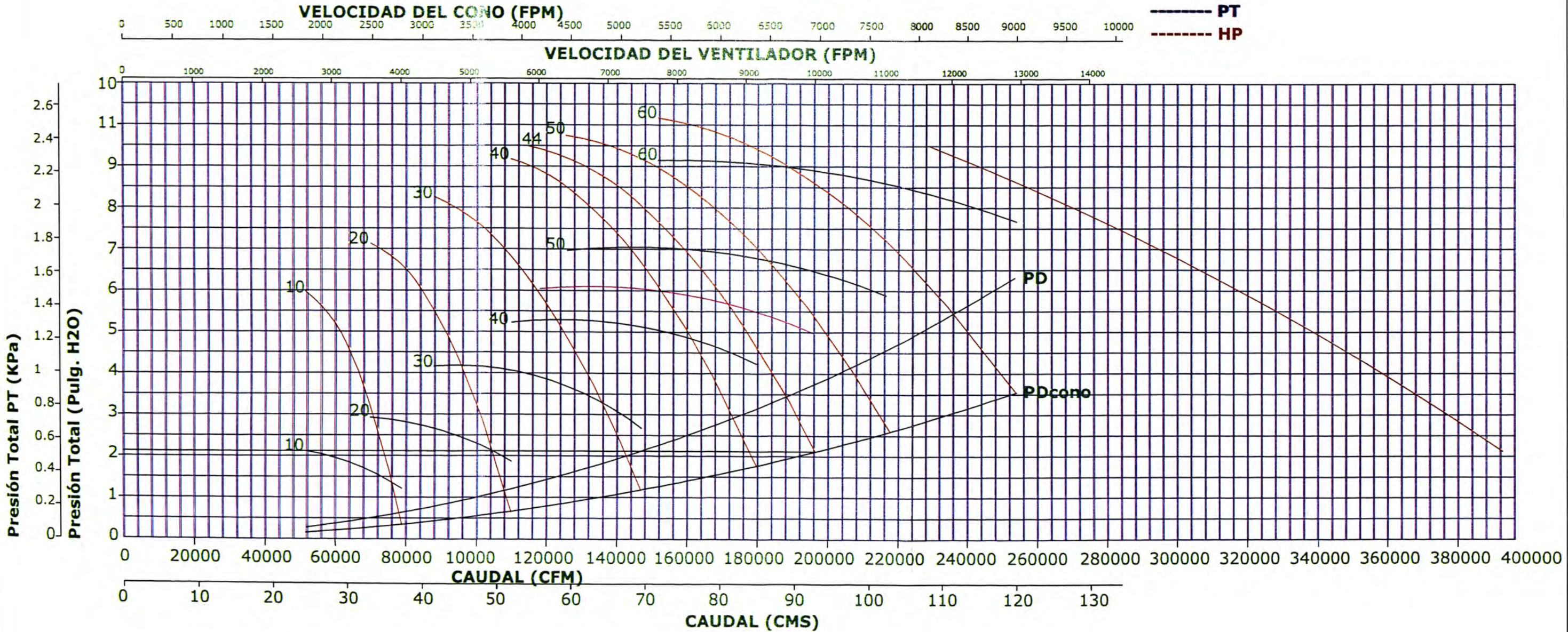
Todo ventilador posee diferentes tipos de diseños y el siguiente gráfico nos muestra el detalle de estos parámetros. En el gráfico se observa las características del ventilador, con la cual se está trabajando, la velocidad del ventilador y la velocidad en el cono, la presión de trabajo y el caudal que arroja el ventilador, así como la potencia del equipo. También nos menciona el ángulo de los álabes, el cual se puede variar dependiendo de la necesidad requerida. Esta curva es única para cada diseño de ventilador.

En nuestro caso tenemos tres ventiladores en paralelo instalados en Bocamina Sur, y el siguiente gráfico nos muestra para un solo ventilador, entonces en el siguiente gráfico conoceremos a que condiciones de trabajo se encuentran los equipos, y riesgos que puedan estar.

VAV - 60 - 30 - 1750 - I - B

DENSIDAD DEL AIRE: 0.75 Kg/m³

Condiciones: Aire a 4700 m. Sobre el nivel del Mar y Temperatura Standar



Datos del Ventilador

Presión Total (Pt): 6.9773 pulg de H₂O
 Caudal (Q): 160 000 cfm

Resultados

Angulo: 44°
 Potencia (HP): 224.02
 Eficiencia (n%): 78.61%

5.5.2.- Curva característica de los tres ventiladores en paralelo

Primeramente definiremos el fenómeno de Stall, para poder interpretar ciertas condiciones de trabajo.

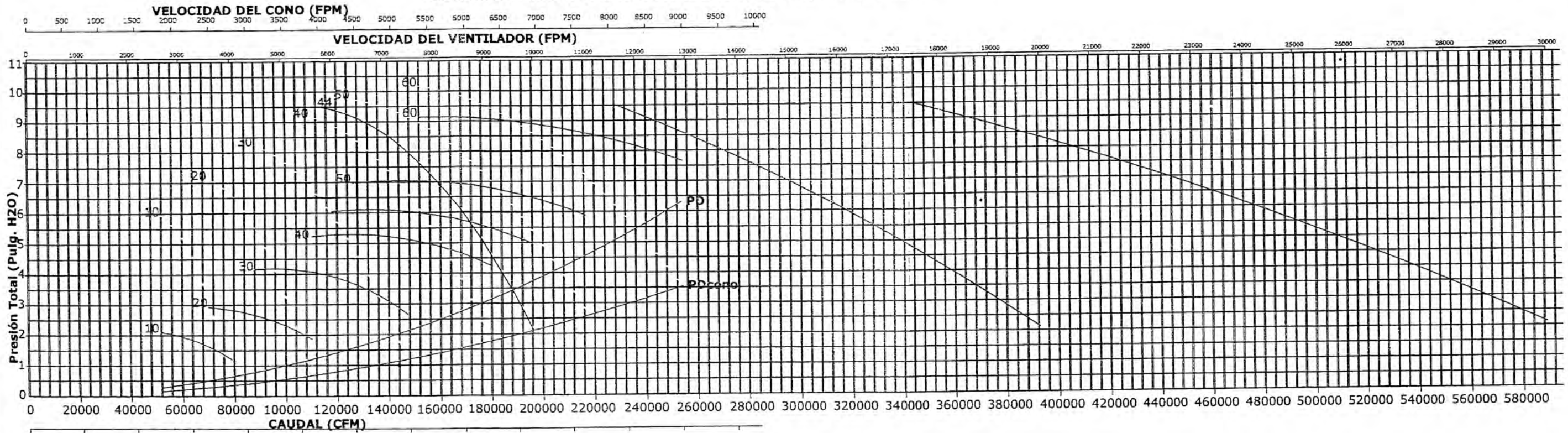
STALL – FENOMENO DE BOMBEO.- Un ventilador operando cerca del punto de bombeo tendrá un severo incremento de ruido, y trabajando continuamente en bombeo puede provocar una fatiga estructural de los álabes.

En el siguiente gráfico se muestra en las condiciones que se encuentran los tres equipos instalados en paralelo y esto se demuestra también con el Software Vnet.

VAV - 60 - 30 - 1750 - I - B

DENSIDAD DEL AIRE: 0.75 Kg/m³

Condiciones: Aire a 4700 m. Sobre el nivel del Mar y Temperatura Standar



Datos del Ventilador
Presión Total (Pt): 6.9773 pulg de H2O
Caudal (Q): 160 000 cfm

Resultados
Angulo: 44°
Potencia (HP): 224.02
Eficiencia (n%): 78.61%

5.5.3.- Interpretación del Grafico:

La interpretación del grafico que representa las condiciones en el cual se encuentra el ventilador, nos muestra lo siguiente:

- Primeramente nos muestra cómo se comporta la curva, al instalar tres ventiladores en paralelo de 160,000 CFM c/u.
- Al tener instalado un ventilador en la bocamina sur 190, la presión de trabajo nos menciona que es de 7”.
- Al tener dos ventiladores instalados en paralelo en la bocamina sur 190, la presión de trabajo baja llegando a un aproximado de 6.2”.
- Al instalar los tres ventiladores en paralelo en la bocamina sur 190, la presión aumenta llegando hasta un aproximado de 9.2”, con el cual nos dice que estamos fuera del límite de trabajo con respecto a presión; ya que la presión de trabajo máximo es de 6.9”, entonces los equipos están trabajando en una zona inestable llamado Stall.
- Actualmente los equipos están expuestos a cualquier accidente y solamente el tipo de monitoreo para evitar cualquier daño al equipo, es monitorear la vibración, que se origina inicialmente debido al desgaste y acumulación de polvo y hollín en los álabes el cual genera inestabilidad, produciendo finalmente un desastre o rotura de los álabes.

5.5.4.- Analisis

- Cuando se está trabajando con los tres ventiladores en paralelo con el sistema actual se tiene una presión de 9.1 “ C.A. y según el sistema de la curva se esta trabajando sobre la presión total que es de 6.977 ” C.A.
- Cuando se trabaja con un panel más con el mismo sistema de ventilación, según la curva se estará trabajando en una zona inestable en el cual el ventilador no durará mucho tiempo estable trabajando.

