

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA



**“MEJORAMIENTO EN EL CIRCUITO DE VENTILACION DE LA
MINA SOCORRO UNIDAD UCHUCCHACUA DE LA CIA. DE
MINAS BUENAVENTURA S.A.A.”**

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

**ELABORADO POR
ELMER FLORES HUARCAYA**

**ASESOR
ING. TITO LUIS PALOMINO FLORES**

**LIMA-PERU
2014**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional y de manera muy especial a mis padres Adolfo y Juana, quienes fueron el pilar más importante y demostraron siempre su cariño y apoyo incondicional; que me enseñaron a no desfallecer ni a rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera especial a mi esposa e hijos de quienes recibí el apoyo incondicional durante el desarrollo de la tesis.

A mis padres que gracias a ellos culmine esta etapa importante en mi formación.

A mi alma mater la Universidad Nacional de Ingeniería que me acogió y me ayudo a cimentar los conocimientos y emprender mi desarrollo profesional.

A Cía. de Minas Buenaventura S.A.A por acogerme y haberme permitido desarrollarme profesionalmente.

RESUMEN

La mina Socorro de CMBSAA. es una mina en crecimiento, tanto en producción, infraestructura, personal y equipos. Las áreas de servicios deben estar atentas a estos cambios y proyectarse, como es la ventilación, el cual busca mantener y satisfacer las necesidades mínimas de trabajo y dar cumplimiento con las normas legales vigentes. Por ende se hace necesario replantear el circuito actual de ventilación, empezando con el análisis de nuestro circuito actual y plantear una alternativa que sea compatible con el avance de la mina.

Este crecimiento nos lleva a la necesidad de diseñar chimeneas de diámetros mayores a los que se estaban realizando en ubicaciones de acorde a la ubicación de los cuerpos en profundidad. Se estima realizar chimeneas principales mayores de 2,1 m de diámetro, en donde se ubicaran ventiladores secundarios, para la circulación del aire viciado y mejorar los flujos de aire de la mina, adicionalmente mejorar algunas galerías y cruceros para ingreso y salida de aire.

El presente estudio tiene por objetivo concebir el diseño de ventilación adecuado en las labores de profundización de la mina, estableciendo para ello los requerimientos mínimos necesarios de ventilación relacionados al minado subterráneo.

Los resultados de la evaluación contribuirán en la mejora sobre algunos de los problemas encontrados en la actualidad de tal manera que se pueda desarrollar una explotación minera segura, eficaz y eficiente en concordancia con las normas legales.

-

ABSTRACT

CMBSAA's Socorro's mine, is a corporation that is growing, in production, infrastructure, personnel and equipment. Service areas have to be aware of changes and to project, as ventilation, which search maintain and satisfy work's basic needs according to legal norms. In consequence, it is necessary to improve the current ventilation circuit, analyzing it and propose an alternative that be compatible with the growth of the mine.

This growth means designing of smokestack of bigger diameters according to location of units in deep. We estimate to develop main smokestacks with diameters bigger than 2.1 m ; where boosters fan are going to be locate, for exhaust air's circulation and improve airflow's mine, additionally, improve some drifts and crosscut for entry and exit of air.

The present research's objective is develop an appropriate design of ventilation for shaft deepening, to establish basic requirements but necessary of ventilation related to underground mine.

The results of the evaluation contribute to improvement of some current problems in order to develop a secure and efficient mining in concordance to legal norms.

INDICE

	Pág.
INTRODUCCION.....	11
CAPITULO I ASPECTOS GENERALES.....	13
1.1 UBICACIÓN Y ACCESO.....	13
1.2 HISTORIA.....	15
CAPITULO II GEOLOGIA DEL YACIMIENTO	18
2.1 GEOMORFOLOGIA	18
2.2 GEOLOGÍA REGIONAL	18
2.2.1. Sedimentarios	19
2.2.2.- Volcánicos.....	22
2.2.3 Mineralización y Alteración	27
2.2.3.1 Procesos de Mineralización.....	27
2.2.4 Alteración hidrotermal.....	32
2.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL	33
2.4 RESERVAS, RECURSOS E INDICADORES UCHUCCHACUA	38
2.4.1 Reservas:.....	38
2.4.2 Recursos:.....	38
2.4.3 Indicadores:	39
2.5 CARACTERIZACION GEOMECANICA	39
2.5.1 Mapeo geoestructural:	39
2.5.2 Caracterización de la masa rocosa:.....	40
CAPITULO III OPERACIONES MINERAS.....	42
3.1 MINADO	42
3.2 PERFORACIÓN Y VOLADURA	42

3.3 ACARREO Y TRANSPORTE DE MINERAL.....	44
3.4 IZAJE.....	44
3.5 RELLENO.....	48
CAPITULO IV MARCO TEORICO VENTILACION DE MINAS	49
4.1 DEFINICION DE VENTILACION.....	49
4.2 CONCEPTOS BASICOS DE VENTILACION.....	49
4.2.1 Volumen De Aire (Q).....	49
4.2.2 Velocidad (V).....	50
4.2.3 Presion	50
4.2.4 Encausamiento Y Sentido Del Flujo.....	50
4.2.5 Balance De Aire.	50
4.2.6 Resistencia De Un Tramo De Galeria (Hf)	50
4.2.7 Factor De Friccion (K)	50
4.2.8 Ley Cuadratica	51
4.2.9 Ecuacion De Atkinson	51
4.2.10 Requerimiento De Aire	51
4.2.10.1 Caudal Necesario Para El Personal.....	52
4.2.10.2 Caudal Necesario Para Equipo Diesel	52
4.2.10.3 Caudal Necesario Para Dilucion De Contaminantes.....	52
4.2.10.4 Cantidad Total De Aire Necesario.....	53
CAPITULO V SISTEMA ACTUAL DE VENTILACION	54
5.1 LEVANTAMIENTO DE VENTILACIÓN Y REGISTRO DE DATA	54
5.1.1 Equipos de levantamiento de ventilación.....	54
5.1.2 Estaciones de control de ventilación	55
5.2BALANCE DE AIRE	55
5.3 NECESIDAD DE AIRE PARA LA MINA.....	56
5.4 CAPACIDAD INSTALADA DE VENTILADORES PRINCIPALES	58
5.5 RECIRCULACIÓN DE AIRE EN EL CIRCUITO PRINCIPAL.....	58
5.6 LABORES AUXILIARES	58
5.7 VELOCIDADES DE AIRE.....	59

5.8 MEDICIÓN DE CALIDAD DE AIRE.....	59
CAPITULO VI DISEÑO Y PLANEAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACION	60
6.1 OBJETIVO.....	60
6.2 ANTECEDENTES	60
6.3 PLANEAMIENTO DE VENTILACION	61
6.4 DISEÑO DEL CIRCUITO DE VENTILACION	61
6.5 SIMULACIÓNDE SISTEMADE VENTILACIÓN	62
CAPITULO VII EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO.....	66
7.1 INVERSION DEL PROYECTO.....	66
7.1.1 Inversión de capital.....	66
7.2 COSTO DE ENERGIA EN VENTILACION.....	67
CONCLUSIONES.....	68
RECOMENDACIONES	70
BIBLIOGRAFIA	72
ANEXOS	72

INDICE DE TABLAS

	pag
Tabla N°1 Reservas de mineral	38
Tabla N°2 Recursos Uchucchacua	38
Tabla N°3 Indicadores	39
Tabla N°4 Fallas principales	39
Tabla N°5 Criterio para la clasificación de la masa rocosa	41
Tabla N°6 Pique Luz	44
Tabla N°7 Pique master Winche N°1	46
Tabla N°8 Pique master Winche N° 02	47
Tabla N°9 Balance General de Ventilación	55
Tabla N°10 Inversión de aire	56
Tabla N°11 Requerimiento de aire general	57
Tabla N°12 Cobertura de aire por minas	57
Tabla N°13 Inversión del capital	66

INDICE DE FIGURAS

	pag
Figura 1 Plano de ubicación de la mina	14
Figura 2 Formación de las calizas Jumasha	21
Figura 3 Geología regional del yacimiento	24
Figura 4 Corte geología regional secciones transversales	25
Figura 5 Columna Estratigráfica Características	26
Figura 6 Geología Estructural del Yacimiento	37
Figura 7 Proyección relación gráfica	40
Figura 8 Jumbo Quasar	43
Figura 9 Scoop diesel	44
Figura 10 Pique Luz	45
Figura 11 Pique Master	47
Figura 12 Simulación del sistema de ventilación proyectado	63
Figura 13 Curva característica del ventilador principal de 600hp	63
Figura 14 Circuito de ventilación Auxiliar en el NV. 3780- Socorro y proyecto de Chimeneas RB 41, RC 726 y RB42.	64
Figura 15 Circuito actual de ventilación – Mina Socorro	64
Fig. 16 Proyectos del circuito de ventilación – Mina Socorro	65

INTRODUCCION

En la actualidad se hace necesario el mejoramiento en el circuito de Ventilación de la mina Socorro, durante la vida de un proyecto minero subterráneo, la cual comprende etapas que va desde la evaluación, análisis y planeamiento de circuitos de ventilación primaria, secundaria y auxiliar, y selección de ventiladores.

El objetivo es efectuar un diagnóstico integral de la ventilación en la mina, definir los requerimientos de aire para la mina, diseñar un sistema e infraestructura de ventilación necesaria para su ejecución a corto y mediano plazo, según el crecimiento y profundización de la mina.

Esto se justifica por la necesidad de mejorar las condiciones ambientales actuales y proyectadas de la mina, dotando de aire fresco y libre de contaminantes. Analizando los requerimiento de aire actuales y los proyectados durante la etapa de crecimiento y profundización de la mina.

La realización de un levantamiento del sistema actual de ventilación de los diferentes niveles de la mina, nos proporcionara un diagnóstico de referencia.

Es posible mejorar el sistema de ventilación en los niveles de profundización proporcionando mejores condiciones ambientales al personal, lo que se verá reflejado en el incremento de la productividad.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 UBICACIÓN Y ACCESO

La mina de Uchucchacua se sitúa en la vertiente occidental de los Andes, corresponde al distrito y provincia de Oyón, del departamento de Lima. Se ubica alrededor de las siguientes coordenadas:

10° 36· 34" Latitud sur

76° 59· 56" Longitud oeste

La altura en que se encuentra la mina está entre los 4,300 a 5,000 m.s.n.m.

Se ubica aproximadamente a 180 kilómetros en línea recta al noreste de la ciudad de Lima, a ocho horas por carretera yendo en automóvil desde la Capital.

La provincia de Oyón colinda con las siguientes provincias: por el norte, con la de Cajatambo; por el sur y occidente, con la de Huaura y, por el este, con el departamento de Pasco, hay dos vías de acceso, la principal corresponde al tramo de asfaltado de Lima a Huacho con 152 km y de Huacho a Sayán con 45km; la secundaria corresponde a un tramo afirmado de Sayán a Churín con 62 km y de

Churín a Uchucchacua con 63 km; ambas vías de asfaltado y afirmado totalizan 322 km.

Otra vía de acceso, menos frecuentada, es la que une Lima con La Oroya y Cerro de Pasco, de 270 km de asfaltado y de Cerro de Pasco a Uchucchacua, de 70 km de afirmado los que totalizan 340 km .

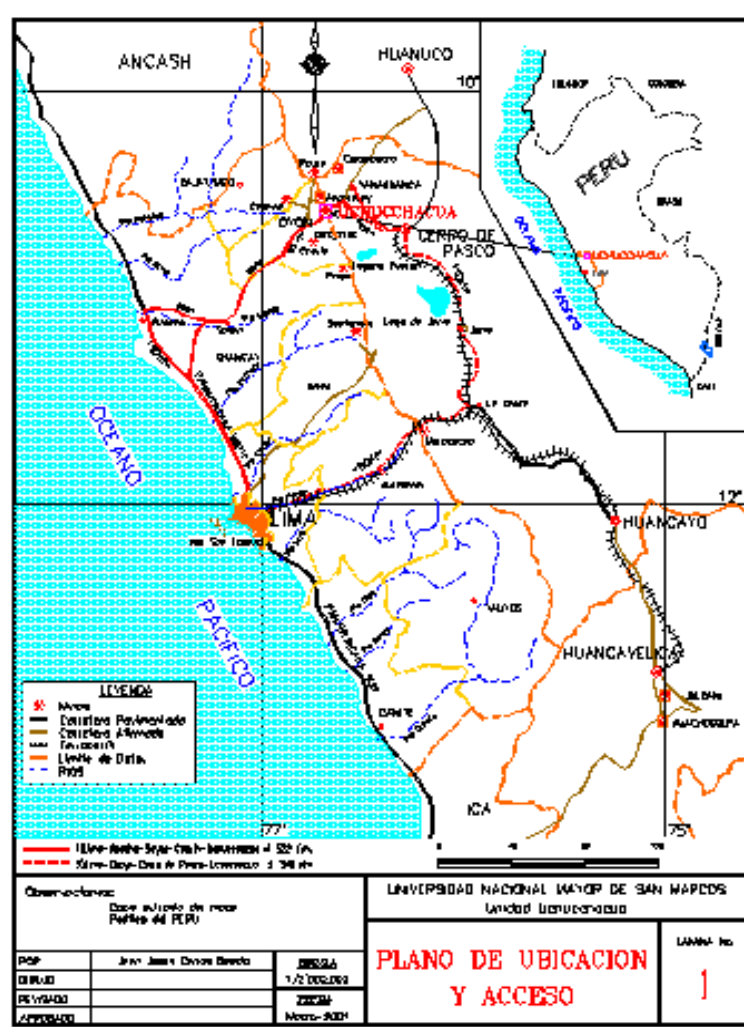


Figura 1 Plano de ubicación de la mina
 Fuente: Área de Geología Uchucchacua

1.2 HISTORIA

Uchucchacua se encuentra en el distrito y provincia de Oyón. Esta provincia fue creada por ley 24330 del 7 de noviembre de 1,985. Su capital tiene el mismo nombre, su clima es variado, templado en los valles y frío en las alturas. En ella se cultiva tubérculos, cereales, legumbres y forrajes.

