

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE
HUAMANGA.**

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS GEOLOGÍA Y CIVIL.

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS.



**“ANÁLISIS DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE
PROYECTOS DE CHIMENEAS ESTRATÉGICAS PARA INCREMENTAR EL
CAUDAL DE AIRE CON SIMULACIONES DEL SOFTWARE VENTSIM, MINA
HÉRCULES-2014.”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO DE MINAS


BACHILLER: SAÚL NEHEMIÁS LAURA BENDEZÚ

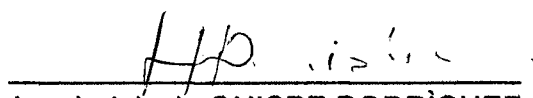
AYACUCHO-PERÚ-2016

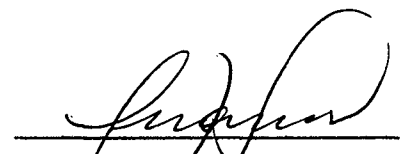
"ANÁLISIS DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS DE CHIMENEAS ESTRATÉGICAS PARA INCREMENTAR EL CAUDAL DE AIRE CON SIMULACIONES DEL SOFTWARE VENTSIM, MINA HÉRCULES., 2014."

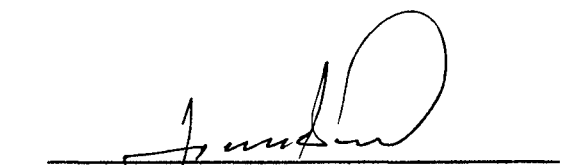
RECOMENDADO : 27 DE JULIO DEL 2016

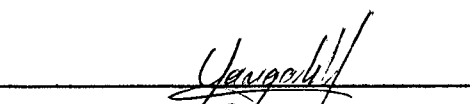
APROBADO : 16 DE AGOSTO DEL 2016


MSc. Ing. Carlos A. PRADO PRADO
(PRESIDENTE)


Ing. Indalecio QUISPE RODRÍGUEZ
(MIEMBRO)

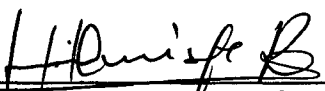

Ing. Juan J. ZAGA HUAMÁN
(MIEMBRO)


Ing. Fortunato DE LA CRUZ PALOMINO
(MIEMBRO)

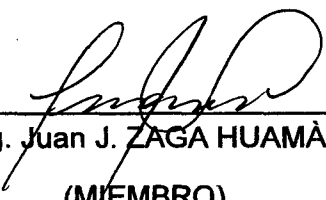

Ing. Floro N. YANGALI GUERRA
(SECRETARIO DOCENTE (e))

Según el acuerdo constatado en el acta levantada el 16 de agosto de 2016, en la sustentación de Tesis presentado por el Bachiller en Ciencias de la Ingeniería de Minas Sr. Saúl Nehemías LAURA BENDEZÚ, con la Tesis Titulado "ANÁLISIS DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS DE CHIMENEAS ESTRATÉGICAS PARA INCREMENTAR EL CAUDAL DE AIRE CON SIMULACIONES DEL SOFTWARE VENTSIM, MINA HÉRCULES.,2014.", fue calificada con la nota de QUINCE (15) por lo que se dá la respectiva APROBACIÓN.

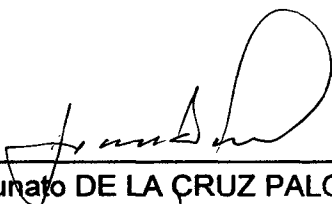
MSc. Ing. Carlos A. PRADO PRADO
(PRESIDENTE)



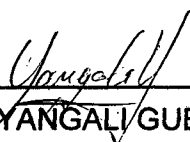
Ing. Indalecio QUISPE RODRÍGUEZ
(MIEMBRO)



Ing. Juan J. ZAGA HUAMÁN
(MIEMBRO)



Ing. Fortunato DE LA CRUZ PALOMINO
(MIEMBRO)



Ing. Floro N. YANGALI GUERRA
(SECRETARIO DOCENTE (e))

DEDICATORIA

A mis queridos padres Laura C., Mauro, Bendezu C., Teodora y hermanos, cuya admiración por ellos y eterno ejemplo me permite superar cada reto presentado en mi vida.

Y con admiración a aquellos que han alcanzado la excelencia en su vida profesional y siguen buscando nuevas cumbres.

Saúl Nehemías Laura Bendezú

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento a todos aquellos ingenieros docentes y personal administrativo de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ingeniería de Minas Geología y Civil, dónde respaldan y aprueban mi tesis, en especial a mi Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, donde me forme como profesional para la industria minera.

Finalmente agradecimiento sincero a la Gerencia General y Sub Gerencia de la COMPAÑÍA MINERA HUANCAPETI S.A.C., al Ingeniero Luyo A.,M, y todas las jefaturas quienes me brindaron la confianza necesaria para emprender el desarrollo como asistente de ventilación de los trabajos asignados por mejorar el ambiente de mina.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación está encauzado una disyuntiva para la solución a la problemática en ventilación de la Compañía Minera Huancapeti SAC., la zona de producción Hércules, se encuentra con deficiencias de ventilación para cubrir los requerimientos mínimos establecidos del caudal de aire, y cumplir con las normas vigentes de ventilación de minas, el análisis del sistema de ventilación e implementación de chimeneas estratégicas, tiene como objetivos de incrementar el caudal de aire fresco. La ubicación de ventiladores principales con simulaciones del software Ventsim, y las apertura de chimeneas de ventilación conlleva analizar el circuito de ventilación y obtener un ambiente saludable para la persona, la relación que existe de comparar el caudal de aire que ingresa a la mina con los requerimientos de aire determinados es de 45.21 % con un déficit de 193,148 cfm, los resultados obtenidos después de las aperturas de chimeneas y la selección de ventiladores extractivas el incremento del caudal de aire de 159,389 a 199,700 cfm y consiguiente una distribución optima de caudal de aire en labores de profundización RP-400(negativa) después de las aperturas de chimeneas Raise Boring, evitando la recirculación de aire viciado, y una evaluación general del planeamiento de minado en utilizar en forma adecuada de los equipos esto nos permitirá una menor demanda de caudal de aire y requerimiento de una ventiladora de 150,000 cfm con características de presión estática de 11.44 in H₂O, potencia 146 HP, altitud de 4,600 msnm.

INTRODUCCIÓN

La ventilación subterránea consiste en hacer circular por el interior de la mina el aire necesario para asegurar una atmósfera respirable y segura, mediante el uso de ventiladores y la apertura de chimeneas de ventilación estratégicas, que se caracterizan por impulsar un fluido compresible de caudal de aire.

La ventilación en minas y túneles subterráneos es necesaria para asegurar un porcentaje mínimo de oxígeno en la atmósfera permitiendo no solo la respiración de las personas que trabajan en la Cía. Minera Huancapeti S.A.C., si no también el funcionamiento de sus equipos, ya que en ella se desprenden diferentes tipos de gases según los tipos de rocas y las maquinarias utilizadas, estos gases pueden ser tóxicos, asfixiantes y/o explosivos, por lo que es necesario la evacuación del aire viciado⁽⁰⁹⁾.

La operación de labores mineras mediante el sistema trackles, necesita la utilización de equipos de altos consumos de HPs, trae como consecuencia la importancia de un estudio de investigación de **¿Cómo incrementar el caudal de aire fresco para la zona de producción Hércules y obtener un ambiente saludable?**, la Compañía Minera Huancapeti S.A.C que cuenta con suficiente reservas de mineral en profundidad, donde justifica desarrollar un estudio adecuado del sistema de ventilación y apertura de chimeneas estratégicas.

El estudio del sistema de ventilación se realizó en la Cía. Minera Huancapetí S.A.C, zona de producción Hércules en el año 2014 con un tiempo de evaluación de 14 meses en la recolección de datos, tales procesos nos sirve como base de datos para las simulaciones de labores mineras con el apoyo de Ventsim, e implementar chimeneas de ventilación y ventiladores extractoras para incrementar el caudal de aire y lograr el control ambiental subterráneo seguro y saludable, tenemos las variables independientes son: Sistema de ventilación, circuitos de ventilación, Equipos diessel y chimeneas, número de trabajadores, y las Variable dependiente son: Caudal de aire, instalación de ventiladores principales.

El trabajo de investigación se desarrolló de acuerdo a las normas existentes de ventilación de minas y se tomó datos de las diferentes áreas como: geomecánica, topografía, medio ambiente, mantenimiento mecánico, se realizó diferentes cálculos como resistencia de mina, grado de incidencia de los equipos, líneas centrales de labores mineras, peso específico de aire en mina, cálculos de factor de fricción, requerimiento de caudal de aire por la diferentes actividades mineras y una distribución óptima de labores ciegas, tales eventos calculados nos sirve para una simulación del sistema de ventilación como ubicación de ventiladores principales en el nivel Lorena, chimeneas estratégica tales es la rampa 400(-), labor de profundización de la zona de producción Hércules, y un incremento de caudal cumpliendo con las normas vigentes en ventilación de minas.

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	

ÍNDICE

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD.....	7
1.1.1. UBICACIÓN.....	7
1.1.2. COORDENADAS.....	8
1.1.3. ACCESIBILIDAD.....	9
1.2. CLIMA Y BIOMA.....	9
1.2.1. CLIMA.....	9
1.2.2. BIOMA.....	10
1.3. FISIOGRAFÍA.....	12
1.3.1. GEOMORFOLOGÍA.....	12
1.4. SISTEMA DE TRABAJO DE LA MINA.....	15
1.4.1. CONTRATISTA MINERA CÍA HUANCAPETÍ S.A.C.....	16
1.4.2. HISTORIA DE LA MINA.....	17
1.5. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.6.1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	20
1.6.2. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA.....	20

1.6.3. DEFINICION DEL PROBLEMA.....	21
1.6.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	21
1.7. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN.....	22
1.7.1. IMPORTANCIA.....	22
1.7.2. JUSTIFICACIÓN.....	23
1.8. OBJETIVOS.....	24
1.8.1. OBJETIVO GENERAL.....	24
1.8.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
1.9. PLANTEAMIENTO DE LA HIPOTESIS.....	25
1.9.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	25
1.9.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.....	25
1.9.3. VARIABLES E INDICADORES.....	25

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. OPERACIÓN DE MINA HUANCAPETÍ S.A.C.....	26
2.2. VOLADURA.....	29
2.2.1. FACTORES DE VOLADURA.....	29
2.2.2. DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN.....	29
2.2.3. CÁLCULO DE FACTOR DE POTENCIA.....	36
2.3. PLANOS GEOMECÁNICOS.....	37
2.4. VENTILACIÓN.....	38
2.5. SOSTENIMIENTO.....	39
2.6. RELLENO.....	39
2.7. SISTEMA DE TRANSPORTE DE MINERAL.....	40

2.8. EQUIPOS DE SISTEMA TRACKLES.....	41
2.9. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN.....	42
2.9.1. MARCO LEGAL.....	42
2.9.2. MARCO NORMATIVO NACIONAL.....	42
2.9.3. LEY 29783 SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.....	43
2.9.4. MINISTERIO ENERGIA Y MINAS.....	44
2.10. SISTEMA DE VENTILACIÓN DE LA ZONA HÉRCULES.....	44
2.11. ANÁLISIS FODA DE VENTILACIÓN.....	45
2.12. DIAGNÓSTICO DE VENTILACION ZONA HÉRCULES.....	46
2.12.1. INVENTARIO DE VENTILADORES.....	47
2.12.2. CONSIDERACIONES GENERALES DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN ZONA DE PRODUCCIÓN HÉRCULES.....	48
2.13. LEVANTAMIENTO DE VENTILACIÓN HÉRCULES.....	49
2.13.1. INSTRUMENTOS Y MATERIALES.....	49
2.13.2. PROCESO DE LEVANTAMIENTO DE VENTILACIÓN.....	50
2.14. ESTACIONES DE CONTROL DE VENTILACIÓN	51
2.15. CÁLCULOS DE PARÁMETROS DE VENTILACIÓN.....	52
2.15.1. CÁLCULO DE FACTOR DE FRICCIÓN.....	52
2.15.2. CÁLCULO DEL DIÁMETRO HUDRAÚLICO.....	54
2.15.3. CÁLCULO DEL PESO ESPECÍFICO DEL AIRE.....	55
2.15.3.1. CÁLCULO DE LA PRESIÓN BAROMÉTRICA.....	56
2.15.4. CÁLCULO DE LA PRESIÓN DE VELOCIDAD DE LA MINA.....	57
2.15.5. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LA MINA.....	57
2.15.5.1. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LA ZONA HÉRCULES.....	59

2.15.5.2. CÁLCULO DE LAS RESISTENCIA EQUIVALENTES.....	60
2.15.6. CORRECCIÓN DE POTENCIA DE EQUIPOS.....	64
2.16. DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTO DE AIRE PARA LOS PROYECTOS DE EXPLOTACIÓN	65
2.16.1. PARA EL PERSONAL.....	65
2.16.2. PARA EL CONSUMO DE EXPLOSIVOS.....	65
2.16.3. PARA LA DISOLUCIÓN DE EQUIPOS DIESEL.....	66
2.16.4. REQUERIMIENTO UNITARIO DE CAUDAL DE AIRE.....	66
2.16.5. BALANCE DE AIRE DE LA MINA ZONA HÉRCULES ANTES DE LAS APERTURAS DE CHIMENEAS.....	69

CAPÍTULO III

3. SIMULACIÓN DEL CIRCUITO DE VENTILACIÓN ZONA HÉRCULES.....	70
3.1. PLANEAMINETO DE EXPLOTACION ZONA HÉRCULES.....	70
3.1.1. PLANEAMIENTO MENSUAL ZONA HÉRCULES.....	71
3.1.2. PLANEAMIENTO ANUAL DE PRODUCCIÓN.....	72
3.1.3. GEOLOGÍA DE LA ZONA HÉRCULES.....	73
3.1.4. DEPÓSITO MINERAL.....	74
3.1.5. GEOLOGÍA ECONÓMICA.....	76
3.1.6. CUBICACIONES ZONA HÉRCULES.....	77
3.2. VENTILACIÓN AUXILIAR Y DUCTOS.....	78
3.2.1. VENTILADORES.....	78

3.2.2. PUERTA DE VENTILACIÓN.....	78
3.2.3. REGULADORES.....	78
3.2.4. TEMPERATURA.....	79
3.2.5. VENTILADOR SECUNDARIO.....	79
3.2.6. TIPOS DE VENTILACIÓN.....	80
3.2.7. CONCENTRACIONES VOLUMÉTRICAS ADMISIBLES.....	82
3.3. PARÁMETROS DE SIMULACIÓN.....	83
3.3.1. LONGITUD DE LABOR MINERA.....	84
3.4. DIAGNÓSTICO DE VENTILACIÓN EN LABORES DE PROFUNDIZACIÓN RAMPA 400(-).....	85
3.4.1. LINEAS CENTRALES DE LAS LABORES MINERAS (DXF).....	85
3.5. CÁLCULO DEL NUMBER REYNOLDS FOR THE SHAFT CHIMENEA RAISE BORING PARA LA RP-400(-).....	86
3.6. SIMULACIÓN DE LA PRIMERA ETAPA DE LA RAMPA 400(-).....	87
3.7. SIMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE CHIMENEAS DE VENTILACIÓN.....	89
3.8. INSTALACIÓN DE VENTILADORA EXTRACTIVA.....	92
3.8.1. SELECCIÓN DEL VENTILADOR DE 150,000 CFM.....	93
3.8.2. CURVA DEL VENTILADOR SELECCIONADO.....	98
3.9. SIMULACIÓN MULTIPLE DE GASES.....	100
3.9.1. CONCENTRACIÓN DE GASES.....	101
3.9.2. RESULTADOS DE GASES RAMPA 400.....	101
3.10. SIMULACIÓN TERMODINÁMICA.....	102

3.10.1. FUENTE DE CALOR.....	102
3.11. SIMULACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO DE DISSEL.....	104

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUCIONES.

4.1. RESULTADOS.....	106
4.1.1. EQUIPAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN.....	107
4.1.2. BALANCE DE INGRESO Y SALIDAS DE AIRE.....	107
4.1.3. COBERTURA DE AIRE.....	108
4.2. DISCUCIONES.....	109

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

1.1.1. Ubicación

El área geográfica de la Compañía Minera Huancapetí S.A.C. se ubica al sur oeste de la región Ancash, en las provincias de Recuay y Aija, en el flanco occidental de la Cordillera Negra, en margen izquierdo del curso del Río Santa, a una altitud que oscila aproximadamente entre los 4,080 y 4,800 m.s.n.m. ⁽⁰¹⁾.

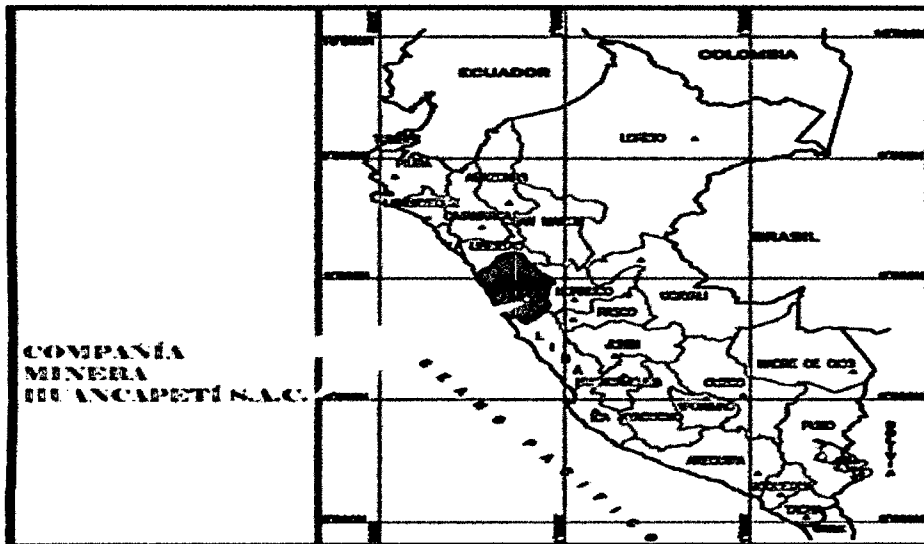


Figura 1.1: Ubicación de la Cía. Minera Huancapetí S.A.C.

Fuente: Cía. Minera Huancapetí S.A.C.

1.1.2. COORDENADAS

La Compañía Minera huancapeti S.A.C., se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas UTM: **N:8 920 000; S:22 862.50.**



Fotografía 1.1: Ubicación Local de Cía. Minera Huancapeti S.A.C.

Fuente: *Google Earth* año 2015.

‡. Las coordenadas han sido tomadas con equipos GPS frente a las estaciones de control de las bocaminas.

1.1.3. ACCESIBILIDAD

1.1.3.1. Vía terrestre.

El acceso a la mina Hércules y Coturcán propiedad de la Compañía Minera Huancapeti S.A.C., es como se muestra en la tabla siguiente:

TRAMOS	Tipo de vía	Distancia.	Tiempo
Lima – Recuay	Asfaltado	380Km.	7.00 horas
Recuay - Mina Hércules	Afirmado- Trocha	34Km.	1.00 horas

Tabla 1.1: Acceso a la Cía. Minera Huancapeti S.A.C.

Fuente: Cía. Minera Huancapeti S.A.C.

1.2. CLIMA Y BIOMA

1.2.1. Clima

La zona donde se ubica el área de la Compañía Minera Huancapeti S.A.C. tiene un clima de templado a frígido propio de las vertientes, existen climas que perjudican principalmente a las comunidades aledañas en su agricultura y ganadería.

Presentando entre los meses de diciembre a abril temperaturas que oscila entre 6°C a 14°C en el día y en las noches con temperaturas que oscila entre -1°C a 5°C, en los meses de junio a octubre temperaturas que oscila durante el día de 5°C a 16°C y en las noches de -5°C a 1°C. ⁽⁰¹⁾.

1.2.2. Bioma

La Compañía Minera Huancapeti S.A.C propiamente dicho cuenta principalmente con una flora y fauna que se detalla a continuación.

1.2.2.1. Flora

Se han identificado tres formaciones vegetales (ecosistemas) observadas las cuales responden a la interacción de varios factores como la topografía, suelo, clima, disponibilidad de agua, Pajonal de puna, Roquedal y Humedal. La vegetación tipo pajonal está conformada principalmente por Poáceas o gramíneas rígidas de cobertura variable y es la de mayor extensión en el área, la vegetación de Roquedal está caracterizada por una presencia mixta de hierbas y arbustos que ocupan zonas de afloramientos rocosos generalmente dependientes fuertes a las bajas temperaturas, dominada por la *Stipa ichu* y *Tetraglochin strictum* como sub-dominante, la cobertura aproximada de esta zona es de 30%. También existen especies como Líquenes y Cactáceas, tales como *Echinopsis pentlandii* y *Tephrocactus*.

Las especies de flora silvestre son *Azorella diapensioides* y *Parastrephia lepidophylla* (especies vulnerables), *Buddleja coriacea* (Colle) y *Polylepis incana* (Queñua, Quinual) en áreas cercanas a las unidades extractivas, que son especies de la categoría CR, esta categoría incluye las especies que han mostrado una fuerte caída de entre un 80 % y un 90 % de su población en los últimos 10 o 3 años en Peligro de extinción. ⁽⁰²⁾.

1.2.2.2. Fauna

Estas zonas se caracterizan por la distribución muy dispersa de las especies de fauna silvestre. Se reportaron un total de 49 especies de vertebrados en los que se incluyen 41 especies de aves, 2 de reptiles, 2 de anfibios, 1 de peces y ovinos.

En términos taxonómicos, la clase más representada de los vertebrados evaluados es la de las aves con un 84% de especies, seguida de los mamíferos con un 6% de especies, que los reptiles y anfibios estuvieron representados por un 4% de especies y los peces con un 2%. ⁽⁰²⁾.

1.2.2.3. INTEMPERISMO QUÍMICO Y BIOLÓGICO

Estos tipos de intemperismo, no han participado casi nada, excepto las que derivan de las alteraciones de la roca en los afloramientos de veta o zonas mineralizadas. En resumen relacionando lo geológico con el relieve podemos deducir que los efectos de la actividad magnética (xenolitas, estructuras escarapeladas, textura de cristalización, grado de cristalización y los remanentes de techo) indican que la actual superficie de erosión está ligeramente debajo del techo del intrusivo monzonítico.

1.3. FISIOGRAFÍA

1.3.1. Geomorfología.

La Cordillera Negra corresponde a un segmento de la cordillera occidental de los Andes del Perú, tiene como inicio de la cordillera huayhuash. Presenta superficies de erosión a diferentes niveles, expuestos entre los 3,500 y 4,800 metros sobre el nivel del mar. Regionalmente presentan relieves con topografías variadas tales como colinas, antiguos glaciales, superficies onduladas, quebradas y escarpas. En general, las líneas de cumbres presentan rumbo andino (NW- SE).

El relieve superficial de la zona de Hércules es bastante accidentado y abrupto, por la constitución de las rocas andesíticas y el proceso de orogénesis de estas cordilleras más los procesos de transformación superficial por el intemperismo y sus agentes.

El padrón de drenaje es radial-detrítico en el flanco occidental de la Cordillera Negra; es decir, en el dominio de la estructura circular de 25 Km aproximadamente de diámetro asociada a rocas volcánicas y dendrítico en el flanco oriental de la cordillera Negra (margen derecha del Río Santa); los cuales confluyen a dos cuencas hidrográficas importantes, la cuenca hidrográfica del Río santa (sector Este) y la cuenca hidrográfica del Río Huarmey sector Oeste).⁽⁰¹⁾

El área del proyecto y materia de este trabajo se encuentra en la margen izquierda del curso del Río Santa, en plena Cordillera Negra en la altura de Huancapetí a 4870 m.s.n.m. está la planta de tratamiento de concentrados minerales y en la

bajada hacia la ciudad de Aija, se halla la Mina Coturcán a 4300 m.s.n.m. y siguiendo hacia el oeste se halla la Mina Hércules a 4080 m.s.n.m., a escasos 9 km de la capital de provincia de Aija.

Se concluye que estas zonas estuvieron cubiertas por nieve, así lo prueban las lagunas circundantes de la mina y las morreras en las laderas de los cerros, estas nieves han fracturado seriamente y han alterado y descompuesto continuamente y todos los fenómenos que derivan de ella, para así ver actualmente este relieve accidentado y abrupto.⁽⁰¹⁾.



Fotografía 1.2: Geomorfología circundante ala Cia Minera Huancapeti S.A.C. en los mese de junio.

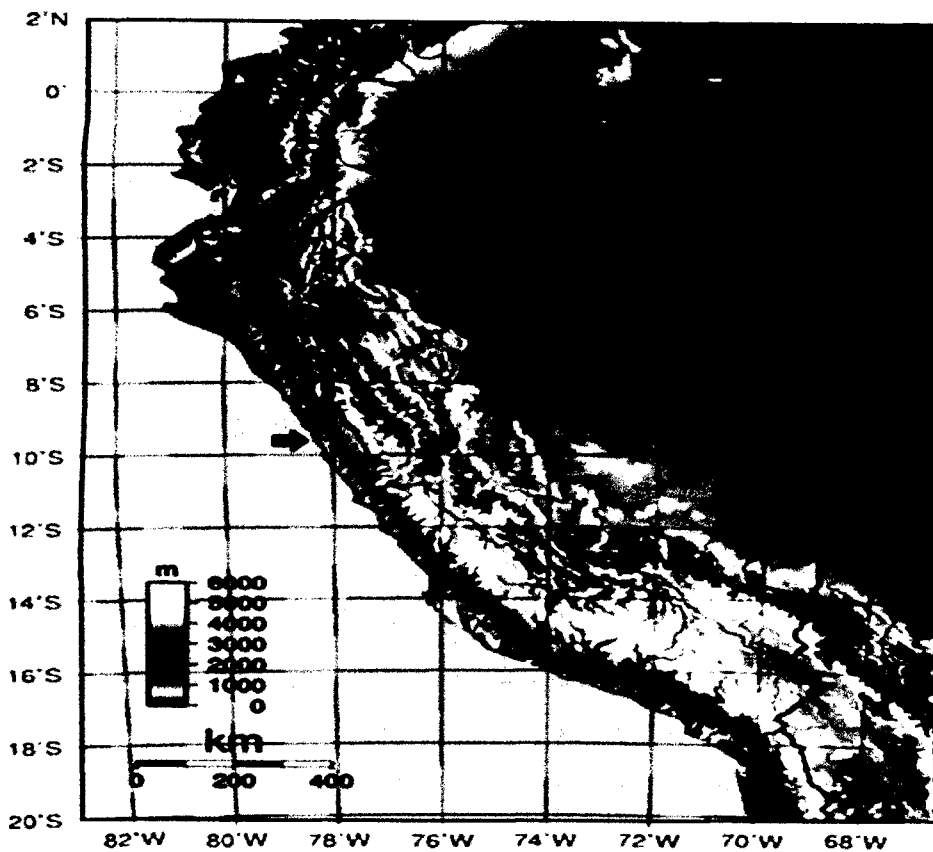


Figura 1.2: cordillera negra Cía. Huancapeti S.A.C.