CAPITULO VI

PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

El planteamiento principal del proyecto es reducir la presión de trabajo de los ventiladores principales, ya que se demostró con el Software Vnet, la presión están por encima de lo planificado para los equipos y esto hacen que estén inestables por la alta vibración que se origina en ellos. El objetivo es trabajar con dos ventiladores principales en Bocamina Sur y estar dentro de los parametros que se recomienda.

6.1.- ENTRADAS Y SALIDAS DE AIRE PROYECTADO EN INTERIOR

MINA

■ ENTRADAS

- PIQUE**
- RAMPA PRINCIPAL ACCESO**
- CH-580 LINEA DE RELLENO - PASTA**

- NIVEL 0 EXTRACCIÓN

- SALIDAS

- BOCAMINA SUR CH-154

- BOCAMINA SUR CH-190

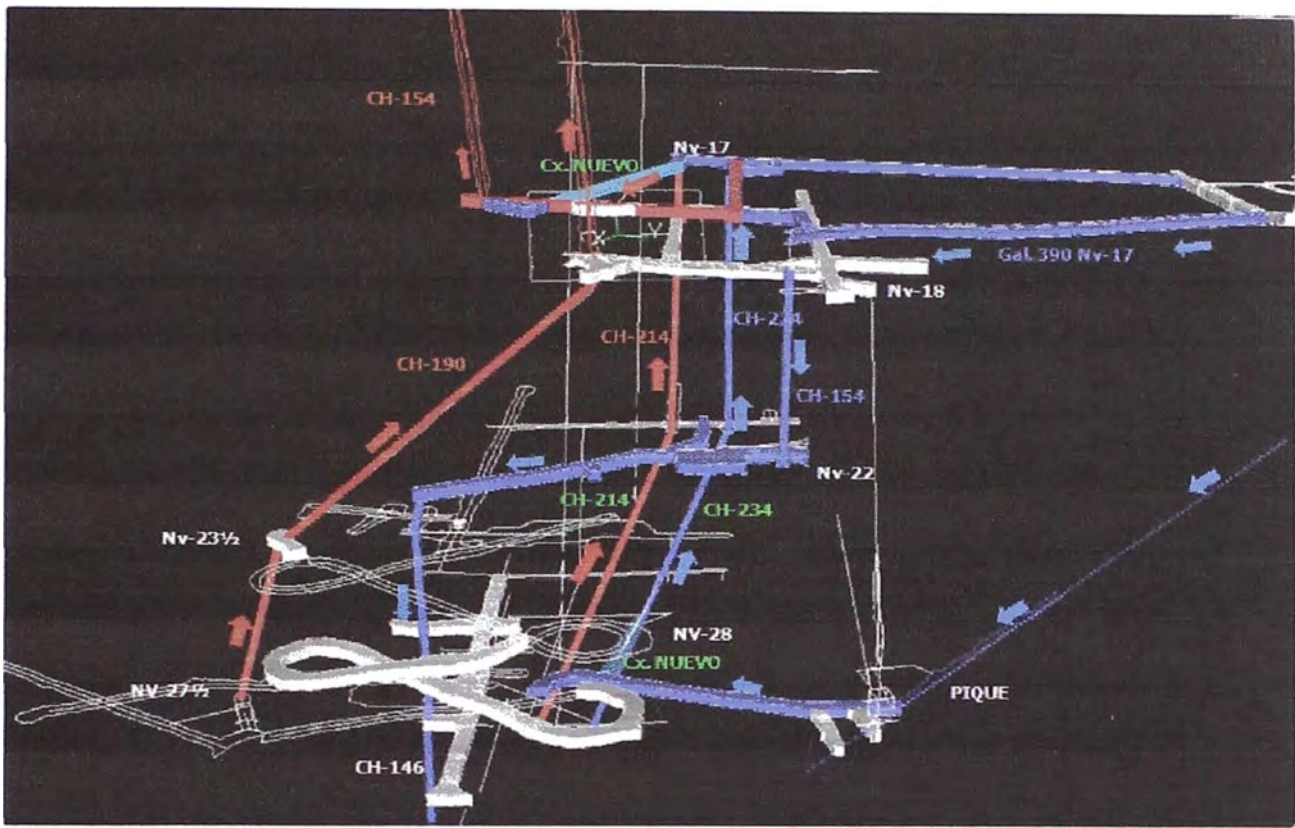
- BOCAMINA 4690 NORTE

6.2.- PRIMER CASO: PLANTEAMIENTO DEL NUEVO SISTEMA DE VENTILACIÓN HASTA EL NIVEL -32, USANDO LA PROLONGACIÓN DE LA CHIMENEA 214.

Se realizó primeramente el estudio de la Mina, hasta el último nivel de profundización, bajo este esquema se realizó el diseño de Ventilación de la mina Limpe Centro. Este proyecto tomó dos alternativas iniciales donde conoceremos el primer esquema. Los diseños se realizó con el apoyo del Software Vnet. En el siguiente esquema se puede observar el diseño del nuevo circuito de ventilación en 3D, gracias al programa Datamine.

En donde el gráfico de color rojo nos menciona la salida del aire viciado y el de color azul la entrada de aire limpio a la Mina.

PRIMER CASO: NUEVO SISTEMA DE VENTILACION HASTA EL Nv-32



6.3.- RESUMEN:

Resumiremos brevemente el modelo del esquema del circuito de ventilación.

La idea inicial es bajar la presión de los ventiladores, para esto debemos darle una salida más al circuito de ventilación. Entonces para este propósito usaremos el aire que ingresa por el Pique y conducirlo hasta el último nivel de trabajo a través de un cruceo nuevo que conectará este ingreso de aire, hacia la chimenea 234 el cual llega a todos los niveles de operación.

La chimenea extractora 214, solamente continuará bajando hasta el último nivel hacia los niveles de operación.

En Bocamina Sur, solamente se tendría instalado dos ventiladores en paralelo.

En la Bocamina 154, el cual es de ingreso de aire limpio se invertirá el sentido, colocando un ventilador en este punto como extractor.

Existe una vía muy estrecha en la chimenea 214 (extractora), lo cual para dar mayor facilidad de fluidez se realizará un crucero en el nivel -17, el cual se conectará directamente con la chimenea y con la salida hacia los dos ventiladores.

La chimenea 190 que actualmente está terminada, hasta el nivel -27; en este punto se encuentra tapado, se abrirá con la finalidad de ventilar la rampa. Actualmente está abierto en el nivel -23 y en el nivel -18.

La chimenea 146, actualmente se encuentra operando, y su trabajo es ventilar la zona de acceso de todos los niveles, la cual seguirá continuando bajando esta chimenea.

En el nivel -17 se realizarán diferentes tipos de trabajos, como la habilitación de la Galería 390, actualmente se encuentra tapado y con material de relleno.

6.4.- SIMULATION VNET – NUEVO SISTEMA Nv-32

Luego de conocer el esquema, ingresamos al software Vnet, con todos los parametros requeridos, así como la sección, longitud, ubicación del ventilador y la necesidad requerida de aire en interior mina.

Una vez ingresado estos parametros el software nos da un resultado grafico el cual se observa a continuación, sobre todo conociendo principalmente el estado de trabajo de los ventiladores el cual es de suma importancia y uno de los objetivos. En el gráfico solamente se toma en cuenta las presiones de trabajo de los ventiladores es por ello que se observa solo esta parte de interes.