Hay allí numerosos centros mineros medianos y pequeños, el más importante es el recientemente inaugurado complejo de Iscaycruz cuya capacidad de producción se estima en 125,000 toneladas métricas de concentrados de zinc y de 9,000 toneladas métricas de concentrados de plomo por año. Estos volúmenes de producción implican un incremento del 12% de la producción nacional de zinc y el 3% de la de plomo, calculándose que las utilidades de sus exportaciones ascenderían a 35 millones de dólares anuales.

Las reservas probables de la mina antes mencionada alcanzan a 2 millones 700 mil toneladas métricas del mineral.

En el distrito de Pachangará a 160 km de Lima, se encuentra el pueblo de Churín a 2,080 m.s.n.m., con sus famosas fuentes mineromedicinales sulfatadas, cloruradas, bicarbonatadas y sulfurosas. Estas aguas termales, cuya temperatura promedio es de 34 C°, se recomiendan para el tratamiento de la artritis, alergias, anemias, enfermedades del sistema nervioso, gastritis, úlceras y otras. Para tomar los baños medicinales existen pozas e instalaciones adecuadas. En la población existen hoteles, pensiones y restaurantes para los turistas.

Aunque las propiedades curativas de sus aguas permanecen invariables todo el año, se recomienda hacer el viaje a Churín durante la estación seca, de abril a noviembre, para disfrutar, además, del clima y del paisaje.

A sólo 20 km de Churín se halla el pueblo de Andajes, conocido por sus dulces sobre la base de exquisito manjarblanco que allí se elabora.

Uchucchacua es un yacimiento de plata que está en la jurisdicción del distrito de Oyón, en plena sierra central, conocido desde la época 16elación16, con evidentes y numerosos trabajos en las áreas denominadas Nazareno, Mercedes, Huantajalla y Casualidad.

En el presente siglo, la explotación fue continuada por don Juan Minaya, pasando las minas posteriormente a manos de los señores Jungbluth, quienes continuaron con trabajos a pequeña escala llegando a extraer mineral en Uchucpatón y Otuto donde quedan vestigios de antiguos 'ingenios'.

A inicios de 1960, la Compañía de Minas Buenaventura inició trabajos de prospección dentro de la zona, en condiciones iniciales difíciles, pues no existía la carretera Oyón-Chacua la que fue construida en 1965 y posteriormente, se prolongó hasta Yanahuanca.

De 1969 a 1973, Buenaventura instaló una planta piloto que en principio trató los minerales de las minas Socorro y Carmen con los resultados satisfactorios. La compañía decidió la instalación de una Planta Industrial en 1975 la que en la actualidad tiene una capacidad de tratamiento de 2,000 T.C./Día. A la fecha se

explotan las minas denominadas Carmen, Socorro, San Fernando y Casualidad.

Éstas producen minerales de plomo, plata y zinc.

CAPITULO II

GEOLOGIA DEL YACIMIENTO

2.1 GEOMORFOLOGIA

La mina Uchucchacua se sitúa en un circo glaciar en la vertiente occidental de los Andes, muy cerca a la divisoria continental. La zona es muy abrupta, la misma que llega a coronar alturas de hasta 5,200 msnm. El distrito minero está flanqueado por quebradas en “U” y “V”. Hacia el este, en la vertiente oriental, se observa una porción de la planicie altiplánica, la que también está disectada por numerosas quebradas. Los valles en “U” fueron el resultado de los efectos de la glaciación pleistocénica. En el fondo de estos valles y en las laderas se depositaron morrenas frontales y laterales que, en varios casos, represaron las aguas de deshielo formando gran cantidad de lagunas en el lugar, siendo una de las más importantes la laguna Patón.

2.2 GEOLOGÍA REGIONAL

Las rocas predominantes en la columna estratigráfica corresponden a las sedimentarias del cretáceo, sobre ellas se tiene a los volcánicos terciarios, e intruyendo a las anteriores se observan dos tipos de intrusivos. Coronando la secuencia figuran depósitos aluviales y morrenicos.

2.2.1. Sedimentarios

a.1.- Grupo Goyllarisquizga. Aflora entre la laguna Patón y Chacua , al NW y SE de este centro minero y ocupando algo más del 50 % del área observada; en el se ha diferenciado cinco unidades asignadas al cretáceo inferior.

a.1.1.-Formación Oyón. (Ki-o). Conformado por una intercalación de lutitas gris oscuras, areniscas y capas carbonosas antracíticas muy disturbadas. Se reconoce una potencia de 400 mts. Aflorando al NW Oyón. Se le asigna al valanginiano.

a.1.2.-Formación Chimú. (Ki-Chim) Constituido por cuarcitas blancas con una porción superior de calizas con capas arcillosas y lechos carbonosos. Tiene una potencia de 400 á 600 mts., se le observa a lo largo del eje del anticlinal de Patón. Se le ubica en el valanginiano.

a.1.3.- Formación Santa. (Ki-sa) Está representado por una serie de 120 mts. De calizas, lutitas azul grisáceas, y ocasionales nódulos de chert. Aflora al Oeste y Norte de la laguna Patón; se le considera del valanginiano.

a.1.4.- Formación Carhuaz. (Ki-ca) Es una alternancia de areniscas finas y lutitas marrón amarillento y una capa superior de arenisca de grano fino y color rojo brillante. Su potencia es de 600 mts. Y edad valanginiano superior a barremiano. Aflora en el flanco oeste del anticlinal de Patón.

a.1.5.- Formación Farrat. (Ki-f) Representado por areniscas blancas con estratificaciones cruzadas, 20 á 50 mts. De espesor; aflora al Nor-oeste de la laguna Patón. Pertenece al aptiano.

a.2.- Grupo Machay.

a.2.1.-Formación Pariahuanca. (Ki-Ph) Formado por un paquete de 50 mts. De espesor consistente en calizas grises; afloran al Nor-oeste de la laguna Patón. Se le asigna al aptiano superior.

a.2.2.- Formación Chulec. (Ki-Ch) Consta de 200 mts. De margas, lutitas y calizas en característica estratificación delgada, que en superficie intemperizada tiene una coloración marrón amarillento. Aflora al Nor-oeste de Patón; se le ubica en el albiano inferior.

1.2.3.- Formación Pariatambo. (Ki-pt) Constituido por lutitas negras carbonosas y caliza bituminosas plegadas, se sospecha con contenido de vanadio (J.J. Wilson). Tiene una potencia de 50 mts. Y hacia el techo existe una alternancia con bancos delgados de 20elac. Están expuestas al Oeste y Nor-oeste de Patón; su edad es del albiano medio.

a.3.-Formación Jumasha. (Ki-j) Potente secuencia de calizas gris claro en superficie intemperizada y gris oscuro en fractura fresca. Constituye la mayor unidad calcárea del Perú Central; se le subdivide en tres miembros limitados por bancos finos de calizas margosas beige.

A.3.1.- Jumasha Inferior. (J-i) Alternancia de calizas nodulosas con 20elac y calizas margosas que alcanzan los 570 mts. De potencia. Se le ubica en el albiano superior-turoniano.

a.3.2.- Jumasha Medio. (J-m) Calizas grises alternadas con calizas nodulosas y algunos horizontes margosos. Se le estima 485 mts. De grosor y se le asigna al turoniano.

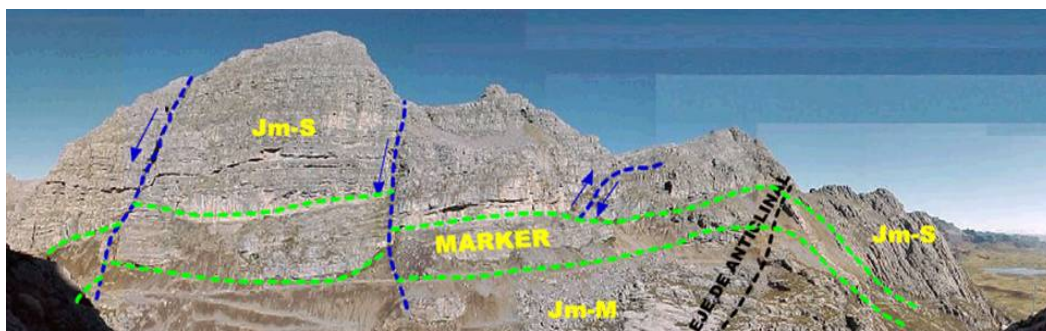


Figura 2 Formación de las calizas Jumasha

Fuente: Área de Geología Uchucchacua

a.3.2.- Jumasha Superior. (J-m)

Calizas de grano fino con una base de esquistos carbonosos, coronados por calizas margosas beige. Se le estima una potencia de 405 mts. Y se le ubica en el turoniano superior. Es el techo del Jumasha.

Los afloramientos del Jumasha son los mas extendidos en el área, y ha sido posible diferenciarlos dada la ubicación de muchos horizontes fosilíferos guías.

a.4.- Formación Celendín. (Ks-c) Es una alternancia de calizas margosas, margas blancas y lutitas calcáreas nodulares marrón, que sobreyacen concordantemente al Jumasha. Se ha diferenciado dos miembros ubicados entre el coniaciano y santoniano.

a.4.1.- Celendín Inferior. (C-i) Conformado por calizas margosas amarillentas en alternancia con lutitas de un grosor de 100 mts. Que en la base se muestran finamente estratificadas.

a.4.2.- Celendín Superior. (C-s) Esta formado por lutitas y margas marrón grisáceo de 120 mts. De potencia. Ambos miembros afloran flanqueando al anticlinal de Cachipampa, al oeste y Este de Uchucchacua.

a.5.- Formación Casapalca. (Kti-ca)

Sobreyace ligeramente discordante sobre el Celendín y está constituido por lutitas, areniscas y conglomerados rojizos, con ocasionales horizontes lenticulares de calizas grises. Su suavidad y fácil erosión ha permitido la formación de superficies llanas tal como se observa en Cachipampa. Se le estima una potencia de 1,000 mts. Y su edad probable es post-santoniano.

2.2.2.- Volcánicos

b.1.- Volcánicos Calipuy. (Ti-Vca)

Se encuentran discordantemente sobre la Formación Casapalca y es un conjunto de derrames andesíticos y piroclásticos de edad terciaria. Su espesor es estimada en 500 m. Y aflora al Norte de la zona de Uchucchacua.

C.- Intrusivos.

Pórfidos de dacita forman pequeños stocks de hasta 30 metros de diámetro, también se tiene diques y apófisis de dacita distribuidos irregularmente en el flanco occidental del valle, afectando a las calizas Jumasha-Celendin principalmente en las áreas de Carmen, Socorro, Casualidad y Plomopampa; los intrusivos forman aureolas irregulares de metamorfismo de contacto en las calizas. A. Bussell hace mención de diques riolíticos al Norte de Chacua intruyendo a los volcánicos Calipuy.

D.- Cuaternario.

d.1.- Depósitos Morrénicos. (Q-mo)

A cotas mayores de 3,800 m.s.n.m. el área sufrió los efectos de la glaciación pleistocénica, formando valles en “U” en cuyo fondo y laderas se depositaron morrenas que en varios casos represaron el hielo fundido, tal como la laguna Patón. Por otro lado, en Cachipampa las morrenas muy extendidas cubren a las capas rojas; estos depósitos están conformados por un conjunto pobremente clasificado de cantos grandes en matriz de grano grueso a fino generalmente anguloso y estriado.

d.2.- Depósitos Aluviales. (Q-al) Se encuentran ampliamente extendidos y son de varios tipos como: escombros de ladera, flujos de barro, aluviales de río. La naturaleza de estos elementos es la misma de las unidades de roca circundante.

