

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGIA, MINERA Y METALURGICA



**“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE VENTILACION,
APLICANDO TECNOLOGIAS DE INFORMACION Y MANEJO
DE ESCENARIOS TECNICO ECONOMICO EN LA UNIDAD
PRODUCTIVA SAN CRISTOBAL, DE MINERA BATEAS SAC”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

ELABORADO POR:

GERARDO, CHAMBERGO ORIHUELA

ASESOR

ING. ELVIS VALENCIA CHAVEZ

LIMA-PERU

2013

DEDICATORIA

A Dios, mi hija, esposa y madre por su apoyo incondicional y la fuerza que me dieron para culminar esta etapa de mi carrera.

AGRADECIMIENTO

A mi alma mater FIGMM de la Universidad Nacional de Ingeniería a mis profesores ingenieros: Pedro Tinoco, José Corimanya, David Rojas, Elvis Valencia Isaac Ríos y Javier Díaz Chavez por el conocimiento y expertís, que nos brindaron en la universidad, con el objetivo de hacernos competitivos.

A todos mis compañeros y amigos de Minera Bateas por su apoyo durante los cuatro años que pude compartir experiencias, en especial a los ingenieros Jorge Ganoza, Arturo Salvador y Alberto Chumacero por su dedicación y enseñanza otorgada.

A mi familia en general por estar siempre dándome esa fuerza para continuar y cumplir mis objetivos.

RESUMEN

El presente documento está enmarcado en el desarrollo de una propuesta para sistema de ventilación en la mina Animas de la Unidad Productiva San Cristóbal según registro en el ministerio de energía y minas del Perú que es llamada comúnmente minas Caylloma de Minera Bateas SAC.

La propuesta es el planteamiento de un sistema de ventilación (adquisición de ventiladores y excavación de chimeneas) para un nivel de producción mayor al actual (de 1,200 tpd a 1,600 tpd) aplicando, variadores de velocidad, sistema de control bajo fibra óptica y consola de control, cuyo tiempo estimado asciende a dos años con una inversión de USD 692,297.

La producción de la unidad minera es de 1,200 tpd proveniente de tres zonas, mina Ánimas, mina Bateas y mina Santa Catalina. Siendo la mina Ánimas la de mayor aporte de producción de minerales, en promedio 90% de 1,200 tpd, en esta mina se aplica el método de explotación corte y relleno ascendente con un mayor nivel de mecanización comparado con las minas Bateas y Santa Catalina.

En la mina Ánimas, se explota las vetas Ánimas y Animas NE con un ancho promedio de 4.6 m el cual utiliza una mayor cantidad de equipos diésel, generando un requerimiento de ventilación de 341,212 cfm.

Producto del diagnóstico realizado, el sistema de ventilación de la mina Ánimas se evidenció una deficiencia en la cobertura general de la ventilación, llegando esta solo a cubrir el 73% de la demanda total.

Para los trabajos de profundización y expansión al Nor Este de la mina Ánimas, se incrementará el grado de contaminación por no contar con un planeamiento de ventilación.

Se estima mantener el ritmo de producción actual (1,200tpd) en el corto y mediano plazo, aunque las reservas y los recursos minerales (medidos e indicados) permiten sostener una producción superior al actual, se estima un ritmo de 1,600tpd, el cual reduciría la vida de la mina de 14 años a 11 años.

El nuevo requerimiento de ventilación para una producción de 1,600tpd asciende a 505,499cfm, y demandara una potencia de energía de 463.5hp; dimensionamiento de la propuesta.

Una oportunidad de optimización de la propuesta, está en el adecuado control del consumo de energía por cambio de turno, paradas programadas, alimentación, revisión de labores, check list, etc. Para el caso de la mina Caylloma estas actividades que representan 5 horas en un turno de 12 horas de trabajo. Evidenciada esta deficiencia se plantea la necesidad de implementación de variadores de velocidad que permitan regular la velocidad del motor de cada ventilador principal en las horas de baja productividad.

Se consideró una reducción al 70% de ventilación generando esto un ahorro de energía por año de 749,666 kw-h.

La propuesta final considera la adquisición e instalación de 02 ventiladores de 100,000cfm adicionales a los actuales, excavación de 02 chimeneas con equipos raise borer de 2.1m de diámetro al nor este; adquisición de 04 variadores de velocidad, instalación de red de fibra óptica, puntos de monitoreo y consola de control de equipos. El tiempo de implementación asciende a dos años con una inversión de USD 692,297. La propuesta en mención permite una generación de valor de USD 438,487.