NECESIDAD 468000 CFM

SALIDA 571000 CFM

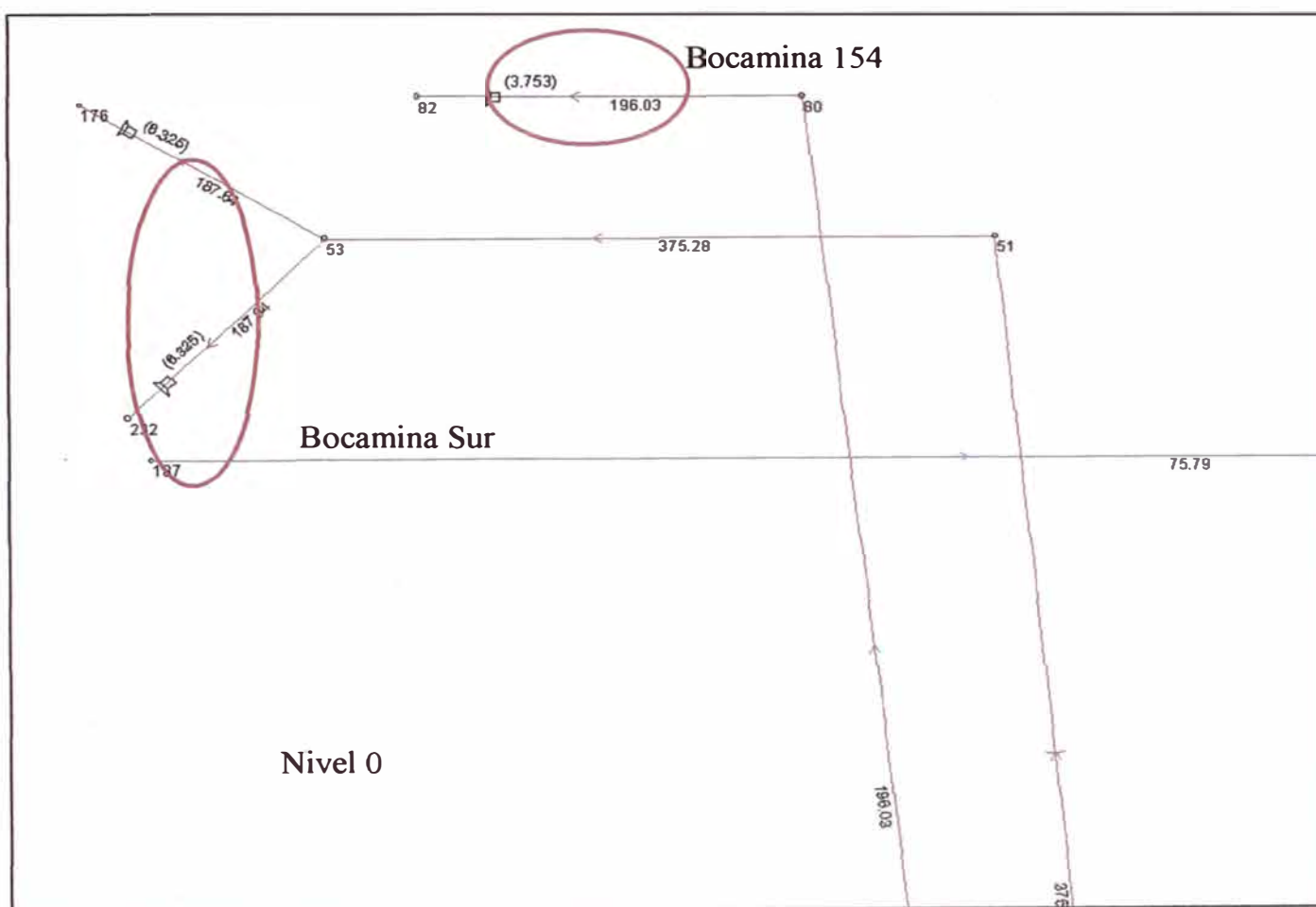


Figura N° 17: Cuadro resumen de datos

OBSERVACIONES:

Los dos ventiladores en paralelo, que están en Bocamina Sur, se observa que la presión de trabajo llega a 6.325" C.A.

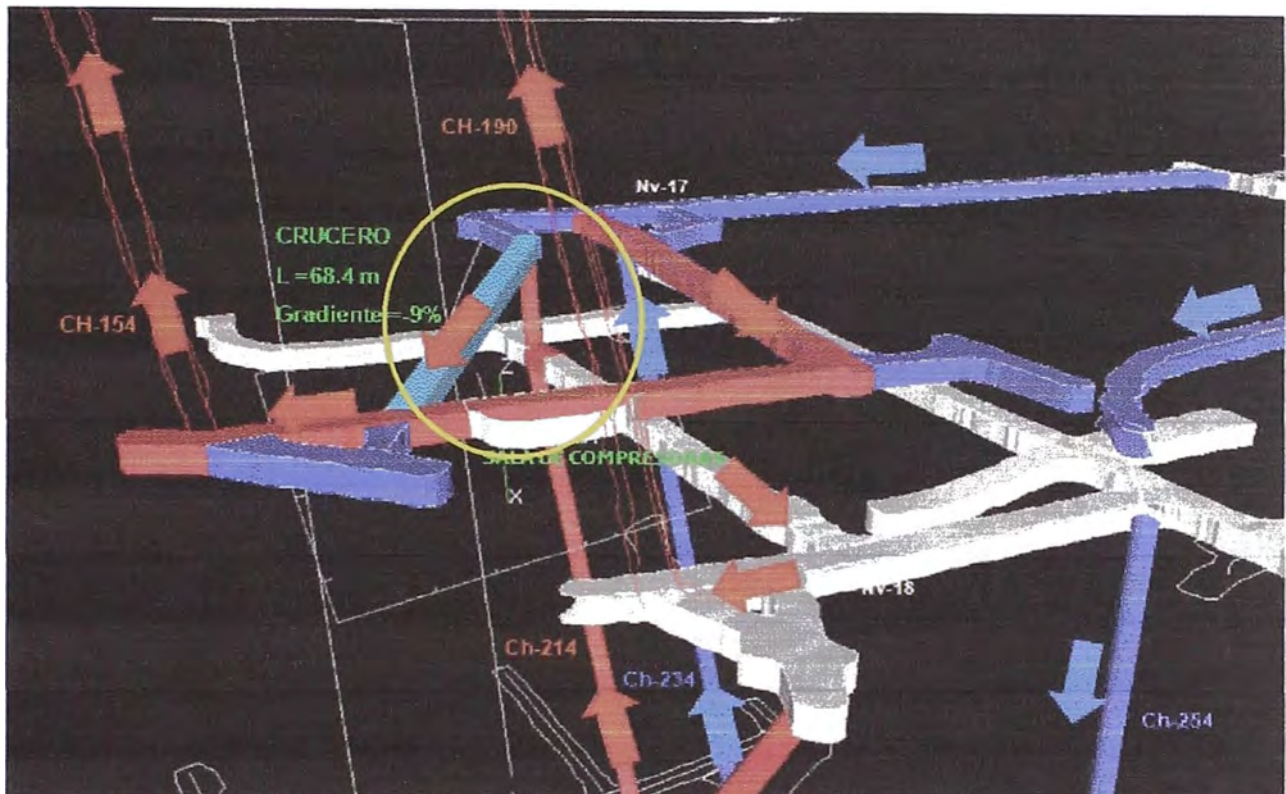
En la Bocamina 154, en donde se encuentra un solo ventilador de la misma capacidad instalado, se tiene una presión de 3.75" C.A.

6.5.- PARA TENER ESTE ESQUEMA SE DEBE DE REALIZAR LOS SIGUIENTES TRABAJOS:

- CH-214 sección 3m x 3m desde el Nv-23 hasta el Nv-32. Chimenea nueva a realizar.
- Abertura de la CH-214 desde el Nv-17 al Nv-23. Actualmente es de 2.0x2.0m de sección a 3.0x3.0m.
- CH-234 sección 3m x 3m desde el Nv-23 hasta el Nv-32. Chimenea nueva a realizar.
- Crucero de 68 m del nivel -17 ½ hasta la chimenea 214 Nv-17. Sección 4.0x4.0m.
- Crucero de 50 m del nivel -27 pique hacia el by pass del nivel -28. Sección 4.0x4.0m.

CRUCERO EN EL NIVEL- 17:

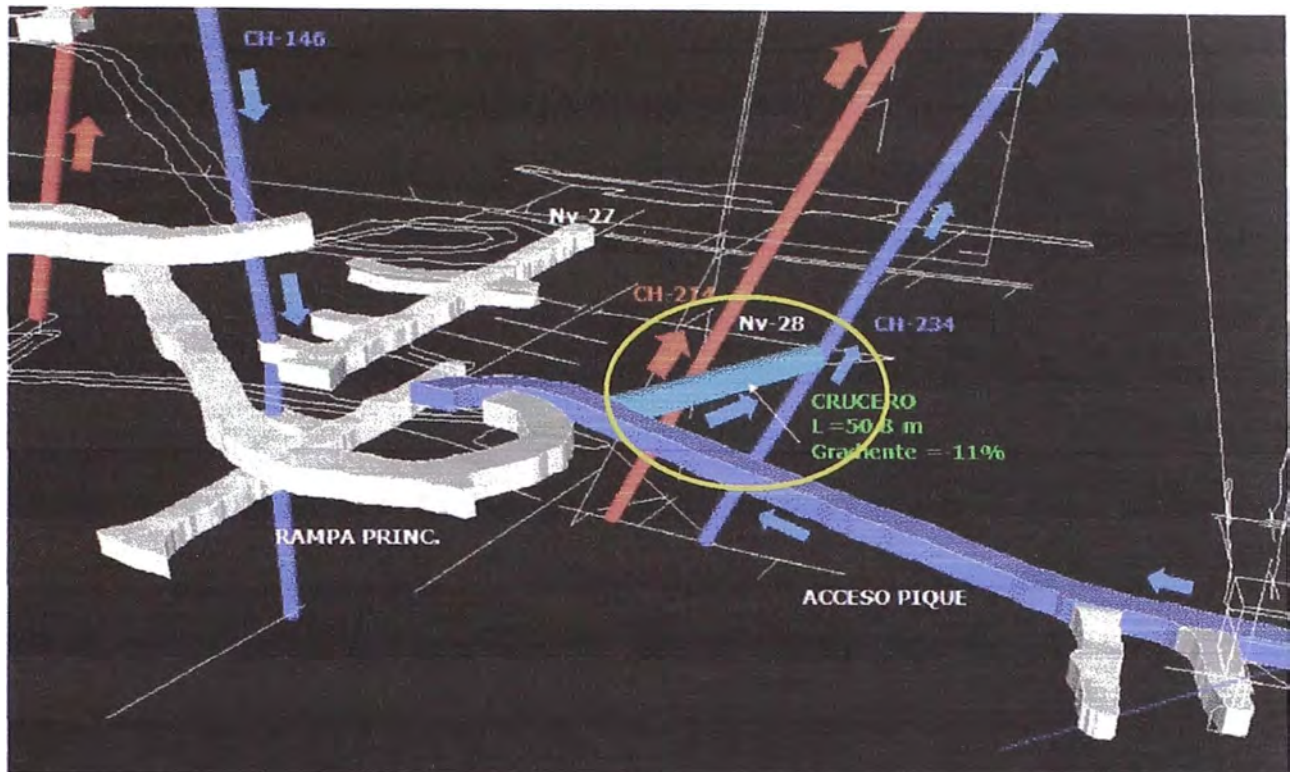
En el siguiente gráfico se detalla el crucero, su longitud y pendiente. Se puede apreciar también el sentido del flujo de aire. El cual se detalla con el círculo de color amarillo.