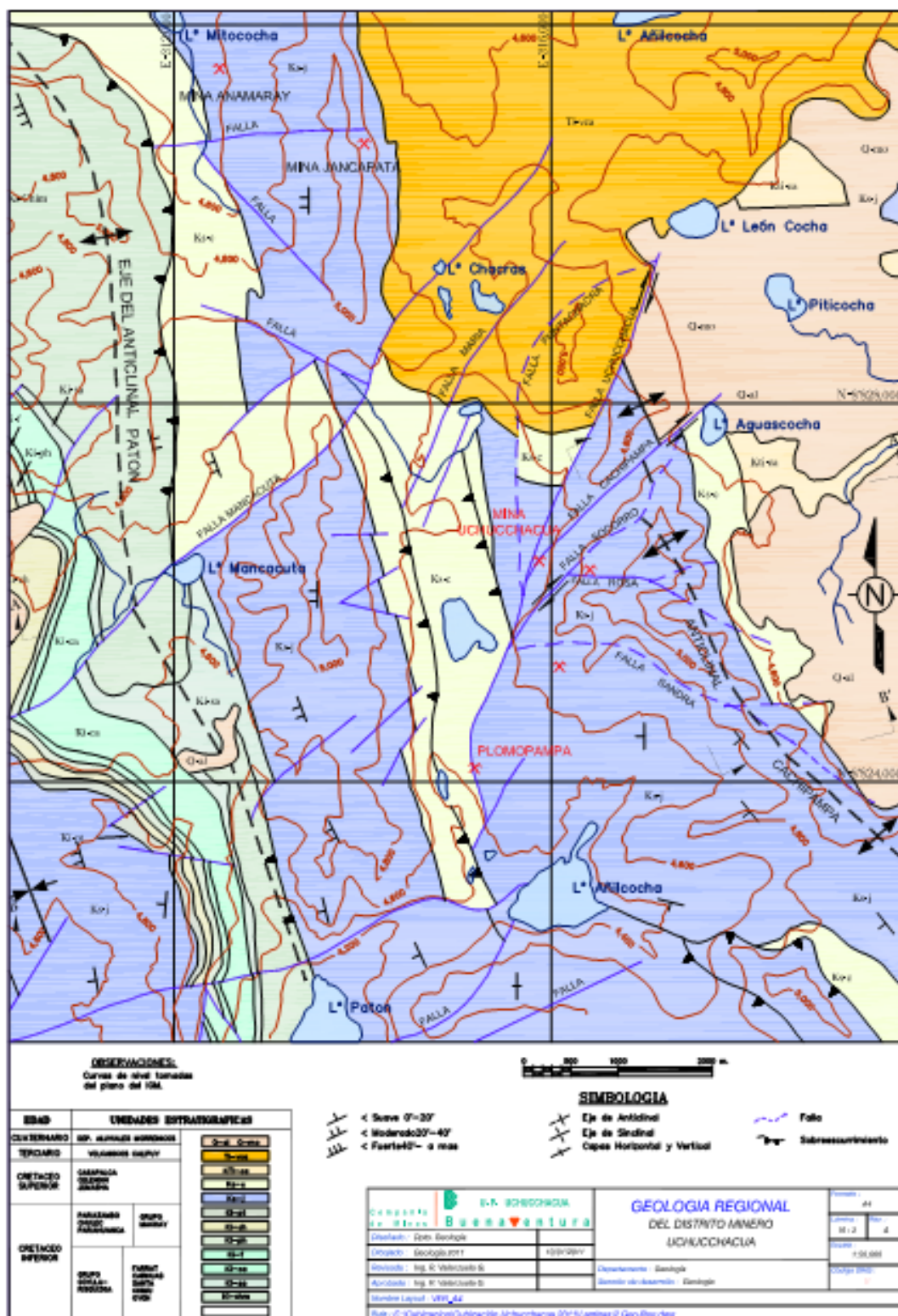


Figura 3. Geología Regional del Yacimiento
Fuente: Área de Geología Uchucchacua

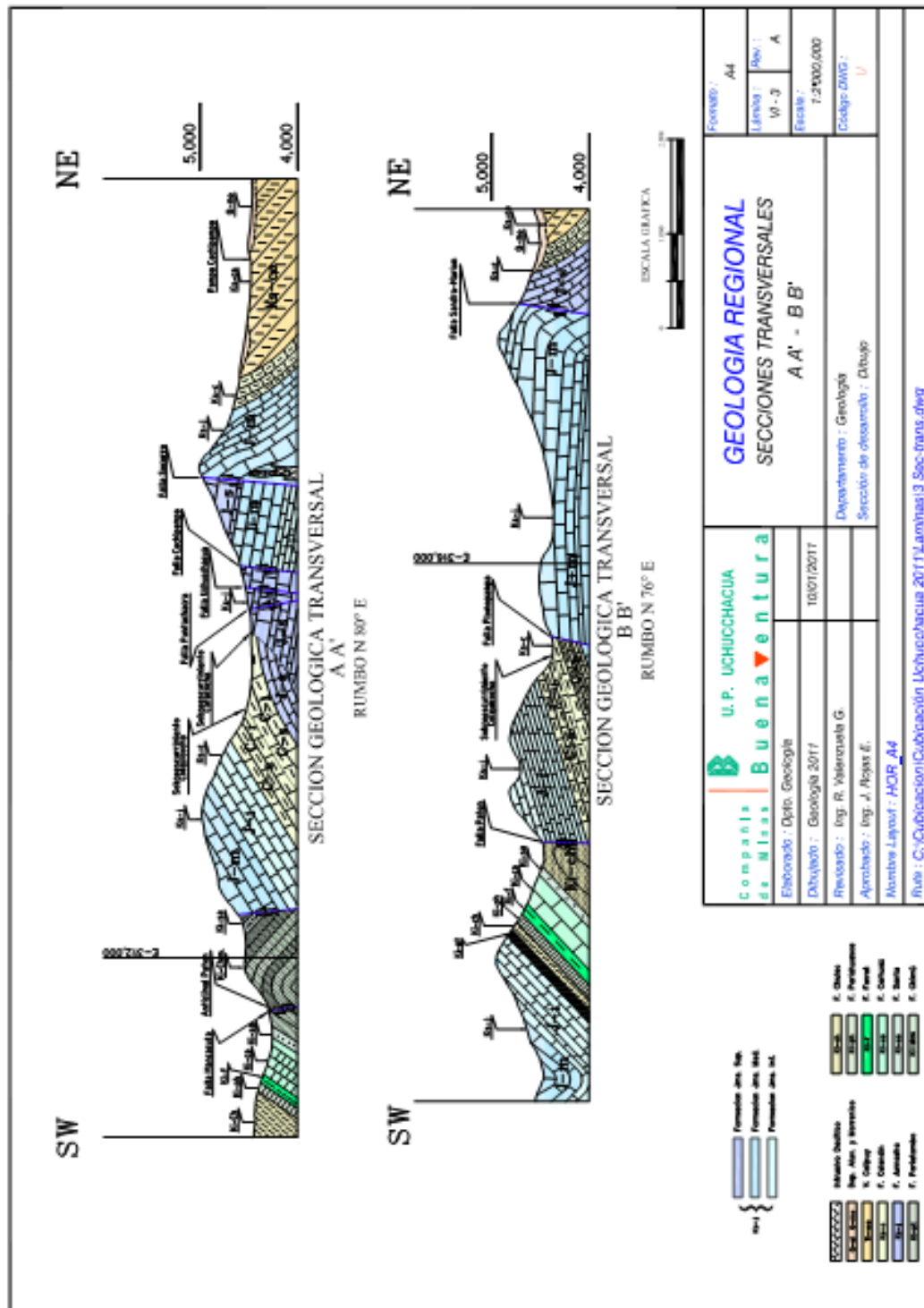


Figura 4 Corte geología regional secciones transversales
 Fuente: Área de Geología Uchucchacua

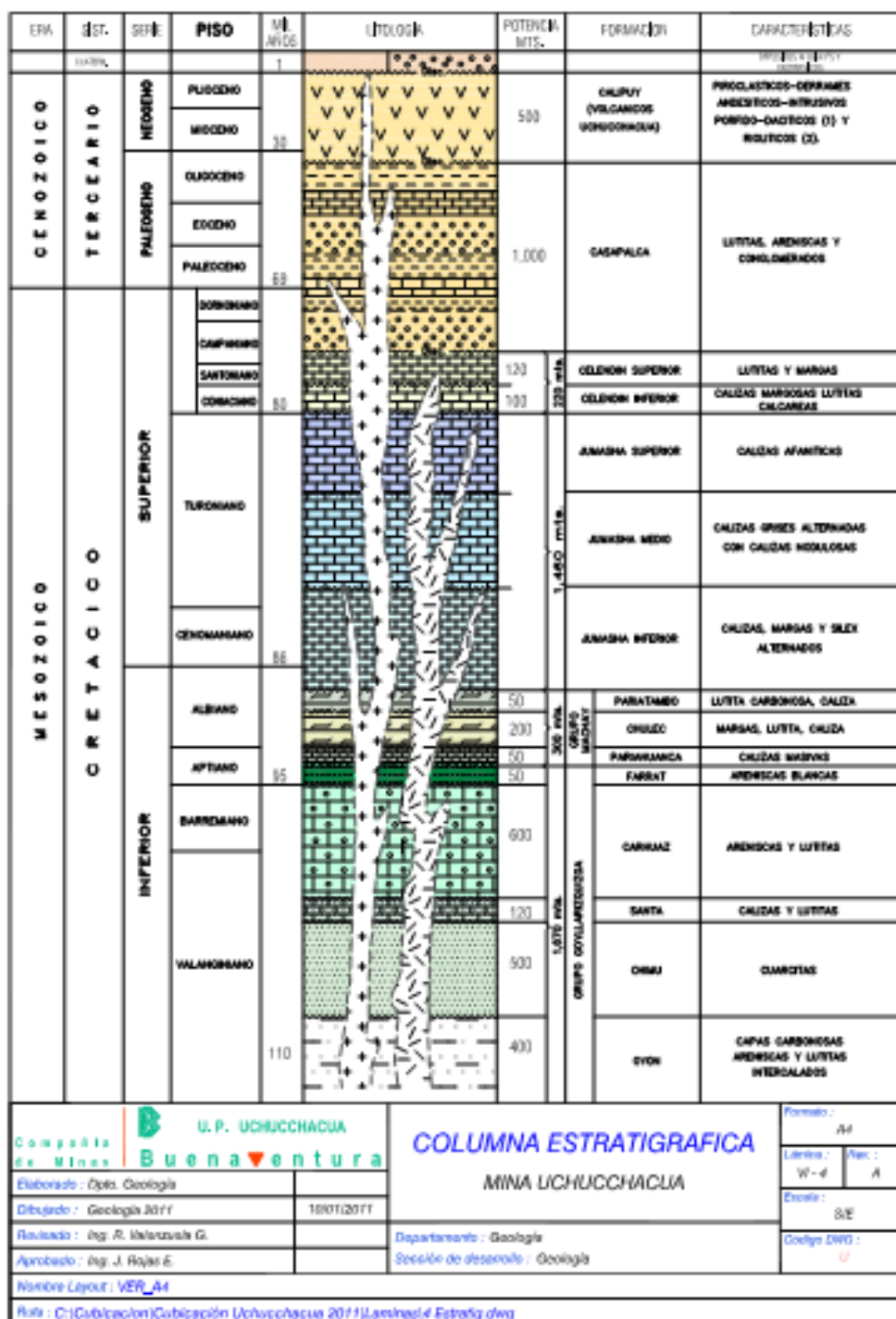


Figura 5 Columna Estratigráfica
 Fuente: Área de Geología Uchucchacua

2.2.3 Mineralización y Alteración

Uchucchacua es un depósito hidrotermal epigenético del tipo de relleno de fracturas (vetas), las cuales también fueron canales de circulación y reemplazamiento metasomático de soluciones mineralizantes que finalmente formaron cuerpos de mineral. La presencia de intrusivos ácidos como pequeños stocks y diques, sugieren la posible existencia de concentraciones de cuerpos de mineral del tipo de metasomatismo de contacto especialmente de zinc. La mineralización económica comercial es básicamente de plata, como subproducto se extrae zinc, se observa además una amplia gama de minerales de ganga muchos de rara naturaleza. Las estructuras se emplazan en rocas calcáreas del cretácico superior y son de diversa magnitud, asociadas a ellas se encuentran cuerpos de reemplazamiento irregulares y discontinuos. En la zona de Casualidad y Socorro SW hay evidencia de skarn mineralizado. El área mineralizada se encuentra en un perímetro de 4 x 1.5 Km. Y para efectos de operación se le ha dividido en cuatro zonas Socorro , Carmen, Huantajalla y Casualidad.

2.2.3.1 Procesos de Mineralización

El proceso de mineralización en Uchucchacua fue sumamente complejo, sin embargo se hace un intento de interpretación en ocho etapas:

- 1).- Plegamiento regional, sobrecurrimiento, falla Uchucchacua.
- 2).- Fracturamiento en sistemas N-S, WNW-E.
- 3).- Desplazamiento de fallas Cachipampa, Socorro, disloque de intrusiones, de vetas Rosa y Sandra, formación de fracturas tensionales al norte de falla Socorro (Luceros), veta Rosa (Rosa 2, 3, Claudia, Victoria, etc.) y Sandra (Violeta, Plomopampa, Jacqueline, etc.), brechamiento en la caja norte de veta Rosa.