Fuente: Mapamundi cordilleras-Perú.

‡. Los agentes eólicos, prácticamente casi no han tenido mucha participación por la alta dureza de la roca, sólo han tenido parte al arrastrar corrientes de heladas de aire de otros ambientes.

‡. El aspecto abrupto y completamente fracturado se podría explicar de la siguiente manera, en el día la temperatura aceptable, las pequeñas cantidades de agua existentes en los espacios vacíos de cada roca, ya sea por precipitación de lluvias, pequeñas corrientes de agua circulante.

1.4. SISTEMA DE TRABAJO DE LA MINA

La Compañía Minera Huancapeti S.A.C., tienen un sistema de trabajo que corresponde a dos guardias por día, un promedio de 300 personas en mina y tiene una producción de 2500 TN/día, correspondientes a las zonas de producción Hércules y Coturcan, la empresa minera posee diversos equipos que son entregados a los contratistas a fin de facilitarles la producción mina. El control, cuidado y mantenimiento de las máquinas y equipos de perforación neumática son responsabilidad de la contrata de la misma mina Lincuna por medio de un contrato de servicio para tal fin, mientras que el resto de equipos asignados es de directa responsabilidad de las empresas contratistas. El organigrama de la compañía Minera Huancapeti S.A.C. se muestra en el siguiente diagrama.

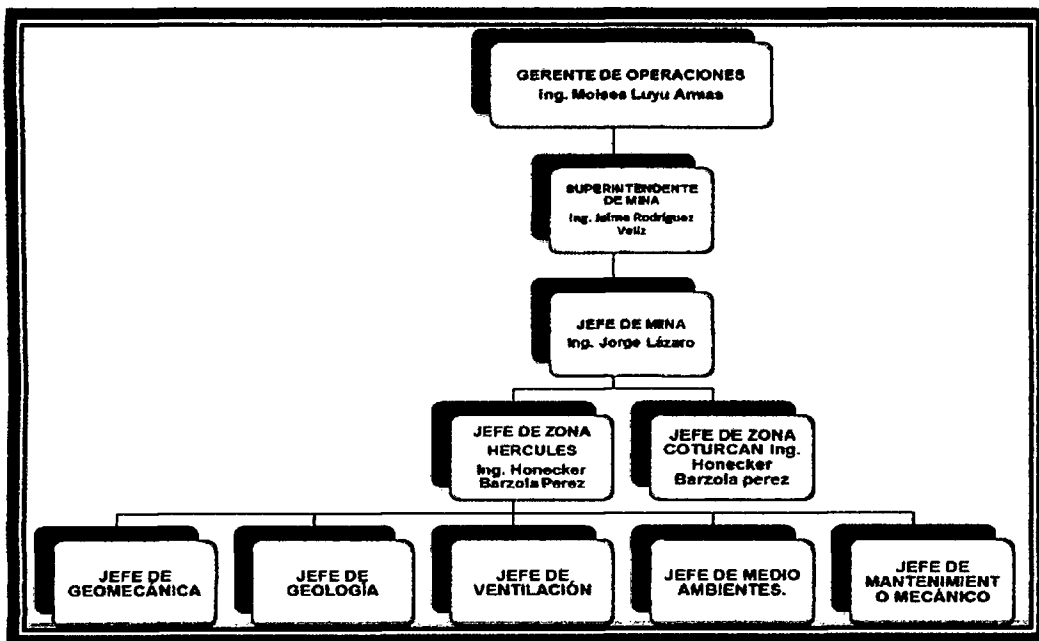


Figura 1.3: organigrama de Cia Minera Huancapeti S.A.C.

Fuente: Cia Minera Huancapeti S.A.C.

1.4.1. CONTRATISTAS MINEROS CÍA MINERA HUANCAPETÍ S.A.C.

Sen empresas de diversa envergadura que se dedican a ejecutar trabajos de exploración, preparación, desarrollo, explotación, servicios auxiliares y otros propios del quehacer minero; según su especialidad e intereses así como de acuerdo a las necesidades de quienes los contratan; entre los contratistas que laboran en CIA Minera Huancapeti con equipos bajo la modalidad de contrato de servicio, están la contrata de la misma.

1.4.1.1. Empresa Contratista Koriandes S.A.C.

Esta contrata es de la misma compañía minera Huancapeti actualmente realiza trabajos en operación mina servicios mina, ventilación, exploración, geología.

1.4.1.2. Empresa contratista Explodrill SA.

La contrata especializada está dedicada específicamente a los procesos de exploración en interior mina, para ello utilizan máquinas de perforación diamantina como las perforadoras de sondaje diamantino DIAMEC en el modelo LM_70, y la LM-75, son perforadoras que perforan hasta más de 200m de longitud.

1.4.1.3. Empresa contratista Grupo Abril S.A.C.

Empresa contratista especializada en procesos de explotación en interior mina lo cual cuenta con equipos de jumbo DD-210, DL-210 y maquinas *jackleg* para sostenimiento.

1.4.1.4. Empresa Contratista Goñe S.A.C.

Empresa contratista especializada en procesos de explotación en interior mina lo cual cuenta con equipos de jumbo DD-210, DL-210 y maquinas *jackleg* para sostenimiento.

1.4.1.5. Empresa contratista Z&Z S.A.C.

Empresa contratista especializada en sostenimiento entre ellos tenemos *shotcrete* (vía seca), cuadros de madera, Wood pack, Jack pop.

1.4.2. HISTORIA DE LA MINA

El distrito minero de Ticapampa es uno de los más importantes de la Cordillera Negra y uno de los más antiguos distritos mineros del Perú. Su explotación data por lo menos del siglo pasado y viene realizándose hasta la fecha.

La Anglo French Ticapampa Silver Mining Corporation. Explotó algunos de estos yacimientos desde 1904 hasta el año de 1,966, Santo Toribio también exploto la zona de Tarugo hasta el año 1974.

Finalmente adquiere dichas propiedades la Cia Minera Alianza, que viene operando en el área desde 1,966, la misma que controla casi la totalidad de los

yacimientos mineros de importancia en la zona, Minera Huancapeti trabaja desde el año 2006 y en forma sostenida desde junio del año 2007.

Paralelamente pequeños mineros han trabajado alentados por los precios de metales, hasta Setiembre del año 2008, ante la caída de los precios todos estos pequeños mineros han abandonado.⁽⁰¹⁾

El "distrito minero de Ticapampa – Aija" en el que se circunscribe el proyecto Huancapetí, tiene una larga historia de desarrollo minero de más de 150 años, fue operado por minera alianza a partir del año 1960, que hasta esa época pertenecía a un pequeño minero artesanal, luego pasaría a manos de la compañía que empezó a explotar y desarrollar la veta tarugo primero, como es de suponer el pequeño minero solo trabaja labores superficiales en la mayor parte de las veces a pulso, como cateos, medias barretas, pequeñas entradas de galerías, etc. Actualmente se ven estas labores desde la carretera que pasa a Aija junto a la mina coturcan y Hércules.

El proyecto alianza nace con la firma de un contrato de Joint ventura entre la compañía minera alianza y Billiton Exploration and Mining Perú B.V. en octubre de 1996. Actualmente viene operando la Compañía Minera Huancapeti SAC, que es una empresa relativamente nueva en el campo de la extracción de minerales polimetálicos, trabajan respetando el medio ambiente, y creando desarrollo en la región de Aija donde se ejecutan sus actividades.

1.5. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La actividad minera en esta zona ha sido constante y según información histórica data desde años anteriores a 1904; desde hace más de un siglo, iniciada por mineros artesanales. Siendo los minerales de "Plomo, Plata y Zinc" los principales recursos geológicos explotados.

Las principales estructuras mineralizadas están ubicadas en varios sistemas de vetas; con un rumbo promedio de "E-W a N 70° W". Existen sistemas con estructuras mayores como las vetas "Coturcan y Hércules con rumbo N30°W y N-10°W". Su mineralogía típicamente se constituye por un ensamble de "pirita, galena, esfalerita, jamesonita, platas rojas, se ha realizado las siguientes investigaciones.

- La compañía minera Huancapeti SAC., ha solicitado una investigación en área de ventilación el año 2013 por la consultoría de **K&M Mining SAC Planeamiento & Ingeniería de Minas**, trabajo presentado "Estudio para el desarrollo del proyecto sistema de ventilación principales zonas Hércules y Coturcan con simulaciones".

En el 2012, la compañía minera Huancapeti S.A.C solicitó un estudio de ventilación general de la mina Hércules y Coturcan de la empresa consultora CHAMBERGO SAC., "Propuesta de un sistema de ventilación "

1.6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.6.1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Delimitación Espacial

El espacio de la investigación, es direccionado en labores de profundización rampas 400(negativo) y 1000(negativo), ubicada en la zona de producción Hércules que consta de 5 niveles, la zona de estudio es el nivel Lorena, en donde se instalara un ventilador principal de 150,000 cfm de capacidad.

1.6.2 IDENTIFICACIÓN

La profundización de labores mineras en explotación mediante el sistema trackles de la zona Hércules de la compañía minera Huancapeti SAC., con métodos de explotación corte y relleno ascendente mecanizado y cámaras y pilares, necesita la utilización de equipos *diessel*, el uso de explosivos, personal y la presencia de la temperatura a profundidad, como consecuencia trae la importancia de un estudio de investigación de **¿Cómo incrementar en caudal de aire ?**, la ventilación de la mina se hace cada vez más compleja, sobre todo la ventilación labores de profundización RP 400(negativo), RP 100(negativo), Nivel Lorena ; por lo que requiere la determinación de proyectos de chimeneas estratégicamente en la RP 400(negativo) y selección de ventiladoras principales.

1.6.3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La contaminación del medio ambiente de minas subterráneas con sistema de explotación trackles, requiere una demanda de caudal de aire y cumplir con las norma de seguridad impuesta del ministerio de energía y minas lo cual cabe mencionar que afecta a minas de dichos sistemas de explotación mencionados anteriormente.

En una escala general, se emiten al medio de la mina grandes cantidades de partículas y gases potencialmente nocivos que afectan la salud humana, el ambiente y la visibilidad para la operación, y los polvos suspendidos que en el largo plazo traen enfermedades ocupacionales y problemas bronquio pulmonar.

En los últimos años el número de equipos se ha incrementado por la misma razón de incremento de producción, tales aumentos de equipos, ha incrementado el requerimiento de caudal de aire.

1.6.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.6.4.1. PROBLEMA GENERAL.

¿Cómo incrementar el caudal de aire fresco para la zona de producción Hércules y obtener un ambiente seguro y saludable?

1.6.4.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS:

A) ¿De qué manera la inadecuada ubicación de ventiladores principales afecta el circuito de ventilación de la zona de producción Hércules 2014?

B) ¿Cuánto es el requerimiento de caudal de aire para labores de profundización rampa 400(negativo), zona Hércules?

C) ¿Cómo afecta al circuito de ventilación de la zona Hércules la apertura de chimeneas de ventilación?

1.7. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN

1.7.1. Importancia.

Un sistema de ventilación minera es importante y necesario para mantener la velocidad de extracción del mineral y al mismo tiempo mantener la salud y satisfacción de los trabajadores en permanecer en los lugares confinados dándoles vida y un largo proyecto de continuidad de las operaciones mineras.

La ventilación de minas es ciencia y es arte y al ser ciencia comprende el conocimiento técnico de como incrementar el caudal de aire, el circuito del caudal de aire tiene que ser de buena calidad y de buena cantidad para mantener el confortabilidad de las personas y cumplir con la demanda de aire de los equipos de combustión que necesitan el porcentaje suficiente de oxígeno.

El caudal de aire tiene que estar acorde a la altitud de nuestras minas peruanas muy diferentes a las altitudes de otras minas de otros continentes que requieran poca cantidad de caudal de aire por hombre o por máquina.

La ventilación de minas es arte creativa y practica y se acomoda a las características y actividades propias de cada yacimiento y al diseño del minado de cada unidad minera acorde al planeamiento de minado quienes al elaborar las operaciones extractivas de mineral y no olvidar el sistema de ventilación por cada nivel de operación mina de modo de día a día la velocidad de extracción del mineral y la salud de los trabajadores no sea afectada.

1.7.2. JUSTIFICACIÓN

La Compañía Minera Huancapeti S.A.C que cuenta suficiente reservas de mineral en profundidad lo cual nos exige realizar un estudio adecuado del sistema de ventilación para obtener un ambiente de trabajo seguro, saludable y un ritmo de trabajo eficiente por lo que justifica el análisis del sistema de ventilación mediante la simulación con software Ventsim, así mismo esta forma de analizar es importante porque contribuye al planeamiento general de explotación.

La Unidad Económica Productiva Zona Coturcan, cuenta con niveles de profundización RP-950(-) en el nivel 11 el cual cuenta con 400,000 mil toneladas de reserva en consecuencia justifica un estudio minucioso del sistema de ventilación de tal forma incrementar el nivel de producción de la mina.

La unidad económica productiva zona Hércules, cuenta con niveles de profundización como RP-1000 y RP-400 y cuentan con suficiente de reserva el cual nos permite realizar la simulación del sistema de ventilación acorde tipo de minado a ejecutarse.

1.8. OBJETIVOS

1.8.1. OBJETIVO GENERAL:

Lograr un incremento de caudal de aire y en consecuencia un ambiente seguro ya saludable en las labores de trabajo.

1.8.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 1.- Incrementar el caudal de aire fresco en el nivel inferior y conducción del aire viciado.
- 2.- Coadyuvar al diseño de la red de ventilación basándose en modelamiento y simulación.
- 3.- Conocer el requerimiento de caudal de aire para la RP 400(-) labores de profundización.
- 4.- Sirva al interesado optar el título de Ingeniero de Minas

1.9. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

1.9.1. HIPÓTESIS GENERAL:

Implementar chimeneas de ventilación y ventiladores extractoras para incrementar el caudal de aire y lograr el control ambiental subterráneo seguro y saludable, mediante las simulaciones del software Ventsim, Zona Hércules, Cía. Minera Huancapeti S.A.C.

1.9.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS:

- a) Hermetización de labores abandonadas de Cía. Minera Alianza.
- b) La simulación y modelamiento de sistema de ventilación contribuye al diseño adecuado del circuito de ventilación.
- c) Se necesita un incremento de caudal de aire fresco de 40,000 cfm para garantizar el requerimiento de aire para las operaciones de labores de profundización.

1.9.3. VARIABLES E INDICADORES.

Variable independiente:

Sistema de ventilación mediante la simulación del software Ventsim, circuitos de ventilación, Equipos diésel y chimeneas.

Indicadores.- caudal (m^3/minuto), número de chimeneas (unid), resistencia total de la mina ($\text{in H}_2\text{O} / \text{mm}^2$).

Variable dependiente:

Caudal de aire zona hércules, instalación de ventiladores extractivas.

Indicadores.- Factor de fricción K ($\text{lb-min}^2/\text{pie}^4$), presión, capacidad del ventilador (pies^3/min).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. OPERACIÓN DE CIA MINERA HUANCAPETÍ S.A.C.

El método aplicado en la zona Hércules es cámaras y pilares y corte y relleno siendo el mas usado el corte y relleno ascendente nos permite obtener una alta productividad y como consecuencia bajos costos de producción, sin embargo no siempre la mecanizacion es una alternativa mas adecuada para un empresario minero a comparacion de una convencional tienes ventajas y desventajas.

La unidad de producción Hércules, con método de explotación corte y relleno ascendente mecanizada, permite el empleo de maquinarias como scooptram de 3.5,4,6 yardas de capacidad.

Los accesos a los tajeos, normalmente, se hacen por medio de rampas éstas pueden tener 12% de gradiente, mas conocida como batido de brazos para realizar el siguiente corte.

La descripción de las operaciones unitarias, el ciclo se inicia perforando con jumbo marca sambick hidraulicos autopropulsados, la perforación de los tajeos, se

efectua por alas con un total de 300 taladros aproximadamente, los que tienen una inclinacion hacia la cara libre y otra paralela al manto, iniciando en la parte media del tajeo y en retirada hacia el acceso. Previa a la perforación debe realizarse un buen desate de rocas, con el fin de hacer un desatado constante para evitar el desprendimiento de rocas sobre el personal y equipo.

La altura del techo del tajeo tanto para el desatado como para la perforación debe ser 3.5 a 4 metros pues eso es la altura estandar para el trabajo eficiente del equipo, las brocas que se usan es de tipo botones usados para un rendimiento de 1500 pies, con velocidad de penetración de 4 pies/ minuto, la perforación hidráulica ofrece ventajas importantes tales como: mayor velocidad de penetración, menor consumo de energia, variaciones de las presiones de percusion y rotación mejor ambiente de trabajo y menor consumo de agua.

Preparación

Galerias

Una galería principal que se realiza en mineral para el acarreo del material roto cuenta con niveles de explotacion iniciando del nivel 6 hasta el nivel 3 (unidad productiva hercules)

Chimeneas

En los extremos del block se realizan chimeneas para delimitar el *block* mineralizado, o se ejecuta VCR en la parte medial del *block* que servirá para la ventilación y facilita el relleno de labores de profundización rampa 400(-).de la unidad de producción Hercules.

Explotación.

Después de las labores de preparación se empieza a la rotura del tajeo a partir del sub-nivel utilizando el batido de brazo como ingreso, extraendo el primer corte en la parte inicial del tajeo con la finalidad de mantener el ciclo para siguiente corte.

Ciclo de minado

Perforación, Voladura, Ventilación, desate, sostenimiento, Limpieza y Relleno.

Perforación.

La perforación se realiza mediante equipos jumbo sambick DD-210, realizando 3 a 4 frentes por guardia (2 guardias/ dias) con barras de 11 pies de 45mm de diámetro de broca con una sección de 4.x3.5.m, tipo de roca dura con un total de 24 taladros distribuidos de acuerdo a los estandares.

Jack-Leg.- se utiliza para perforación con fin de sostenimiento(pernos, split set, pernos expansivos y taladros de servicios y plasteos de bloques de mayor tamaño), el 80% se utiliza para sostenimiento y el 10% para chimeneas y taladros de servicios.

Raise Boring.- El equipo que realiza trabajos de perforación de chimeneas como pueden ser de servicios, ventilación, echaderos de desmontes y mineral (*ore pass-wass pass*).

- **Marca: AFY1800/40/250 RAISE BORIN MACHINE**
- **Velocidad de avance del piloto pipe=18-24m/dia.**
- **Voltaje= 440V**
- **Ángulo de inclinación= 90°**
- **Diámetro de la broca piloto=250mm.**
- **Diámetro del rimado=1.50m-2.5m.**

2.2. VOLADURA

La voladura se realiza de acuerdo al estándar de mina utilizando explosivos, la malla de perforación influye la granulometría del mineral así también como la densidad de la carga explosiva, secuencia de iniciación y otros parámetros, como explosivos fabricados por la empresa FAMESA: *Anfo*, emulsiones y como accesorios de voladura son utilizados fanel, *nonel*, mecha lenta, cordón detonante, fulminantes, conectores.

2.2.1. FACTORES DE VOLADURA

Una adecuada fragmentación es importante para facilitar la remoción y transporte del material volado y está en relación directa con el uso al que se destinará este material, lo que calificará a la “mejor” fragmentación. Así, en la explotación de minerales se busca preferentemente fragmentación menuda, que facilita los procesos posteriores de conminución en las plantas metalúrgicas, mientras que en la de rocas algunas veces se requiere que sea en grandes bloques, como los que se emplean para la construcción de ataguías o rompeolas. El desplazamiento y la forma de acumulación del material volado se proyecta de la manera más conveniente para el paleo o acarreo, de acuerdo al tipo y dimensiones de las palas y vehículos disponibles.

2.2.2. DISEÑO DE LA MALLA DE PERFORACIÓN

- ✓ Para diseñar la malla de perforación se siguió el modelo matemático de holberg, aplicando la voladura controlada de recorte, para una sección de 3.5 x 3.5 m.

$$q = 55 * D_1 * \left(\frac{B}{D_2}\right)^{1.5} * \left(B - \frac{D_2}{2}\right) * \left(\frac{C}{0.4}\right) * \frac{1}{PRP_{anfo}}$$

Dónde:

q1 : Concentración de carga lineal (Kg/m)

D1 : Diámetro de tal. De producción (m)

D2 : Diámetro de tal. Alivio (0.1m)

B : Burden (m)

C : Constante de roca

PRPanfo: Potencia relativo. En peso ref. Anfo.

Datos mina:

Diámetro del taladro de alivio	104mm
Diámetro del taladro de producción	45mm
Longitud de la barra empleada	11ft

a) CÁLCULO DEL BURDEN PARA EL ARRANQUE

$$B = 1.7 * Dh$$

Dónde:

B : Burden (m).

Dh : Diámetro del taladro equivalente (m).

Cálculo del diámetro equivalente (Dh):

$$D_h = D * \sqrt{n}$$

Dónde:

Dh : Diámetro del taladro equivalente (m)

D : Diámetro del taladro de alivio (m)

n : Número de taladros vacíos

$$D_h = 0.104 * \sqrt{3}$$

$$D_h = 0.173205\text{m}$$

Burden máximo (B1):

$$B_{1m} = 1.7 * D_h$$

$$B_{1m} = 1.7 * 0.173205$$

$$B_{1m} = 0.2944\text{m} = 29.444\text{cm}$$

Burden práctico (B1 prac.)

$$B_{1prac} = B_{1-} * E_p$$

Dónde:

B1 : Burden máximo (m)

Ep : Error de perforación

Cálculo del error de perforación (E_p):

$$E_p = 0.0031 * Long_{perf.}^2 + 0.0063 * Long_{perf.} + 0.007$$

$$E_p = 0.0031 * 3.3528^2 + 0.0063 * 3.3528 + 0.007$$

$$E_p = 0.057670m$$

$$B_{1prac} = B_{1-} * E_p$$

$$B_{1prac} = 0.2944 - 0.057670 = 0.2367m$$

Cálculo de carga para el arranque:

$$q_1 = 55 * D_1 * \left(\frac{B_{1m}}{D_h}\right)^{1.5} * \left(B_{1m} - \frac{D_h}{2}\right) * \left(\frac{C}{0.4}\right) * \frac{1}{PRP_{anfo}}$$

$$q_1 = 55 * 0.045 * \left(\frac{0.2944}{0.173205}\right)^{1.5} * \left(0.2944 - \frac{0.173205}{2}\right) * \left(\frac{0.4}{0.4}\right) * \frac{1}{1}$$

$$q_1 = \frac{1396 \text{ lb}}{\text{m}}$$

b) CÁLCULO DEL BURDEN PARA LA AYUDA (2^{do} CUADRANTE)

$$B_2 = 10.5 * 10^{-2} * \sqrt{\frac{A_h * q_2 * RPR_{anfo}}{D_1 * C}}$$

Calculando A_h (Ancho de abertura creada):

Del plano (del arranque)=0.280m

$$A_h = A_{h1} - E_p = 0.280m - 0.057670m$$

$$A_h = 0.2223 \text{ m.}$$

Carga asumida (q_2) = 1.1396Kg/m

Constante de roca (C)= 0.4, $D_1 = 0.045$ m

Burden máximo:

$$B_2 = 10.5 * 10^{-2} * \sqrt{\frac{A_h * q * RPR_{anfo}}{D_1 * C}}$$

$$B_{2m} = 10.5 * 10^{-2} * \sqrt{\frac{0.2223 * 1.1396 * 1}{0.045 * 0.4}}$$

$$B_{2m} = 0.394\text{m (burden máximo)}$$

$$B_2 = B_{2m} - E_p, \quad E_p = 0.057670\text{m.}$$

$$B_{2p} = 0.394 - 0.057670 \text{ m} = 0.3363\text{m (burden práctico)}$$

c) CÁLCULO DEL BURDEN PARA LA SOBREAYUDA 1 (3^{do} CUADRANTE)

$$B_3 = 10.5 * 10^{-2} * \sqrt{\frac{A_h * q_3 * RPR_{anfo}}{D_1 * C}}$$

Calculando A_h (Ancho de abertura creada):

Del plano (A_{h1})=0.71m.

$$A_h = A_{h1} - E_p, \quad E_p = 0.057670\text{m}$$

$$A_h = 0.65\text{m}$$

Carga asumida (q_3) = 1.1396Kg/m

Constante de roca (C)= 0.4:

Burden máximo:

$$B_{3m} = 10.5 * 10^{-2} * \sqrt{\frac{0.65 * 1.1396 \text{Kg/m} * 1}{0.045 * 0.4}}$$

$$B_{3m} = 0.6735 \text{m (burden máximo)}$$

$$B_{3p} = B_{3m} - E_p, \quad E_p = 0.057670 \text{m}$$

$$B_{3p} = 0.6735 \text{m} - 0.05767 \text{m} = 0.6159 \text{m (burden práctico)}$$

d) CÁLCULO DEL BURDEN PARA LA SOBRE AYUDA 2 (4^{do} CUADRANTE)

$$B_4 = 10.5 * 10^{-2} * \sqrt{\frac{A_h * q_4 * RPR_{\text{anfo}}}{D_1 * C}}$$

Calculando Ah (Ancho de abertura creada):

$$(Ah_1) = 1.43 \text{m.}$$

$$A_h = Ah_1 - E_p.$$

$$\dot{A}_h = 1.3723 \text{m.}$$

Carga asumida (q_4) = 1.1396 Kg/m.

Constante de roca (C) = 0.4

Burden máximo:

$$B_{4m} = 10.5 * 10^{-2} * \sqrt{\frac{1.3723 \text{m.} * 1.1396 \text{Kg/m.} * 1}{0.045 * 0.4}}$$

$$B_{4m} = 0.9787 \text{m (burden máximo).}$$

$$B_{4p} = B_{4m} - E_p., \quad E_p = 0.057670 \text{m.}$$

$$B_{4p} = 0.9787 - 0.05767 = 0.92104 \text{ m (burden práctico).}$$

e) DISEÑO PARA LOS TALADROS DEL ARRASTRE.

$$B = 0.9 * \sqrt{\frac{dq * PRP}{f * C * E/B}}$$

Dónde:

\bar{B} : Burden (m).

dq : Densidad de carguío (Kg/m) (0.95Kg/m).

PRP : Potencia relativa del explosivo referido al anfo (1).

f : Factor de fijación (1).

C : Constante de roca (0.4).