Esquema N° 1: Se muestra las labores de diseño que se realizarán en interior Mina.

CRUCERO EN EL NIVEL -27 CONECTADO DEL PIQUE

Se detalla en el siguiente gráfico, el pique por donde se realizará un cruceo de aproximadamente 50 m de longitud de color azul, y la chimenea 234 el cual llega a toda las labores de operación desde el último nivel hasta el nivel -17. Al igual que la chimenea 214 (extractora), que esta paralela a la chimenea 234 (inyectora).



Esquema N° 2: se muestra las labores que se realizarán en interior Mina.

6.6.-SEGUNDO CASO-PLANTEAMIENTO DEL NUEVO SISTEMA DE VENTILACION HASTA EL NIVEL-32, USANDO LA CHIMENEA 130.

El segundo planteamiento es usando la chimenea 126, el cual ya está realizada solamente aprovechar ya que no está en uso actualmente. Y de esta chimenea prolongar con un cruceo hasta llegar a la chimenea 130 el cual llegará hasta el último nivel de la Mina.

6.6.1.- OBJETIVO

1. Utilizar con el primer diseño de la chimenea 126 = 122 extractora y la CH-130.
2. Análisis con respecto a este esquema – presiones de los ventiladores.

3. Conociendo la condiciones y visualización del esquema.

6.6.2.- VISTA DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN

Primeramente observaremos el diseño del cual nos referimos, con respecto a la posición de las chimeneas, al igual que en el gráfico inicial el color azul es de ingreso de aire limpio y el de color rojo es la salida de aire viciado. Se puede observar que la chimenea 122 no es recta (color rojo), y se conecta a la chimenea 130 y finalmente a la chimenea 154 a superficie.

SEGUNDO CASO: NUEVO SISTEMA DE VENTILACION HASTA EL Nv-32



Esquema N° 3: Se muestra la dirección del sentido de flujo de aire en interior

Mina.

6.6.3.- CALCULO DE LA PRESIÓN CIRCUITO USANDO EL SOFTWARE VNET

Al tomar este diseño, se tuvo en cuenta las secciones y sobre todo la rugosidad ya que es un factor muy importante, que determinará las presiones de trabajo de los ventiladores y la profundidad de la mina.

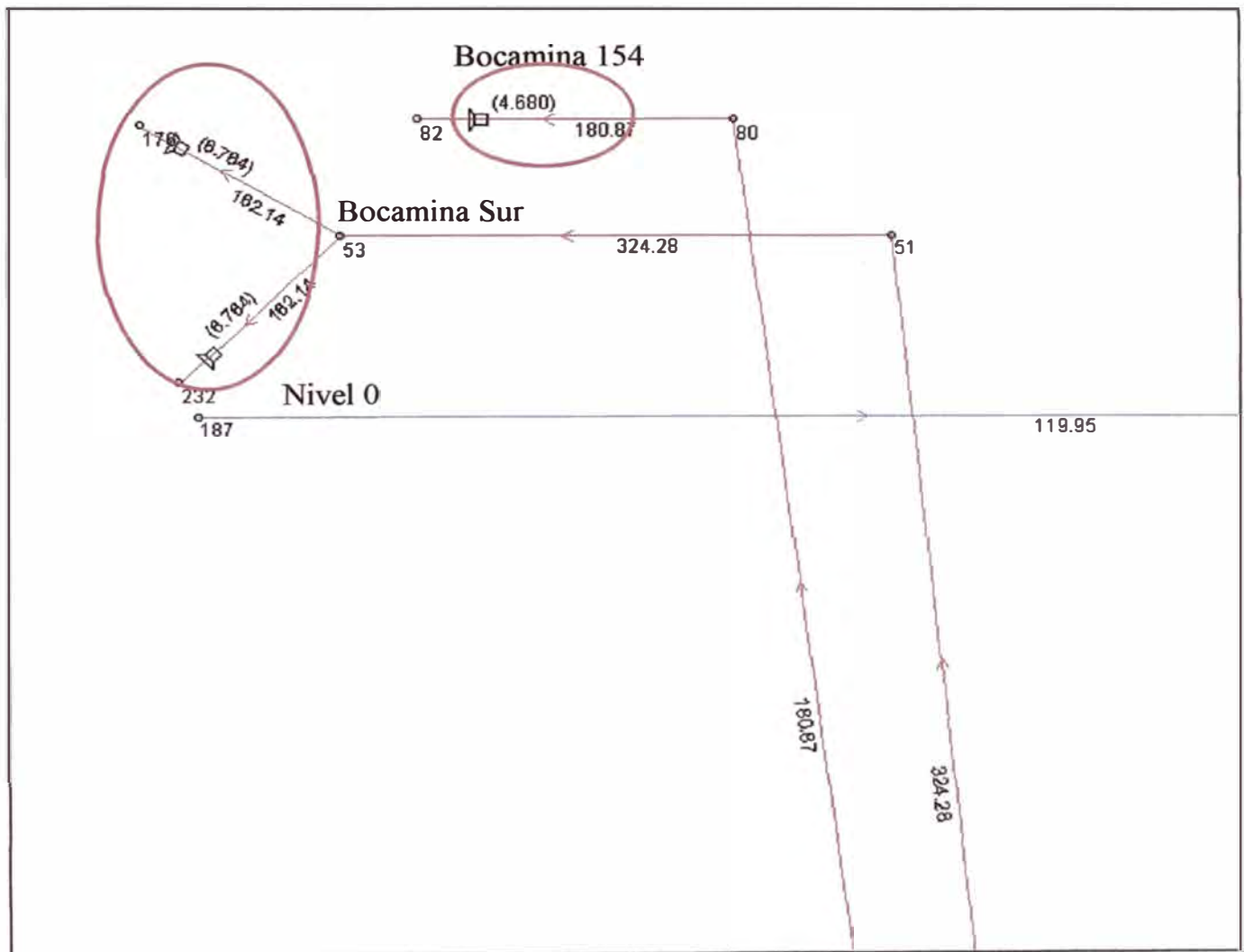


Figura N° 18: Cuadro resumen de datos.

OBSERVACION:

En Bocamina Sur, en los dos ventiladores instalados en paralelo, se tiene un presión de 6.76” C.A.

En Bocamina 154, donde está un solo ventilador de la misma capacidad se tiene un presión de 4.68” C.A.

6.6.4.- ANALISIS

- Con respecto al Primer caso del diseño que se propone la presión son:

Bocamina sur (dos ventiladores): 6.326”

Bocamina 154 (un ventilador): 3.753”

La baja de presión es debido a que se esta acoplado al sistema en el nivel -17 ayudándose los tres ventiladores en la succión.

- Observación: datos que se obtiene con el software vnet
- Trabajando con el Segundo caso, solo tomando como dato la chimenea 122 como extractora; se tiene una mayor presión en los ventiladores, el cual se observa que llega a una presión de:

Bocamina sur (dos ventiladores): 6.76”

Bocamina 154 (un ventilador): 4.68”

El incremento de presión es debido a que se estaría trabajando con un solo ventilador del nivel -23 hasta el -32

Cuadro N° 2: Condición de Presión de aire según los dos proyectos presentados.