- 4).- Mineralización etapa 2, en fracturas tensionales de Socorro (Luceros), de Sandra y en menor proporción en las veta Rosa (Irma Viviana, Rosa Norte, etc.).
- 5).- Mineralización etapa 3 en brecha de veta Rosa (Irma Viviana, Rosa Norte, etc.) y sus tensionales al SE (Rosa 2, Claudias, Victorias, etc).
- 6).- Reapertura de fracturas y deposición tardía de minerales de etapa 4.
- 7).- Oxidación supérgena de minerales por aguas de percolación.

Tipos de Mineralización

En Uchucchacua se presentan tres tipos:

Relleno de Fracturas. Por efecto de los movimientos de las fallas regionales referidas en el capítulo correspondiente, se originó un complejo fracturamiento en las unidades rocosas del Jumasha, estas fracturas son de magnitud distrital (1-1.5 Km.) y con desplazamiento de relativo poco salto en las componentes vertical y horizontal, estas al ser rellenadas por las soluciones hidrotermales toman la configuración en rosario; el relleno mineralógico es mayormente de sulfuros tales como Galena, Blenda, Pirita, Plata Roja, Alabandita, también Calcita, Rodocrosita; en menor cantidad presentan silicato; en sus tramos tensionales quedaron cavidades que permitieron la percolación de aguas meteóricas que en algunos casos disolvieron la caliza, y en gran parte oxidaron el mineral. La mineralización se dispone en bolsonadas de diversa longitud con zonas de ensanchamiento y adelgazamiento en los bordes, en algunos casos son filones de fisura de muy limitada extensión; indudablemente están íntimamente ligadas a la formación de cuerpos de reemplazamiento.

Reemplazamiento Metasomático.

Las calizas del Jumasha Medio e inferior como cajas de las fracturas en Chacua, han favorecido el proceso de reemplazamiento por sulfuros y silicatos de metales económicos como plata y zinc, formando cuerpos irregulares muy relacionados a las

vetas las cuales funcionaron como canales definidos de mineral reemplazante en sus zonas de inflexión, la forma de estas concentraciones es irregular, con dimensiones entre 30 a 140 m. De longitud, alrededor de 150 m. De altura y 4 á 30 m. De ancho; en el caso particular del Cuerpo Irma Viviana, esta llega a tener una extensión vertical de alrededor 300 m. En profundidad el reemplazamiento es mucho más irregular y tienden a ser controlados por planos de estratificación, sus afloramientos en superficie se caracterizan por presentar un enjambre de venillas de calcita con oxidaciones de manganeso.

Metasomatismo de Contacto.

La presencia de intrusivos en el distrito minero determina la existencia de skarn en sus dos tipos, endoskarn y exoskarn mineralizados predominantemente con blenda oscura, Chalcopirita y Galena Argentífera de grano grueso que se disemina con granate del tipo grosularia, presentan también una configuración irregular alrededor de los intrusivos, están constituidos por disseminaciones y vetillas de mineral cualitativamente inferiores a las vetas y reemplazamientos. Por ahora no revisten importancia económica sin descartarse que puedan existir concentraciones de este tipo con calidad y volumen importantes.

Sistema de Vetas

Entre las fallas Uchucchacua, Cachipampa y Socorro es posible definir tres sistemas:

- a. Sistema NW-SE, predomina mayormente en el área de Socorro, a esta pertenece las vetas Camucha, Lucero, Dora, V-3, Doris, Socorro 1 y se encuentran limitados entre las fallas Uchucchacua y Cachipampa.
- b. Sistema E-W, el cual parece estar controlando el fracturamiento NW-SE y EN-SW; estas vetas tienen rumbos entre N 80 E a E-W y buzamientos que

tienden a ser verticales, sus zonas de oxidación profundizan considerablemente, pasando a veces los 300 m; las vetas de este sistema son: Rosa, Sandra, Rosa 2, Consuelo, Karla, Silvana, etc.

- c. Sistema EN-SW, es al parecer el sistema dominante sobre todo al Sur de la zona de producción, las exploraciones al Sur de veta Rosa toman el rumbo de las vetas de este sistema, las cuales se disponen alrededor de los intrusivos observados en superficie en el área de Casualidad, son de relativa larga longitud ya que se las observa desde el campamento Plomopampa, son sinuosos con ramales secundarios, zonas de angostamiento y ensanchamiento; a este sistema pertenecen las vetas Luz, Casualidad 1, 2, Victoria, Claudias, Plomopampa 1, 2 y sistema Huantajalla.

Cuerpos

Se diferencia los cuerpos de metasomatismo de contacto cuyas características principales son su forma irregular, su relación estrecha a los intrusivos del área, la conformación de skarn con granates, marmolización y mineralización diseminada de blenda, 30elación30áf y galena; hasta el momento no se ha determinado concentraciones importantes de este tipo, pero se conoce algunas de segunda importancia económica, entre vetas Luz y Luz 1 del nivel 550 a 450, otro en la cortada 976 en el nivel 550, también en el nivel 450 cerca al pique, igualmente en el 450 de Casualidad.

Cuerpos de reemplazamiento metasomático en mina Carmen están relacionados a inflexiones de vetas, se encuentran vecinos o unidos a ellas, de formas irregulares, más extendidos en vertical que horizontalmente, con valores de plata superiores a los anteriores; su característica principal es la presencia de los silicatos de manganeso en mayor cantidad que en las vetas, la cantidad de platas rojas es

notable y evidentemente de deposición tardía; entre los cuerpos reconocidos se tiene a Irma-Viviana, Rosa Norte, Rosa 2 y Claudia.

Como cuerpos de reemplazamiento metasomático tenemos en la mina Socorro los del sistema Luceros, con caracteres estructurales y mineralógicas diferentes a los de la mina Carmen, donde predominan los carbonatos como matriz (calcita, rodocrosita), fina diseminación de pirita, galena, esfalerita, puntos de plata roja, alabandita y no se observan silicatos de manganeso.

Guías de Mineralización

Estructural.

Indudablemente el fallamiento regional originó el fracturamiento y brechamiento de la caliza que permitió la migración y deposición de los minerales así como el reemplazamiento; es necesario considerar algunos rasgos estructurales que permiten ubicar concentraciones de mineral tales como el indicado por Bussell y Baxter, en la relación del sistema Casualidad, Huantajalla con la prolongación de la denominada Plomopampa 3; en todo caso la conjugación del fracturamiento y fallamiento en todo el distrito es sumamente importante económicamente.

Mineralógico.

La galena de grano grueso y pirita fina se hallan asociados a la mineralización de plata, la alabandita y magnetita contienen plata en solución sólida; los silicatos de manganeso se hallan cada vez mas identificados con el reemplazamiento y por consiguiente con los cuerpos de mineral, la presencia de ellos en alguna estructura puede conducirnos a bolsonadas importantes. La Calcita rodea los cuerpos y está a ambos lados de las estructuras tabulares.

Litológico.

Las calizas de la formación Jumasha juegan un rol muy importante como cajas favorables a la mineralización, se ha indicado repetidas veces su subdivisión especulando como horizonte mas favorable el intermedio, sin embargo resulta aún difícil definir esta apreciación y más bien se reafirma la idea de esta unidad sin límites de negatividad.

2.2.4 Alteración hidrotermal

a.- Marmolización

Alrededor de los intrusivos y en las cajas de las vetas cuando ellas se aproximan a estos, se cree que este último caso es un detalle negativo en la presencia de mineral económico, lo que no está plenamente comprobado.

b.- Granatización

Como producto de la intrusión de los pequeños apófisis, diques, se tiene en las aureolas del skarn; se relaciona además este tipo de alteración con la mineralización de silicatos de manganeso de los cuerpos de reemplazamiento, tipificándolos como skarn distal.

c.- Silicificación

La mineralización de los cuerpos de reemplazamiento muchas veces forman aureolas delgadas de silicificación en la caliza encajonante, lo mismo que cuando ésta es englobada en “caballos” y fragmentos grandes.

2.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

El aspecto estructural es de suma importancia en Uchucchacua y así lo refiere el siguiente extracto: “La génesis del yacimiento de Uchucchacua está relacionado a una estructura geológica principal de nuestros Andes, evidenciada por los cuerpos intrusivos de Raura, Uchucchacua, Chungar, Morococha y otros. Es también evidente que esta actividad magmática ha traído consigo la formación de yacimientos minerales importantes. Al respecto, conviene anotar que la composición de las rocas intrusivas encontradas en Uchucchacua son de acidez intermedia, similar a la de tantos otros intrusivos relacionados con yacimientos minerales en el Perú”. (Ing. A. Benavides- Abril,1974).

Las principales estructuras son del sistema NE – SW y las tensionales son del sistema EW y NW-SE. Ver figura 6.

A.- Pliegues.

Las fases comprensivas han plegado los sedimentos cretácicos formando los anticlinales de Cachipampa, Pacush y Patón, en una orientación NW-SE e inclinados hacia su flanco occidental. En menor magnitud se tiene zonas disturbadas locales siempre asociadas a los plegamientos mayores.

B.- Sobreescurrecimientos.

En el área de Uchucchacua la secuencia cretácica presenta una base “lubricante” constituida por las lutitas Oyón, que permitió la configuración de pliegues invertidos y sobreescurrecimientos por esfuerzos compresivos. Producto de este fenómeno se tiene el sobreescurrecimiento de Colquicocha que pone a “cabalgar” a la formación Jumasha sobre la formación Celendín. Hacia el Nor-oeste el sobreescurrecimiento Mancacuta pone a la formación Chimú plegada sobre las margas Celendín.

C.- Fallas y Fracturamientos.

El área ha sido afectada por numerosas fallas en diversas etapas, a nivel regional se observa que las de mayor magnitud son transversales al plegamiento desplazando en ese sentido, aunque también los movimientos verticales son importantes.

C.1.- Falla Mancacuta.

Pasa por el lago del mismo nombre tiene un movimiento principal dextral, es aproximadamente de rumbo N 45° E y de alto ángulo de buzamiento. Corta y desplaza a los anticlinales de Patón y Cachipampa conformados por sus respectivas unidades litológicas.

C.2.- Falla Socorro

Del mismo sistema que la anterior, también dextral, se le estima un desplazamiento horizontal de 550 mts; está muy relacionada por esta última en su extremo Sur-oeste. Esta falla y sus estructuras asociadas son importantes ya que están íntimamente ligadas a los procesos de fracturamiento secundario y actividad hidrotermal de Uchucchacua.

C.3.- Falla Uchucchacua.

Tiene un rumbo casi Norte-Sur y buzamiento de alto ángulo, con movimiento dextral y desplazamiento vertical de casi 500 mts. Convergiendo hacia el Norte con la falla Mancacuta.

C.4.- Falla Cachipampa. Surge entre la intersección de las fallas Uchucchacua y Socorro, con un rumbo promedio de N 45° E y alto ángulo de buzamiento. Tiene un

movimiento dextral controlando al sistema de vetas del área de Socorro, y desplazando el eje del Anticlinal de Cachipampa.

C.5.- Falla Patón. Tiene un rumbo promedio de N 65° E, con un desplazamiento de gran magnitud tanto en vertical como en horizontal, en este último en sentido dextral. Se muestra vertical a la altura de Otuto e inclinado progresivamente hasta los 40-NW en su extremo NE.

C.6.- Falla Rosa. Tiene un rumbo promedio de S 80° E y alto ángulo de buzamiento, tiene un comportamiento sinextral – normal. En el rumbo EW se presenta como una zona favorable, emplazándose los principales cuerpos conocidos.

C.7.- Veta Sandra. Tiene un rumbo EW y alto grado de buzamiento, de comportamiento sinextral – normal.

C.8.- Fracturamiento de Uchucchacua. Un fracturamiento secundario en el aspecto estructural regional, pero de suma importancia económica, es el que se muestra alrededor de las fallas Uchucchacua y Socorro a las cuales tiene importante relación genética; muchas son fallas con evidente desplazamiento horizontal y vertical, otras son fisuras tensionales de limitada longitud y producto del movimiento de las anteriores.

Localmente, se ha determinado tres sistemas, el primero de sentido NE-SW predominante en las zonas de Socorro y Casualidad; en Carmen predominan fracturas de rumbo E-W; e indistintamente en las tres zonas existen fracturas NW-SE. Todas ellas en diversa magnitud, han sido afectadas por actividad hidrotermal.

La mineralización está asociada a la intersección de Vetas, craquelamiento y venilleo intenso de calcita.