E/B: Relación espaciamento Burden (1).

$$B = 0.9 * \sqrt{\frac{0.65 * 1}{1 * 0.4 * 1}} = 1.151m \text{ (Burden Máximo)}$$

Burden Práctico:

$$B = 1.151 - 3.3 * \text{seno}(3) - 0.01 = 0.96m \text{ (Burden Práctico)}$$

✓ Angulo de desviación (3 grados).

✓ Desviación de perforación (0.01m).

CALCULANDO EL NÚMERO DE TALADROS DE ARRASTRE

$$N_{\text{tal.}} = \left(\frac{\text{Ancho de tunel} + H * \text{seno}(\alpha)}{B} \right) + 1$$

Dónde:

H : Profundidad del taladro (3.0m)

α : Angulo de desviación en el fondo del taladro(3°)

B : Burden (m)

$$N_{tal.} = \left(\frac{3.5 + 3.0 * \text{seno}(3)}{0.96} \right) + 1$$

$$N_{tal.} = 4 \text{ tal.}$$

2.2.3. CÁLCULO DE FACTOR DE POTENCIA

HALLANDO TONELAJE POR	
	DISPARO
	1,185.3TN.
BASE	4.5
ALTURA	3
DENSIDAD	3
PROF. TAL	3.05
TONELAJE	123.53
HALLANDO FACTOR DE POTENCIA	
F.P Kg/TN	0.53

Tabla 2.1: factores de potencia.

Fuente: cálculos del autor de tesis.

2.3. PLANOS GEOMECÁNICOS DE LABORES MINERAS

El Estudio involucra la evaluación geomecánica de las zonas "Hércules, Coturcan y Caridad"; en éstas se busca determinar las condiciones geomecánica (arregló estructural y calidad de masa rocosa), estimar los parámetros de resistencia a

nivel de "roca intacta, discontinuidades y masa rocosa", establecer el modelo geomecánica conceptual, "estimar la magnitud y dirección de los esfuerzos principales", evaluar desde el punto de vista geomecánico a nivel conceptual los métodos de explotación aplicables para las condiciones naturales que presentan las estructuras mineralizadas del yacimiento minero Huancapeti, realizar el dimensionamiento geomecánico en los "tajos, puentes y pilares", analizar la estabilidad de las excavaciones mediante métodos de "equilibrio límite y elementos finitos", evaluar y rediseñar el sostenimiento", evaluar la instrumentación geomecánica aplicable a las necesidades de la mina, establecer recomendaciones que permitan una óptima utilización de los elementos de sostenimiento. **VER ANEXO (04).**

SOSTENIMIENTO DE LABORES PERMANENTES SECCION "3.0m x 3.0m altura"				
Tipo III (Banco)	Tipo IIIA-III (Banco)	Tipo IIIA-III (Regular)	Tipo IVA-IV (Banco)	Tipo V (Bajo Banco)
SOPORTE DE CUÑAS Y BLOQUES DE ROCA QUE PUEDEN DESPRENDERSE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	EMPERNAO SISTEMÁTICO ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	EMPERNAO SISTEMÁTICO CON MALLA ELECTROBOLABAA ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	CONCRETO LANZADO Y EMPERNAO SISTEMÁTICO ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	CORRUS DE ACERO ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Longitud de pernos: 1.5 metros	Longitud de pernos: 1.5 metros	Longitud de pernos: 1.5 metros	Longitud de pernos: 1.5 metros	Espacido de las Corrus: 1.0 metros
Espacido entre pernos: De acuerdo a las cuñas	Espacido entre Pernos: 1.70 x 1.70 metros	Espacido entre Pernos: 1.50 x 1.50 metros	Espacido entre pernos: 1.20 x 1.20 metros	
La cadena de concreto/Roña en toda la longitud del arco	La cadena de concreto/Roña en toda la longitud del arco	La cadena de concreto/Roña en toda la longitud del arco	La cadena de concreto/Roña en toda la longitud del arco	
Tipo de pernos: Pernos de acero con tornillos	Tipo de Pernos: Pernos de acero con tornillos	Malla electrosoldada de malla 7.62" Calibre NP 8	Capa de concreto lanzado: Espesor: 3-4"	
Dimensiones: Diámetro de la barra: 22 mm	Dimensiones: Diámetro de la barra: 22 mm	Dimensiones: Diámetro de la barra: 22 mm	Dimensiones: Diámetro de la Barra: 22 mm	
Diámetro recomendado del taladro: 35-6mm	Diámetro recomendado del taladro: 35-6mm	Diámetro recomendado del taladro: 35-6mm	Diámetro recomendado del taladro: 35-6mm	

Figura 2.1: Sostenimiento de labores.

ZONA HÉRCULES

Caja techo (RMR: 72-45).- Este dominio se constituye litológicamente por "lavas y tufo volcánicos" de composición andesítica con texturas afaníticas a porfiríticas,

de tonalidades que van desde “verdosas a grisáceas”. Estructuralmente se tipifica como un material fracturado (RQD: 50-75), en sectores puntuales sobre todo hacia el contacto “falla- caja techo” se muestra muy fracturado (RQD: 30-45); presenta una resistencia a la compresión simple variable entre los “90-40: Mpa”; las características de las discontinuidades estructurales en promedio presentan un espaciamiento que varía entre los “0.6-0.2 metros y 0.2-0.06 metros”, una persistencia variable entre los rangos “>20 metros, 20-10 metros, 3-10 metros”, aperturas entre las paredes opuestas de las discontinuidades son variables en las diaclasas va entre los “5.0-1.0 mm, 1.0-0.1 mm, < 0.1 mm”; las superficies de las discontinuidades estructurales se muestran “rugosas, ligeramente rugosas a lizas”; en cuanto al material presente entre las discontinuidades, éstas se encuentran limpias, en ocasiones presentan rellenos duros (cuarzo, sílice, sulfuros) y suaves (óxidos, carbonatos); las paredes de las discontinuidades se muestran “ligeramente alteradas, alteradas hasta muy alteradas hacia el contacto falla techo); superficialmente se muestran “secas a parcialmente húmedas” y eventualmente presentan “goteo a flujo en zonas puntuales”.

2.4. VENTILACIÓN

La mina cuenta con una ventilación natural que cubre la demanda de requerimiento de aire en un 10 % del total y el 90% de caudal de aire se consigue mediante ventiladores extractivas ubicadas en los siguientes lugares.

1.-ventiladora extractiva de 100,000 cfm instalada en el nivel Lorena. (Zona Hércules).

2.-ventiladora de 50,000 cfm ubicada en el Bypas 270 IS. (Zona Hércules)

Se utiliza ventiladores auxiliares en las labores de avance de capacidades de 20,000, 10,000, 30,000 CFM, los cuales son instalados de acuerdo a la labor y sección destinada de forma impelente.

2.5. SOSTENIMIENTO

SOSTENIMIENTO CON PERNO HELICOIDAL:

El sostenimiento se realiza mediante sistema de pernos, Split set, pernos expansivos, Jack pop, cuadros de madera, shotcrete; con respectivos procedimientos, además con el apoyo de la máquina perforadora tipo Jack Leg, barras con brocas de 38 mm a menos, barras Helicoidales de 19 mm de diámetro y sus respectivas tuercas y platinas, de 5 ó 7 pies de longitud, cartuchos de resina de fragua rápida, Cartuchos de cemento, Adaptador para Jack Leg.

2.6. RELLENO.

El relleno que se emplea es detrítico, los que se suministran de labores de desarrollo pueden ser de rampas, frontones, ventanas, etc., para dicho evento se realiza diferentes actividades preparación de las cámaras de acumulación de desmonte para su respectivo alternado, el relleno se utiliza para realizar el siguiente corte en los batidos de brazos.

El manipuleo se realiza con equipos scooptram para transportar, el pase de relleno se realiza por chimeneas directamente al tajeo desde donde se distribuye y compacta hasta alcanzar la altura de 2,0m a 2.5 m del techo.

2.7. SISTEMA DE TRANSPORTE DE MINERAL.

Constituye uno de los ciclos más importantes, pues su eficiencia influye en la producción diaria, el acarreo de mineral en el tajeo del método de explotación de corte y relleno ascendente mecanizada, es una de las operaciones unitarias, la forma de tajeo condiciona la limpieza que de hecho conforma dos operaciones acarreo y transporte.

Los fines que existen en mina para incrementar la eficiencia de los scooptram se tiene las siguientes medidas en la mina: selección capacitación y seguimiento de los operadores, esta implementado talleres de mantenimiento subterráneo, comunicación efectiva entre mantenimiento y operaciones, mantenimiento de vías y puntos de carguío, instalación de dientes y protectores en cucharas, iluminación de los accesos en los puntos de carga, fragmentación adecuada y disparo completo.

En general las distancia son de acuerdo al radio de rendimiento del equipo (scooptram CAT de capacidades de 3.5, 4, 6 yardas), equipos LHD de 6 yardas de capacidad.

La acumulación del mineral roto y desmonte son almacenados en los cámaras de acumulación de mineral y desmonte respectivamente para su respectivo carguío a los volquetes de capacidades de 20 y 30 toneladas.

2.8. EQUIPO UNIDAD DE PRODUCCIÓN HÉRCULES.

1. EQUIPOS:	CANTIDAD	HP CORREG.	TOTAL HP	GRADO DE INCIDENCIA	consumo mínimo (m3/min)	CFM
VOLQUETES	6	400	2400	0.5	3	127130.4
CAMIONCITOS	2	70	140	0.5	3	7415.9
CAMIONETAS	5	55	275	0.5	3	14567.0
SCOOPTRAM R1600G	2	270	540	0.9	3	51487.8
SCOOPTRAM R1300G	2	180	360	0.9	3	34325.2
SCOOPTRAM LH 410	1	295	295	0.9	3	28127.6
SCOOPTRAM JARVIS	1	201	201	0.9	3	19164.9
SCOOPTRAM LH203	1	201	201	0.9	3	19164.9
MINICAT	1	120	120	0.9	3	11441.7
JUMBO DD 210	2	53	106	0.25	3	2807.5
MOTO NIVELADORA	1	150	150	0.5	3	7945.7
SIMBA DL 210	1	53	53	0.25	3	1403.7
TOTAL						324982.4

Tabla 2.2: Grado de incidencia de equipos diésel.

Fuente: Revistas de los equipos – Cía. Minera Huancapetí.

‡. El grado de incidencia de equipos es el tiempo que permanece en el área de trabajo en relación demanda de caudal de aire.

2.9. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN.

2.9.1. MARCO LEGAL.

La explotación Minera en el mundo tiene repercusiones económicas, ambientales, laborales y sociales, la minería en el mundo, no es un generador de empleo sólo, ocupa el 1% de la mano de obra, sin embargo es responsable del 8% de los accidentes fatales a causa de gaseamiento en minas subterráneas, y en consecuencia están incluidas las enfermedades ocupacionales.

- La minería en general se desarrolla alejado de centros urbanos.
- Se trabaja con factores físicos adversos (iluminación, nivel de ruido, vibraciones, trabajo en altura y otros).
- Las jornadas de trabajo son extendidas a más de 10 horas y en algunos casos a más de 20 días consecutivos.
- No se encuentra información estadística de salud ocupacional.

2.9.2. MARCO NORMATIVO NACIONAL

Constitución Política del Perú (1993)

Art. 7º, 9º y 59º.

Derecho de todos a la protección de la salud, el medio familiar y de la comunidad; hay elementos para obligar al Estado, empleadores y trabajadores para prevenir y resolver los problemas.

LEY GENERAL DE SALUD.

“Capítulo VII sobre Higiene y Seguridad en los ambientes de trabajo”

Art. 100°. “Establece la obligación por parte de quienes conducen o administran actividades de extracción, producción, transporte y comercio de bienes o servicios de adoptar las medidas necesarias para garantizar en sus ambientes de trabajo, la promoción de la salud y la seguridad de los trabajadores y de terceras personas”.

Art. 101°. “Las condiciones de higiene y seguridad de los Ambientes relacionados con las actividades de extracción, producción y transporte de bienes y servicios se sujetan a las disposiciones que dicta la autoridad de salud competente asignándole a ésta un rol normativo y de vigilancia del cumplimiento”.

CÓDIGO CIVIL.

Art. 1970°. Señala “Aquel que mediante un bien riesgoso o peligroso o por el ejercicio de una actividad riesgosa o peligrosa causa un daño a otro, está obligado a repararlo”.

CÓDIGO PENAL.

Se tipifica los delitos de violación a la libertad de trabajo entre ellos

“El que obliga a otro, mediante violencia o amenaza a trabajar sin las condiciones de seguridad e higiene industriales determinadas por la autoridad”.¹¹

2.9.3. LEY N° 29783, LEY DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO, APROBADO POR DECRETO SUPREMO N° 005-2012-TR.

Artículo 1.- El presente Reglamento desarrolla la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, y tiene como objeto promover una cultura de prevención de riesgos laborales en el país, sobre la base de la observancia del deber de prevención de los empleadores, el rol de fiscalización y control del Estado y la participación de los trabajadores y sus organizaciones sindicales.

2.9.4. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS.

✕ DS N° 055-2010-EM.

✕ Ley 27474 Ley de Fiscalización de la Actividades Mineras.

2.10. SISTEMA DE VENTILACIÓN DE LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN HÉRCULES.

Está compuesto por la totalidad de circuitos que conforman la red de ventilación (labores por donde circulará el aire, tales como galerías, rampas, chimeneas, anillados de ventilación y otros), más los dispositivos de control de flujos (reguladores, tapones, puertas), más ventiladores; en aquellas minas ventiladas solamente con ventilación natural, el sistema de ventilación lo constituyen los dispositivos de control de flujos, más la red de ventilación. (Ver anexo 01 plano del sistema de ventilación), los ingresos de aire son:

Nivel 6 con un caudal de 100,366 cfm.

Nivel 4 con caudal de 16,794 cfm.

Chimenea Alimack con caudal de 26,679 cfm.

Nivel 3 con caudal de 15,547.70 cfm.

Y con una salida principal en el nivel Lorena de 135,556 cfm que trabaja como un extractor principal, y con una cobertura de 45.21%.

2.11. ANÁLISIS FODA DE VENTILACIÓN

	FORTALEZAS	DEBILIDADES
	Personal con experiencia	Labores antiguas sin hermetizar.
	Apoyo constante de las demás áreas en operación mina.	Chimeneas y Raise Boring de ventilación mal ubicada.
	Índices de seguridad.	Deficiencia de personal
	Labores con secciones amplias	Ventiladores fuera de su vida útil
	Materiales lo suficientemente.	Falta de equipos de medición y monitoreo (psicrómetro).
	Organigrama bien definido del área de ventilación.	Falta de un programa de simulación para el área.
OPORTUNIDADES	ESTRATEGIA FO	ESTRATEGIA DO
Contar con un Asesor externo.	Capacitación constante de los colaboradores del área.	Encausar mayor caudal de aire por las rampas principales hermetizando las labores antiguas.
implementación de un programa de simulación (Ventsim)	Mejor visualización y manejo del circuito de ventilación con el programa Ventsim	
Capacitaciones por consultores calificados.		Aumentar el número de colaboradores para el área.
Contar con un circuito de ventilación bien definidos.	Instalación de ventiladores extractoras de mayor capacidad, aprovechando las secciones amplias de las labores	Utilizar ventiladores a su máximo rendimiento llevando un control y monitoreo del mismo
AMENAZAS	ESTRATEGIA FA	ESTRATEGIA DA
Escasez de energía	Solicitar mayor suministro de energía eléctrica tanto para la operación mina y para los ventiladores.	Cumplimiento de la normativa ambiental y el D.S. 055 EM y la ley de trabajo N° 29783.
Mayores exigencias en normativa ambiental y D.S. 055 EM		empresas de aumentar su producción por economía de escala

Tabla 2.3: Análisis FODA de la Área de Ventilación.

Fuente: Propio del responsable de tesis.

2.12. DIAGNÓSTICO DE VENTILACIÓN DE LA ZONA HÉRCULES.

Diagnóstico del sistema actual de ventilación en el presente tema se hace una breve descripción del estado actual del sistema de ventilación en las zonas estudiadas.

La unidad de producción hércules aporta con el 65% de la producción total de mineral; la demanda de aire en interior mina asciende cada vez mayor a 352,537 cfm, con una cobertura deficiente de 45.21%, principalmente por la operación de equipo diésel al interior de las labores mineras.

Las actividades unitarias de explotación se realizan con equipo mecanizado salvo el sostenimiento, una ventaja de la mina son las dimensiones de las secciones de los túneles los cuales en promedio son de 15m². El problema es la contaminación producida por los equipos en la parte inferior la cual contamina a las operaciones de la zona alta de recuperación y preparación de mineral, se cuenta con un ventilador principal extractor de 100,000cfm ubicado en el nivel Lorena , y el uso de ventiladores auxiliares en labores ciegos; el abastecimiento de energía es deficiente, se tiene parámetros de restricción en la instalación de ventiladores, tales eventos nos llevan a una caída de tensión perjudicando a equipos de operación mina tales como jumbos, simbas.

Hay labores abandonada que no están hermetizadas por lo tanto hay perdida del caudal de aire fresco.

CAUDAL DE INGRESO ZONA HÉRCULES

PUNTO	LUGAR	HORA	CAUDAL DE INGRESO CFM
V-1	BOCAMINA NV-6	10:50 a. m.	100,366.64
V-38	ENTRADA NV 3	05:50 p. m.	15,547.70
V-39	BOCAMINA NV-4	05:55 p. m.	16,794.91
V-36	ALIMACK DEMONTERA	05:30 p. m.	26,679.86
TOTAL DE ENTRADA			159,389.11

CAUDAL DE SALIDA ZONA HÉRCULES

PUNTO	LUGAR	HORA	CAUDAL DE SALIDA CFM
V-35	CH-11.4	05:50 p. m.	13,433.22
V-37	SALIDA BOVADILLA	05:40 p. m.	15,806.83
V-34	SALIDA LORENA	04:50 p. m.	135,556.54
TOTAL DE SALIDA			164,796.58

Tabla N° 2.4: Diagnóstico de caudal de aire, zona hércules.

Fuente: levantamiento de ventilación- anexo N° 07 base de datos.

2.12.1. INVENTARIO DE VENTILADORES

ZONA HERCULES					
ITEM	UBICACIÓN DEL VENTILADOR	CAPACIDAD DEL VENTILADOR (CFM)	NUM. DE VENTILADORES	ESTADO ACTUAL DEL VENTILADOR	LABORES QUE VENTILA
1	BP 270 S4	20,000	1	OP.	VENTILA RP (-) 820, RP(-) 720
2	RP 400	30,000	1	OP.	VENTILA TJ 5.3M
3	BP 270 IS	30,000	1	OP.	VENTILA RP (+) 120
4	CH AK 07H	30,000	1	OP.	VENTILA CX 990, RP(+)+820, CX 900, BP 270 IS
5	BP 270 IN	20,000	1	OP.	FR 4N
6	CX 1000 IV	30,000	1	OP.	ENSERiado
7	RP 1000	20,000	1	OP.	VENTILA A RP (-) 1000
8	BP 230	10,000	1	OP.	TJ 25040
9	CX 4252	20,000	1	OP.	RP (+) 360, GL 4252
10	BP 4032	20,000	1	OP.	RP 13.1, RP 13.60

Tabla N° 2.5: ubicación de ventiladores en la zona Hércules.

2.12.2. CONSIDERACIONES GENERALES DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN ZONA DE PRODUCCION HÉRCULES.

Las condiciones de ventilación de la zona de producción Hércules, para el estudio general del sistema de ventilación son:

Longitud total de labores mineras: 83,861.7 pies.

Caudal total de admisión: 159,389.11 CFM.

Caudal total de salida: 164,796.58 CFM.

Flujo de masa total: 134.19 lb/segundo.

Resistencia total de la mina: 9.299×10^{-10} pulg H₂O/mm².

Perdida de presiones:

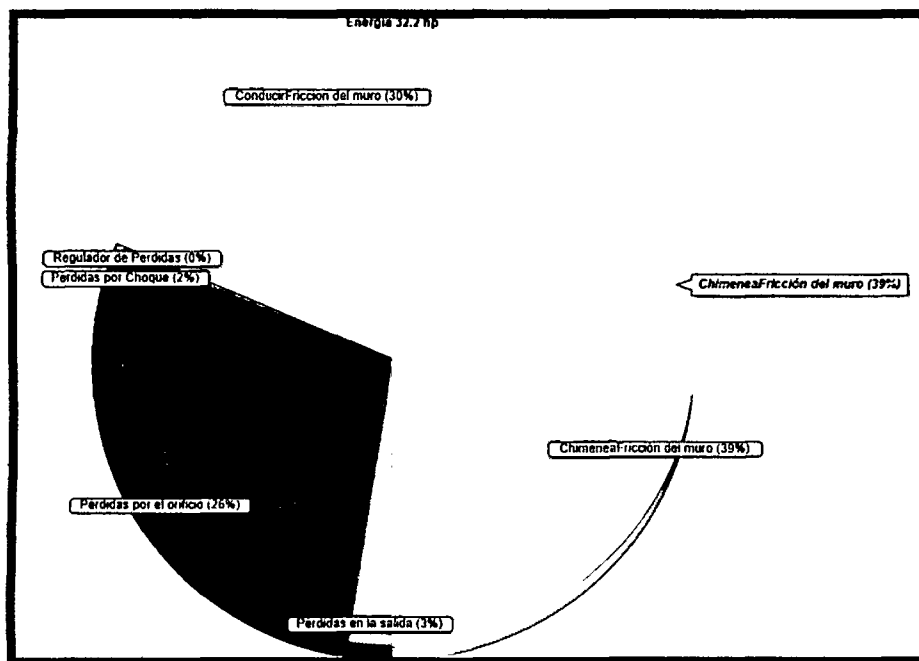


Figura 2.2: pérdida por fricción y choque.

Fuente: Cía. Minera Huancapeti SAC.

2.13. LEVANTAMIENTO DE VENTILACIÓN ZONA HÉRCULES.

Es un conjunto de operaciones de campo y de gabinete planificados y programados, para realizar las mediciones de caudal y dirección del aire que circula, el monitoreo de contaminantes (gases y polvos), el monitoreo de condiciones ambientales, la evaluación de ventiladores existentes, el número de personal y los equipos presentes en la operación, etc., con los cuales se determina el balance general del caudal de aire de ingreso y salida, los requerimientos de aire fresco y conocer el estado real del sistema de ventilación de una mina.

2.13.1. INSTRUMENTOS Y MATERIALES.

Los instrumentos necesarios para el levantamiento de ventilación son:

- * Anemómetro MRC; Modelo: LM-8102.
- * Tubos de humo y pera de jebe.
- * Fosforó.
- * Flexómetro de 8m.
- * Cronómetro.
- * Libreta de campo y lapiceros.
- * Planos topográficos en planta y por niveles.
- * Cordel
- * Pintura y/o spray
- * Brocha

2.13.2. PROCESO DE LEVANTAMIENTO DE VENTILACIÓN (TRABAJO DE CAMPO).

1. Disponer previamente de planos actualizados de los niveles en operación a escala de 1/500 y de planos de levantamientos anteriores. Recoger informaciones de la oficina de planeamiento mina, geología e ingeniería sobre los proyectos y diseños de toda la operación minera.
2. Realizar el reconocimiento de labores subterráneas para planificar el trabajo y ubicar en el terreno los puntos estratégicos que servirán como estaciones de control de ventilación. Identificar las vías de ingreso y salida del aire y otras vías importantes en interior mina, identificar la ubicación de ventiladores, puerta y tapones de ventilación.
3. En las estaciones de ventilación y en otras labores de explotación y desarrollos se efectúan la medición de: velocidad de aire y área de la sección transversal para determinar el caudal circulante, las temperaturas para determinar la humedad relativa y pesos específicos del aire, características e irregularidades de las paredes del conducto que tienen una incidencia directa en la resistencia. Cabe mencionar, que la determinación de la dirección del flujo de aire en cada una de las **estaciones de control**, así como en todas las labores donde circula el aire son importantes para saber su procedencia y orientación del flujo de aire; para este fin se usa la bombilla y tubos de humo. Estas direcciones se señalan en los planos de ventilación durante el trabajo del levantamiento.
4. Durante el mapeo, se registra todos los problemas relacionados a ventilación, las labores en construcción y su objetivo, los nuevos proyectos, etc.; con estas

informaciones se planteará los diferentes trabajos de ventilación e inclusive la adquisición de equipos y materiales.

5. Se preparará un informe conciso y claro con todos los resultados de la evaluación, con las observaciones, conclusiones y recomendaciones.

2.14. ESTACIONES DE CONTROL DE VENTILACIÓN

Las estaciones de control se ubican en labores principales de flujo de aire tales como en la boca mina, deben tener en lo posible un factor de coeficiente de fricción mínima, decir una superficie lisa y regular para el cálculo del caudal y el área más exactas posibles.

Son cálculos de la medición del caudal de aire en lugares estratégicos para optimizar una distribución adecuada del caudal de aire en labores ciegas y un control adecuado para la selección de las capacidades de ventiladores , es considerado una implementación de un Sistema de Monitoreo y Control Descentralizado.

El mismo concepto es válido para la eventualidad de que, al interior del proyecto se proponga instalar reguladores de flujos de aire, los cuales además de poder ser operados en forma manual (**Control Local**), puedan también ser conectados a un sistema de monitoreo y control a distancia. Las estaciones de control deben contener la información necesaria como: caudal, velocidad, temperatura, y las concentraciones de gases en los circuitos de ventilación.¹¹

2.15. CÁLCULOS DE LOS PARÁMETROS DE VENTILACIÓN

Los cálculos de parámetros de ventilación son importantes para base de datos del software Ventsim, para los resultados posteriores y tener la certeza de informaciones, para las decisiones a tomar en el planeamiento de minado.

2.15.1. CÁLCULO DEL FACTOR DE FRICCIÓN K.

La fórmula práctica para determinar el coeficiente de fricción (K) es la siguiente, que se adecua mejor para los cálculos:

$$K = \frac{1,855 \times 10^{-6}}{6,67 \left[1,74 - 2 \log \left(\frac{2e}{Dh} \right) \right]^2}$$

Dónde:

K: Coeficiente de fricción del conducto (lb min²/pie⁴)

e: Espesor de las irregularidades de la sección transversal del conducto.

Dh: Diámetro hidráulico del conducto (m).

En la siguiente página se muestra el procedimiento del cálculo del espesor de labores mineras de la zona Hércules.