PRESION LIMITE DEL VENTILADOR 6,9 " C.A.	PRIMER PROYECTO	SEGUNDO PROYECTO
	BAJANDO LA CHIMENEA 214	UTILIZANDO LA CHIMENEA 130
2 VENTILADORES DE 160,000 CFM	PRESION EN BOCAMINA SUR 6,32 92%	PRESION EN BOCAMINA SUR 6,76 98%
1 VENTILADOR DE 160,000 CFM	PRESION EN BOCAMINA 154 3,75 54%	PRESION EN BOCAMINA 154 4,68 68%

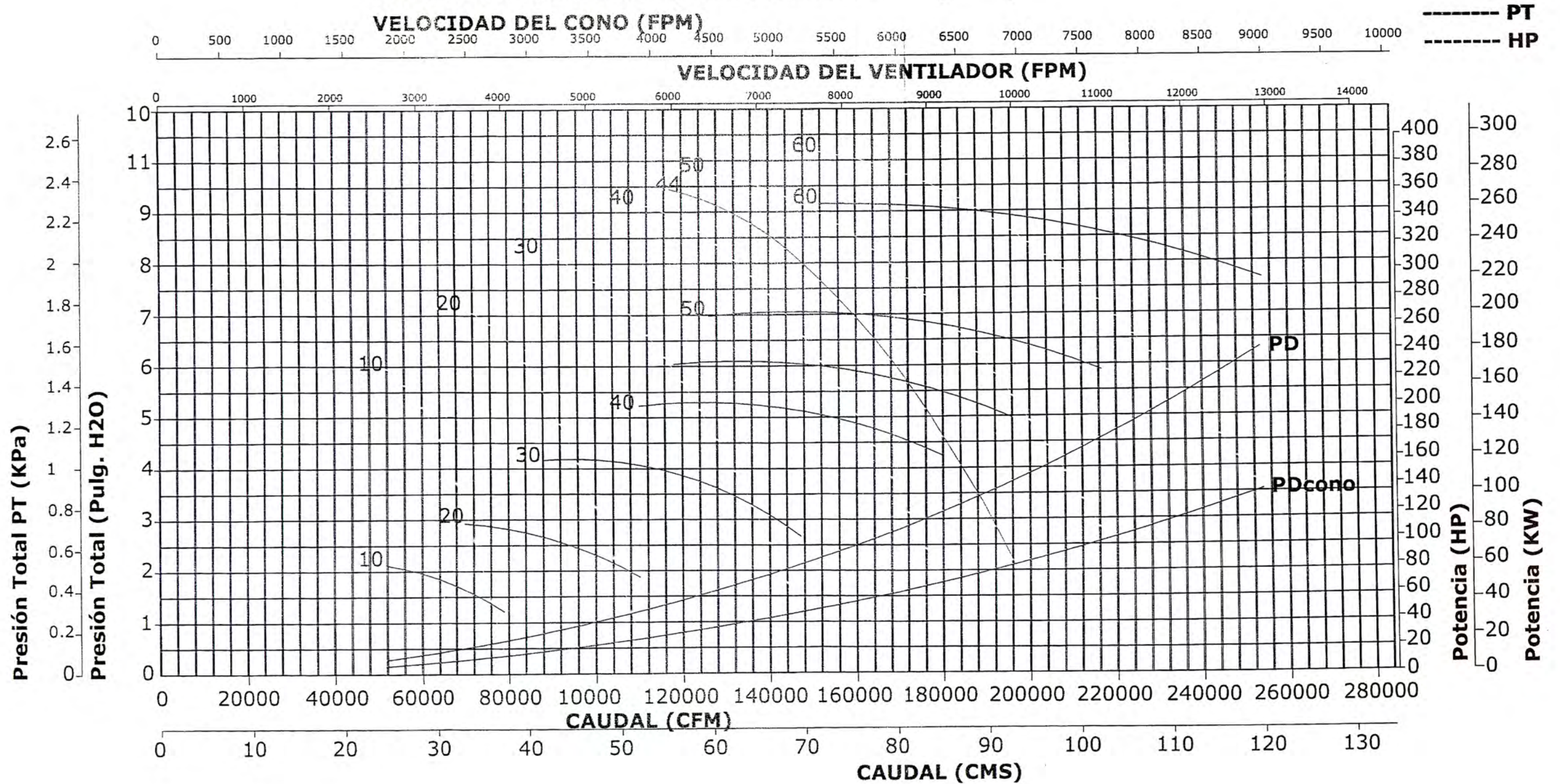
CURVA CARACTERISTICA DOS VENTILADORES EN PARALELO

Ahora conoceremos como se comportan dos ventiladores instalados en paralelo en Bocamina Sur, bajo la curva anteriormente mencionada, en el cual se muestra específicamente para nuestro caso observar el comportamiento de las presiones de trabajo.

VAV - 60 - 30 - 1750 - I - B

DENSIDAD DEL AIRE: 0.75 Kg/m³

Condiciones: Aire a 4700 m. Sobre el nivel del Mar y Temperatura Standar



Datos del Ventilador

Presión Total (Pt): 6.9773 pulg de H2O
Caudal (Q): 160 000 cfm

Resultados

Angulo: 44°
Potencia (HP): 224.02
Eficiencia (n%): 78.61%

CAPITULO VII

BOCAMINA SUR INSTALACIÓN

El siguiente gráfico muestra la instalación de cómo estarían ubicadas los ventiladores, en el cual se aprecia solamente dos ventiladores, el ventilador del centro se instalará en Bocamina 154, como extractor.

Distancia mínima es de 2.28 m de separación entre los dos ventiladores.

Con esta instalación se tendría solo un 70.5% de cumplimiento de lo recomendado según el manual de instalación de ventiladores.

La relación de separamiento debe ser de 1.5D veces el diámetro, según el plano la relación es de 0.94D veces.

Esquema de instalación de los ventiladores en Bocamina Sur.

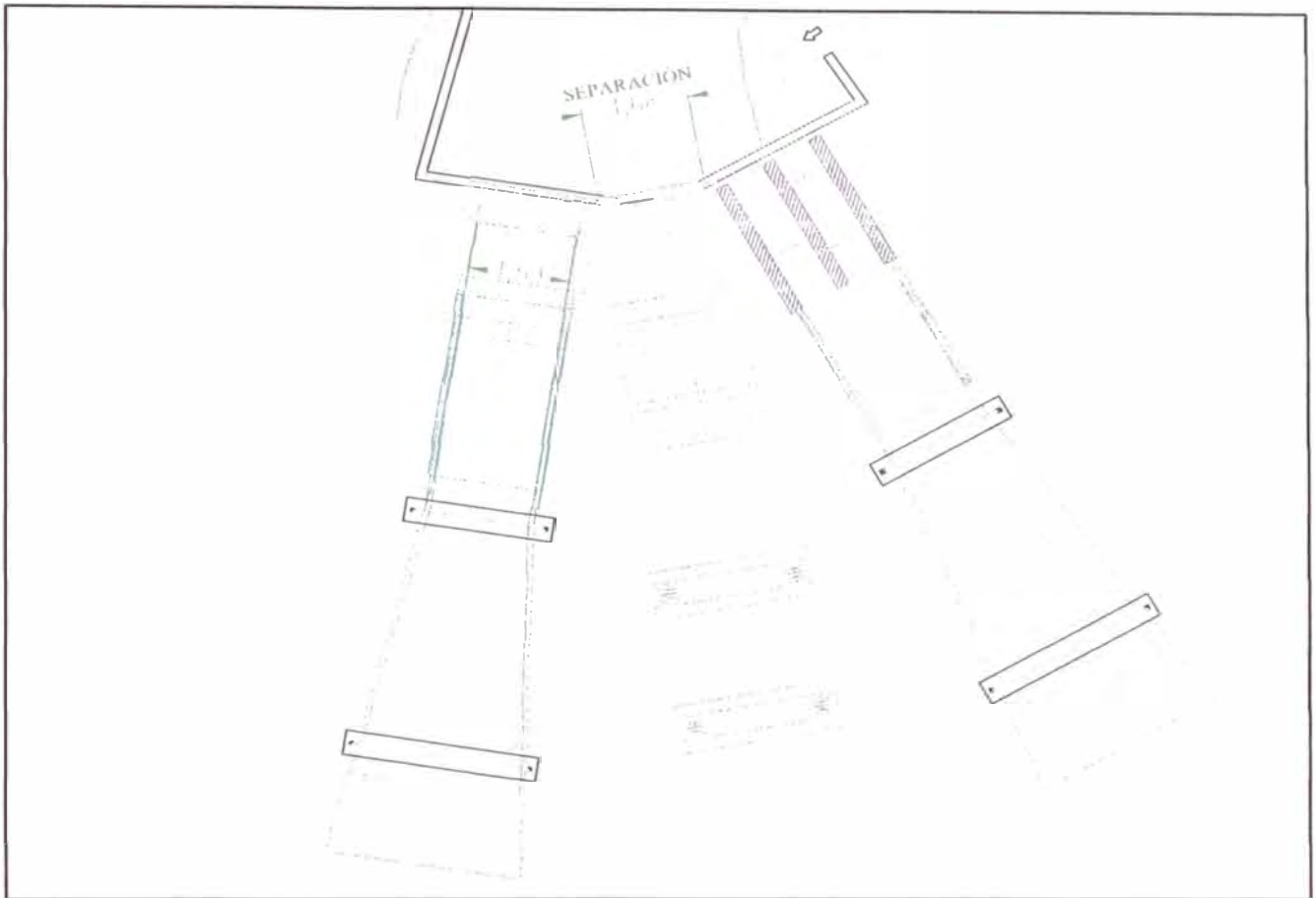


Figura N° 19: Esquema final de instalación de los equipos.

Esquema en donde se aprecia la relación de distancias entre ventiladores, con lo cual quedará instalado, no pudiendo variar esta separación, debido a que el Plenum ya está diseñado y variar sus dimensiones, perjudicaría el sistema de ventilación; ocasionando una parada a la mina.