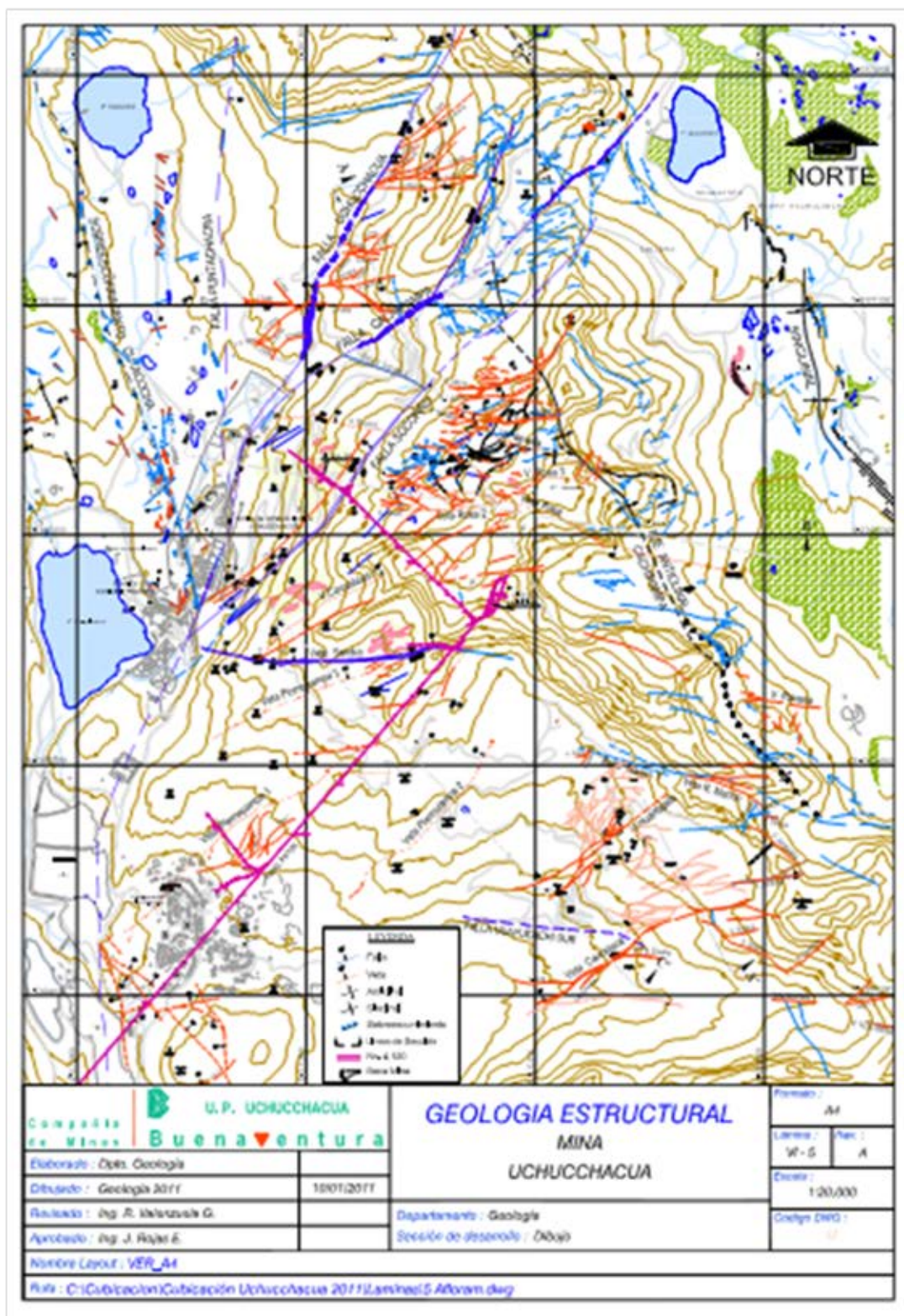


Figura 6 Geología Estructural del Yacimiento

Fuente: Área de Geología Uchucchacua

2.4 RESERVAS, RECURSOS E INDICADORES MINA UCHUCCHACUA

2.4.1 Reservas:

Tabla N°1 Reservas de Mineral - Uchucchacua

AL 31 DE Diciembre DEL 2013

	T.C.S.	Oz. Ag	% Pb	% Zn	%Mn	Ancho	Oz. Ag. Eq.
SULFUROS PLATA	4,848,370	13.7	1.0	1.4	9.40	3.64	14.6
SULFUROS PB-ZN	669,525	5.1	3.8	5.6	3.45	4.25	9.1
PLATA-OXIDOS	356,200	17.0	-	-	5.39	2.15	17.0
TOTAL RESERVAS	5,874,095	12.9	1.3	1.8	8.51	3.62	14.1

AL 31 de Mayo del 2013

	T.C.S.	Oz. Ag	% Pb	% Zn	%Mn	Ancho	Oz. Ag. Eq.
SULFUROS PLATA	4,660,685	13.4	1.0	1.4	9.44	3.72	14.3
SULFUROS PB-ZN	669,525	5.1	3.9	5.6	3.45	4.25	9.1
PLATA-OXIDOS	354,780	16.9	-	-	5.36	2.16	16.9
TOTAL RESERVAS	5,684,990	12.7	1.3	1.8	8.48	3.68	13.8

2.4.2 Recursos:

Tabla N°2 Recursos - Uchucchacua

AL 31 DE DICIEMBRE DEL 2013

	T.C.S.	Oz. Ag	% Pb	% Zn	%Mn	Ancho	Oz. Ag. Eq.
SULFUROS PLATA	2,991.800	15.0	1.0	1.4	10.28	3.01	15.8
SULFUROS PB-ZN	700,946	4.7	5.0	6.3	2.32	5.57	9.7
PLATA-OXIDOS	184,270	19.0	-	-	7.90	2.56	19.0
TOTAL RECURSOS	3,877,016	13.3	1.7	2.2	8.73	3.45	14.8

AL 31 DE MAYO DEL 2013

	T.C.S.	Oz. Ag	% Pb	% Zn	%Mn	Ancho	Oz. Ag. Eq.
SULFUROS PLATA	2,928,710	14.9	1.0	1.4	10.33	3.10	15.7
SULFUROS PB-ZN	700,946	4.7	5.0	6.3	2.32	5.57	9.7
PLATA-OXIDOS	185,690	19.0	-	-	7.95	2.55	19.0
TOTAL RECURSOS	3,815,346	13.2	1.7	2.2	8.74	3.53	14.7

2.4.3 Indicadores:

Tabla N°3 Indicadores Uchucchacua

	Carmen	Huantajalla	Socorro	Casualidad	Pozo Rico	Total
T.C.S Nuevas (Ganancia Neta)	62,312	82,155	494,705	0	-	639,172
Oz Ag	13.6	14.6	15.4	-	-	15.1
Mts. Expl.+Dess.	2,151	2,359	4,647	0	-	9,157
T.C.S. Nuevas/Mts. Expl.+Dess.	29.0	34.8	106.5	-	-	69.8
T.C.S. Explotadas	66,402	91,085	292,580	0	-	450,067
T.C.S. Nuevas/T.C.S. Explotadas	0.9	0.9	1.7	-	-	1.4
Mts. Perf. Diamantina	10,453	4,523	4,470	0	-	19,446
Recursos cub. con DDH (TCS)	40,881	31,425	66,763	0	-	139,069
T.C.S. / Mts. Perf. Diam.	3.9	6.3	16.7	0	-	7.2

2.5 CARACTERIZACION GEOMECANICA

2.5.1 Mapeo geoestructural:

Esta labor es realizada por el área de geología –geomecánica que tratar de mantener actualizada esta información por lo menos para todas las labores permanentes y temporales. Esta información es valiosa, en el sentido de que se dispondrá de elementos de juicio que apoyen a la toma de decisiones sobre las diferentes variables geomecánicas asociadas al minado.

Tabla N°4 Fallas Principales

FALLAS PRINCIPALES MINA SOCORRO					
	RUMBO	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION	DIP	TIPO
GINA -SOCORRO	N74W	16NE	316	16	
ELIANA NORTE	N40W	16SE	130	16	
REGINA	N64E	20NW	64	20	
VETA DEISSY	N80W	75NE	310	75	
GIOVANA -NORTE	N40E	85NW	310	85	

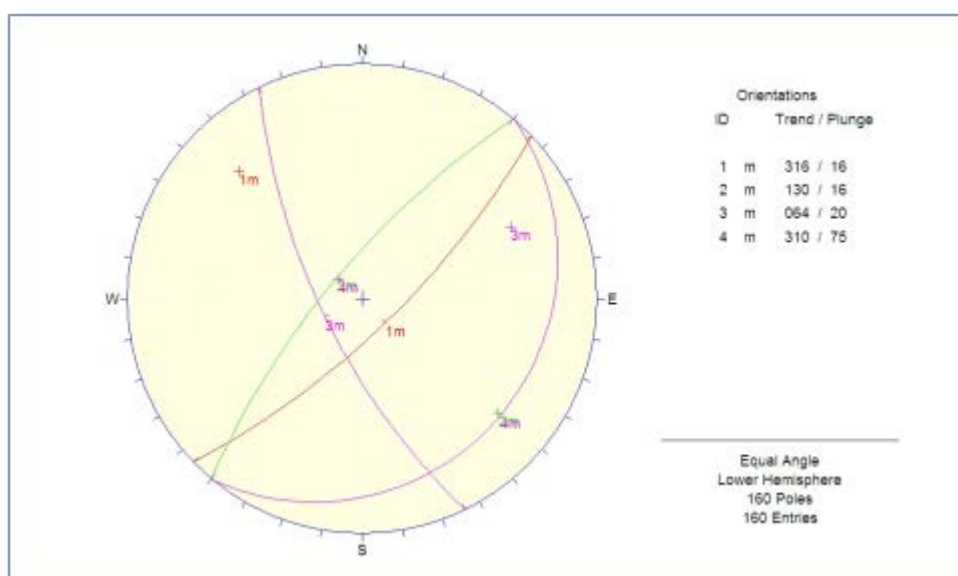


Figura 7 Proyección relación gráfica

Fuente: Área de Geomecánica

2.5.2 Caracterización de la masa rocosa:

La caracterización de la masa rocosa de las labores quedará definida por los planos litológicos estructurales que elaboren el Departamento de Geología-geomecánica y la calidad de la masa rocosa determinada en el mapeo geomecánico. Se tiene establecido un código de colores para designar rangos de calidad de masa rocosa, utilizando el criterio de clasificación de Bieniawski (1989), el cual contempla 5 clases de rocas según los valores de RMR (Rock Mass Rating): Clases I, II, III, IV y V,

respectivamente correspondientes a rocas de calidad Muy Buena, Buena, Regular, Mala y Muy Mala, ver cartilla geomecánica figura 3.2,3.3.

Para clasificar geomecánicamente a la masa rocosa se utilizó la información desarrollada precedentemente, aplicando los criterios de clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR – Valoración del Macizo Rocoso – 1989), Barton y Colaboradores (Sistema Q – 1974) y Marinos & Hoek (GSI – Geological Strength Index – 2002).

Los parámetros de la clasificación geomecánica fueron obtenidos durante el mapeo geotécnico de la masa rocosa de las labores permanentes (galerías, cruceros, rampas, tajos, etc.) y temporales (tajos, accesos) de las 4 minas (Socorro, Carmen y Huantajalla-Casualidad). Los valores de resistencia compresiva de la roca intacta, fueron obtenidos conforme a los procedimientos señalados mas adelante en el numeral 3.4. Los valores del índice de calidad de la roca (RQD) fueron tomados de los formatos de registro de los logueos de los testigos de las perforaciones diamantinas, efectuados por el personal de geología, y mediante el registro lineal de discontinuidades en la masa rocosa de las labores subterráneas, utilizando la relación propuesta por Priest & Hudson (1986), teniendo como parámetro de entrada principal la frecuencia de fracturamiento por metro lineal.

Tabla N°5 Criterio para la clasificación de la masa rocosa

Tipo de roca	Rango RMR	Rango Q	Calidad según RMR
II	> 60	> 5.92	Buena
III A	51 – 60	2.18 – 5.92	Regular A
III B	41 – 50	0.72 – 1.95	Regular B
IV A	31 – 40	0.24 – 0.64	Mala A
IV B	21 – 30	0.08 – 0.21	Mala B
V	< 20	<0.07	Muy Mala

CAPITULO III

OPERACIONES MINERAS

3.1 MINADO

Los métodos de minado en Mina Uchucchacua son principalmente el Corte y Relleno Ascendente Mecanizado para vetas y cuerpos irregulares, Taladros Largos con subniveles para vetas y cuerpos de mayor regularidad y tajeos por Acumulación. La accesibilidad a los tajos es mediante rampas y caminos.

Actualmente la producción de mina es de 2,250 TCS/día.

3.2 PERFORACIÓN Y VOLADURA

La perforación de los tajos se hace en realce en la mayoría de los casos cuando la roca tiene mayor estabilidad y en breasting para el caso de zonas de poca estabilidad, los equipos utilizados son: jumbos electro hidráulicos, de los cuales el Quasar y el Long hole drill son los encargados de perforar los taladros largos; los Upper drill, Jacklegs y Stoppers, se encargan de la perforación convencional. Para la voladura se utiliza anfo, dinamita, faneles y carmex, tanto en frentes y tajos



Fig. 8 Jumbo Quasar, preparando taladros largos en el Tajo 775 del Cuerpo Magaly

voladura es controlada (Smooth Blasting) lo que permite mejorar el auto sostenimiento del macizo rocoso y reducir costos de suministros de sostenimiento.