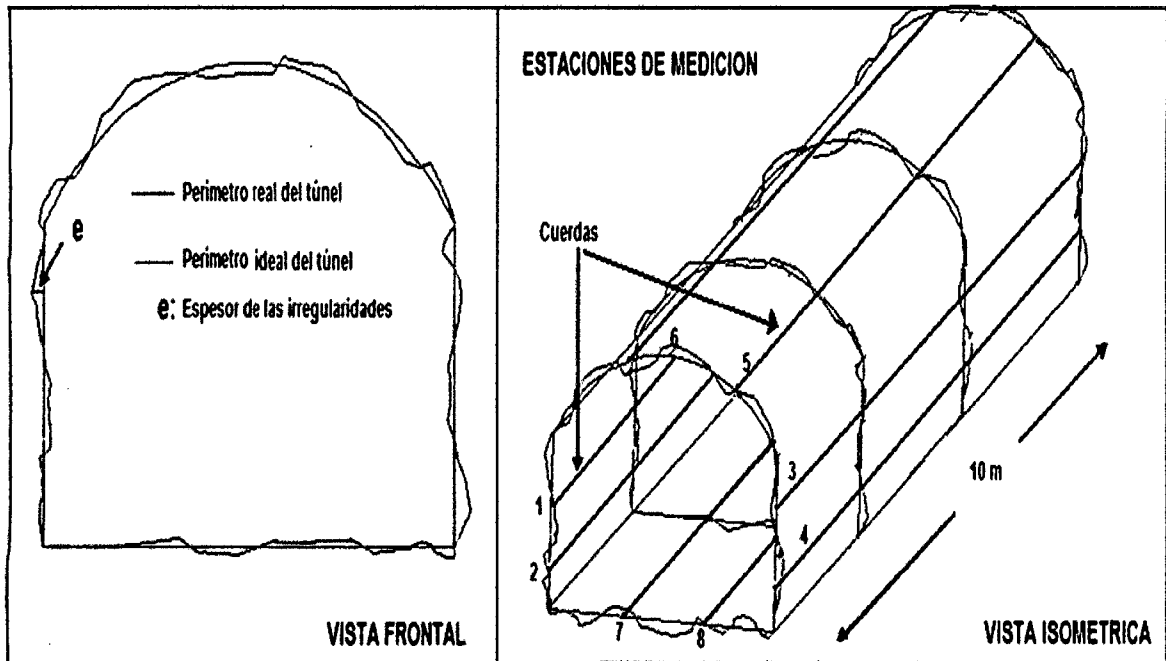


Fig. 4.1: Estación de ventilación

Figura 2.3: Estación de ventilación.

Fuente: Clases del curso ventilación –UNSCH.

EL PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN ZONA HÉRCULES.

1. Establecer tramos de 10 m. en un conducto.
2. Establecer 8 estaciones de medición: 2 en cada pared lateral del conducto, 2 en el techo y 2 en el piso.
3. Ubicar 2 puntos en los extremos de 10 m, en cada estación establecida.
4. Extender una cuerda entre los 2 puntos fijados en cada estación.
5. Medir los espacios entre la pared del conducto y la cuerda.
6. Obtener el promedio de los espacios medidos, el cual representa el espesor de las irregularidades del conducto "e".

PISO		HASTIAL DERECHO		HASTIAL IZQUIERDO		TECHO	
1	2	3	4	5	6	7	8
0.05	0.02	0.14	0.22	0.11	0.3	0.19	0.1
0.03	0.03	0.15	0.27	0.15	0.28	0.13	0.12
0.05	0.04	0.17	0.15	0.30	0.5	0.12	0.13
0.08	0.02	0.18	0.17	0.3	0.2	0.09	0.25
0.03	0.01	0.16	0.24	0.25	0.31	0.14	0.25
0.24	0.12	0.15	0.17	0.11	0.25	0.26	0.28
		0.21	0.14	0.12	0.16	0.3	0.16
		0.11	0.12	0.12	0.22	0.19	0.13
		1.27	1.48	1.16	2.22	1.42	1.42
PROMEDIO (e)	e=			0.1491m			

Tabla 2.6: Cálculo de Factor de Fricción K

2.15.2. CÁLCULO DEL DIÁMETRO HIDRAULICO

$$DH = 4A / P$$

$$AREA = BXH = 3.9m \times 3.7m \times 11/12$$

$$AREA = 13.2275 \text{ m}^2.$$

$$PERIMETRO = 16.20m.$$

$$DH = \frac{4 \times 13.2275}{16.20} = 3.2660 \text{ m.}$$

Luego reemplazando a la formula se obtiene:

$$K = \frac{1,855 \times 10^{-6}}{6.67 \left[1.74 - 2 \log \left(\frac{2 * 0.1492 \text{m}}{3.2660} \right) \right]^2}$$

$$K = 190.60 \times 10^{-10} \text{ lb min}^2/\text{pie}^4.$$

‡ Labores mineras de la unidad de producción Hércules tiene una obstrucción de alto grado, bastante sinuoso de obstrucción moderada, no se realizan voladuras controladas y en consecuencia mayores rugosidades en la superficie interior de labores mineras y una Resistencia mayor del caudal de admisión.

2.15.3. CÁLCULO DEL PESO ESPECÍFICO DEL AIRE

$$\omega = \frac{1.327}{460 + T} (\beta = 0.378 f) \dots \dots \dots \text{ecuación (1)}$$

Dónde:

ω = Densidad, lb. /ft³.

T = Temperatura del aire de bulbo seco, °F

β = Presión barométrica en, pulg. De Hg.

f = Presión de vapor en el punto de rocío, en pulg de Hg (según la tabla 3)

460 = Conversión a T absoluta.

2.15.3.1. CÁLCULO DE LA PRESIÓN BAROMÉTRICA:

$$\text{Log } \beta = \log P_1 - \frac{h}{122.4(^{\circ}F + 460)}$$

Dónde:

- * β = Presión atmosférica a la altura "h", en lbs/pulg2.
- * P_1 = Presión atmosférica a nivel del mar = 14.7 lbs/pulg2.
- * h = Altura sobre el nivel del mar, pies = 4068msnm = 13,346ftsnm
- * $^{\circ}F$ = temperatura a la elevación "h". = 48.9 $^{\circ}F$ (base de datos mina)

$$* \text{Log } \beta = \log (14.7 \text{ lbs/pulg2.}) - \frac{13,346 \text{ ftsnm}}{122.4(48.9^{\circ}F + 460)}$$

$$\text{Log } \beta = 0.95305923 \text{ lbs/pulg2.}$$

$$\beta = 8.97551203 \text{ lbs/pulg2. Llevando a pulg Hg se multiplica por 2.036}$$

$$\beta = 18.274142 \text{ pulg Hg.}$$

Luego reemplazando a la ecuación (1) tenemos:

Calculando f de la tabla N° 3 con la temperatura.

$$f = 0.347$$

Reemplazando a la fórmula:

$$\omega = \frac{1.327}{460 + 48.9} (18.274142 = 0.378 * 0.347)$$

$$\omega = 0.04730 \text{ lb. /ft}^3.$$

2.15.4. LA PRESIÓN DE VELOCIDAD DE LA MINA

$$HV = \phi (V / 1098)^2.$$

DÓNDE:

ϕ = densidad del aire en lb/ ft³.

V = velocidad en ft/min.

Reemplazando a la fórmula:

$$HV = 0.0473(483.98/1098)^2.$$

$$HV = 0.009189 \text{ Pulg-H}_2\text{O}.$$

2.15.5. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LA MINA

1.- LA CONEXIÓN EN SERIE

Se caracteriza porque el flujo de aire se mueve sin que ocurran bifurcaciones, a través de labores mineras conectadas extremo a extremo, por lo que el caudal de aire permanece constante.

Las propiedades del flujo en serie son:

$$1.- R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n; H_t = R_{eq}Q^2.$$

$$2.- Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = \dots$$

3.- $H_t = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + \dots + H_n$

4. $H_t = R_1Q^2 + R_2Q^2 + R_3Q^2 + \dots + R_nQ^2$.

6. En labores subterráneas conectadas en serie, los requerimientos de energía eléctrica son altos.

2.-LA CONEXIÓN EN PARALELO

En este tipo de circuitos la corriente de aire tiene dos o más ramales que salen de un nudo y luego se juntan en otro nudo común

Características de los circuitos en paralelo son:

$$H = H_1 = H_2 = H_3 = \dots \quad \text{ó}$$

$$RQ^2 = R_1Q_1^2 = R_2Q_2^2 = R_3Q_3^2 = R_nQ_n^2$$

2. $Q \equiv Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n$.

3. La resistencia equivalente (\bar{R}_e) será siempre menor que cualquiera de las resistencias individuales que constituyen el circuito.

2.15.5.1. CÁLCULOS DE LAS RESISTENCIAS ZONA HÉRCULES.

Para el cálculo de la resistencia total de la mina se tomaron en cuenta las labores principales del ingreso de aire y las de la salida en tramo de 200m respectivamente y se calculó una resistencia aproximado varia de 4.4 in H₂O.

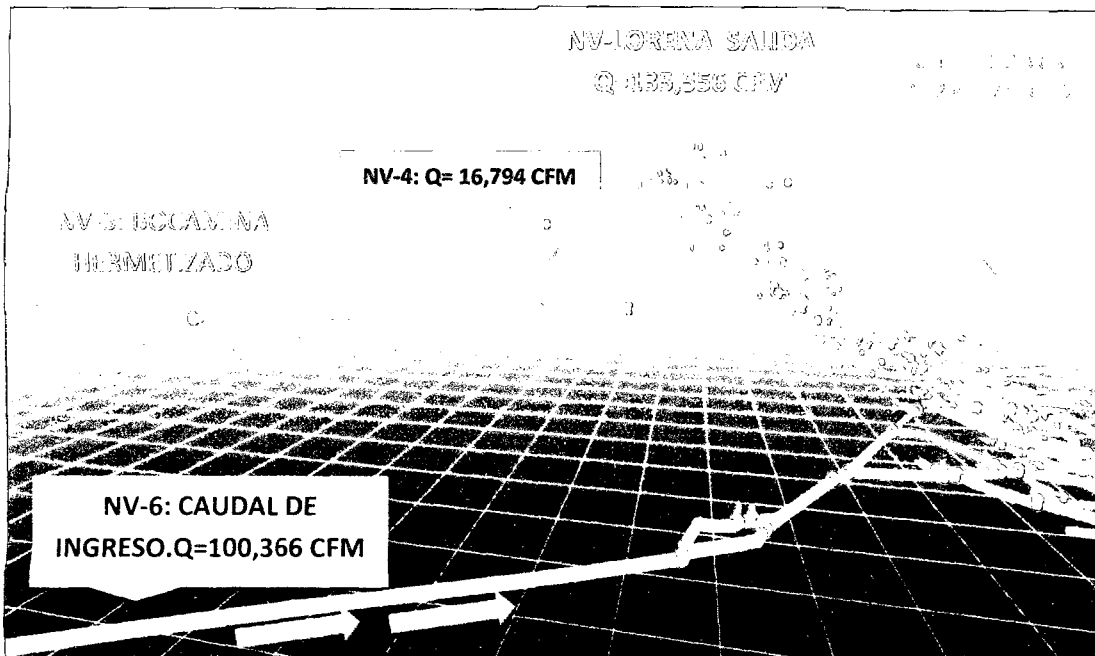


Figura 2.4: líneas centrales de labores ZONA HÉRCULES.

Fuente: simulacione ventsim.

Método de transformación del triángulo en estrella en circuitos complejos.

Si asume que el aire entra por un conducto y sale por dos; entonces para el triángulo, la resistencia entre estos puntos se determinará como la resistencia común de ramificaciones R12; R23; R13.

Para la estrella esta resistencia será igual a la suma de resistencias de las secciones.

$$R_{12} = \frac{1}{2} \left[\frac{R_1(\sum R - R_1)}{\sum R + 2\sqrt{R_1(\sum R - R_1)}} + \frac{R_2(\sum R - R_2)}{\sum R + 2\sqrt{R_2(\sum R - R_2)}} - \frac{R_3(\sum R - R_3)}{\sum R + 2\sqrt{R_3(\sum R - R_3)}} \right]$$

Por analogía se determina el resto:

$$R_{23} = \frac{1}{2} \left[\frac{R_2(\sum R - R_2)}{\sum R + 2\sqrt{R_2(\sum R - R_2)}} + \frac{R_3(\sum R - R_3)}{\sum R + 2\sqrt{R_3(\sum R - R_3)}} - \frac{R_1(\sum R - R_1)}{\sum R + 2\sqrt{R_1(\sum R - R_1)}} \right]$$

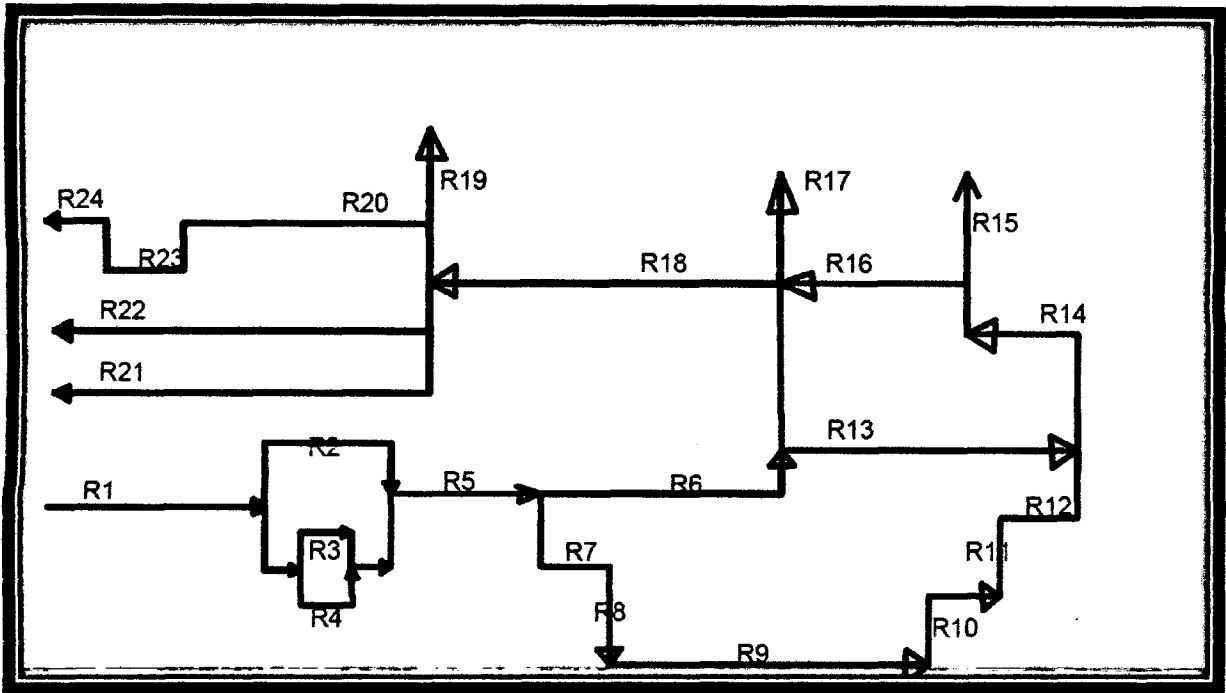
$$R_{13} = \frac{1}{2} \left[\frac{R_3(\sum R - R_3)}{\sum R + 2\sqrt{R_3(\sum R - R_3)}} + \frac{R_1(\sum R - R_1)}{\sum R + 2\sqrt{R_1(\sum R - R_1)}} - \frac{R_2(\sum R - R_2)}{\sum R + 2\sqrt{R_2(\sum R - R_2)}} \right]$$

2.13.5.2. VISUAL BASIC PARA CALCULAR RESISTENCIAS EQUIVALENTES TRANSFORMANDO TRIÁNGULO A ESTRELLA



Figura 2.5: Resistencias equivalentes circuitos complejos.

DESARROLLO DE RESISTENCIA EQUIVALENTE ZONA HERCULES.



Figuras 2.6: Cálculo de resistencia equivalentes.

Sabemos que R3, R4 están en paralelo entonces se reduce el circuito.

$$Req\ 0 = \left(\frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R3=0.0688} + \frac{1}{R4=0.5919}}} \right)^2 = 0.0382$$

Se observa también que R7, R8, R9, R10, R11, R12 están en serie.

$$R\ \text{equivalente} = R7 + R8 + R9 + R10 + R11 + R12$$

$$Req\ 1 = 2.3450$$

Luego nos encontramos en paralelo, etc.

De esta forma se encontró en total 3 transformaciones de triangulo ha estrella.

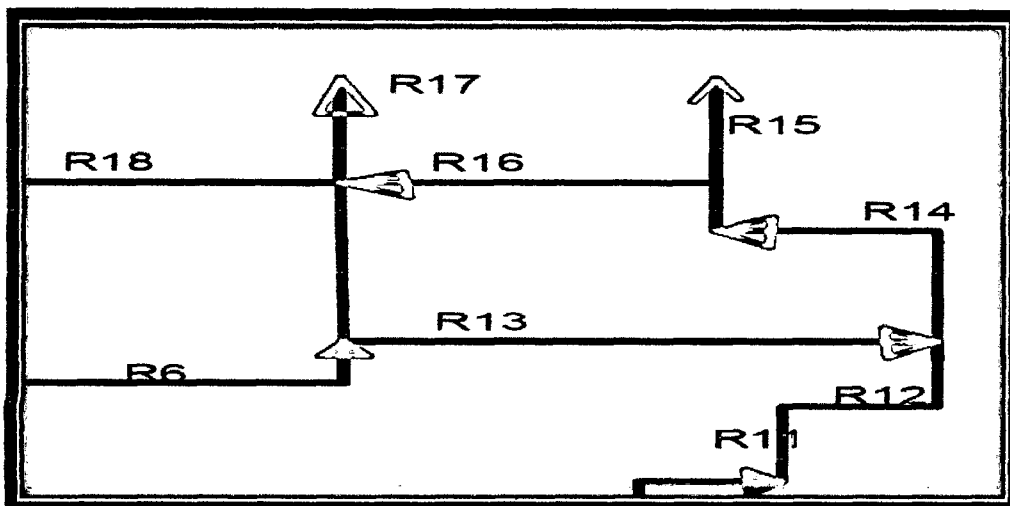


Figura 2.7: Resistencias equivalentes

Luego se calcula Req 4, Req 8

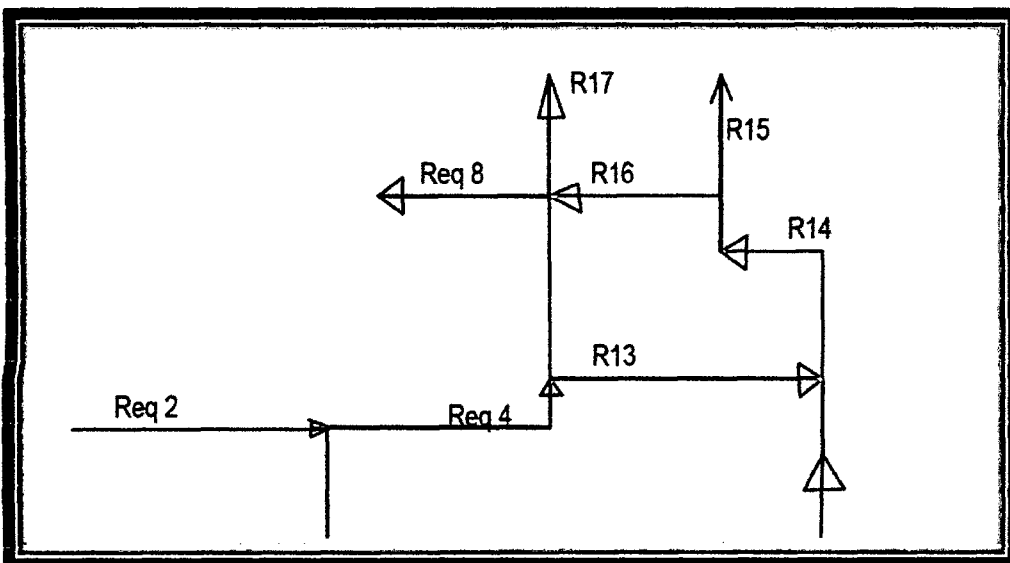


Figura 2.8: Resistencias equivalentes

EN PARALELO: $R_{23} + 0.9623 \parallel R_{13} + 0.5694$

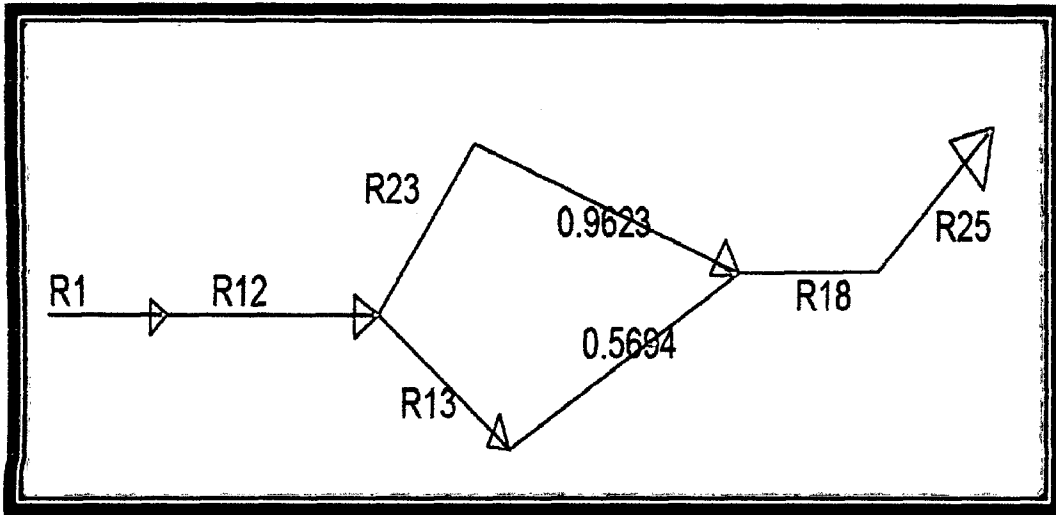


Figura 2.9: Resistencias equivalentes

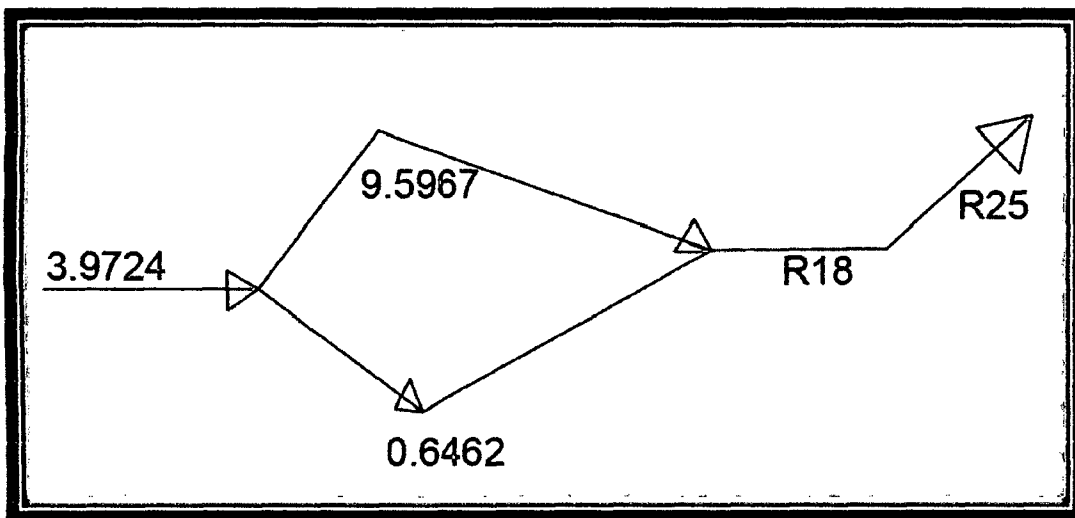


Figura 2.10: Resistencia total.

$$R_{eq\ 23} = \left(\frac{1}{\frac{1}{\sqrt{0.5967}} + \frac{1}{\sqrt{0.6462}}} \right)^2 = 0.4073.$$

$$R_{eq} = 0.4073 + 3.9724 + 4.9193$$

$$R_{eq\ total\ de\ Mina} = 9.2998 \times 10^{-10} \cdot \text{Pulg } H_2O/mm^2.$$

2.15.6. CORRECCIÓN DE POTENCIA DE EQUIPOS

La corrección de HP de equipos diésel se realiza en relación a la altura sobre el nivel del mar; la mina se ubica a 4200 msnm esto significa que disminuye la potencia del equipo por factor de la presión y temperatura ambiental en el lugar de trabajo, por esto son catalogados a nivel del mar.

Los fabricantes de los equipos diésel han determinado que la potencia de un motor diésel que trabaja en la mina disminuye 10% por cada 1000 m s.n.m.

Por ejemplo:

4200 msnm..... X

1000 m..... 10%.

$$X (\% \text{ en decimal}) = \frac{4200 \times 0.10}{1000} = 0.42$$

Entonces, $n = \text{HPs} - \text{HPs} \times X\%$

$Q_c = q_e \times (\text{HPs} - \text{HPs} \times X \%)$

Equipos de operación minas HP Corregidor de acuerdo a la altitud de mina.

Equipos: cantidad: Hps Corregidos.

Volquetes (6)=400(Hp Corregidos)

Camión (2)=70(Hp Corregidos)

Camioneta (2)= 55(Hp Corregidos)

Scooptram R1600G (2)=270(Hp Corregidos)

Scooptram R1300G (2)=180(Hp Corregidos)

Scooptram LH 410(1)=295(Hp Corregidos)

Scooptram jarvis (1)= 201(Hp Corregidos)

Scooptram LH 203(1)=201(Hp Corregidos)

Minicat-Bop Cat (1)=120(Hp Corregidos).

Jumbo DD-210 (2)=53(Hp Corregidos).

Moto niveladora (1)= 150(Hp Corregidos)

Simba DL-210 (1)=53(Hp Corregidos)

2.16. DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTO DE AIRE PARA LOS PROYECTOS DE EXPLOTACIÓN ZONA HÉRCULES.

2.16.1. Por el número de personal y la altitud.

$$Q_a = N \times q$$

Dónde:

Q_a = Cantidad de aire necesario para el personal, en m^3/min , ft^3/min .

N = número de personas presentes en la mina y por guardia.

q = cantidad de aire mínimo por persona según el RSSOM.

$$Q_a = 16,960 \text{ cfm}$$

2.16.2. Por el consumo de explosivos.

El reglamento señala que la corriente de aire en las labores subterráneas no debe tener una velocidad menor de 20 m/min (65.6 ft/min) ni superior a 250 m/min cuando se emplea explosivos dinamita. Cuando se emplee el explosivo ANFO y sus equivalentes, tampoco la velocidad del aire no será menor de 25 m/min (82 ft/min), por lo que se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q_b = A \times V \times m$$

Donde:

Q_b = Cantidad de aire para diluir los contaminantes por explosivos, en m^3/min (ft^3/min)

A = Área promedio de la sección de galerías y/o niveles de trabajo, en ft^2 o m^2 .