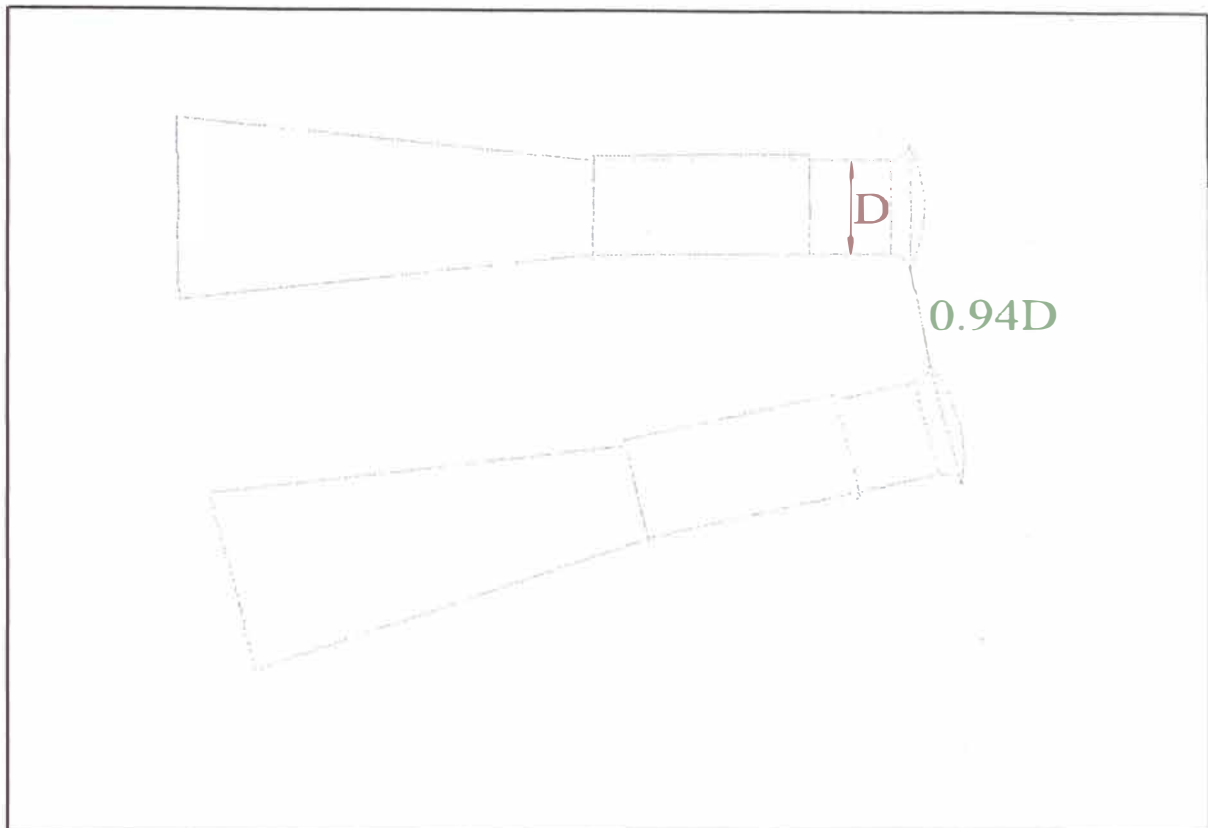


Figura N° 20: Condición final de separación de los ventiladores.



Foto N° 4: Donde se aprecia a dos ventiladores instalados en Bocamina Sur.

7.1.- CONDICIONES DE TRABAJO

■ CONDICIONES ACTUALES DE OPERACIÓN

Infraestructura, la misma cabina Plenum:

- Dimensiones de la cabina Plenum: trapezoide 3.71x6.76x4.0 m profundidad.
- Área de la cabina Plenum: 21.59 m² (promedio).
- Caudal total nominal a extraer: 160.000cfm x 02 = 320.000 cfm
=151.02 m³/s.

■ VELOCIDAD ESTIMADA

- Velocidad aprox. en cabina Plenum: 7 m/s

OBSERVACIONES:

Se tiene una reducción del 30% de velocidad de aire.

Instalación de un tabique el cual se reduciría el fenómeno de turbulencia debido a la distancia cercana de los ventiladores.

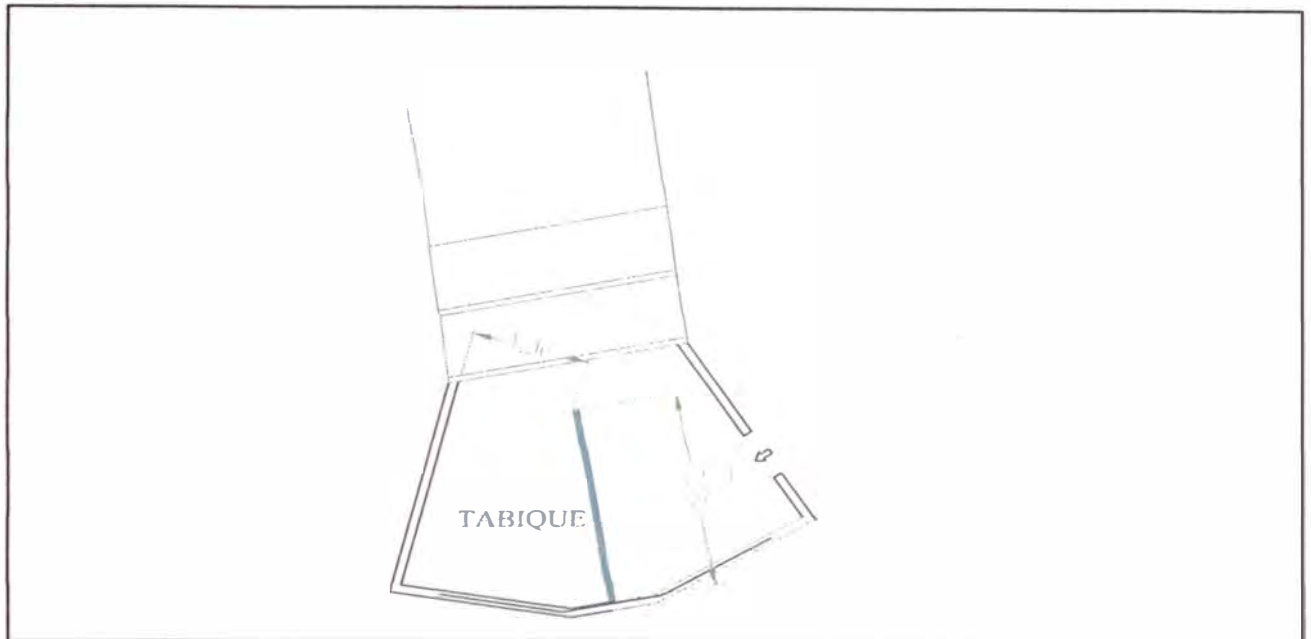


Figura N° 21: Esquema de la colocación del Tabique.

7.2.- TRABAJOS PREVENTIVOS

Mientras se realizó las evaluaciones sobre el nuevo diseño del circuito de ventilación, se determinó realizar el monitoreo de Vibración de los ventiladores principales ubicados en Bocamina Sur, a los tres equipos. Periódicamente una vez por semana, con la cual se determinará el estado de vibración o inestabilidad de estos equipos.

Durante los 9 primeros meses que se llevó a cabo esta medición se determinó la inestabilidad de dos ventiladores, los cuales se tuvo que realizar el cambio

respectivo por la alta vibración que presentaban estos equipos. Con este tipo de inspección se pudo evitar accidentes y paralización de la Mina. Este tipo de trabajo ahora se realiza permanentemente. A continuación se presenta un gráfico en el cual nos muestra de cómo se realiza la medición de vibración en los ventiladores. Se realiza en cuatro puntos el cual está ubicado la base del motor del ventilador, en ambos lados (derecho e izquierdo), y dependiendo de que punto presente mayor vibración se realizará el ajuste respectivo o en caso contrario, se realizará el cambio del ventilador por otro.



Foto N° 5: Forma de medir la Vibración de un ventilador.

CONCLUSIONES

- Se estaría trabajando en Bocamina Sur, con una presión 6.7”C.A. Debajo de la presión máxima que es de 6.9”, por lo tanto se estaría cumpliendo con las recomendaciones de instalación según diseño.
- En Bocamina 154, el ventilador que se instalará, es de la misma capacidad de 220 Hp y 160.000 CFM , estaría con presión de 4.68” de trabajo, donde no perjudicaría al equipo.
- No habría problemas de continuar la mina profundizando, debido a este diseño nos permite que los ventiladores estén trabajando de acuerdo a normas de la empresa proveedora.
- Se terminaría con los problemas de los ventiladores, los cuales están inestables y expuestos a cualquier daño, debido a sus condiciones actuales de trabajo.
- El requerimiento de aire no cambiará, será la misma por que no se estaría retirando ni agregando un ventilador al sistema de ventilación.

- El uso de aire del Pique; actualmente en esta zona, el aire es utilizado solamente un 20%, lo demás se pierde. Con este diseño se estaría aprovechando al 100% el uso de este aire.