3.3 ACARREO Y TRANSPORTE DE MINERAL

El acarreo de mineral y desmote en los tajos se hace con scoops eléctricos de 3.5 Yd³, 2.8 yd³, 2.2 Yd³, 1.0 Yd³ y un microscoop. Asimismo, contamos con tres scoops diesel, dos de 3.5 Yd³ y uno de 2.2 Yd³, que trabajan principalmente en la profundización de la Mina Carmen y Socorro y los sublevels con Control Remoto.

El sistema de transporte es mixto, utilizando para ello camiones de bajo perfil de 20 ton y locomotoras de: 15 ton, 8 ton, 6 ton, 5 ton, 3.5 ton.



Fig.9 Scoop diesel de 2,2, yd3 a control remoto, en plena limpieza desde un draw point en el tajo 775 Cuerno Marav Nv 060 Mina Socorro

3.4 IZAJE

El izaje de mineral y parte del desmonte se realiza por 2 piques, Pique Master y Pique Luz.

Pique Luz : Uso Transporte de Personal y Carga, Mineral

Tabla N° 6 Pique Luz

Marca	Fullerton
Tipo de Winche	Doble Tambora
Motor	2 x 800 HP, 400 RPM , 500 V DCD – WESTINGHOUSE
Velocidad	6.00 m/seg
Longitud del izaje máximo	420 m.
Tamboras	3.24 m Ø , 1.83 m ancho ranurados – cable de 1 7/6"
Distancia entre centro de tamboras	2.66 m.
Poleas	3.24 m. Ø, (ranurados por cable de 1 7/6")
Controles	Digitales
Capacidad Máxima de cada Skip	7.80 T.M.
Peso de Skip vacío	4.80 T.M.



Fig. 10 Pique Luz, Cabina de Control, Nivel 450. El Pique consta de una wincha de 1500 HP, trabaja con 2 skips de 7,5 TC y una jaula integrada en el skip Nro. 02 con capacidad para 9 personas .

Tabla N°7 Pique Master Winche N° 1
 Uso: Transporte de Personal y Carga

Marca	Nordberg
Tipo de Winche	PE-1
Motor	300 HP, 450 RPM, 70 A, 2300 V, 60 Hz, Trifásico
Velocidad	3.35 m/seg
Longitud del izaje máximo	420 m.
Taboras	84" Ø x 54" ancho ranurados por cable de 1 1/8"
Distancia entre centro de taboras	109 "
Poleas	60" Ø, (ranurados por cable de 1 1/8")
Controles	Modelo "D"
Capacidad Máxima de Jaula de 2 pisos	3.18 T.M.
Peso de Jaula vacia de 2 pisos	1.25 T.M.
Peso de Contrapeso	4.50 T.M.
Peso de Personas	30

Tabla N°8
 Pique Master Winche N° 2
 Uso: Transporte de Mineral

Marca	Ingersoll Rand
Tipo de Winche	PE-1
Motor	500 HP, 705 RPM, 620 V, 60 Hz, Trifásico-Westinghouse
Velocidad	4.08 m/seg
Longitud del izaje máximo	440 m.
Tamboras	72" \varnothing x 60" ancho ranurados por cable de 1"
Distancia entre centro de tamboras	108 "
Poleas	72" \varnothing , (ranurados por cable de 1")
Controles	Modelo "D"
Capacidad Máxima de cada skip	4.38 T.M.
Peso de skip vacío	2.20 T.M.



Fig. 11 Pique Master, estación principal en el Nv. 450, donde se transporta mineral a los diferentes niveles, la jaula es de 2 pisos, con capacidad para 30 personas. La Wincha Nro 01, tiene un motor de 300 HP, marca Nordberg.

3.5 RELLENO

Nuestro requerimiento de relleno es de un total de 22,500 m³ de los cuales, el 20% es de Relleno Hidráulico y la diferencia de Relleno Detrítico, se recicla el 100% de nuestros desmontes generados por nuestros desarrollos y exploraciones.

Esperamos a corto plazo la no utilización de relleno hidráulico, para lo cual estamos desarrollando infraestructura en las 3 minas. El flujo de nuestro relleno detrítico cuenta con la siguiente infraestructura: el master shaft, iza el desmonte del nivel inferior al superior; en este nivel, contamos con locomotoras exclusivas para la distribución del desmonte por medio de nuestros fill pass estratégicamente ubicados.

CAPITULO IV

MARCO TEORICO VENTILACION DE MINAS

La ventilación es necesaria para proporcionar un ambiente seguro, saludable y lo más cómodo posible para las personas que laboran en su interior, cumpliendo las disposiciones reglamentarias respectivas.

4.1 DEFINICION DE VENTILACION

Es el trabajo realizado para lograr el acondicionamiento del aire que circula a través de las labores subterráneas ya sea por medios mecánicos o naturales a fin de satisfacer las necesidades de oxígeno del personal, de los equipos transportando los contaminantes sólidos y gaseosos que se generan.

4.2 CONCEPTOS BASICOS DE VENTILACION

4.2.1 VOLUMEN DE AIRE (Q)

Se refiere a la cantidad de aire que viaja por una labor, está dada por la ecuación:

$$Q = A \times V$$

Dónde:

A: Área de la sección transversal de la labor o ducto(m²).

V: Velocidad de aire que atraviesa dicha sección(m/min).

4.2.2 VELOCIDAD (V)

Es el avance del aire en la unidad de tiempo de un punto a otro. Es el factor más importante que debe considerarse y determinarse en el terreno.

4.2.3 PRESION

Es la fuerza que se requiere para mover un peso de aire y vencer la presión estática (SP) y la presión de la velocidad (VP).

4.2.4 ENCAUSAMIENTO Y SENTIDO DEL FLUJO

Es la dirección de avance del aire y el cual hay que encausar según convenga a las necesidades de la operación minera.

4.2.5 BALANCE DE AIRE.

Es la distribución regulada de los volúmenes de aire en mina, se inicia desde el lugar más aislado hacia la galería de ingreso de aire fresco a fin de que la distribución sea calculada y balanceada en su cantidad sucesivamente.

4.2.6 RESISTENCIA DE UN TRAMO DE GALERIA (Hf)

Es la pérdida de energía o presión de flujo al pasar de un punto a otro punto distante de una galería y está en función de las características de la labor.

4.2.7 FACTOR DE FRICCION (K)

Es la aspereza propia de cada tipo de roca o conducto el cual lo obtenemos de tablas. 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 pérdida de poder.

4.2.8 LEY CUADRATICA

La relación siguiente describe la relación entre la pérdida de presión entre dos puntos de caudal que fluye por un circuito y su caudal.

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

Dónde:

P: Pérdida de Presión (Pa).

R: Resistencia (Ns^2/m^8).

Q: Caudal de Aire (m^3/s).

4.2.9 ECUACION DE ATKINSON

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

$$R = \frac{K \times L \times P}{A^3}$$

Dónde:

R : Resistencia (Ns^2/m^2).

K : Factor de Fricción (Ns^3/m^4).

L : Longitud (m).

P : Perímetro de la Sección (m).

A : Arca de Sección de la Galería (m^2).

4.2.10 REQUERIMIENTO DE AIRE

Los requerimientos de aire han sido definidos fundamentalmente para cubrir las necesidades del personal y equipos diésel y mantener el ambiente con temperaturas

inferiores a 30°C. Los requerimientos de aire para diluir los gases de disparo son opcionales, a tener en cuenta si su valor supera el aire requerido para mantener temperaturas efectivas inferiores a 30°C.

Entonces la cantidad de aire que se requiere para las operaciones mineras se calcula de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Calculo del caudal según el personal que trabajan.
- Calculo del caudal según la cantidad de equipos diésel.
- Calculo del caudal para dilución de contaminantes.

4.2.10.1 CAUDAL NECESARIO PARA EL PERSONAL.

Según el D.S. 055-2010-EM Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional, la cantidad mínima de aire necesario por hombre en minería subterránea esta dado de la siguiente manera:

- Hasta los 1500 m.s.n.m es 3 m³/min por hombre.
- De 1500 a 3000 m.s.n.m es 4 m³/min por hombre.
- De 3000 a 4000 m.s.n.m es 5 m³/min por hombre.
- De 4000 a mas es 6 m³/min por hombre.

4.2.10.2 CAUDAL NECESARIO PARA EQUIPO DIESEL

Según lo establecido en el D.S. 055-2010-EM, los requerimientos de aire para los equipos están establecidos en 3 m³/min por cada HP que desarrollen los equipos.

4.2.10.3 CAUDAL NECESARIO PARA DILUCION DE CONTAMINANTES

Esta dado por la relación:

$$Q = A \times V \times N$$

Dónde:

A: Sección promedio de la galería (m²)

V: Velocidad del flujo de aire mínimo (m/min)(D.S. 055-2010-EM)

N: número de niveles en operación.

4.2.10.4 CANTIDAD TOTAL DE AIRE NECESARIO

La cantidad de aire total necesario para toda la mina o circuito que deseamos ventilar es la suma de las diferentes necesidades. Si en el lugar no hay equipos diésel, solo se considera las cantidades para los hombres y la dilución de contaminantes.

CAPITULO V

SISTEMA ACTUAL DE VENTILACION

El sistema de ventilación de la Mina Socorro es mecánico sujeta a la operación de ventiladores primarios y secundarios, extractores de aire viciado, instalados los principales en los niveles 4670 y 4630.

Los ingresos de aire fresco principales son por el pique Luz, la chimenea CH 585 y la Rampa 760.

5.1 LEVANTAMIENTO DE VENTILACIÓN Y REGISTRO DE DATA

En esta etapa se efectúa un mapeo detallado de los niveles en operación, tomando información de campo.

5.1.1 Equipos de levantamiento de ventilación

Actualmente el Área de Ventilación Mina de la empresa cuenta con equipos e instrumentos de monitoreo digitales (anexo 1: Equipos e Instrumentos de Monitoreo Ventilación).

5.1.2 Estaciones de control de ventilación

En cada Nivel se ubicaron estaciones de control de ventilación de acuerdo a la importancia de la distribución de los flujos de aire circulantes, ubicación de labores en operación, zonas con presencia de gases, labores con alta recirculación de aire y otros.

Igualmente, se fijaron estaciones de control en las labores de ingreso y salida de aire de la mina para determinar la cantidad de aire circulante en toda la mina.

En cada una de las estaciones de control se efectuaron mediciones de la sección transversal de la labor, tomando debida nota de las características de la misma.

Se determinó la orientación de las corrientes de aire y se efectuaron mediciones de velocidad del aire, haciendo uso de un anemómetro y en otros casos con una bombilla y tubos de humo. Igualmente, se efectuaron mediciones de temperatura ambiental.

5.2 BALANCE DE AIRE

El balance de aire esta representado en el siguiente cuadro:

Tabla N°9 Balance General de Ventilación

BALANCE GENERAL DE VENTILACION

FECHA: 29 DICIEMBRE 2013
U.E.A.: UCHUCCHACUA

SALIDAS DE AIRE							
MINA	NIVEL	ESTACIÓN	VENTILADOR	AREA m ²	VELOCIDAD m/min	CAUDAL	
						m ³ /min	CFM
SOCORRO	4630	EV-1	250 HP	6.63	808	5,357	189,179
SOCORRO	4670	EV-2	600 HP	6.61	1470	9,710	342,887
CARMEN	4360	EV-3	222 HP	5.39	602	3,245	114,586
HUANTAJALLA	4450	EV-4	150 HP	8.61	16	134	4,743
CARMEN	4120	EV-5	150 HP	8.35	71	593	20,937
HUANTAJALLA	4300	EV-6	150 HP	5.73	370	2,119	74,827
TOTAL						21,158	747,159

Tabla N°10 Ingreso de Aire

INGRESOS DE AIRE							
MINA	NIVEL	ESTACIÓN	LUGAR	AREA m ²	VELOCIDAD m/min	CAUDAL	
						m ³ /min	CFM
CASUALIDAD	4450	EV-7	CX 630 SE	10.96	147	1,610	56,869
CARMEN	4450	EV-8	CX 765 SE	13.09	197	2,579	91,062
SOCORRO	4450	EV-9	GL 892 NE Veta Luz	11.78	126	1,485	52,425
CARMEN	4730	EV-10	CH 219 NE	4.24	111	470	16,603
CARMEN	4630	EV-11	GL 041 SE	4.86	119	578	20,423
CARMEN	4630	EV-12	RB 01	1.77	174	307	10,858
CARMEN	4550	EV-13	Bocamina	4.73	185	874	30,852
CARMEN	4500	EV-14	GL 520 SE	7.71	80	617	21,793
CASUALIDAD	4500	EV-15	CX 959 SE	4.47	152	678	23,940
HUANTAJALLA	4360	EV-16	CX 665 NE	9.22	156	1,438	50,766
HUANTAJALLA	4500	EV-17	GAL 101 NE	5.37	179	960	33,913
HUANTAJALLA	4700 SUPERFICIE	EV-18	RB 39	3.14	149	467	16,475
HUANTAJALLA	SUPERFICIE	EV-19	RB	1.77	335	591	20,875
SOCORRO	4360	EV-20	Rampa Fernando	19.24	174	3,347	118,206
CARMEN	4120	EV-21	Túnel patón	16.29	102	1,662	58,685
HUANTAJALLA	4500	EV-22	RC 909	7.18	80	575	20,291
HUANTAJALLA	4360	EV-23	RC 302	8.16	97	793	27,996
SOCORRO	4500	EV-24	Gal. 320 SE	3.76	239	899	31,738
HUANTAJALLA	4620	EV-25	Cx. 362 N	3.36	134	449	15,860
TOTAL						20,378	719,631

5.3 NECESIDAD DE AIRE PARA LA MINA

Los requerimientos de aire han sido definidos fundamentalmente para cubrir las necesidades del personal y equipos diésel. Temperaturas efectivas por encima de 30°C no se aprecian en interior mina, más bien son muy inferiores a este valor.