V = Velocidad del aire según el RSSOM.

m = Número de niveles en trabajo de la mina.

$Q_b = 20,130 \text{ cfm}$

2.16.3. Por la cantidad de equipos diésel

La cantidad de aire mínimo necesario es de $3 \text{ m}^3/\text{min}$ ($106 \text{ ft}^3/\text{min}$) por cada HP del motor que desarrollan los equipos diésel:

$$Q_c = q_e \times n.$$

Donde:

Q_c = Cantidad de aire por uso de equipos diésel, en m^3/min (ft^3/min)

q_e = Cantidad de aire necesario por cada HP ($3 \text{ m}^3/\text{min}$ o $106 \text{ ft}^3/\text{min}$).

n = El total de HPs de los equipos diésel que operan en la mina.

$Q_c = 315447.6 \text{ cfm}$.

2.16.4. REQUERIMIENTOS UNITARIOS DE CAUDAL DE AIRE DE LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN HÉRCULES.

Para los cálculos solo se considera la demanda de caudal de aire por personal, equipos y explosivos y no se considera la demanda de caudal por temperatura efectiva por razón de que la temperatura es (menor de 30°C) y que se muestra en el siguiente tabla:

1. EQUIPOS:	CANTI DAD	HP	TOTAL HP	Disponi bilidad	Consumo mínimo (m3/min)	CFM
VOLQUETES	6	400	2400	0.5	3	127130.4
CAMIONCITOS	1	70	70	0.5	3	3708.0
CAMIONETAS	3	55	165	0.5	3	8740.2
SCOOPTRAM R1600G	2	270	540	0.9	3	51487.8
SCOOPTRAM R1300G	2	180	360	0.9	3	34325.2
SCOOPTRAM LH 410	1	295	295	0.9	3	28127.6
SCOOPTRAM JARVIS	1	201	201	0.9	3	19164.9
SCOOPTRAM LH203	1	201	201	0.9	3	19164.9
MINICAT	1	120	120	0.9	3	11441.7
JUMBO DD 210	2	53	106	0.25	3	2807.5
MOTO	1	150	150	0.5	3	7945.7
NIVELADORA SIMBA DL 210	1	53	53	0.25	3	1403.7
TOTAL						315447.6

Tabla 2.7: Requerimientos de caudales de aire unitarios de equipos.

2. PERSONAL	CANT.	AIRE REQUERIDO		CFM
ABRIL	14	212	pies3/min/persona(2968
GOÑE	15	212	+4000 msnm)	3180
ZVZ	9	212		1908
SANDVICK	2	212		424
CIA	40	212		8480
TOTAL	80			16960
TOTAL GENERAL:				332407.6
1 + 2				
Ingreso de Aire				159,389.11
DEFICIT (CFM)				173018.5

Tabla 2.8: Requerimientos de caudales de aire para las personas.

CONSUMO EXPLOSIVO - HERCULES				
	Kg/semana	Kg/gdia	Qe (m3/min)	Qe (CFM)
EMULNOR	2404.8	172	512.9	18114
ANFO	2940	210	627.1	22145
TOTAL DE AIRE PARA VENTILAR LAS LABORES DESPUES DEL DISPARO				40,259

Tabla 2.9: Requerimiento de caudal de aire por explosivos.

‡ La diferencia entre el ingreso y salida del caudal de aire es de 5,407.47 Cfm, el mínimo incremento de caudal es debido a la utilización de aire a presión y los gases atrapados en las rocas, para la operación mina que es suministrada desde la superficie.

2.16.5. BALANCE DE AIRE DE LA ZONA HÉRCULES ANTES DE LA APERTURA DE CHIMENEAS E INSTALACIÓN DE VENTILADORAS.

CAUDAL (CFM)	
1. EQUIPOS	315447.6
2. PERSONAL	16960
3. EXPLOSIVOS	20130
TOTAL (CFM)	352537.172
INGRESO (CFM)	159,389.11
DÉFICIT (CFM)	193148.061
COBERTURA	45.21%

Tabla 2.10: Cobertura de caudal de aire =zona Hércules.

‡ Se tiene un total de ingreso de 159,389.11 CFM de caudal de aire, que no satisface la necesidad de aire, se tiene una pérdida considerable de caudal de aire en las labores abandonadas de la Cía. Minera alianza S.A.C., obteniendo una cobertura de 45.21% antes de la instalación de la ventiladora de 150,000 cfm en el nivel Lorena Minas Hércules y de 50,000 cfm en el By pass 270 IS.

CAPÍTULO III

SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN CON SOFTWARE VENTSIM ZONA HÉRCULES

3.1. PLANEAMIENTO DE LA EXPLOTACIÓN ZONA HÉRCULES.

El planeamiento de producción de mina de la zona Hércules está en función a la capacidad de tratamiento de la planta concentradora, para el corto plazo se tiene planeado incrementar la producción en un 80%, y tiene un aporte del 65% del total, cuyas áreas de mayor producción se encuentran en los niveles de profundización y zonas de recuperación de mineral y con una producción de 2500 Ton/día así mismo método de explotación y la cantidad de reservas probadas y probables que definen realizar un planeamiento de minado.

El planeamiento de minado se realiza generalmente mensual para poder prever problemas de logística. El requerimiento de aire, estas compuesto por la cantidad de personal, equipos diésel y explosivos con una cantidad de 352,537 CFM, y una déficit de 193,148 cfm con una cobertura de 45.21 % por debajo de los límites de las normas vigentes de ventilación de minas.

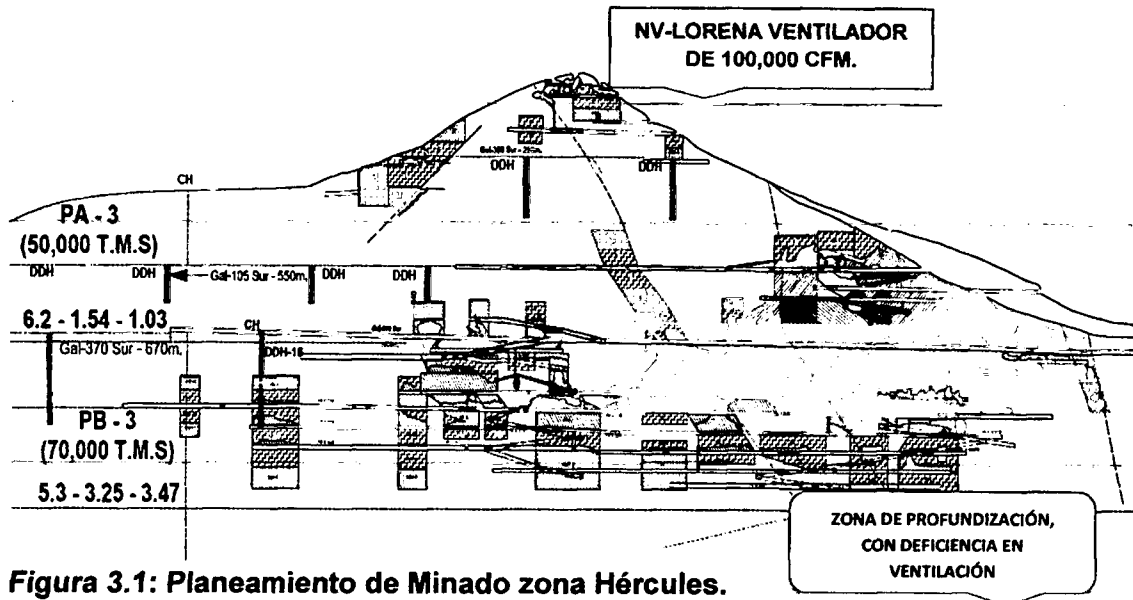


Figura 3.1: Planeamiento de Minado zona Hércules.
Fuente: Cía. Minera Huancapeti SAC, área planeamiento.

3.1.1. PLANEAMIENTO MENSUAL ZONA HÉRCULES.

Categoría	Nivel	Labor	Sección Labor		Perforadora	Avance	m3	Tonelaje	DISTAN CIA (m)	
Preparación	Nv 3	GL 4252	3.50	x	3.50	Jumbo DD-210	40	490	1078	250
Preparación	Nv 3	VT 1680	3.50	x	3.50	Jumbo DD-210	20	245	539	250
Servicios	Nv 3	VT 23 040	3.50	x	3.50	Jumbo DD-210	9	110.25	242.55	250
Servicios	Nv 3	CH 23 040	2.00	x	2.00	Jackleg	17	68	149.6	250
Servicios	Nv 4	CC-700	3.50	x	3.50	Jumbo DD-210	20	245	539	150
Exploración	Nv 4	GL 1440 N y S	3.50	x	3.50	Jumbo DD-210	40	490	1078	180
Preparación	Nv 6	GL 270N	4.00	x	4.00	Jumbo DD-210	60	960	2112	150
Exploración	FR-4	FR 4N	3.50	x	3.50	Jumbo DD-210	40	490	1078	200
Desarrollo	Fr-5	RP(-) 400 (- 12%)	4.00	x	4.00	Jumbo DD-210	60	960	2112	200
Exploración	FR-5	FR 5 (M) 400	3.50	x	3.50	Jumbo DD-210	60	735	1617	200
Preparación	Fr 5	FR 5 S (1000)	3.50	x	3.50	Jumbo DD-210	30	367.5	808.5	180
Servicios		NICHOS	1.20	x	1.80	Jackleg	4	9	19.008	180
Servicios		REFUGIOS	2.00	x	2.00	Jackleg	8	32	70.4	180

Tabla 3.1: Planeamiento de minado zona Hércules.

Fuente: Cía. Minera Huancapeti SAC.

3.1.2. PLANEAMIENTO ANUAL DE PRODUCCIÓN.

Se programa para el año 2014 incrementar paulatinamente la producción mensual con el objetivo de cubrir la capacidad instalada y autorizada de la planta de beneficio (4,000 ton/día). Para el año 2015 y 2016 se plantea continuar con dicha producción, dando prioridad a los trabajos exploratorios, ante la existencia de veta Hércules y Manto a las mencionadas líneas arriba y que podrían significar un adecuado sustento para proyectos futuros de crecimiento. Por consiguiente en el presente tesis después de mencionar un alcance geológico local del yacimiento se presenta un cálculo actualizado acerca de los recursos y reservas del yacimiento. Posteriormente se presentan, de manera sucinta los estudios geomecánica que permiten diseñar el método de minado de Corte y Relleno Ascendente. Se presenta de manera amplia los aspectos de ventilación dado que en las zonas determinan la necesidad de ventilación forzada; y asimismo se enumeran los equipos, explosivos y servicios auxiliares mineros requeridos. Tomando toda esta información técnica, se presenta el programa de avances y producción sobre las vetas tomadas en cuenta con el fin de cubrir el tonelaje requerido por la planta de beneficio. Una vez obtenido el programa de producción y leyes mensuales para dichos años, se procede a la valorización del mismo, con precios de mercado, para los distintos metales; obteniendo los ingresos por ventas de concentrado. Conociendo los ingresos y habiendo calculado los costos, se realizará la evaluación económica de la mina Huancapeti. Finalmente se mostrará un **análisis de simulación de ventilación**, obteniendo conclusiones y recomendaciones acerca de los resultados obtenidos.¹

3.1.3 GEOLOGÍA DE LA ZONA HÉRCULES.

CENTRO VOLCÁNICO HÉRCULES.

Está ubicado en el cerro Tarugo y está limitado por las quebradas Carán y Hércules. De él han salido lavas andesíticas y brechas piroclásticas que reposan en discordancia angular sobre las rocas Cretáceas y los volcánicos Calipuy.

Dentro de la estructura semicircular se emplazó el Pórfido Tarugo de composición dacítica, en el probable foco volcánico y el Pórfido Pincuylo. Alrededor del centro volcánico se emplazaron otros pequeños stocks como la Dacita Hércules (comúnmente conocida como Tufo Hércules), en el cerro Pucara, de donde salen diques al norte y al sur; el Pórfido Huancapeti emplazado casi en el borde de la fractura circular, el Pórfido Bellota Maguiña, al oeste de la confluencia de las quebradas Hércules y Carán; el Pórfido Señor de Burgos y el Pórfido Olga, los tres últimos de composición similar al de Tarugo.

Los impulsos magmáticos dentro del centro volcánico determinaron el modelo del fracturamiento principal, que son fracturas del rumbo $N 30^{\circ} W$, principalmente en los contactos del dique Dacítico (tufo), que fueron afectadas por el fallamiento principal tipo Tarugo, Wilson, con el cual se asocian un sistema de fracturas conjugado tipo Huancapeti. Fracturas tensionales tipo Nebraska, Carpa, Félix II, San Arturo, Santa Deda, Lorena, etc. Están fuera del centro volcánico y tienen un modelo groseramente radial.

Las fallas Señor de Burgos, Hércules, Tucto, de rumbo N-E, desplazan a las fracturas NW-SE en el sentido dextrógiro. A lo largo de la falla Hércules hay pequeños cuerpos intrusivos de brecha, turmalina, cuarzo, piritita.

STOCK COLLARACRÁ.

Está ubicada en el cerro del mismo nombre, el cuerpo principal está a ambos lados de la quebrada Ismopata, tiene una forma mas o menos circular, de él salen numerosos diques y diques capas (sills), que se extienden hacia Jinchis y Florida, este stock es porfiritico y de composición dacítica , esta emplazado en los volcánicos Calipuy.

3.1.4. DEPOSITOS MINERALES

Los depósitos minerales son de origen hidrotermal del tipo de vetas de relleno y de reemplazamiento de fracturas en rocas volcánicas e intrusivas. La mineralización es principalmente plata – plomo – zinc – cobre, con galena argentífera, esfalerita, calcopirita, jamesonita, tetraedrita, etc. En ganga de cuarzo, sílice, piritita, arsenopiritita, calcita.

Hay dos sistemas principales de afloramientos en vetas:

SISTEMA HÉRCULES.

Rumbo N 30° W, buzamiento 45° NE, longitudes de 1 a 4 km; vetas: Hércules, Coturcán, Santa Deda.

SISTEMA TARUGO.

Rumbo promedio N 30°- 35° E, buzamiento 80° NW – SW con longitudes de 500 a 20000mts Vetas: Tarugo, Huancapeti, Carpa, Wilson, Tucto, Collaracra, Florida.

MINA HÉRCULES

Las vetas de esta mina están al piso del contacto de la dacita Hércules con los volcánicos Hércules, la veta principal Hércules A esta en el contacto, mientras que las vetas manto 1, 2, Hércules B están en el volcánico Hércules y forman entre ellas un sistema de vetas ramificadas, que se unen en profundidad. La falla Hércules desplaza a estas vetas, al igual que otras del sistema Tarugo⁽¹⁾.

ZONEAMIENTO MINERALÓGICO MINA HERCULES.

La mineralización en Hércules es polimetálica, plata, plomo, zinc, con un zoneamiento dentro de ella; plata en la parte superior, plomo en el centro y zinc en la parte inferior.

Dentro de la mineralización polimetálica hay concentraciones aisladas de valores altos de plata, rodeada por otras de menor ley.

La disminución de los valores de plata en profundidad o lateralmente y un incremento de estas direcciones de plomo o zinc no significa el fin de la plata en profundidad. Hay repeticiones o alternancias de franjas de valores altos y bajos de plata sobre el nivel 6, con tendencia a repetirse en profundidad.

3.1.5. GEOLOGÍA ECONÓMICA

La Minas Hércules y Coturcán son depósitos polimetálicos de Ag-Pb-Zn con probables contenidos de Au como ha sido demostrado en los análisis de los relaves. Las reservas a diciembre de 1,989 eran de 514,035 TMS; con 1.8 m de ancho; con leyes de 5.33 oz/Ag; 2.91 % Pb, 3.35 % zinc, minables por métodos convencionales de explotación subterránea. Actualmente se están recuperando los pilares y cámaras después de estar cerrada esta unidad minera, por mucho tiempo, llegando a recuperar 2500 Ton diarias que por los precios internacionales resulta bastante atractivo.

VETA	TMH	POTENCIA	PLATA	PLOMO	ZINC
		m	Oz/TC	%	%
Hércules + Manto	2005080	4.5	4.8	2.89	3.58
Coturcan Sur	46204	3.33	6.95	3.8	4.11
Coturcan Norte	59535	1.98	6.51	4.1	3.71
Tarugo	45275	0.8	3.5	3	3.05
Caridad	16500	0.9	10.4	1.9	2.1

Tabla 3.2: Leyes y potencia de reserva minerales.

Fuente: Cía. Minera Huancapeti SAC.

3.1.6. CUBICACIONES:

El departamento de Geología de Cía. Minera Huancapeti al cierre del mes de mayo del presente año ha realizado el inventario de reservas de mineral, teniendo como resultado final una cubicación de reservas del orden de los 3,443,461 TMS con una ley de 4.75 Onz/Ag. 2.36 %Pb. Y 2.76 %Zn. Cabe señalar que este inventario se ha realizado en las minas Hércules, Coturcan, Huancapeti y otras unidades que en la actualidad no se está trabajando como son Tarugo, Alsacia, Collaracra, Florida, Nebraska, Jesús, Santa Deda y Liacsha.

MINERAL	T.M.S	POTENCIA (m)	Ag	% Pb	% Zn	U.S.\$ (Equivalente)
			(Onz/T.M)			
Mena	3,404,615	3.85	4.85	2.39	2.76	105.52
Marginal	38,846	2.13	3.74	2.29	2.77	89.05
TOTAL	3,443,461	3.83	4.83	2.38	2.76	103.88
Probado	2,467,224	3.86	4.82	2.38	2.75	105.04
Probable	976,237	2.66	4.57	2.28	2.81	100.76
TOTAL	3,443,461	3.52	4.75	2.35	2.77	103.88
Accesible	3,367,506	3.56	4.64	2.38	2.76	102.5
Eventualmente Accesible	75,955	1.24	9.7	1.59	3.36	168.5
TOTAL	3,443,461	3.51	4.75	2.36	2.77	103.88

Tabla 3.3: Resumen general de reservas de mineral

Fuente: Cía. Minera Huancapetí SAC.

3.2. VENTILACIÓN AUXILIAR Y DUCTOS

3.2.1. Ventiladores

Los ventiladores crean diferencias de presiones necesarias para que el aire pueda desplazarse de un punto de mayor presión hacia otro de menor presión.

El tipo de tamaño de ventilador es determinado por los requerimientos específicos de la mina.

Los ventiladores están diseñados para entregar una cierta cantidad de aire a diferentes presiones. Esto es llamado la curva característica del ventilador. Cada vez que un ventilador es provisto nuevo después de un servicio este debe estar acompañado por un certificado mostrando la curva característica del ventilador.

3.2.2. PUERTAS DE VENTILACIÓN

El propósito de las puertas de ventilación es dar acceso del túnel de admisión al túnel de retorno. Las puertas de ventilación son siempre construidas en serie. Si hay una sola puerta y uno al abre, el aire tomara la ruta de resistencia más corta y esta será a través de la puerta abierta. Si esta sucede cortara el aire del resto del área donde lo necesitan.

3.2.3. REGULADORES

Los reguladores son construidos para controlar la cantidad de aire entrando a una sección y para la distribución pareja de aire entre las diferentes secciones y/o labores de la mina.

Un regulador debe ser de fuerte construcción para poder soportar las diferencias de presión y del mismo modo debe ser regulable.

3.2.4. TEMPERATURA

La temperatura del ambiente de la mina es aprox. 15.5 °C , la temperatura de bulbo húmedo es promedio de 10.5 °C (datos aproximados), estos datos nos servirán para calcular la presión barométrica a altura de mina, y la densidad del aire de mina, que son datos necesarios para el diseño de la capacidad del ventilador.

3.2.5. VENTILADOR SECUNDARIO

En lo referente a los factores que intervienen en el cálculo del diseño de ventilador principal, los mismos datos utilizaremos para el cálculo del ventilador secundario, a excepción de la cantidad de equipos y personal, en este último caso consideramos la un solo equipo que es el Scooptram CAT R1600G, que tiene la mayor potencia en HP, y su consumo es 3m³/min de aire por cada HP desarrollado, en función al mayor equipo se hace el cálculo de requerimiento de aire para esa labor en caso de los avances lineales como pueden ser cruceros, rampas, galerías etc.

En este caso el diseño va apuntado para labores de acceso a tajos, por ejemplo en este caso el equipo que tiene mayor potencia expresados en HP, es el CAT R1600G, y este requiere un caudal de aire de 690.0m³/min (24367.1 CFM), en función a este caudal de aire será el área de la sección de la manga de ventilación, y su diámetro respectivo, y el área de la manga generalmente es de 20 a 40 veces menor que el área de la sección de acceso, las secciones de acceso de Cia. minera Huancapeti S.Á.C. son de 4m*3.5m, para nuestro cálculo hemos tomado el valor de 30 veces menor que el área.

3.2.6. TIPOS DE VENTILACIÓN

Las formas más comunes de ventilación dentro de los tajeos son generalmente de dos tipos, la ventilación impelente y la ventilación aspirante.

3.2.6.1. VENTILACIÓN IMPELENTE

En este esquema se instala una conducción a través del cual se toma el aire desde el exterior hasta las operaciones entre 50 a 30 m al frente de trabajo. La nube o tapón de humos, gases y polvo en suspensión es removido por el aire fresco que ingresa por la manga, siendo así diluido y empujado a lo largo del túnel hasta el exterior.

Consideraciones importantes:

- El caudal de aire soplado en el frente.
- La distancia entre el frente y la manga de ventilación (+35m a 40m)
- El diámetro de la manga y la sección del túnel.

Ventajas

- a. Es de fácil instalación.
- b. Permite el empleo de mangas de ventilación, de fácil manejo.
- c. Es más económica.
- d. El aire se conduce rápidamente y al llegar al frente en buenas condiciones, cuando la instalación y diseño es bueno mejora la situación ambiental en la zona de trabajo, debiendo tenerse entre 20,000 a 30000 c/m.

Ínconvenientes

- a. La nube de gases de la voladura circula por el túnel, ocasionando problemas al Personal ya que este tiene que atravesarlo para reiniciar sus labores.
- b. Los gases producto de la voladura, los gases de combustión de los equipos diésel, el polvo, aplicación de Shotcrete, el polvo que se crea durante la perforación creará una atmósfera de reducida visibilidad y causante de problemas respiratorios a lo largo de todo el túnel, por lo cual se tiene que usar respirador de polvo y gases.
- c. Cuando la calidad de la imagen no es buena, se presentara pérdidas a lo largo de una instalación, bajando su eficiencia en el frente de trabajo que es el punto de más riesgo.

3.2.6.2. VENTILACIÓN ASPIRANTE

Es contraria a la anterior y en este esquema de ventilación se aspira el aire viciado del frente de avance del túnel mediante una tubería rígida o semi rígida. De esta forma el aire fresco entra por la boca del túnel y atravesando toda su sección, llega hasta el frente de avance.

Ventajas

Los gases producto de la voladura, los gases de combustión de los equipos diésel, el polvo, aplicación de Shotcrete, el polvo que se crea durante la perforación retornan o salen por la tubería, evitando que el personal tenga que respirarlos o atravesarlo.

Rápida eliminación de gases y humos tras el disparo.

El túnel se mantiene limpio en toda su longitud, para lo cual también hay que mantener el ducto cerca al frente. Es más recomendable cuando se espera boisonadas de gas propios de la Roca Natural; permite captar e eliminan de inmediato, no recorriendo toda sus longitud.

Inconvenientes

- a. Requiere, para la conducción del aire aspirado, tuberías rígidas o de lona que tengan interiormente espiral de acero u otro material rígido.
- b. El aire entra lentamente, a lo largo del túnel, por lo que llega caliente al frente.
- c. La ventilación aspirante deja zonas del frente mal ventiladas.
- d. Las tuberías rígidas son más difíciles de repararlas a comparación de las mangas.
- e. El costo es mayor

3.2.7. CONCENTRACIONES VOLUMÉTRICAS ADMISIBLES

Las concentraciones volumétricas admisibles para los distintos gases peligrosos según se indica en las Normas Básicas de Seguridad Minera en sus instrucciones Técnicas Complementarias, a lo largo de una jornada de una guardia, son los siguientes principales:

* Oxígeno	19.5 %
* Monóxido de Carbono (CO)	0.005 %
* Dióxido de Carbono (CO ₂)	0.5 %
* Óxidos de Nitrógeno (NO + NO ₂)	0.0005 %

3.3. PARÁMETROS DE SIMULACIÓN.

Los parámetros para construir un modelo computacional de ventilación. Ventsim visual; como su nombre indica, utiliza visual para crear dichos modelos luego la estructura fundamental para los cuales tenemos los siguientes parámetros.

- A) Sección de las labores mineras.
- B) Labores cerrados y abierto conexiones a superficie.
- C) Reguladores
- D) Coordenada UTM
- E) Líneas centrales DXF.
- F) Tipo aire (fresco o viciado)
- G) Resistencia
- H) Factor de fricción K.
- I) Perdida por choque X.
- J) Tipo de ventiladora y capacidades
- K) Grafica de los ventiladores en el mercado.
- L) Geometría del yacimiento.
- M) Método de explotación
- N) HP de equipos de acarreo de mineral.
- O) Tipo de labor (exploración, explotación)
- P) Tipo de explosivo.
- Q) Planos geológicos.
- R) Puertas de ventilación.

3.3.1. LONGITUD DE LABOR MINERA

Para el cálculo de la longitud de mina se toma solo encuentra labores principales donde el caudal de aire ya es establecida para la evacuación del aire viciado.

La medida de la longitud se toma de una rampa en profundización establecida Rampa 400 (-), tales consideraciones tomaremos los datos siguientes.