RECOMENDACIONES

Realizar los trabajos que se recomiendan cuanto antes, con la finalidad de tener otra inconveniencia con los ventiladores principales, en caso de que sufra otro accidente de equipo.

Se detallan en el informe sobre áreas, secciones, longitudes sobre los trabajos que se realizarán para obtener el nuevo circuito de ventilación, se recomienda seguir estos pasos para evitar cualquier desperfecto con el esquema inicial y data del Software.

Los trabajos se deberán de efectuar lo más pronto, para realizar el cambio y la nueva ubicación de los ventiladores, con la finalidad de evitar paralización de la operación en interior mina o sobre carga de algún ventilador durante el procedimiento.

La simulación con el software Vnet, solamente está considerado hasta el nivel -32, si la mina profundiza, se realizará una nueva evaluación en todos los aspectos.

Realizar continuamente la medición de Vibración de los ventiladores, para evitar algún daño de los equipos.

BIBLIOGRAFIA

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, Reglamento de Seguridad e Higiene Minera- El Peruano –Julio 2001.

PABLO JIMÉNEZ ASCANIO – “La contaminación del aire en minería subterránea y su control”-2003.

JULIO HIDALGO MENDIETA – “Ventilación de Minas Catuva, Hada y Esperanza – Cia. Minera Raura S.A.” Tesis de Maestria-1991.

CORIMANYA MAURICIO JOSE A., Traducción del seminario de ventilación de minas del M.S. Keith G. Wallace Jr. – Industrias y servicios El tigre S A. - 2001

HOWARD L. HARTMAN, “Mine Ventilation and air conditioning” - 1982

HOWARD L. HARTMAN, “ SME Mining Engineering Handbook” – Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. -1992.

ISTEC, “Ventilación elemental para minería”-2002.

MC PHERSON, Book – 2001

VnetPC 2003, "Manual del usuario y Tutorial"- Mine ventilation Services,
Inc. Internet: www.mvsengineering.com

Branch No.	From	To	FQI	Type	Resistance (P.U.)	Present	Quantity	Friction Factor (x10^-10)	Resistance	Length (ft)	Equiv. Length (ft)	Area (ft²)	Perimeter (ft)	Parallel Factor	Calculated Resistance (P.U.)	Auto Length	Branch Code	Surface State	Symbol	Description
44	201	169		k Factor				62.5		29.5	98.4	131.86	45.93	1.00	0.00308	Disabled	Return	Neither	None	ALIMAK 190
45	230	231		k Factor				62.5		3.3	65.6	2.69	0.39	1.00	1.65922	Disabled	Intake	Neither	None	CH 234 NV-22
46	226	228		k Factor				62.5		3.3	65.6	2.69	0.39	1.00	1.65922	Disabled	Intake	Neither	None	CH 234 NV-21
47	223	224		k Factor				62.5		3.3	65.6	2.69	0.39	1.00	1.65922	Disabled	Intake	Neither	None	CH 234 NV-20
48	219	221		k Factor				62.5		3.3	65.6	2.69	0.39	1.00	1.65922	Disabled	Intake	Neither	None	CH-234 NV-19
49	34	210		k Factor				62.5		3.3	65.6	2.69	0.39	1.00	1.65922	Disabled	Intake	Neither	None	CH-234 NV-18
50	195	268		k Factor				62.5		3.3	203.4	2.69	0.39	1.00	4.97766	Disabled	Return	Neither	None	REGULADOR NV-23 214
51	222	3		k Factor				62.5		6.6	65.6	2.69	0.39	1.00	1.73869	Disabled	Intake	Neither	None	CH 234 NV-27
52	20	209		k Factor				62.5		3.3	65.6	2.69	0.39	1.00	1.65922	Disabled	Intake	Neither	None	CH 234 NV-24
53	216	19		k Factor				62.5		3.3	65.6	2.69	0.39	1.00	1.65922	Disabled	Intake	Neither	None	CH 234 NV-25
54	218	174		k Factor				62.5		3.3	65.6	2.69	0.39	1.00	1.65922	Disabled	Intake	Neither	None	CH 234 NV-23
55	213	217		k Factor				62.5		265.7	98.4	163.94	48.75	1.00	0.00484	Disabled	Default	Neither	None	PIVOT NV-27
56	215	11		k Factor				74.9		196.9	196.9	163.94	48.75	1.00	0.00628	Disabled	Intake	Neither	None	RAMPA
57	213	6		k Factor				74.9		254.6	196.9	163.94	48.75	1.00	0.00720	Disabled	Intake	Neither	None	RAMPA
58	5	212		k Factor				62.5		370.7	196.9	163.94	48.75	1.00	0.00755	Disabled	Default	Neither	None	PIVOT NV-25
59	7	211		k Factor				62.5		354.3	98.4	163.94	48.75	1.00	0.00602	Disabled	Default	Neither	None	PIVOT NV-24
60	212	280		k Factor				62.5		196.9	98.4	163.94	48.75	1.00	0.00393	Disabled	Default	Neither	None	BY PASS NV-25
61	211	278		k Factor				62.5		203.4	98.4	163.94	48.75	1.00	0.00401	Disabled	Default	Neither	None	NV-24 BY PASS NORTE
62	218	209		k Factor				80.8		49.2	98.4	131.86	45.93	1.00	0.00459	Disabled	Intake	Neither	None	Ch.-234 Nv.- 25 al Nv.-24
63	197	15		k Factor				62.5		3.3	98.4	23.47	20.21	1.00	0.19108	Disabled	Return	Neither	None	
64	193	33		k Factor				62.5		3.3	32.8	89.99	35.73	1.00	0.00213	Disabled	Intake	Neither	None	
65	167	38		k Factor				59.8		49.2	60.0	126.70	43.01	1.00	0.00266	Disabled	Default	Neither	None	BY PASS
66	75	38		k Factor				59.8		387.1	29.9	126.70	43.01	1.00	0.01014	Disabled	Default	Neither	None	PIVOT
67	38	146		k Factor				59.8		232.9	60.0	126.70	43.01	1.00	0.00712	Disabled	Default	Neither	None	BY PASS NORTE
68	27	90		k Factor				10.2		1358.3	36.1	163.94	48.75	1.00	0.00303	Disabled	Intake	Intake	None	RAMPA ACCESO +7 BOCAMINA
69	90	92		k Factor				59.8		187.0	60.0	163.94	48.75	1.00	0.00314	Disabled	Intake	Neither	None	RAMPA
70	31	17		k Factor				80.8		800.5	200.1	236.81	62.34	1.00	0.00730	Disabled	Intake	Neither	None	PIQUE
71	17	266		k Factor				80.8		1003.9	69.9	236.81	62.34	1.00	0.00783	Disabled	Intake	Neither	None	PIQUE
72	9	159		k Factor				47.4		39.4	60.0	126.70	43.01	1.00	0.00192	Disabled	Default	Neither	None	BY PASS
73	71	9		k Factor				59.8		423.2	29.9	126.70	43.01	1.00	0.01102	Disabled	Default	Neither	None	PIVOT
74	9	147		k Factor				59.8		232.9	29.9	126.70	43.01	1.00	0.00639	Disabled	Default	Neither	None	BY PASS
75	77	75		k Factor				74.9		206.7	16.4	163.94	48.75	1.00	0.00356	Disabled	Intake	Neither	None	RAMPA
76	169	15		k Factor				39.9		180.4	69.9	144.35	45.28	1.00	0.00289	Disabled	Return	Neither	None	CH 190