Los requerimientos de aire para diluirlos gases de disparo son opcionales, pero si son calculados, estos valores sirven de referencia para la limpieza de gases de mina por efecto de los disparos a fin de guardia.

Tabla N°11 Requerimiento de aire general

REQUERIMIENTO DE AIRE GENERAL

1. REQUERIMIENTO DE CAUDAL DE AIRE POR # DE PERSONAS

MINA	NRO PERSONAS	CAUDAL	
		m3/min	CFM
CARMEN	165	990	34,961
SOCORRO	246	1,476	52,123
HUANTAJALLA	141	846	29,876
TOTAL	552	3,312	116,960

2. REQUERIMIENTO DE CAUDALES POR EQUIPOS DIESEL

MINA	N° HP	CAUDAL	
		m3/min	CFM
CARMEN	985	2,955	104,353
SOCORRO	3831	11,493.00	405,864
HUANTAJALLA	368	1,104	38,987
TOTAL	5184	15,552	549,203

TOTAL REQUERIDO : 18,864 666,163

Tabla N°12

COBERTURA DE AIRE POR MINAS

MINA	CAUDAL REQUERIDO		CAUDAL DE MINA		COBERTURA %
	m3/min	CFM	m3/min	CFM	
SOCORRO	12,969	457,987	15,067	532,066	116
CARMEN	3,945	139,314	3,972	140,266	101
HUANTAJALLA	1,950	68,862	2,119	74,827	109

5.4 CAPACIDAD INSTALADA DE VENTILADORES PRINCIPALES

Según las condiciones mencionadas de las labores anteriormente descritas se tiene un ventilador principal de 600hp y 300,000 cfm de capacidad en el NV 4670. Asimismo cuenta con otro ventilador principal de 150hp en el NV4630.

5.5 RECIRCULACIÓN DE AIRE EN EL CIRCUITO PRINCIPAL

Otro problema de nuestro circuito principal es la recirculación de aire, la cual se presenta en las labores de los niveles inferiores, los cuales fueron controlados en gran parte el presente año, pero todavía faltan realizar trabajos para mejorar.

5.6 LABORES AUXILIARES

Las labores auxiliares se basan en la mejor distribución de aire otorgado por el circuito principal ya que estos captan el aire de este último para ingresarlo a las labores ciegas y el desfogue de este que es un gas con algunos contenidos de contaminantes es captado por los flujos de extracción de aire viciado.

Se verifican que los caudales sean según la necesidad de aire requerida para cada circuito auxiliar y que las velocidades de aire sean lo suficiente para evacuar el aire viciado. Para lo cual la empresa cuenta con ventiladores de capacidades entre 20,000 a 30,000 cfm, para ingresar y/o extraer aire.

La dificultad es que algunos de estas labores son un poco distantes lo que requiere la instalación de ventilador es en serie que no son tan eficientes en ventilación cuando son para ingresar airea de más de elevar el consumo de energía por el uso de varios equipos eléctricos.

Se trabaja en mejorar el planeamiento de las labores con respecto a la sección de estas, para permitir el uso de mangas de ventilación de diámetros de 24",32".

5.7 VELOCIDADES DE AIRE

En las estaciones de monitoreo se aprecia que la mayoría de las velocidades están dentro de los límites que exige las normas nacionales, y facilitan una circulación de caudal de aire suficiente para los circuitos auxiliares. Solo en pequeños tramos no mayores de 40m hay velocidades menores a 20m/min, pero estos son por efecto de encontrarse entre dos flujos cercanos con velocidades superiores a 80m/min que origina este efecto.

El listado de velocidades de las estaciones de control se encuentra en el anexo 2.

5.8 MEDICIÓN DE CALIDAD DE AIRE

El monitoreo diario por guardia de labores antes de ingresar a las labores y durante las horas de operación, es realizada por los supervisores y jefes de guardia, adicionalmente el área de ventilación realiza monitoreos de comprobación.

Para esto se cuenta con equipos multigases digitales debidamente calibrados. Los datos medidos son escritos en una pizarra instalada en cada labor donde se alerta al personal de las concentraciones que se encuentran en esa labor en la hora monitoreada.

El registro final recopilado por el área de ventilación en una base de datos.

Estas mediciones son de utilidad para realizarlas correcciones correspondientes.

CAPITULO VI

DISEÑO Y PLANEAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACION

6.1 OBJETIVO

El objetivo principal de esta actividad es el mejorar el circuito de ventilación de la mina, con la infraestructura de ventilación más adecuada para el mediano plazo; a fin de brindar un ambiente de trabajo seguro, saludable y confortable, cumpliendo con las normas legales vigentes.

Como lograr este objetivo:

- Establecer entradas y salidas primarias
- Determinar los caudales requeridos (Q_0)
- Formular una red de ventilación
- Resolver la red.

6.2 ANTECEDENTES

El caudal de aire actual es insuficiente para mantener una adecuada ventilación en los niveles de profundización, esto se comprobó con el análisis del sistema de ventilación y verificación de las necesidades de aire. Los resultados obtenidos dan inicio a plantear una alternativa que mejore la ventilación actual de la mina y

planificar un proyecto de ventilación que pueda estar de acorde con los proyectos de crecimiento y profundización de la mina.

El incremento de producción en trackles, trae como consecuencia incremento de equipos diésel y mayor infraestructura. Esto debe ir a la par con la infraestructura de ventilación, como son chimeneas y equipos.

6.3 PLANEAMIENTO DE VENTILACION

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

- Se reemplazara el ventilador principal de 150hp por el de 250hp en el NV4630.
- El ventilador de 600hp en el NV 4670 servirá de contingencia por si se malograra el ventilador del NV 4630, hasta que se terminen los RC 324,324-1 desde el NV 3920 al 4630.

El planeamiento de ventilación debería garantizar la continuidad operativa de la mina.

6.4 DISEÑO DEL CIRCUITO DE VENTILACION

Con el análisis de los circuitos de aire existentes, ubicación de chimeneas, equipos de ventilación existentes, ubicación de áreas de trabajo, zonas de mayor temperatura ambiental, zonas de mayor tránsito vehicular, etc., es posible identificar dos zona vitales de atención, que son adecuadas para la ubicación de chimeneas de extracción de aire viciado.

Con la ayuda del software especializado en ventilación minera Ventsim Visual Advanced, se modeló y diseñó el sistema de ventilación actual y el sistema de ventilación proyectado.

Para lo cual se alimentaron datos como las características geométricas de labores y datos de los ventiladores de mina.

6.5 SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN

Se tiene como apoyo el software de ventilación VENTSIM VISUAL ADVANCE. Luego de una etapa de verificación y validación de resultados, los cuales actualmente están muy cerca de los datos obtenidos en campo.

Como se realizan labores de desarrollo y nuevas áreas de explotación, hay que estar actualizando constantemente los circuitos para que nos den los resultados más cercanos.

Ventsim nos permite predecir resultados futuros de nuestro sistema actual de ventilación con cierta precisión, la cual a medida que se vayan validando el total de resultados estos serán de mayor precisión.

Todo sistema de ventilación es dinámico en sus cambios, y el nuestro de escape de esto, y el uso de estos software nos ayudan a facilitar en el diseño de nuestro sistema de ventilación.

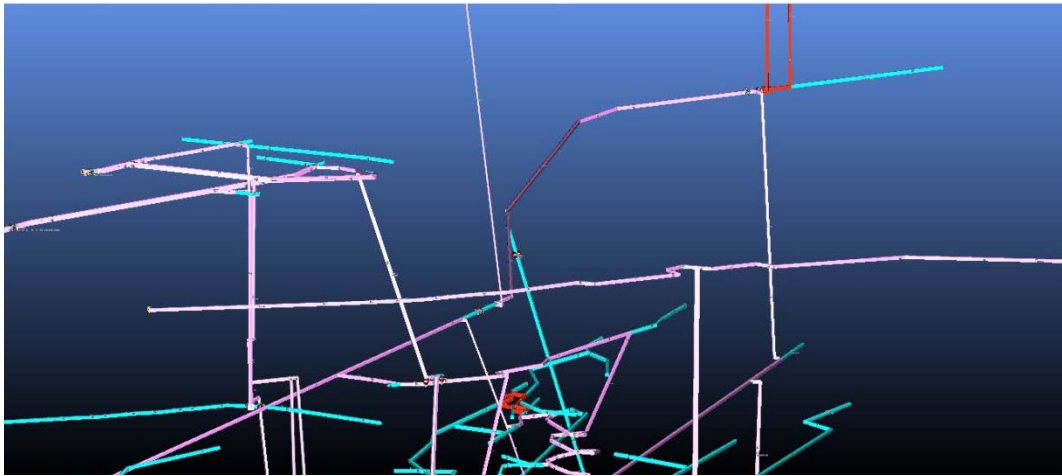


Fig.12 Simulación del sistema de ventilación proyectado
Fuente: propia

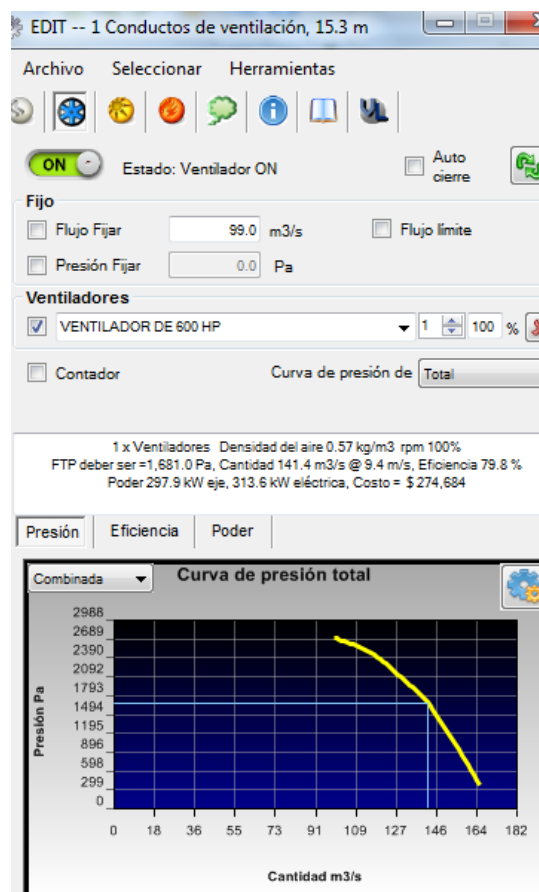


Fig.13 Curva característica del ventilador principal de 600hp
Fuente: propia

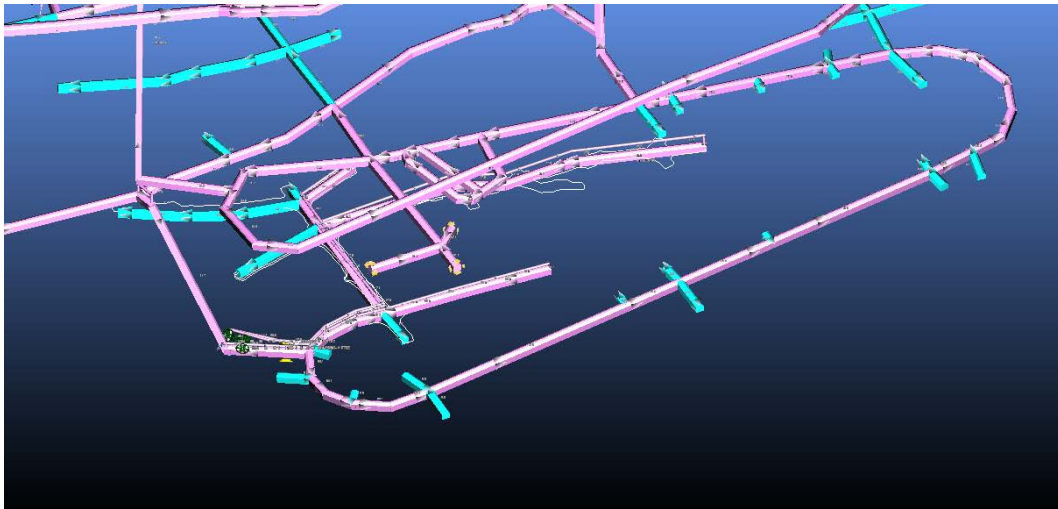


Fig.14 Circuito de ventilación Auxiliar en el NV. 3780- Socorro y proyecto de Chimeneas RB 41, RC 726 y RB42.