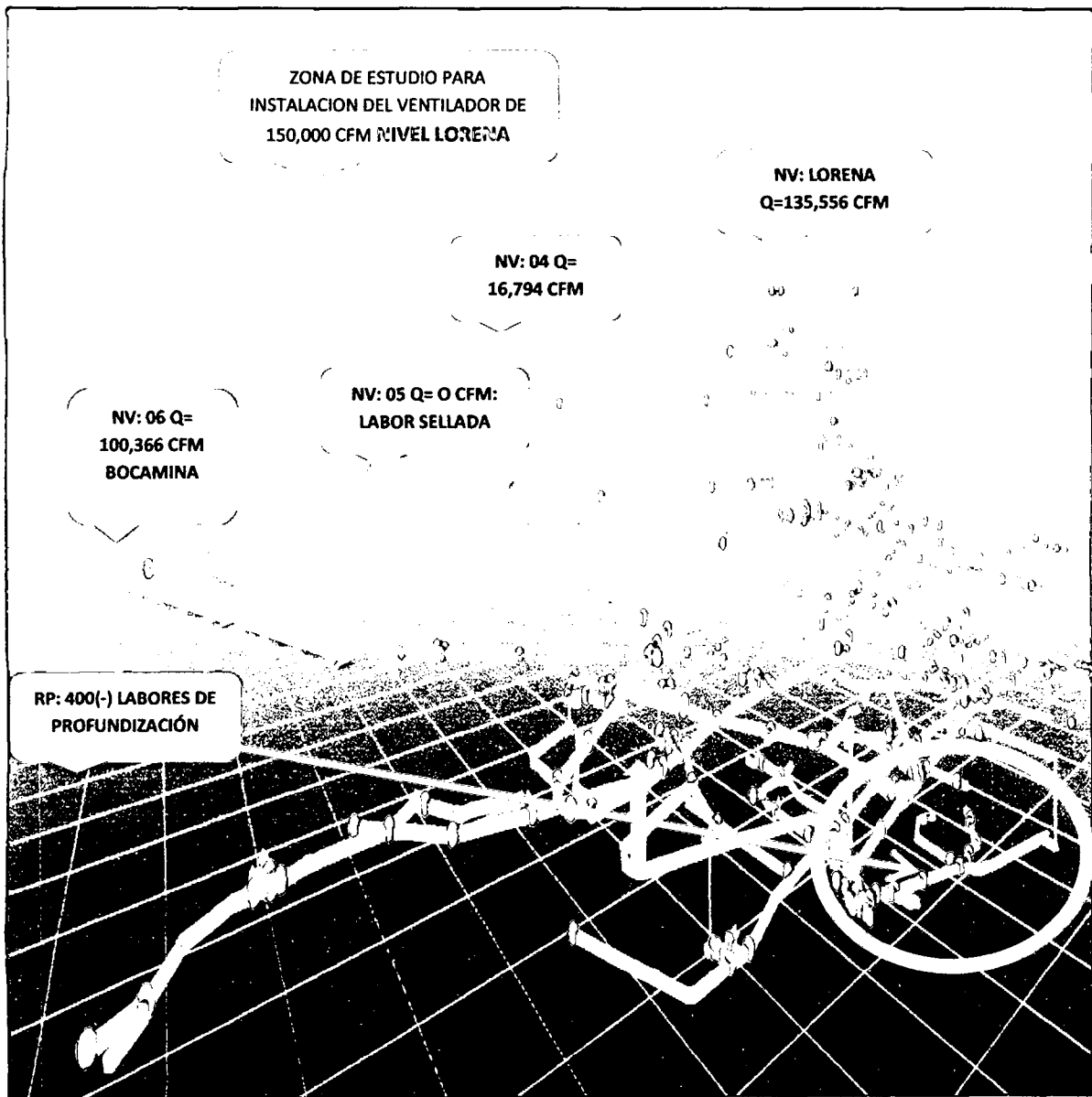


Figura 3.2: Simulación General de la zona Hércules.

3.4. DIAGNÓSTICO DE VENTILACIÓN DE LABORES DE PROFUNDIZACION RAMPA 400(-) ZONA HERCULES.

3.4.1. LINEAS CENTRALES DE LAS LABORES MINERAS (DXF)

Las líneas centrales de las labores mineras obtenida de la área de topografía es un aspecto primordial de que Ventsim utiliza para la simulación y asimilar las coordenadas del levantamiento topográfico de la mina, la exportación de líneas, texto y gráficos sólidos desde Ventsim hacia un archivo dxf para poder importarlo hacia otro programa CAD. Los colores y textos exportados se ajustaran a los de la pantalla actual. Se puede seleccionar diferentes elementos para poder exportar. Éstos se ubicaran en distintas capas dxf de forma que se pueden activar o desactivar desde el programa CAD.

Tenga en cuenta que cualquier atributo del conducto que se perderá durante el proceso de exportación y que los archivos dxf no puede reimportarse nuevamente como exportación a DXF modelos de ventilación en Ventsim.

- 1.-** Las líneas centrales de las labores minerales se realiza a un metro del piso de la abertura de las labores mineras.
- 2.-** Las líneas centrales de las labores se realiza en el AutoCAD con las coordenadas establecidas de acuerdo al planeamiento de la mina.
- 3.-** Ventsim solo importa líneas centrales en formato DXF para las simulaciones de las labores de desarrollo y exploración y explotación, en las operaciones mineras.

3.5. CÁLCULOS DE EVALUACION DE CHIMENEAS DE VENTILACIÓN

NUMBER REYNOLDS FOR THE SHAFT.

3.5.1. Chimenea Raise Boring para la Rp-400(-)

DATOS TÉCNICOS:

Diámetro de chimenea (D): 1.5m

Densidad de aire (ρ): 0.04730 lb. /ft³. = 0.7577 kg/m³

Caudal (Q): 30,000 cfm

Longitud: 53.8m

Velocidad (V): 0.4m/s

Temperatura (t): 16°C

ν : Viscosidad aire = $(17 + 0.045t) \times 10^{-6} \text{ NS/m}^2$

$\nu = 17.72 \times 10^{-6} \text{ NS/m}^2$.

$\text{Number Reynold} = \rho \cdot D \cdot V / \nu$

Re = 25,655.7

Re > flujo turbulento

Re < flujo laminar

Por lo tanto se concluye de la chimenea de ventilación de 53.8m de longitud ubicado en la Rampa 400(negativo) labor minera de profundización se obtiene el valor numérico de *number reynold* mayor de 2500 entonces se tendrá un flujo turbulento luego de la ejecución de la chimenea.

3.6. SIMULACIÓN DE LA PRIMERA ETAPA DE LA RAMPA 400(-).

EQUIPOS:	CANTIDAD	HP	TOTAL HP	Disponibilidad	consumo mínimo (m3/min)	CFM
CAMIONCITOS	1	70	70	0.2	3	1483.2
CAMIONETAS	1	55	55	0.5	3	2913.4
SCOOPTRAM	1	270	270	0.5	3	14302.2
R1600G						
MINICAT	1	120	120	0.2	3	2542.6
JUMBO DD 210	1	53	53	0.5	3	2807.5
TOTAL						24,048.8
2. PERSONAL	CANT			AIRE REQUERIDO		CFM
<i>ABRIL</i>	6		212	pies3/min/persona(+4000		1272
<i>GOÑE</i>	0		212	msnm)		0
<i>ZVZ</i>	0		212			0
<i>SANDVICK</i>	0		212			0
<i>CIA</i>	4		212			848
TOTAL	10					2120
TOTAL GENERAL:						26168.8
1 + 2						
<i>Ingreso de Aire</i>						20,000.00
<i>del ventilador en</i>						
<i>serie.</i>						
DEFICIT (CFM)						6168.8

Tabla 3.4: Requerimiento de caudal de aire rampa 400(-).

Anemómetro	RP 400	3	t1	2.68	3.9	4.1	80	16	14.9206	58.952	879.59771	31,081
			t2	3.1								
			t3	3.38								

Tabla 3.5: Caudal de admisión para instalación del ventiladores RP- 400(-).

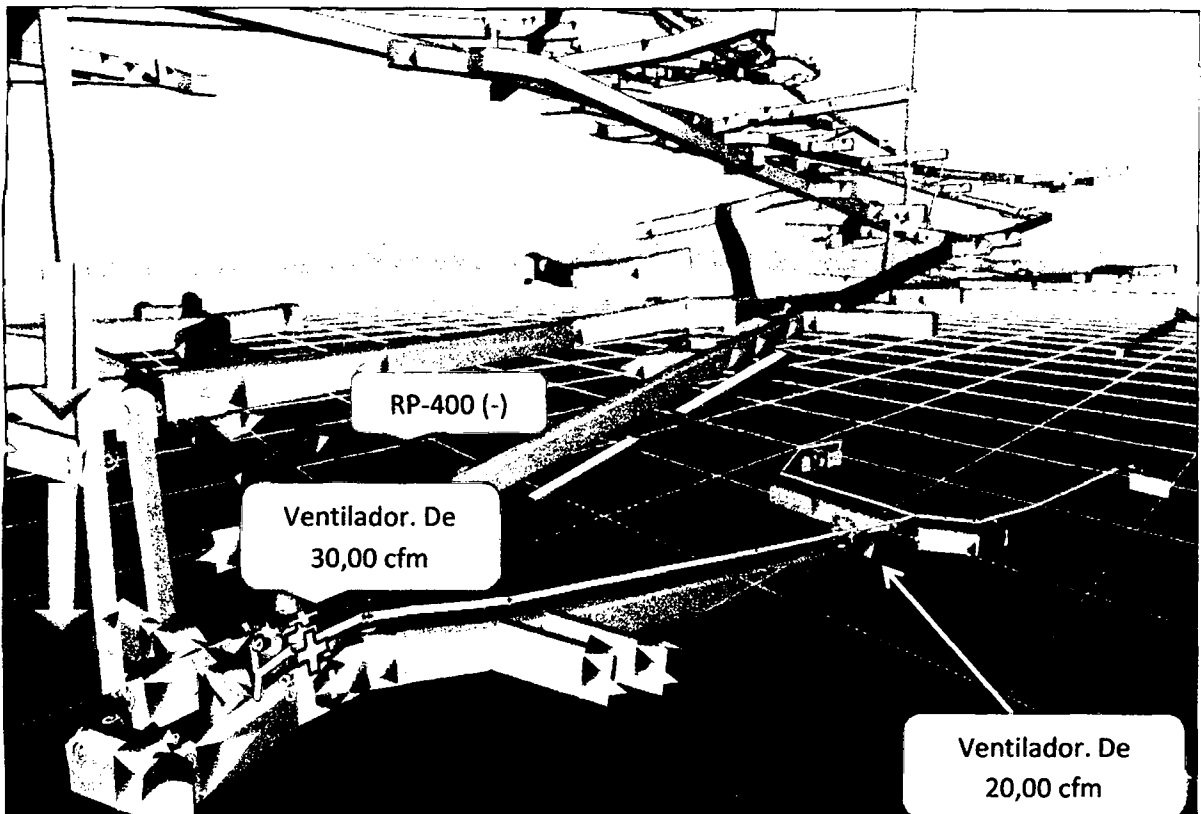


Figura 3.3: Simulación de ventiladores en serie primera etapa RP-400(-).

‡ Inicialmente la rampa es abastecida con ventiladores en serie de 30,000 y 20,000 cfm respectivamente, en esas circunstancias se notó demasiada pérdida de caudal por fugas y recirculación del caudal de aire viciado se propone la ejecución de la chimenea de ventilación con equipo Raise Boring.

La primera etapa de la rampa 400(-) es ventilada con un ventiladores en serie de tipo impelente de capacidades de 30,000 y 20,000 cfm para cubrir la demanda de caudal de aire, a pesar que hay ventiladores auxiliares hay problemas de ventilación, recirculación de caudal de aire viciado en tal sentido de opta el proyecto de chimenea Raise Boring, con el apoyo del software Ventsim para la ubicación

3.7. SIMULACIONES Y EVALUACIÓN CON VENTSIM ANTES DE LAS EJECUCIONES DE CHIMENEAS DE VENTILACIÓN ZONA HÉRCULES, RAMPA 400(-).

3.7.1. Primera simulación de chimenea de ventilación.

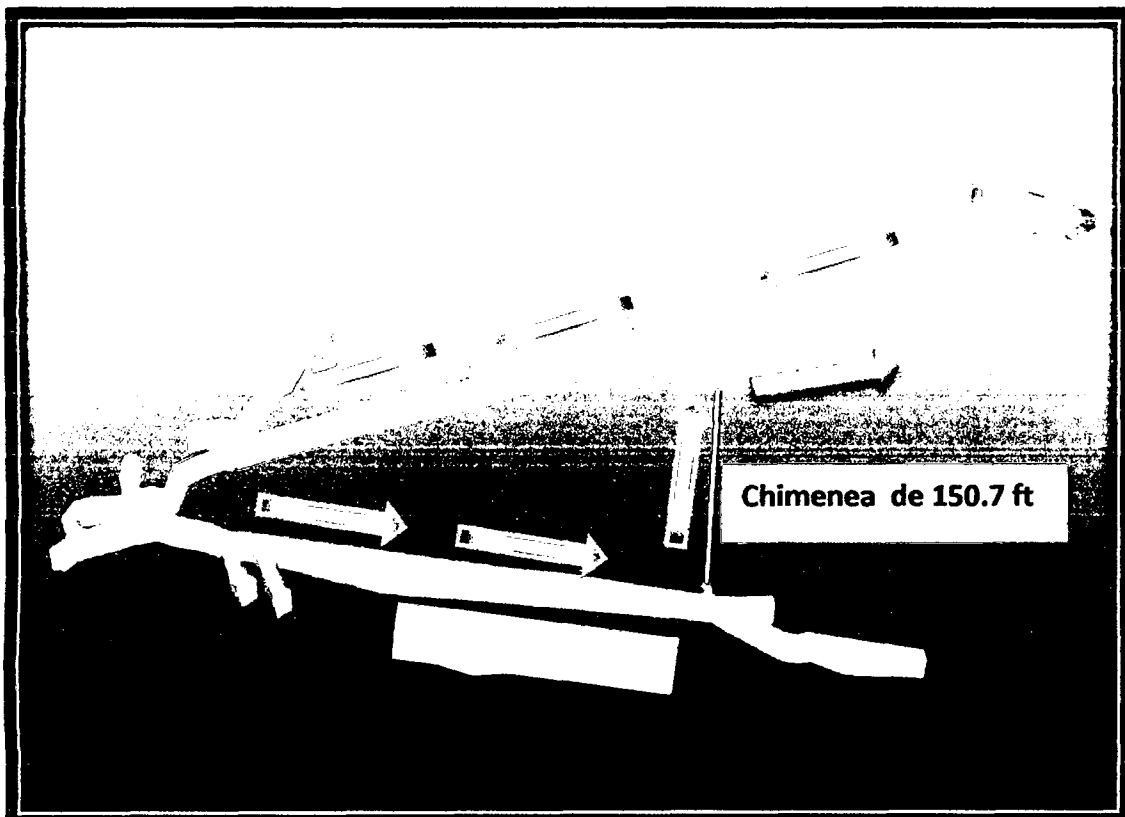


Figura 3.4: Simulación de la chimenea de ventilación Raise Boring. Caso I.

Evaluación: La apertura de la chimenea de ventilación en ese punto trae inconvenientes en el sistema de ventilación de la RP 400(-) y son los siguientes:

1. Recirculación del caudal de aire evacuado.
2. Mayor número de puertas, reguladores y Hermetización de labores para la conducción del aire viciado.
3. Complicaciones de terreno con presencia de fallas, que retrasan el avance de perforación del equipo Raise Boring.

3.7.2. Segunda evaluación de chimenea de ventilación.

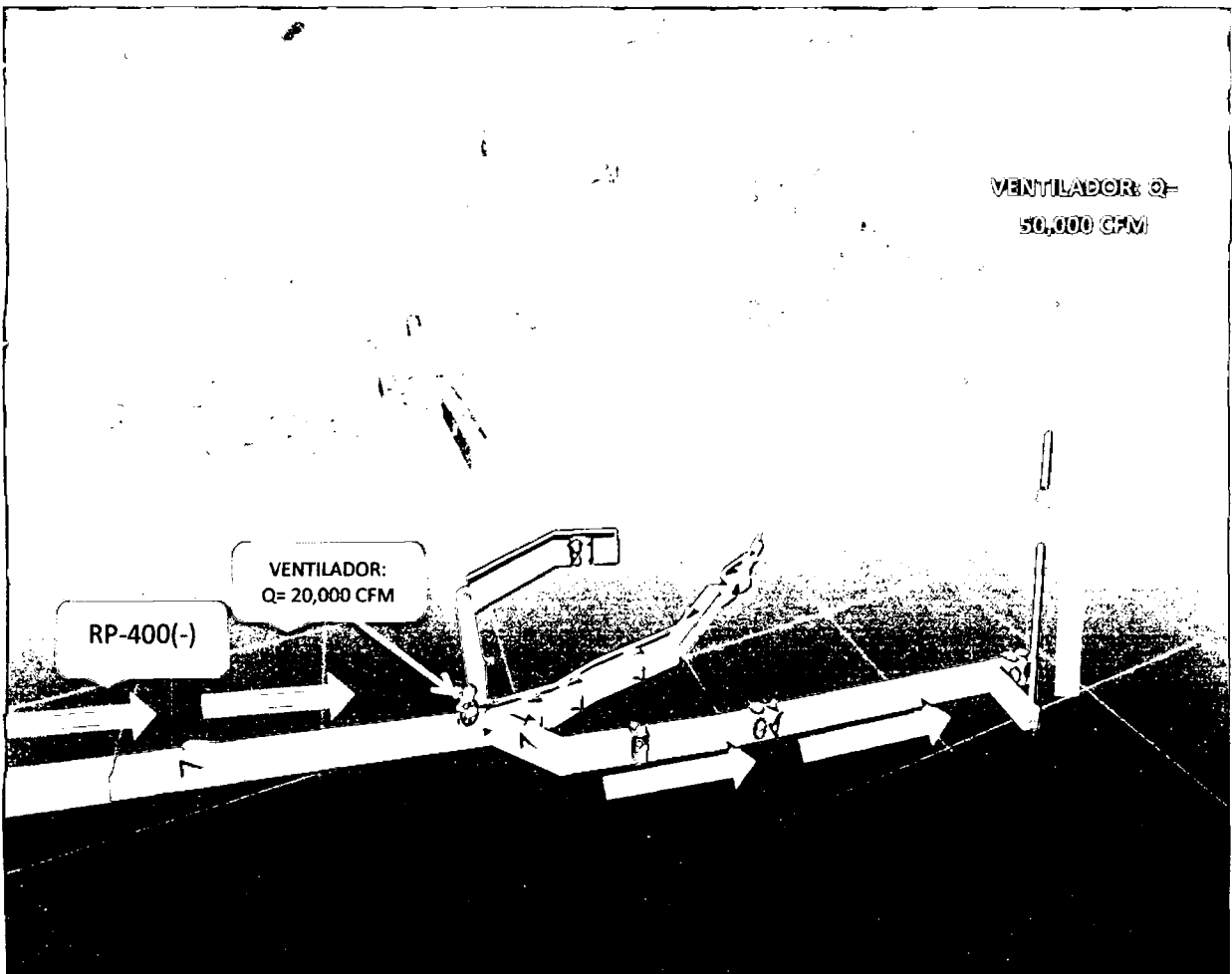


Figura 3.5: Simulación de la chimenea de ventilación caso II.

‡ La chimenea Raise Boring de 176.1 ft., de longitud con un diámetro de 1.5m de diámetro y luego se colocó un ventilador de 50,000 cfm de capacidad en el BY Pass 270 IS, que trabajara como extractor secundario que cubrirá toda la resistencia de la rampa 400(-) y la demanda de caudal de aire.

Evaluación:

1. no hay recirculación del caudal de aire viciado.
2. Menor número de tapones (03) para la evacuación del caudal de aire viciado.
3. Mejores condiciones de calidad roca (dura), y un lugar estratégica para la instalación de una ventiladora extractiva de 50,000 cfm de capacidad.

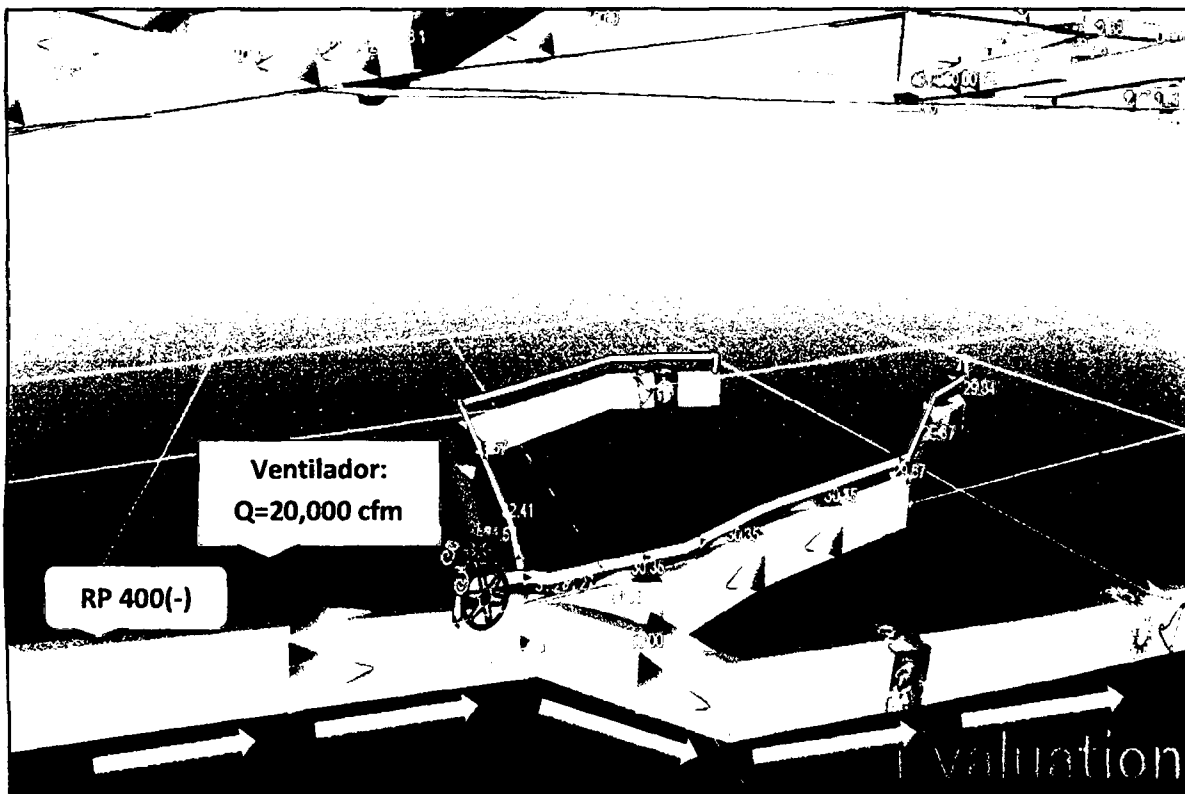


Figura 3.6: Simulaciones de reubicación de los ventiladores auxiliares.

3.8. INSTALACIÓN DE UNA VENTILADORA DE 150,000 CFM EN EL NIVEL LORENA.

Se tomaron datos antes de la instalación de la ventiladora de 150,000 cfm de capacidad en el nivel Lorena previa análisis del sistema de ventilación, ejecución de taponés para canalizar el aire viciado y después se realizó una simulación con el software Ventsim. A continuación mostramos diagnóstico inicial de los caudales de ingreso y salidas con ventilador extractor de 100,000 cfm de capacidad,

CAUDAL DE INGRESO ZONA HÉRCULES

PUNTO	LUGAR	HORA	CAUDAL DE INGRESO CFM
V-1	BOCAMINA NV-6	10:50 a. m.	100,366.64
V-38	ENTRADA NV 3	05:50 p. m.	15,547.70
V-39	BOCAMINA NV-4	05:55 p. m.	16,794.91
V-36	ALIMACK DEMONTERA	05:30 p. m.	26,679.86
TOTAL DE ENTRADA			159,389.11

CAUDAL DE SALIDA ZONA HÉRCULES

PUNTO	LUGAR	HORA	CAUDAL DE SALIDA CFM
V-35	CH-11.4	05:50 p. m.	13,433.22
V-37	SALIDA BOVADILLA	05:40 p. m.	15,806.83
V-34	SALIDA LORENA	04:50 p. m.	135,556.54
TOTAL DE SALIDA			164,796.58

Tabla 3.6: Datos iniciales de ingresos y salidas de aire zona Hércules.

✂ Para la selección de ventiladores es necesario conocer la cantidad de caudal de aire de ingreso en tal sentido seleccionar el ventilador eficiente y su ubicación estratégica con simulaciones Ventsim y obtener el incremento de caudal de aire y la ubicación estratégica de chimeneas de ventilación por tanto reducir la resistencia total de mina.

3.8.1. SELECCIÓN DE VENTILADOR DE 150,000 CFM.

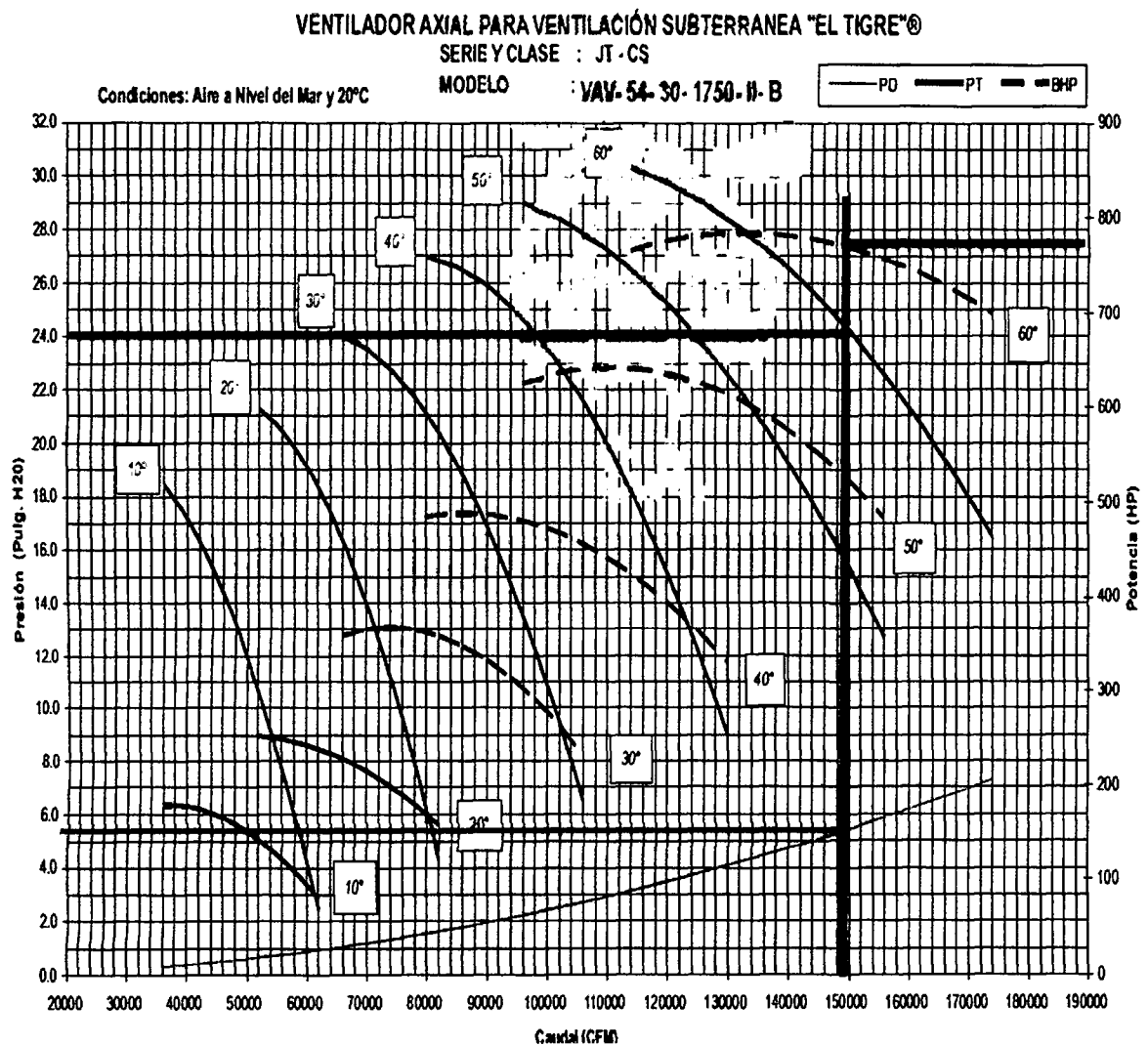


Figura 3.7: Curva del ventilador de 150,000 cfm en el mercado.