Branch No.	From	To	FGi	Type	Resistance (P.U.)	Pr es ant su ty	Friction Factor (x10^-10)	Resi stan ce	Length (ft)	Equiv. Length (ft)	Area (ft²)	Perimeter (ft)	Parallel Factor	Calculated Resistance (P.U.)	Auto Length	Branch Code	Surfac e State	Symbol	Description	
81	95	94		k Factor					39.9	19.7	80.1	89.99	35.73	1.00	0.00375	Disabled	Return	Neither	None	extrac
82	94	93		k Factor					39.9	225.1	69.9	66.31	28.84	1.00	0.02239	Disabled	Return	Neither	None	extrac
83	93	89		k Factor					39.9	126.0	80.1	122.39	41.70	1.00	0.00360	Disabled	Return	Neither	None	extrac
84	89	88		k Factor					39.9	439.6	69.9	82.99	32.12	1.00	0.02197	Disabled	Return	Neither	None	ch-603
85	88	87		k Factor					39.9	1811.0	129.9	122.39	41.70	1.00	0.03387	Disabled	Return	Exhaust	None	Nv.+7 BOCAMINA 4690
86	99	100		k Factor					80.8	65.6	60.0	43.06	26.25	1.00	0.06417	Disabled	Return	Neither	None	Ch-470 -13 -14
87	100	101		k Factor					80.8	32.8	60.0	43.06	26.25	1.00	0.04741	Disabled	Return	Neither	None	Ch-470 -14 -15
88	101	102		k Factor					80.8	32.8	60.0	43.06	26.25	1.00	0.04741	Disabled	Return	Neither	None	Ch-470 -15 -16
89	102	103		k Factor					80.8	65.6	69.9	43.06	26.25	1.00	0.06922	Disabled	Return	Neither	None	Ch-470 -16 -17
90	74	107		k Factor					47.4	147.6	4.9	126.70	43.01	1.00	0.00294	Disabled	Default	Neither	None	By 470 - 430
91	108	64		k Factor					59.8	164.0	4.9	126.70	43.01	1.00	0.00411	Disabled	Default	Neither	None	
92	83	111		k Factor					59.8	164.0	4.9	126.70	43.01	1.00	0.00411	Disabled	Default	Neither	None	By 470-430
93	86	112		k Factor					59.8	137.8	4.9	126.70	43.01	1.00	0.00347	Disabled	Default	Neither	None	By 470-430
94	110	113		k Factor					59.8	137.8	4.9	126.70	43.01	1.00	0.00347	Disabled	Default	Neither	None	By 470-430
95	114	119		k Factor					47.4	91.9	60.0	126.70	43.01	1.00	0.00293	Disabled	Default	Neither	None	By -13 430
96	109	120		k Factor					59.8	85.3	60.0	126.70	43.01	1.00	0.00353	Disabled	Default	Neither	None	by pass -14 norte pi-430
97	111	118		k Factor					59.8	65.6	60.0	126.70	43.01	1.00	0.00305	Disabled	Default	Neither	None	By Pass 430
98	112	117		k Factor					59.8	91.9	60.0	126.70	43.01	1.00	0.00369	Disabled	Default	Neither	None	430 By Pass
99	113	116		k Factor					47.4	85.3	60.0	126.70	43.01	1.00	0.00280	Disabled	Default	Neither	None	BY PASS NORTE-17
100	122	138		k Factor					59.8	124.7	0.7	126.70	43.01	1.00	0.00305	Disabled	Default	Neither	None	386 al 350
101	125	138		k Factor					59.8	219.8	0.0	126.70	43.01	1.00	0.00535	Disabled	Default	Neither	None	ch-214 By Pass
102	139	141		k Factor					59.8	65.6	29.9	126.70	43.01	1.00	0.00232	Disabled	Default	Neither	None	ch-214 By pass
103	142	161		k Factor					59.8	223.1	1.0	126.70	43.01	1.00	0.00545	Disabled	Default	Neither	None	214 By Pass
104	143	136		k Factor					59.8	65.6	29.9	126.70	43.01	1.00	0.00232	Disabled	Default	Neither	None	214 Nv-16
105	133	144		k Factor					59.8	65.6	29.9	122.39	43.01	1.00	0.00258	Disabled	Default	Neither	None	BYPASS SUR -17
106	156	155		k Factor					80.8	65.6	60.0	43.06	26.25	1.00	0.06417	Disabled	Return	Neither	None	214 -13 -14
107	157	156		k Factor					80.8	32.8	60.0	43.06	26.25	1.00	0.04741	Disabled	Return	Neither	None	214 -14 -15
108	157	158		k Factor					80.8	32.8	60.0	43.06	26.25	1.00	0.04741	Disabled	Return	Neither	None	214 -15 -16
109	182	178		k Factor					80.8	49.2	140.1	43.06	13.12	1.00	0.04834	Disabled	Return	Neither	None	CH-214
110	150	165		k Factor					60.9	49.2	149.9	43.06	13.12	1.00	0.03832	Disabled	Intake	Neither	None	CH 430
111	165	189		k Factor					60.9	49.2	149.9	43.06	13.12	1.00	0.03832	Disabled	Intake	Neither	None	
112	189	185		k Factor					47.4	49.2	149.9	43.06	13.12	1.00	0.02982	Disabled	Intake	Neither	None	ch-430-15-16

Branch No.	From	To	FQi	Type	Resistance (P.U.)	Pr es su re	Qu anti ty	Friction Factor (x10^-10)	Resi stan ce	Length (ft)	Equiv. Length (ft)	Area (ft²)	Perimeter (ft)	Parallel Factor	Calculated Resistance (P.U.)	Auto Length	Branch Code	Surfac e State	Symbol	Description
119	119	63		k Factor				59.8		292.0	65.0	126.70	43.01	1.00	0.00868	Disabled	Default	Neither	None	PIVOT -13
120	120	66		k Factor				47.4		328.1	65.0	126.70	43.01	1.00	0.00758	Disabled	Default	Neither	None	PIVOT -14
121	118	62		k Factor				59.8		311.7	65.0	126.70	43.01	1.00	0.00916	Disabled	Default	Neither	None	PIVOT -15
122	61	117		k Factor				59.8		331.4	65.0	126.70	43.01	1.00	0.00964	Disabled	Default	Neither	None	PIVOT -16
123	60	116		k Factor				59.8		329.7	65.0	126.70	43.01	1.00	0.00960	Disabled	Default	Neither	None	PIVOT -17
124	187	106		k Factor				10.2		2551.8	180.1	122.39	41.70	1.00	0.01219	Disabled	Intake	Intake	None	Nv. 0 BOCAMINA SUR EXTRACCION
125	106	84		k Factor				30.2		534.8	69.9	37.24	21.62	1.00	0.14702	Disabled	Intake	Neither	None	RB-506
126	84	177		k Factor				59.8		206.7	89.9	126.70	43.01	1.00	0.00721	Disabled	Intake	Neither	None	Nv-12 1/2
127	92	104		k Factor				59.8		269.0	69.9	39.94	23.82	1.00	0.14571	Disabled	Intake	Neither	None	Nv+7
128	104	188		k Factor				80.8		698.8	69.9	24.22	19.69	1.00	1.65534	Disabled	Intake	Neither	None	CHR-480
129	188	190		k Factor				59.8		282.2	129.9	126.70	43.01	1.00	0.01002	Disabled	Intake	Neither	None	Nv-8 By Pass
130	107	108		k Factor				60.9		49.2	149.9	43.06	13.12	1.00	0.03832	Disabled	Intake	Neither	None	ch-430-13
131	190	107		k Factor				25.3		232.9	29.9	67.28	32.81	1.00	0.01377	Disabled	Intake	Neither	None	Ch480 -13
132	91	92		k Factor				59.8		232.9	20.0	24.22	19.69	1.00	0.40306	Disabled	Intake	Intake	None	CHP-580 PASTE FILL
133	196	199		k Factor				80.8		54.1	29.9	31.11	22.31	1.00	0.09671	Disabled	Intake	Neither	None	CH 350
134	182	183		k Factor				80.8		54.1	29.9	43.06	13.12	1.00	0.02145	Disabled	Return	Neither	None	CH 214
135	128	34		k Factor				80.8		54.1	29.9	43.06	13.12	1.00	0.02145	Disabled	Intake	Neither	None	CH 234 -17
136	164	166		k Factor				160.6		54.1	29.9	43.06	13.12	1.00	0.04263	Disabled	Default	Neither	None	CH 250
137	210	65		k Factor				59.8		65.6	29.9	126.70	43.01	1.00	0.00232	Disabled	Default	Neither	None	BY PASS SUR
138	210	166		k Factor				59.8		91.9	1.0	126.70	43.01	1.00	0.00226	Disabled	Default	Neither	None	BY PASS SUR
139	152	73		k Factor				59.8		439.6	29.9	126.70	43.01	1.00	0.01142	Disabled	Default	Neither	None	PIVOT -18
140	166	152		k Factor				59.8		39.4	60.0	126.70	43.01	1.00	0.00242	Disabled	Default	Neither	None	BY PASS NORTE
141	134	145		k Factor				59.8		114.8	29.9	126.70	43.01	1.00	0.00352	Disabled	Default	Neither	None	BY PASS SUR
142	183	168		k Factor				59.8		262.5	262.5	126.70	43.01	1.00	0.01277	Disabled	Return	Neither	None	NV -18 CX 214
143	50	52		k Factor				59.8		82.0	229.7	126.70	43.01	1.00	0.00758	Disabled	Return	Neither	None	NV-18 CX ALIMAK 190
144	29	52		k Factor				59.8		88.6	262.5	126.70	43.01	1.00	0.00854	Disabled	Return	Neither	None	NV -18 190
145	29	50		k Factor				59.8		114.8	262.5	126.70	43.01	1.00	0.00918	Disabled	Return	Neither	None	NV -18 190
146	51	52		k Factor				46.9		976.0	262.5	144.35	39.14	1.00	0.01454	Disabled	Return	Neither	None	CH 190 -18
147	15	29		k Factor				39.9		214.2	492.1	144.35	45.28	1.00	0.00816	Disabled	Return	Neither	None	CH-190 AL -23 1/2
148	199	200		k Factor				80.8		49.2	29.9	31.11	22.31	1.00	0.09107	Disabled	Intake	Neither	None	CH 350
149	166	167		k Factor				160.6		49.2	29.9	43.06	13.12	1.00	0.04014	Disabled	Default	Neither	None	CH 250
150	221	45		k Factor				59.8		65.6	1.0	126.70	43.01	1.00	0.00162	Disabled	Default	Neither	None	BY PASS SUR
151	221	167		k Factor				59.8		52.5	1.0	126.70	43.01	1.00	0.00130	Disabled	Default	Neither	None	BY PASS SUR