Fuente: Propia

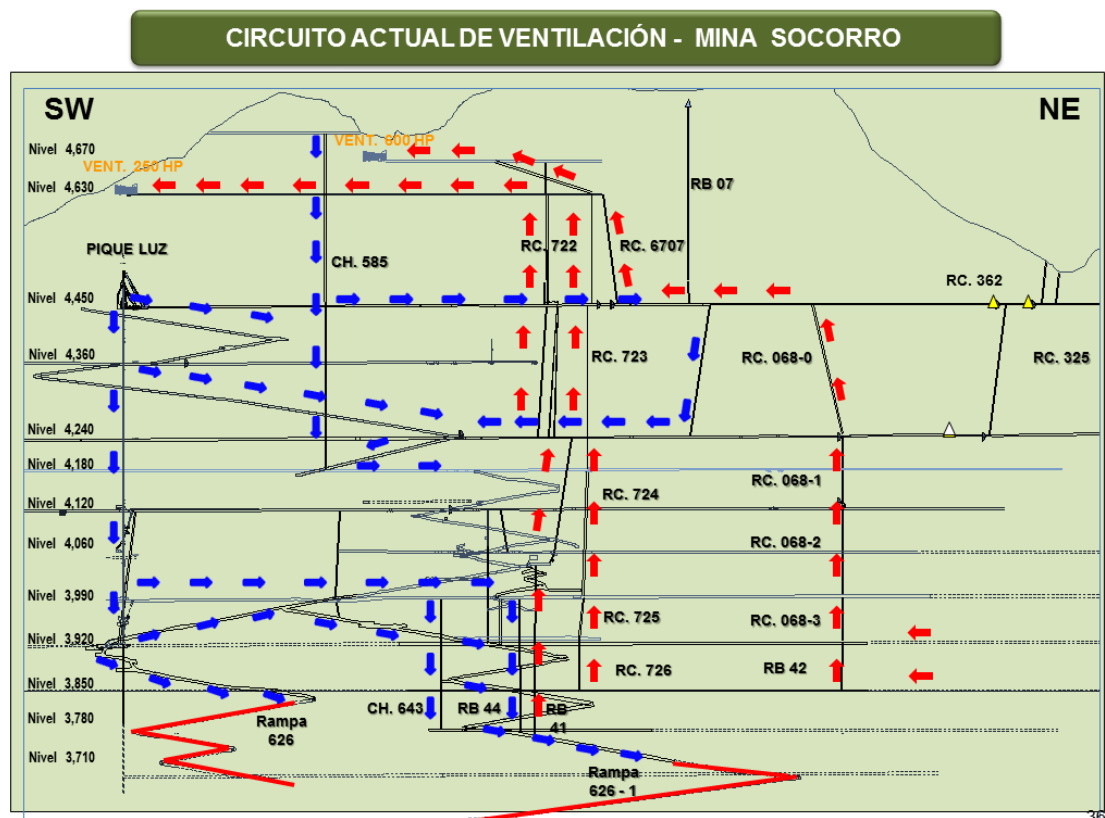


Fig.15 Circuito actual de ventilación – Mina Socorro

Fuente: Propia

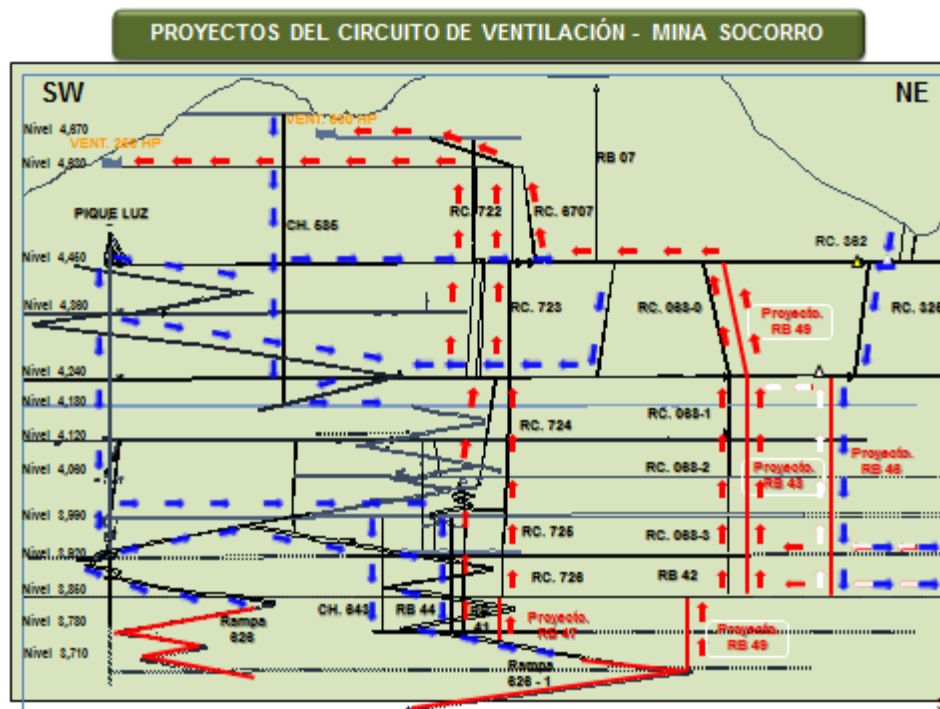


Fig.16 Proyectos del circuito de ventilación – Mina Socorro.

Fuente: Propia

CAPITULO VII

EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO

Se ha efectuado un estimado de costos basado en las excavaciones de las chimeneas y labores relacionadas con estas chimeneas, adquisición de ventiladores y accesorios, y la infraestructura necesaria.

7.1 INVERSION DEL PROYECTO

7.1.1 Inversión de capital

Tabla N°13 Inversión del capital

TRABAJOS EN SUPERFICIE					
Servicios superficie					
Instalación y desinstalación de tanque para agua	und	1.00	300.00		300.00
Combustible para compresora	gl	1,000.00	3.89		3,889.29
Camión cisterna	hr	12.00	26.00		312.00
					4,501.29
OBRAS CIVILES					
Losa para ventilador Nv. 4630					
		unidad	subtotal		
Movimiento de tierras		1	8958.97	1.1	9,854.87
Losas de concreto para ventilador y losa para tablero		1	2458.04	1.1	2,703.84
Caseta de protección		1	7800	1.1	8,580.00
		1	10113.4	1.1	11,124.74
					32,263.45
EQUIPOS					
Taller eléctrico					
Celda Metalclad de salidad 10 KV Hermeticidad Nema 12, con relé MFI1-GE y medidor PM820- s	unidad	1	30770		45,000.00
Conductor unipolar de cobre tipo N2XS Y 70 mm2, 8.7/ 15 Kv		450	13.5		6,075.00
Conductor desnudo de aluminio tipo AAAC 120 mm2		2400	1.78		4,272.00
Conductor unipolar de cobre tipo N2XS Y 3x70 mm2, 8.7/ 15 Kv		60	42		2,520.00
Terminación autocontarible QT III, kit tripolar- Uso interior 3M, 70 mm2		6	320		1,920.00
Terminación autocontarible QT III, kit tripolar- Uso interior 3M, 70 mm2		6	730		4,380.00
Seccionador tipo Cut out 27 KV, 200 A		3	110		330.00
Pararrayo 12 Kv, 10 Ka		3	100		300.00
Malla de puesta a tierra		1	1000		1,000.00
Ferretería		1	1500		1,500.00
Sensores de vibración, temperatura		1	1800		1,800.00
Precio de ventilador de 600 HP, 360,000 cfm, con todos sus accesorios		1	250000		250,000.00
					319,097.00
TOTAL EQUIPOS					319,097.00
TOTAL PROYECTO					662,933.36

Tabla N°14
Costo de Chimenea

Costo de Chimenea Raise Climber 2.10x2.10				
ITEM	UND	CANTIDAD	P.U. (US\$)	SUBTOTAL
1. Cabina Raise Climber				
Chimenea camino	m	8.00	388.27	3,106.16
Chimenea Tolva	m	8.00	388.27	3,106.16
Tolva	und	1.00	689.58	689.58
Armado de Camino	m	8.00	148.66	1,189.24
Cabina	m	25.00	239.70	5,992.50
Desquinche Cabina	m3	196.00	19.78	3,876.88
Acarreo de desmonte Nv 4450	TM	990.17	0.31	306.95
2. Chimenea Raise Climber				
Montaje y desmontaje RCI	und	1.00	4,000.00	4,000.00
Chimenea Raise Climber	m	257.00	625.60	160,779.97
Subnivel en chimenea raise climber	m	16.50	997.96	16,466.32
Acarreo de desmonte Nv 4450	m	6,646.05	0.31	2,060.28
TOTAL				201,574.04

7.2 COSTO DE ENERGIA EN VENTILACION

El consumo de energía proyectado para los 2 ventiladores principales proyectados de 600hp y 250hp; as como para 02 ventiladores auxiliares en el Nv 3780 son de 638.1Kw.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo al levantamiento inicial, se observa un ingreso de aire de 532,066cfm, lo cual según el requerimiento mínimo calculado de 457,987cfm, nos presenta una cobertura de 116%. Lo que hace necesario ejecutar los proyectos de ventilación planteados.
2. Todavía falta mejorar el tema de la circulación de aire principalmente en los niveles inferiores, el cual tiene un buen avance, actualmente esta se reducirá bastante con el proyecto de ventilación respectivo.
3. El diseño de chimeneas RB de ventilación de sección es amplia como las del proyecto (3.0x3.0m) facilitan el flujo de aire y de caudales necesarios para minas con trackles, donde los requerimientos son mayores en comparación con chimeneas convencionales (1.5m x 2.1m).
4. El rendimiento de algunos de nuestros ventiladores no están en el óptimo, esto debería mejorar con la puesta en marcha del ventilador principal de 250hp en el NV 4630, al retirarlo de las instalaciones provisionales y realizar infraestructura definitiva.
5. El dimensionamiento de las labores debe considerar futuros equipos a usar, esto para evitar rotura de mangas en circuitos auxiliares.

6. Instalar ventiladores de mayor caudal, no debería generar mayor consumo energía, si se programa labores de dimensiones adecuadas.
7. El uso de herramientas como un programa de ventilación, en nuestro caso el VENTSIM VISUAL ADVANCED en proceso de implementación debería facilitar el trabajo de análisis de circuitos complejos. Se debe tener cuidado en los datos que se ingresan, para ello la experiencia y pruebas son necesarias para alcanzar resultados verdaderos.
8. El uso de variadores de velocidades en los ventiladores, son una alternativa para disminuir el consumo de energía, al poder programar velocidades mínimas en horas en la que la necesidad de aire es baja, debido al poco tránsito de personal y equipos.

RECOMENDACIONES

1. Continuar con los proyectos de ventilación como son la instalación de ventiladores principales y la ejecución de chimeneas sobre todo en los niveles inferiores.
2. El uso de las chimeneas RB41 y RB42; así como el RC 726 mejoran la extracción de aire para la mina.
3. Programar la ejecución de chimeneas, que se ejecuten de acuerdo al aumento de la producción y profundización de la mina.
4. Se recomienda en el NV 3780 de mina Socorro, se calcule la resistencia de las labores y ductos de los frentes ciegos con el fin de seleccionar los ventiladores adecuados, como por ejemplo al pie de la chimenea CH 643, de instalarse un ventilador de 20hp y 23,731cfm y en paralelo otro ventilador de 30hp y 42,165cfm.

BIBLIOGRAFIA

1. AIRTEC S. A., Manual de Ventilador Axial para Minería, Lima, 2010.
2. CALIZAYA F., CORDOVA E., Estudios de requerimiento de aire en minas, *14th North American Mine Ventilation Symposium 2012*, University of UTAH, Salt Lake City, Pg.: 583-590.
3. HARTMAN H.L. et.al., 1997. Mine Ventilation and air Conditioning, Chapter 11. 3rd Edition. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY: 405-430.
4. MCPHERSON M.J., 1993. Subsurface Ventilation and Environmental Engineering. Chapman & Hall, London SE1 8HN, UK: 89-133.
5. M. E. M. "Reglamento de Seguridad e Higiene Minera" D. S. N° 055 -2010 EM, Lima, 2.010.
6. Craig Steward, Manual Ventsim Visual Advanced Version 3.2.8.5
7. MINING ENGINEERING HANDBOOK, "Mine Ventilation" Chapter 11.6 and "Mine Ventilation Design" Chapter 11.7, Ramani, Raja. V. and Johnson, Bruce.
8. ZITRON, Conferencia sobre ventilación de Minas, Lima, 2007.

ANEXOS

Anexo 1 Equipos e instrumentos de medición de ventilación

Equipos e instrumentos de medición de ventilación

EQUIPO	MODELO	MARCA
Detector multigases Digital	Alfair	MSA
Termo-anemómetro		Kestrel
Bombilla para tubo de humo		MSA
Tubos de humo		MSA
Cronómetro digital		Casio