Fuente: Ingeniería en ventilación el Tigre- Perú.

1. Se ha seleccionado un ventilador de alabes variables de 54 pulgadas de carcasa y por cada ángulo de alabes de 60°.
2. Con el valor del caudal medido de 150, 000 cfm se trazó una perpendicular hasta la intersección con la curva característica de presión total, con el ángulo correspondiente de los alabes, de esta intersección se traza una horizontal, hacia el eje de la izquierda, allí se puede leer la presión total, entregada por el ventilador "EL TIGRE" de 24.0 pulgadas de agua.
3. Con el valor del caudal medido de 150,000 cfm, se traza una perpendicular hasta la intersección con la curva de la presión dinámica del ventilador, de este punto se traza una horizontal hacia la izquierda y se obtiene de 5.8 pulgadas de agua.
4. Potencia del ventilador es de 780 HP.

CURVA DE VENTILADOR DE 150,000 CFM

CANT.	presión	Presión	Eficiencia	Potencia	Presión
Ft3k/min	Estática	Total	%	HP	Dinámica
115	27.9	31	75	750	3.1
120	25.8	29	80	780	3.2
130	24	28	85	790	4
140	22.8	27	90	795	4.2
150	18.2	24	95	780	5.8
160	14.8	21	90	740	6.2

Tabla 3.7: Selección del ventilador.

‡ Estos datos son para una temperatura standard de 20°C y el nivel del mar, por obtener los datos a una altitud que se encuentra la unidad minera Huancapeti S.A.C., se multiplica por un factor de corrección de acuerdo a la altitud de la Cía. Minera Huancapeti., 4600 msnm y temperatura interior mina de 18°C.

Factor= 0.629

Tenemos: Q=150,000 cfm

PT= 24.0 pulg. H₂Ox0.629=15.096 pulgadas de agua.

PD= 5.8 pulg. H₂Ox0.629= 3.65 pulgadas de agua.

PS= 18.2 pulg. H₂Ox0.629= 11.448 pulgadas de agua.

POT= 780HPx0.629= 490.62 HP.

CURVA DE VENTILADOR DE 150,000 CFM CORREGIDO A 4600 msnm F=0.629

CANT.	presión	Presión	Eficiencia	Potencia	Presión
Ft3k/min	Estática	Total	%	HP	Dinámica
115	17.5491	19.499	75	471.75	1.9499
120	16.2282	18.241	80	490.62	2.0128
130	15.096	17.612	85	496.91	2.516
140	14.3412	16.983	90	500.055	2.6418
150	11.4478	15.096	95	490.62	3.6482
160	9.3092	13.209	90	465.46	3.8998

Tabla 3.8: Datos del ventilador corregidos

Fuente: Tabla N°3.7 factor de corrección por altura.

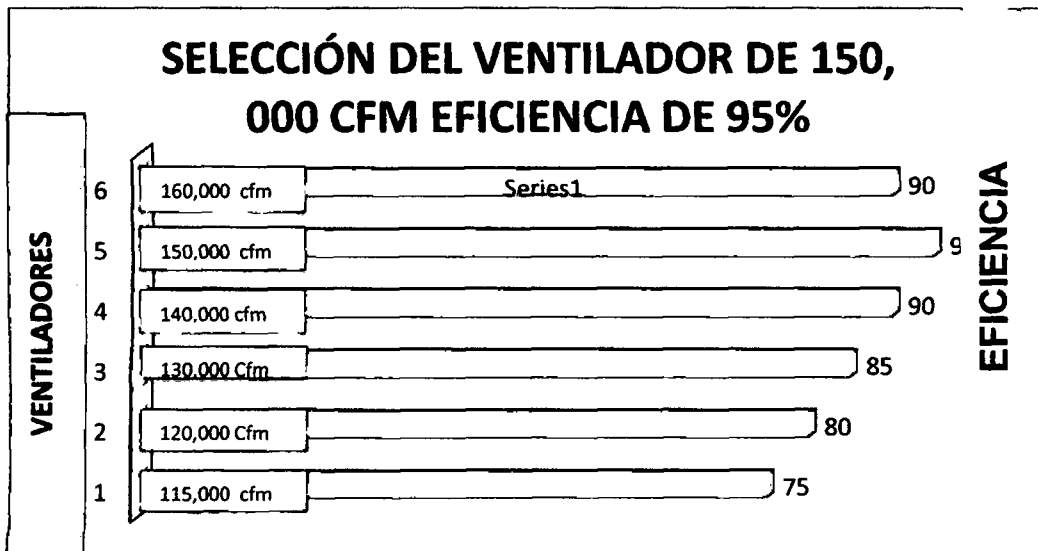


Figura 3.8: Selección del ventilador de mayor eficiencia.

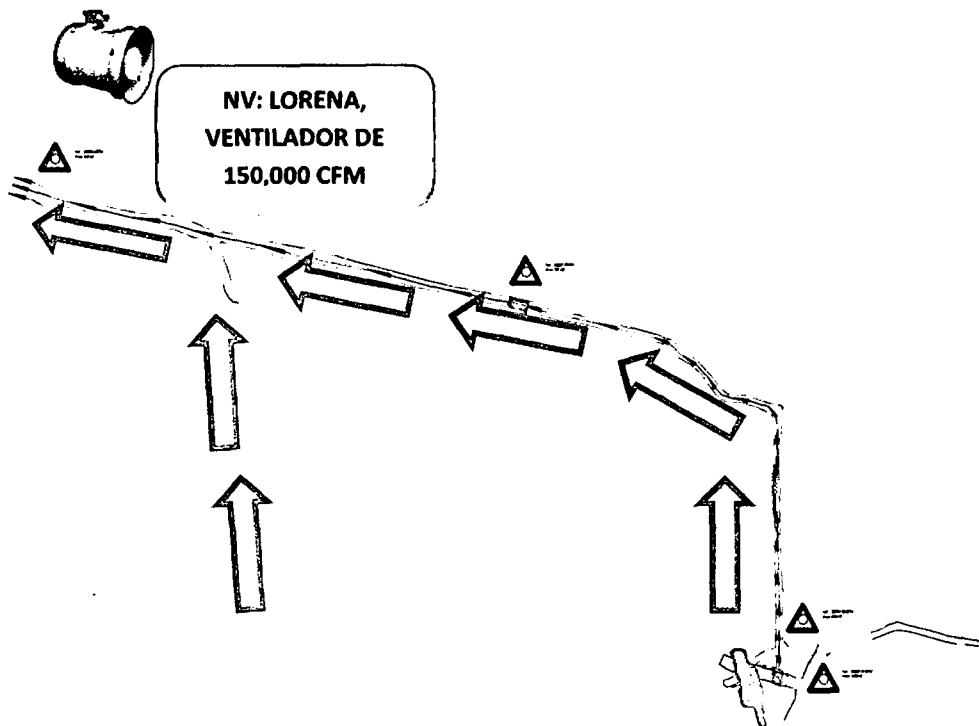


Figura 3.9: Ubicación del ventilador de 150,000cfm en el Nivel Lorena.

✧ El traslado del ventilador hacia el nivel Lorena para su respectiva instalación se realizó el apoyo directo del equipo scooptram LH de seis yardas de capacidad, después de la instalación se ejecuta la hermetización completa al perímetro del ventilador de 150, 000 cfm, hermético de doble entrada, al inicio y al final del ventilador.

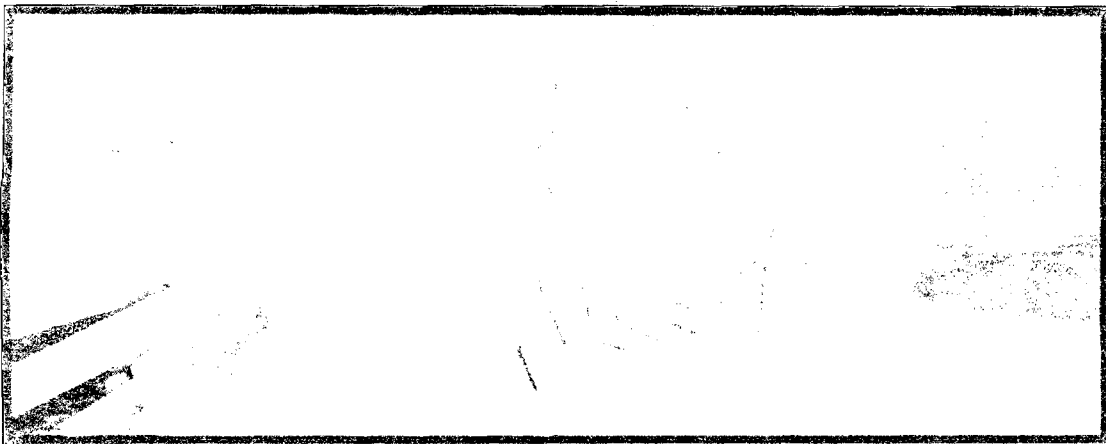


Figura 3.10: instalación del ventilador de 150,000 cfm.

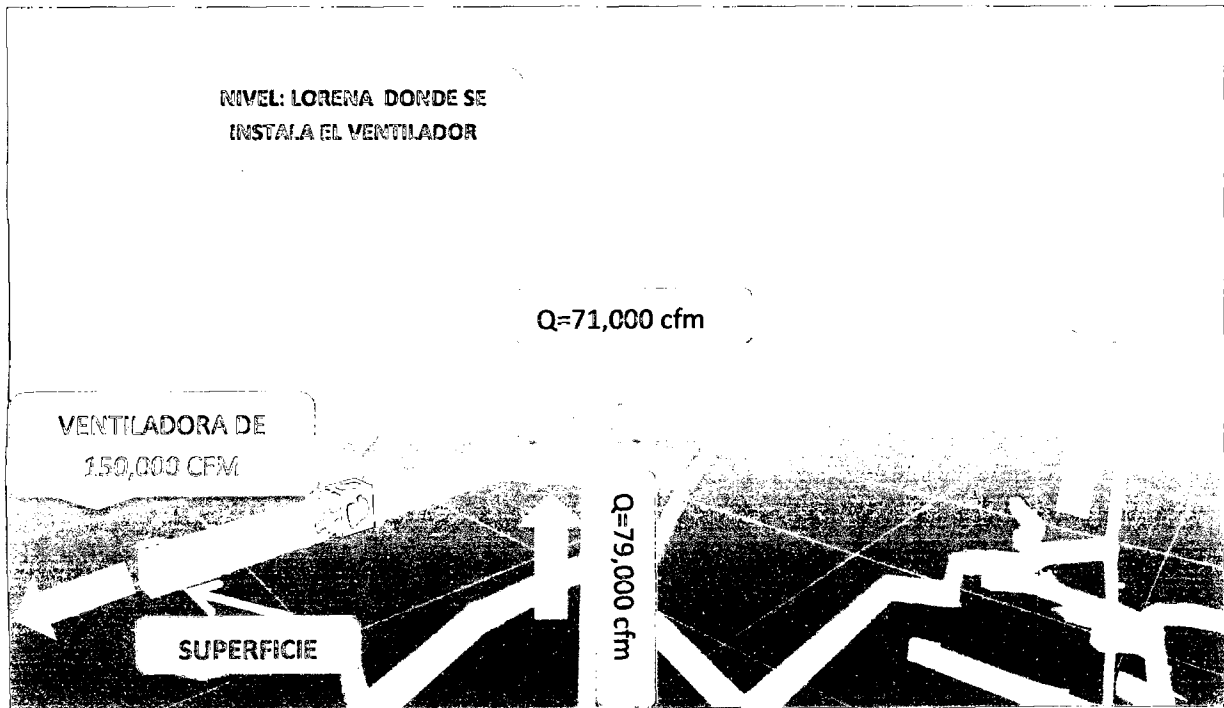


Figura 3.11: Simulación de la ventiladora de 150,000 cfm nivel Lorena Zona Mércules.

3.8.2. CURVA DEL VENTILADOR SELECCIONADO.

Nivel Lorena: Se selecciona el ventilador que trabaja a un 95% de eficiencia, con alabes de 60°, luego de las correcciones a la altitud de la mina Huancapeti SAC, se considera un punto de salida de aire viciado principal, la sección de 15m² de este túnel nos permite una menor resistencia de la mina la cual permitirá extraer la concentración de aire viciado de la zona alta y sur del yacimiento.

Para ello se requiere la habilitación de la sección, para la instalación de un ventilador de 150,000cfm de 11.44" in H₂O y potencia de motor de 146 HP a 4600msnm.

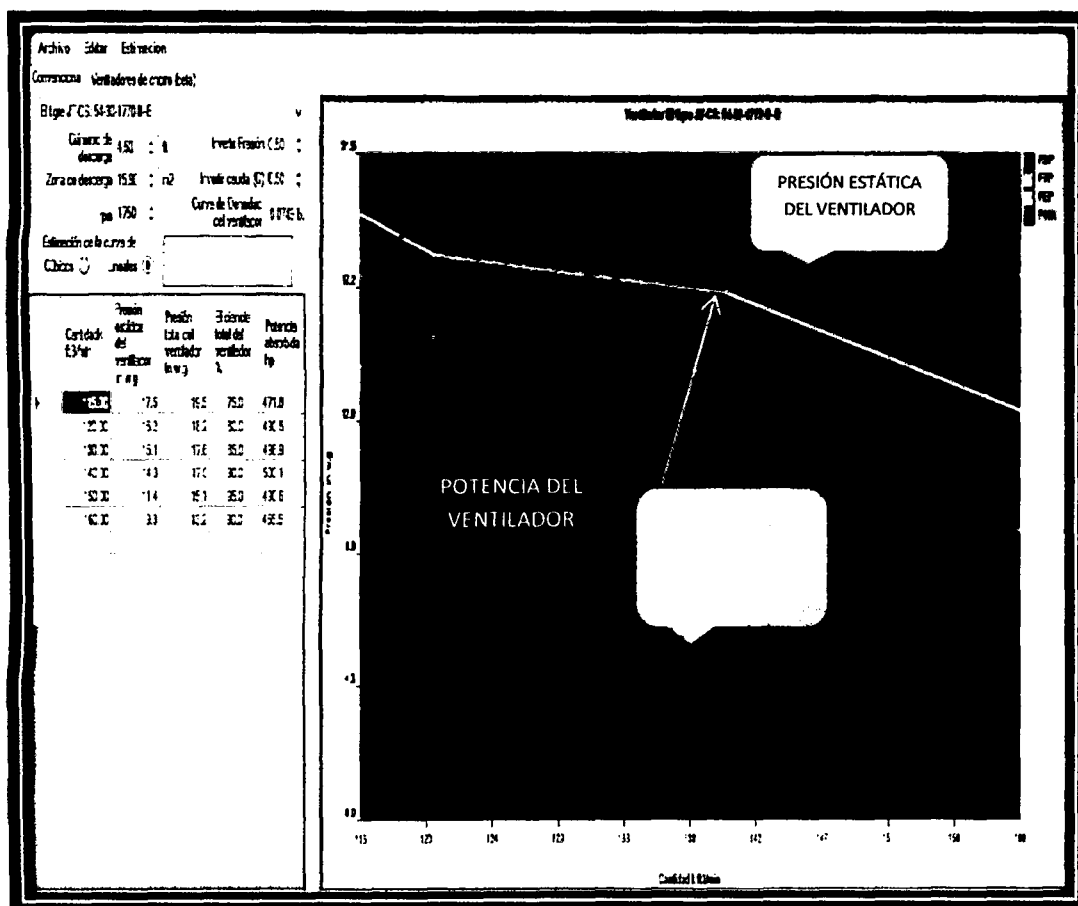


Figura 3.12: Curva del ventilador de 150,000 cfm seleccionado.

TABLA DE CORRECCIÓN POR ALTURA ZONA HÉRCULES.

Herramientas													
3200 mts	0.728	0.726	0.701	0.677	0.655	0.634	0.614	0.596	0.578	0.562	0.547	0.532	10498.69 pies
3300 mts	0.721	0.719	0.694	0.67	0.648	0.624	0.608	0.590	0.573	0.556	0.541	0.527	10826.77 pies
3400 mts	0.713	0.712	0.687	0.663	0.642	0.621	0.602	0.584	0.567	0.551	0.536	0.521	11154.86 pies
3500 mts	0.705	0.705	0.680	0.657	0.635	0.615	0.596	0.578	0.561	0.545	0.530	0.516	11482.94 pies
3600 mts	0.697	0.698	0.673	0.65	0.629	0.609	0.590	0.572	0.556	0.540	0.525	0.511	11811.02 pies
3700 mts	0.689	0.691	0.667	0.644	0.623	0.603	0.584	0.567	0.550	0.535	0.520	0.506	12139.11 pies
3800 mts	0.682	0.685	0.660	0.638	0.617	0.597	0.579	0.561	0.545	0.530	0.515	0.501	12467.19 pies
3900 mts	0.676	0.678	0.654	0.632	0.611	0.592	0.573	0.556	0.540	0.525	0.510	0.497	12795.28 pies
4000 mts	0.670	0.672	0.648	0.626	0.605	0.586	0.568	0.551	0.535	0.520	0.505	0.492	13123.36 pies
4100 mts	0.662	0.665	0.642	0.62	0.600	0.581	0.563	0.546	0.530	0.515	0.501	0.487	13451.44 pies
4200 mts	0.654	0.659	0.636	0.614	0.594	0.575	0.557	0.541	0.525	0.510	0.496	0.483	13779.53 pies
4300 mts	0.647	0.653	0.630	0.609	0.589	0.570	0.552	0.536	0.520	0.505	0.492	0.478	14107.61 pies
4400 mts	0.641	0.647	0.624	0.603	0.583	0.565	0.547	0.531	0.515	0.501	0.487	0.474	14435.7 pies
4500 mts	0.635	0.641	0.619	0.598	0.578	0.560	0.542	0.526	0.511	0.496	0.483	0.470	14763.78 pies
4600 mts	0.63	0.636	0.613	0.592	0.573	0.555	0.538	0.521	0.506	0.492	0.478	0.466	15091.86 pies
4700 mts	0.623	0.630	0.608	0.587	0.568	0.550	0.533	0.517	0.502	0.488	0.474	0.462	15419.95 pies
4800 mts	0.617	0.625	0.603	0.582	0.563	0.545	0.528	0.512	0.497	0.483	0.470	0.457	15748.03 pies
4900 mts	0.611	0.619	0.597	0.577	0.558	0.540	0.524	0.508	0.493	0.479	0.466	0.454	16076.12 pies
5000 mts	0.605	0.614	0.592	0.572	0.553	0.536	0.519	0.504	0.489	0.475	0.462	0.450	16404.2 pies
	Sld	32° F	50° F	68° F	86° F	104° F	122° F	140° F	158° F	176° F	194° F	212° F	msnm Temp

Tabla 3.9: Factor de corrección por altura y temperatura

‡ La Cia. Minera Huancapeti S.A.C., se toma un altitud promedio de 4600msnm tal como se muestra en cuadro anterior, un factor de corrección de 0.629 que se multiplicara a los diferentes presiones.

‡ El planeamiento mensual de minado tiene como objetivo de 500 m de longitud de la rampa 400(-), dichos datos se tomara en consideración para las posteriores proyectos de chimeneas de ventilación en consecuencia se obtendrá una planificación de trabajo del equipo Raise Boring.

3.9. SIMULACIÓN MULTIPLE DE GASES

La simulación de gases de procedencia de la voladura de las diferentes actividades mineras, se basa en el mismo algoritmo de diseminación lineal utilizado para otras simulaciones de contaminantes. La diferencia está en que permite la liberación y diseminación simultánea de hasta 15 tipos de gases diferentes, y hace un balance volumétrico automático de otros gases para asegurar que se mantenga un 100% de concentración total de la mezcla.

Esta función puede ser útil para rastrear múltiples contaminantes de diferentes niveles desde diferentes fuentes, o cuando se necesita modelar en una simulación los efectos de la densidad de distintos tipos de gases.

Los gases pueden ser ubicados en un modelo utilizando un método de inyección o un método de concentración de gases in situ. Aun cuando ambos métodos utilizan el mismo tipo de simulación, la construcción de los conductos en Ventsim difiere de un método a otro.

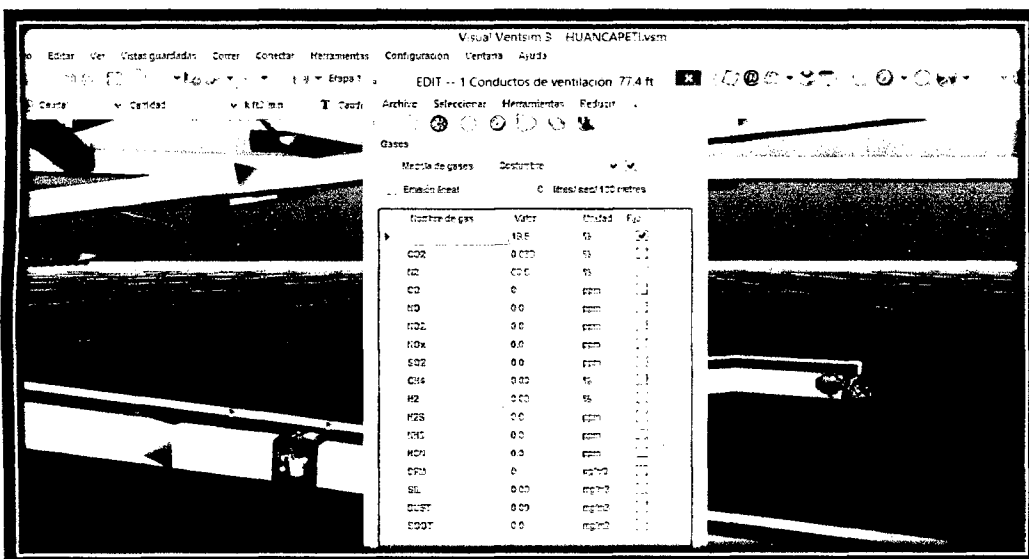


Figura 3.13: simulación de gases labores de profundización rampa 400(-).

3.9.1. Concentraciones de gases con los siguientes equipos.

1. Camión de carga: 01
2. Camioneta de la contrata: 01
3. Scooptram R1600G: 01
4. Jumbo DD 210: 01

3.9.2. Resultados tomados con equipo de gases (ALTAIR).

* Oxígeno	20.5 %
* Monóxido de Carbono (CO)	27 ppm
* Dióxido de Carbono (CO ₂)	500 ppm
* Óxidos de Nitrógeno (NO + NO ₂)	0.0002 %

Tabla 3.10: Concentración de gases zona Hércules, rampa 400(-)



Figura 3.14: Equipo de medición de gases ALTAIR.

3.10. SIMULACIÓN TERMODINÁMICA

La simulación termodinámica (o de calor y humedad) es un campo complejo de la ventilación minera y de la ingeniería ambiental. Se recomienda un conocimiento adecuado sobre sicrometría así como también aspectos prácticos de calor y enfriamiento antes de usar Ventsim Visual® como un asistente para tomar decisiones de infraestructura o de planificación minera y desarrollo.

3.10.1. FUENTES DE CALOR.

En el caso de la Cía. Minera Huancapetí SAC., Zona Hércules no hay la necesidad de disminuir la temperatura del ambiente de trabajo porque la medición de la temperatura de encuentra por debajo de 30°C, en consecuencia no hay la necesidad de estudio con simulaciones Ventsim, a base de información se muestra los fuentes de emanación de calor en labores mineras.

1. **Estrato rocoso** – Está dado por el tipo de roca y la gradiente geotérmica, la temperatura y el flujo de calor proveniente de la roca expuesta aumenta con la profundidad.
2. **Auto-compresión** – En la medida de que el aire se interna en las profundidades y se “comprime” producto de la gravedad, la temperatura aumenta, teóricamente, cerca de 10 grados Celsius de bulbo seco por cada 1000 metros.
3. **Maquinaria Diesel** – Una de las principales Fuentes de calor en las minas modernas. La maquinaria Diesel genera tanto calor como humedad.
4. **Maquinaria eléctrica** – Ventiladores, bombas, bobinadores, subestaciones y sistemas de distribución eléctrica contribuyen calor al ambiente de trabajo subterráneo.
5. **Oxidación** – Los minerales altamente reactivos pueden producir calor al estar expuestos al oxígeno.

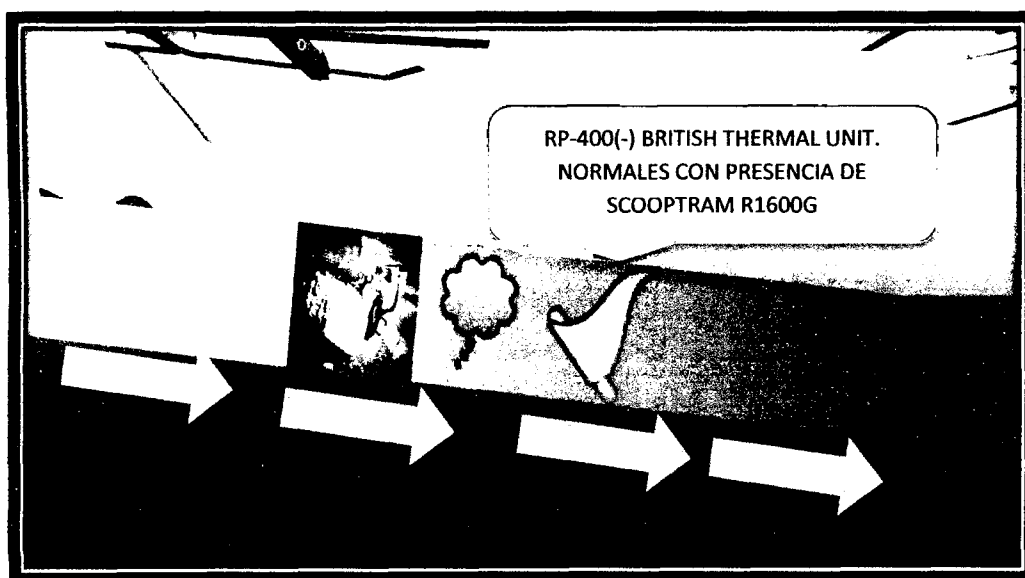


Figura 3.15: Simulación de calor rampa 400(-).

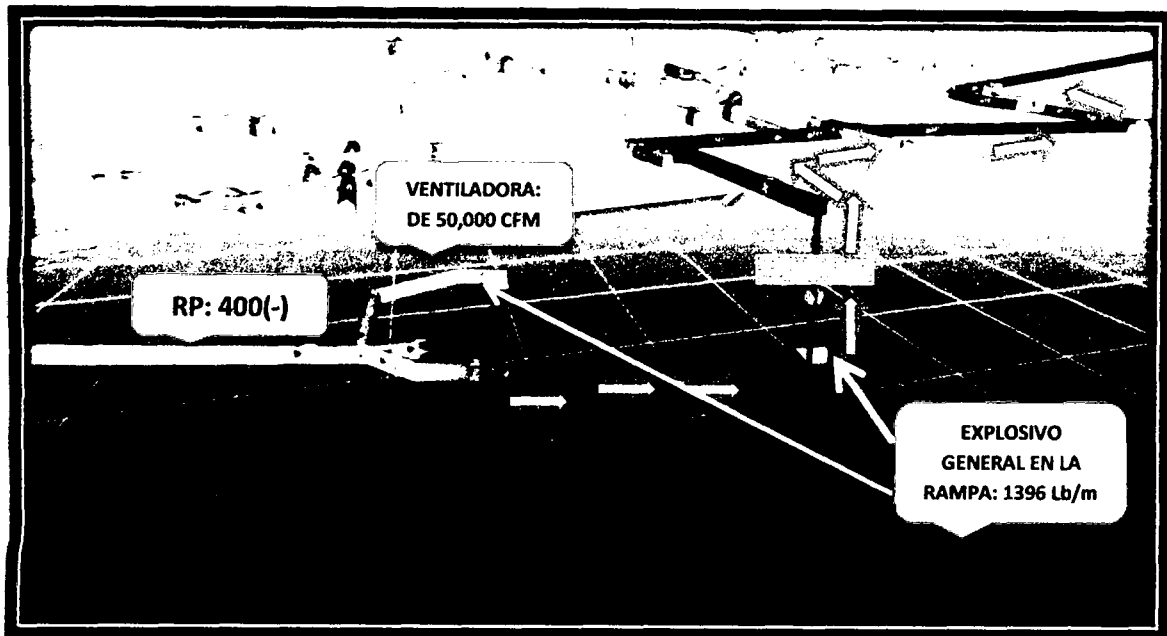


Figura 3.16: Simulación termodinámica zona de profundización.

3.11. SIMULACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO DE DISSEL

Las concentraciones de Material Particulado Diesel (MPD) son un problema importante para las operaciones mineras subterráneas. Si bien se ha sospechado por mucho tiempo que la exposición a altos niveles de particulado diesel produce, potencialmente, problemas de salud, hace muy poco se han creado severas regulaciones que imponen límites de exposición atmosférica estrictos para la emisión en minería subterránea.

Ventsim Visual® Advanced le entrega herramientas que ayudan a predecir la distribución y concentración de particulado diesel en una mina subterránea.

‡.- La zona de profundización de la zona Hércules rampa 400(-), se utiliza con un total 1396 lb de explosivo por cada frente, tiene un tiempo promedio de 36 minutos de evacuaciones de gases hasta llegar hacia la superficie, extraído por el ventilador principal ubicado en el nivel Lorena.

Por el contrario, los operadores protegidos por cabinas filtradas pueden estar bajo un nivel de exposición menor que el que indica la simulación. Tenga también en cuenta que las concentraciones de MPD mayores a los estándares permitidos pueden ser aun permisibles si se usa otro método de control como un tiempo de exposición reducido o equipo de protección para el personal. La mina tendrá que considerar la implementación de estrategias de ingeniería como flujos de aire mayores o un mejor control de emisiones en los casos en que las medidas de control de exposición no garanticen la protección del personal.

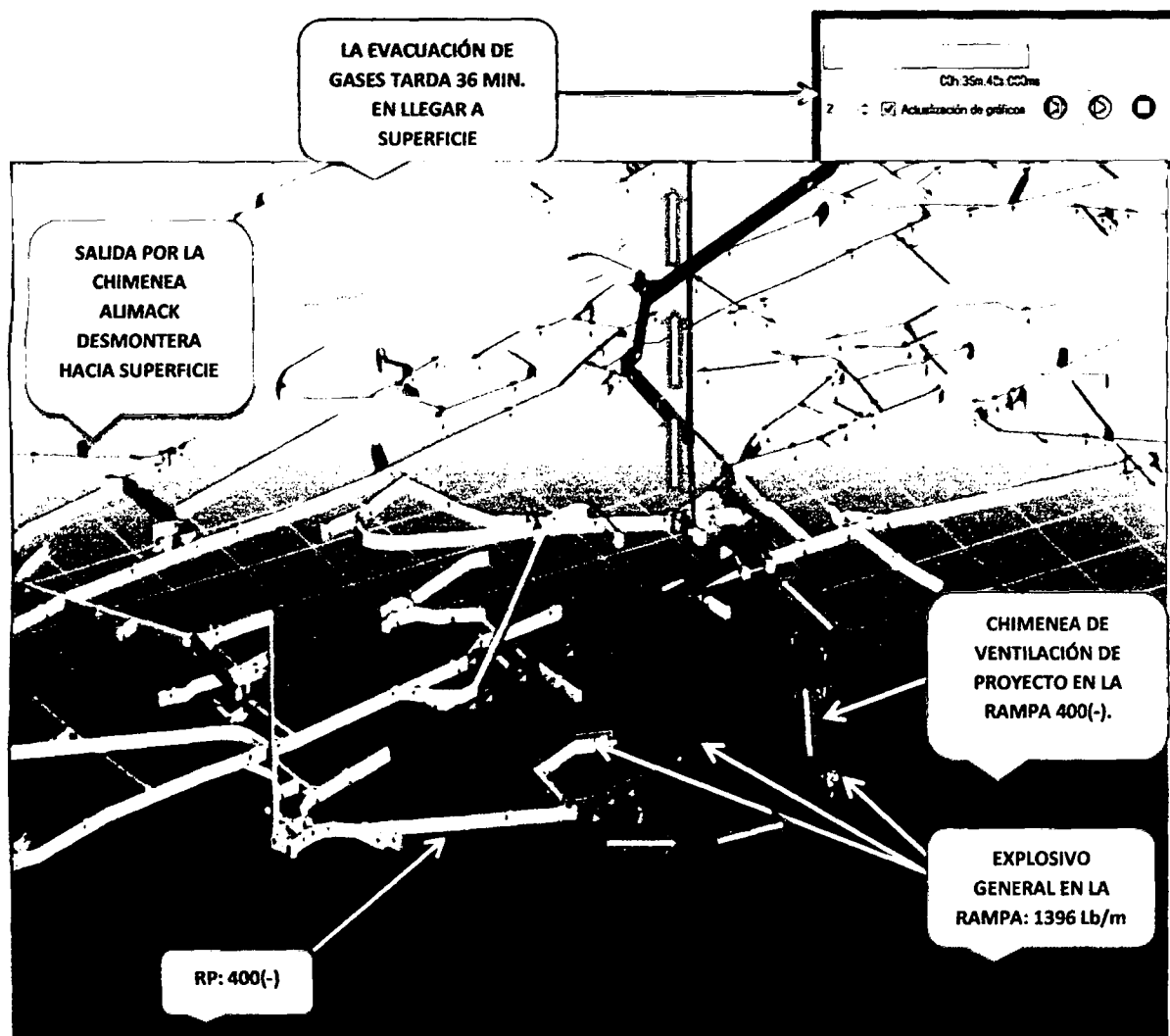


Figura 3.17: Simulación de explosiones de tajeos y frentes.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. RESULTADOS

- 1. La evaluación del caudal de aire tiene un incremento de *159,389.1 cfm a 199,700 cfm*. Mejorando el ambiente en labores mineras.**
- 2. Se apertura la chimenea de ventilación Raise Boring en la rampa de profundización 400(-) obteniendo los resultado positivos y un menor tiempo de ventilación y la eliminación de ventiladores en serie para un distancia de 315m; Con nueva medición de caudal de 50,000 cfm, aun incremento de caudal para el nivel inferior de 20,000 cfm, evitando la recirculación del aire viciado y se ha cumplido con las normas establecidas en labores de mayor deficiencia como labores de profundización.**
- 3. Se realizó tapones, reguladores y puertas de ventilación, coadyuvación de la red de ventilación.**
- 4. Se requiere un caudal de aire de 26,168.8 cfm en la rampa 400(-), labor de profundización.**

4.1.1. EQUIPAMIENTO PARA EL SISTEMA DE VENTILACIÓN ZONA HÉRCULES.

El resultado del estudio, arrojan el siguiente requerimiento de equipo e infraestructura.

Infraestructura Mina

02 Sub estaciones para alimentación de energía para ventilador principal

01 Compuerta Electrohidráulica de 3.8m x 4.0m de sección.

Equipos Mineros

01 Ventilador de 150,000cfm

Presión Estática: 11.44 in H2O

Potencia 146 HP @ 4600msnm

Arrancador Y-D 146 HP @ 4600msnm

BALANCE DE INGRESO Y SALIDAS DEL CAUDAL DE AIRE

CAUDAL DE INGRESO ZONA HÉRCULES			
PUNTO	LUGAR	HORA	CAUDAL DE INGRESO CFM
V-1	BOCAMINA NV-6		130,366.64
V-38	ENTRADA NV 3		29,693.76
V-39	BOCAMINA NV-4		39,639.6
TOTAL DE ENTRADA			199,700.86

Tabla 4.1: Ingreso de caudal de aire fresco.

COBERTURA DE AIRE.

NECESIDAD DE AIRE PARA LA MINA HÉRCULES	
CAUDAL (CFM)	
1. EQUIPOS	315447.6
2. PERSONAL	16960
3. EXPLOSIVOS	20130
TOTAL (CFM)	352537.172
INGRESO (CFM)	199,700.00
DEFICIT (CFM)	152837.172
COBERTURA	56.65%

Tabla 4.2: Cobertura de caudal de aire.

‡ La cobertura de caudal de aire para la zona Hércules se ha incrementado de 45.21% a 56.65%, estos resultados cumple con el objetivo de incrementar el caudal de aire después de las simulaciones Ventsim.

UBICACIÓN DEL VENTILADOR DE 150,000 CFM.

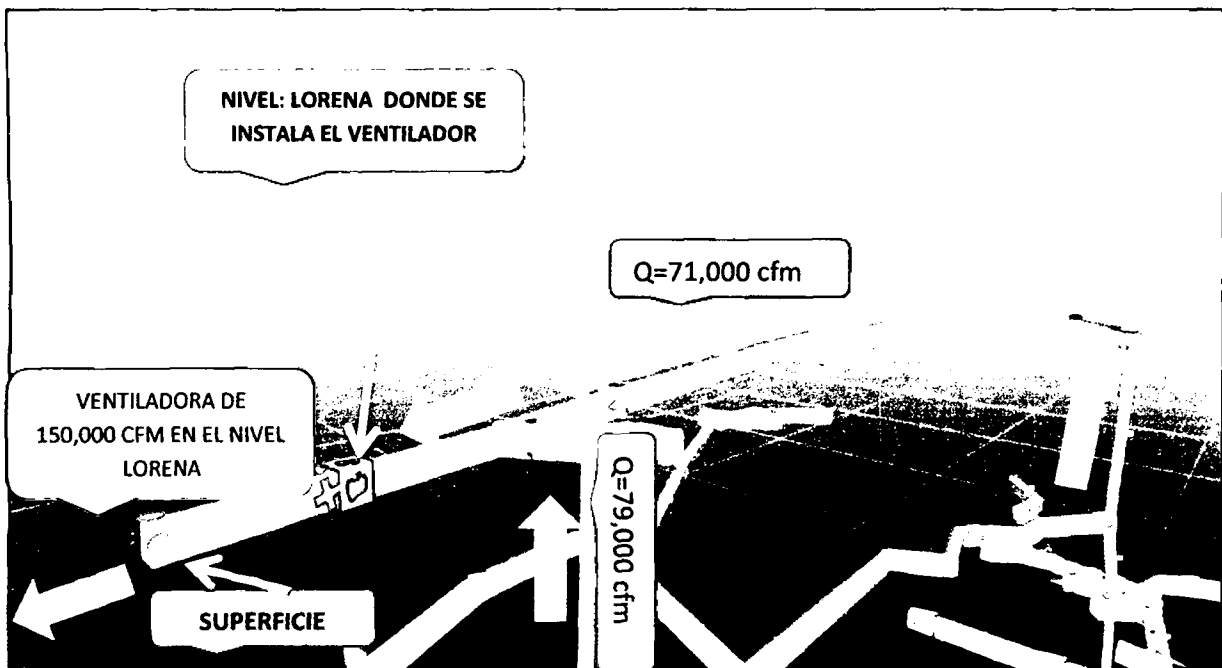


Figura 4.1: Simulación de la ventiladora de 150,000 cfm nivel Lorena Zona Hércules.

4.2. DISCUCIONES.

- 1. Las chimeneas aperturas y la instalación del ventilador extractor de 150,000 cfm en la zona de producción Hércules aún son deficientes para la demanda general de la mina de caudal de aire.**
- 2. El reglamento supremo 055.2010-EM, estas normas no detallan la cantidad de caudal de aire requerido para evacuar gases a consecuencia de las voladura en labores mineras subterráneos.**
- 3. En la compañía minera Huancapeti SAC., existe un desinterés en cuanto a la ventilación, se da mayor prioridad a la producción sin considerar que a largo plazo trae enfermedades ocupacionales.**
- 4. El presente Reglamento Ley N° 29783 que actualmente es vigente en minas, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, y tiene como objeto promover una cultura de prevención de riesgos laborales en el país, pero no especifica el requerimiento de aire en labores mineras.**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- 1. Se concluye que el análisis del sistema de ventilación con software Ventsim en la zona hércules se optimizo con un incremento de caudal de aire de 40,000 cfm, para una mejor distribución y una mejora en las condiciones de ambientales en interior mina.**
- 2. Se requiere un ventilador extractora de capacidad de 150,000 cfm en el nivel Lorena de las características presión estática 11.44 in H₂O, potencia 146 HP @ 4600msnm, arrancador Y-D 146 HP @ 4600msnm.**
- 3. Se concluye que se seleccionó el ventilador óptimo de 150,000 cfm para ganar la resistencia de mina, para lo cual se tomó en cuenta las curvas de la figura 3.5.**
- 4. La demanda de aire estimado para el corto plazo son de 352,537 cfm (Zona Hércules).**
- 5. Debido a la restricción energética se requiere hacer un balance de cargas donde se pueda calcular la cantidad de ventiladores auxiliares se retiraran de la mina por la operación del sistema de ventilación.**
- 6. Continuar con el desarrollo del túnel de integración de Hércules y Coturcan, esto permitirá reducir el número de equipos en interior mina e integrar el sistema de ventilación entre ambas zonas.**

RECOMENDACIONES

- 1. Adquisición de un software de simulación Ventsim para de circuitos de ventilación para su aplicación en la fase de planeación.**
- 2. Adquisición de subestaciones eléctricas de capacidades de 460 voltios para evitar la caída de tensión en operación de ventiladores.**
- 3. Se recomienda la Hermetización de labores abandonadas de las operaciones mineras de CIA alianza con geomembranas recicladas de planta de tratamiento, para evitar la pérdida de aire fresco.**
- 4. Se recomienda realizar voladuras controladas en las rampas de profundización para obtener mínima resistencia por fricción.**
- 5. Se recomienda utilizar el uso de mangas elípticas para ventiladores auxiliares permanentes, para evitar el desgaste de mangas por rozamiento de equipos de carga como los volquetes.**
- 6. Se colocar mangas paralelas para minimizar la resistencia por sección y así tener mayor alcance hacia los frentes, reducir el número de ventiladores en serie y utilizar ventiladores en paralelo.**
- 7. Se recomienda el uso de horómetros para cada ventilador auxiliar, y calcular la cantidad de horas trabajadas y llevar un control de mantenimiento adecuado de tal manera evitar daños mayores.**

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cía. Minera Huancapeti SAC, "Estudio Geológico y revista de la mina Alianza" 2012.
2. Anuario minero Huancapeti SAC., "Flora y Fauna" 2007.
3. Cámara peruana de la construcción "Capeco", 2010.
4. Catálogos "Ingeniería en Ventilación EL TIGRE-PERÚ" 2013.
5. Catálogos "Tamrock división Atlas Copco" 2010.
6. Kennet C. Laudon Jan P. "Sistema de Información Gerencial" Décima Edición 2011.
7. Pablo Jiménez Ascanio, Ventilación de Minas subterráneas y túneles- primera edición 2011.
8. Novitzky, Alejandro "Ventilación de Minas" Buenos Aires-yanque. 1962.
9. Quispe Pérez, Roberto V. "Ventilación minera". Universidad Nacional de Ingeniería – FIGMM. 1987
10. Ing. Ángel Vejarano S. "Curso del sistema de ventilación de minas" 2004.
11. Ing. Indalecio Quispe R. "Base de datos del curso de ventilación de Minas" UNSCH 2012.
12. Craig Stewart, Ventsim Visual@ "Manual de Ventsim Estándar, Advanced y Premium". 2013.
13. "MANUAL PRÁCTICO DE VOLADURA FAMESA" 4ª EDICIÓN 2012.
14. WORLD MINING EQUIPMENT, Revistas de maquinaria minera. 2º EDICIÓN 2010.
15. CARLOS LOPEZ JOMENO, "Manual de Perforación y Voladura" 1º EDICIÓN 2013.

ANEXOS

ANEXO 01: Plano del Ventilador de 150,000 cfm.

ANEXO 02: Fotografía del levantamiento de ventilación.

ANEXO 03: Planos de la mina (Zona Hércules).

ANEXO 04: Planos geomecánico.

ANEXO 05: Planeamiento de minado.

ANEXO 06: Plano isométrico de ventilación.

ANEXO 07: Tabla de levantamiento de ventilación.

ANEXO 08: Malla de perforación de frentes.

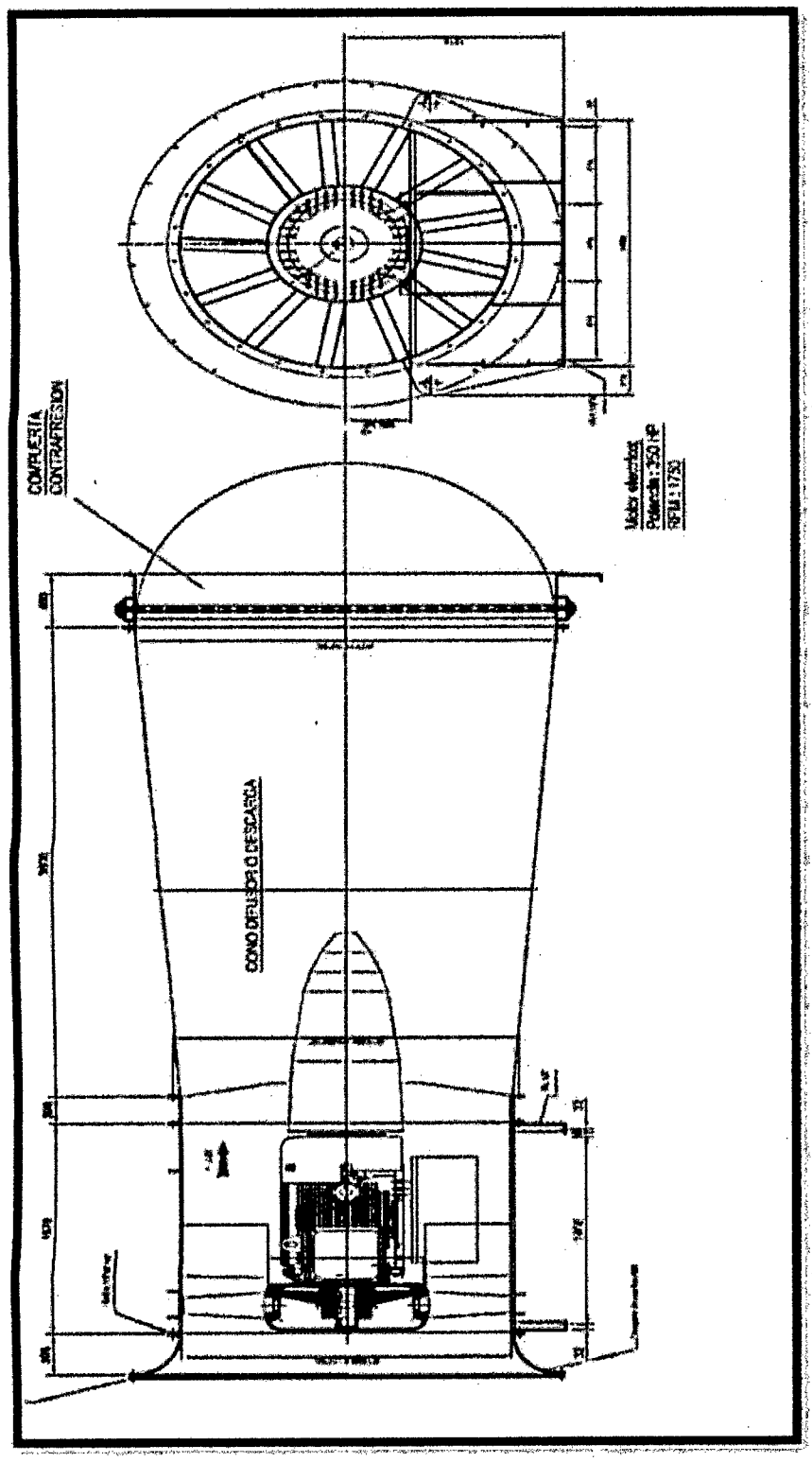
ANEXO 09: Compuertas hidráulicas de ventilación.

ANEXO 10: Posición de equipos Raise Boring.

ANEXO 11: Estándares de instalación de mangas rampa de 4x4m.

ANEXO 12: Matriz de consistencia.

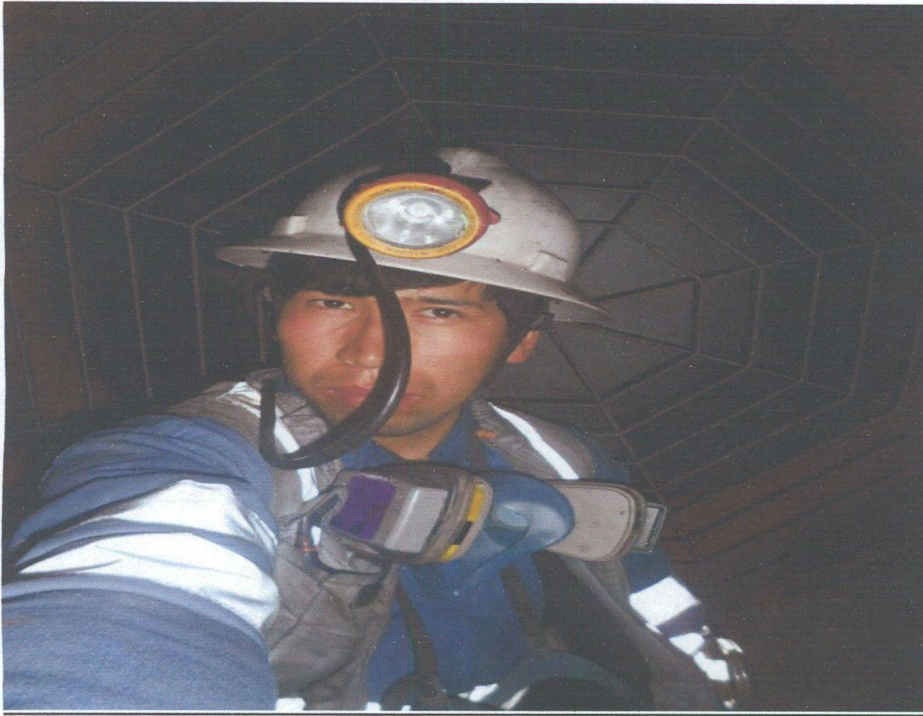
ANEXO 01: Plano de Ventilador de 150,000 cfm VAV 54-30. 1750-II-B



ANEXO 03:

**Planos de la mina (Zona
Hércules).**

ANEXO 1.1: FOTOGRAFÍA DEL VENTILADOR DE 100,000 CFM.



Fuente:Fotografía tomada en agosto 2014 -Zona Hercules Nivel Lorena.

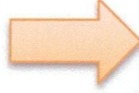
ANEXO 1.2: Ventilador auxiliar de 20,000 cfm rampa 400(-) Zona Hércules.



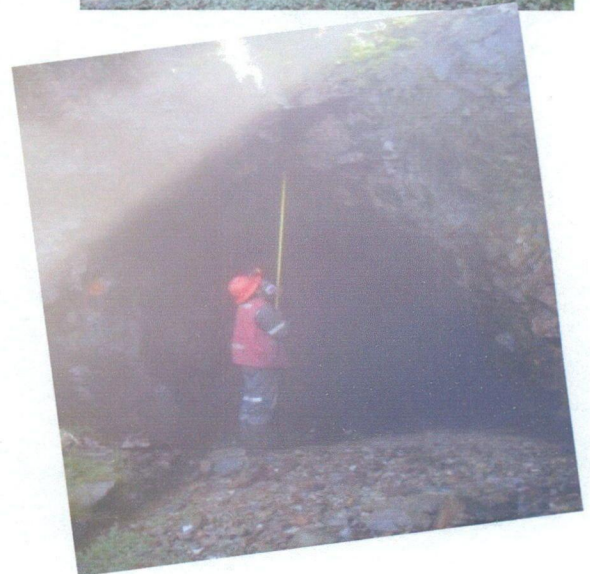
Fuente: Fotografía tomada en agosto 2014- Zona Hercules rampa 400(-).

ANEXO 02: FOTOGRAFÍA AL INICIO DEL ANÁLISIS DE VENTILACIÓN.

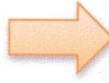
✚ Salida del flujo Bobadilla
realizado con .Alimak que tiene
un caudal de 15,806.83 CFM.



✚ Salida del nivel LORENA.



✚ Salida por la chimenea 11.4 que tiene un caudal de 13,433.43 Cfm.



✚ Ingreso por la chimenea Raise Boring lugar de acumulación de desmonte de COTURCAN que tiene un caudal de 26,679.76 CFM.