INDICE

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABLAS	xi
LISTA DE ANEXOS	xii
INTRODUCCION	13
CAPITULO I: MARCO CONCEPTUAL	16
1.1 Leyes de Kirchof.....	16
1.1.1 Primera Ley de Kirchof	16
1.1.2 Segunda Ley de Kirchof	16
1.1.3 Algoritmo de Hardy Cross.....	17
1.2 Fundamentos de ventilación en minas subterráneas	18
1.2.1 Aire de Mina	18
1.2.2 Densidad de Aire	18
1.2.3 Diferencia de presión de aire	18
1.2.4 Resistencia de Flujo de aire	19
1.2.5 Perdida por fricción	19
1.2.6 Potencia de Energía	20
1.2.7 Reguladores	20
1.2.8 Flujo de aire	21
1.2.9 Flujo de aire en paralelo	22
1.2.10 Flujo de aire en Serie	23
1.2.11 Ventilación Natural.....	24
1.2.12 Ventilación Mecánica	24
1.2.14 Ventiladores Axiales.....	24
1.2.15 Ventiladores Centrífugos	25
1.2.16 Curva característica de mina subterránea	25
1.3 Aplicaciones computarizadas en ventilación de minas.....	26
1.3.1 Sistemas de control y monitoreo.....	26
1.3.2 Sistema experto en ventilación de minas.....	26
1.3.3 Simulador computacional Ventsim.....	27
1.4 Variadores de velocidad.....	27
1.4.1 Aplicaciones	28
1.4.2 Aplicación de variadores de velocidad	29
1.4.3 Reducción de costo aplicando variador de velocidad.....	30
1.5 Ttecnologías de información.....	31
CAPITULO II. MARCO CONTEXTUAL.....	32
2.1 Aplicación de tecnologías de información en ventilación de minas en el complejo minero de Nevada Barrick Goldstrike – USA.....	33
2.2 Aplicación de tecnologías de información en ventilación de minas de la unidad minera el teniente de Codelco - Chile	35
2.3 Aplicación de tecnologías de información en ventilación de minas de la unidad económica de Yauli, Volcan Cía. Minera - Perú	36
CAPITULO III. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	38
3.1 Procesamiento Metodológico.....	39
3.1.1 Fase Exploratoria	39
3.1.2 Fase Cuantitativa	39

CAPITULO IV. CASO DE ESTUDIO SISTEMA DE VENTILACION MINA ANIMAS, UNIDAD CAYLLOMA.....	41
4.1 Locación.....	41
4.2 Infraestructura.....	42
4.3 Producción.....	43
4.3.1 Mina Ánimas.....	43
4.3.2 Mina Bateas.....	44
4.3.3 Mina Santa Catalina.....	45
4.4 Exploración – Geología.....	46
4.4.1 Geología Regional.....	46
4.4.2 Geología Local.....	47
4.4.3 Propiedad Geológica.....	50
4.4.4 Mineralización Epitermal.....	50
4.4.5 Alteración Hidrotermal.....	50
4.4.6 Descripción de zonas mineralizadas.....	51
4.5 Recursos y Reservas.....	56
4.5.1 Recursos Minerales.....	56
4.5.2 Reserva Mineral.....	57
4.6 Diagnóstico del sistema de ventilación actual de la Mina Animas de la Unidad Caylloma de Minera Bateas.....	59
4.6.1 Descripción del sistema actual de ventilación.....	59
4.6.2 Ventilación Principal.....	60
4.6.3 Ventilación Auxiliar.....	61
4.6.4 Actividades desarrolladas para el diagnostico.....	62
CAPITULO V. ANALISIS DE RESULTADOS.....	69
5.1 Análisis y simulación del sistema actual de ventilación.....	69
5.2 Planeamiento de producción y ventilación de la mina Ánimas.....	70
5.2.1 Plan de producción actual.....	71
5.2.2 Plan de Producción a largo Plazo.....	71
5.2.3 Planeamiento de la Ventilación.....	74
5.2.4 Alternativas de dimensionamiento del sistema ventilación.....	78
5.3 Optimización de la propuesta.....	83
5.3.1 Aplicación de variadores de velocidad.....	83
5.3.2 Aplicación de sistemas de control a través de tecnologías de información.....	86
5.3.3 Costo Operativo.....	87
5.3.4 Inversión de Capital.....	87
5.3.5 Inversión de Sostenibilidad de la operación.....	89
5.3.6 Inversión de Plan de Cierre.....	90
5.3.7 Inversión en tecnología.....	91
5.3.8 Evaluación Económica de la propuesta.....	91
CAPITULO VI. PROPUESTA DE UN SISTEMA DE VENTILACION, APLICANDO TECNOLOGIAS DE INFORMACION BAJO EL MANEJO DE ESCENARIOS TECNICO ECONOMICO.....	93
6.1 Plan de redistribución de ventiladores.....	94
6.2 Plan de adquisición e implementación.....	94
6.2.1 Ventiladores Principales.....	95
6.2.3 Construcción de Chimeneas.....	96
6.3 Resultado de la propuesta.....	98

DISCUSIONES.....	100
CONCLUSIONES.....	101
RECOMENDACIONES.....	103
BIBLIOGRAFIA.....	104
ANEXOS	105

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1: Tipo de regulador de compuerta.
Figura 1.2: Esquema de ventilación en paralelo.
Figura 1.3: Esquema de ventilación en serie.
Figura 1.4: Ventilador centrífugo.
Figura 1.5: Curva característica de ventilación de una mina.
Figura 1.6: Sistema típico de variación de velocidad.
Figura 1.7: Representación gráfica del sistema de velocidad variable.
Figura 1.8: Variación de la velocidad vs el caudal de aire.
Figura 1.9: Potencia de ventilador: velocidad variable vs control por válvula.
Figura 2.1: Layout general de la unidad minera Goldstrike USA - Nevada
Figura 2.2: Programa de monitoreo de ventiladores principales.
Figura 2.3: Ventilador de 1'000,000cfm mina El Teniente – Chile.
Figura 2.4: Ubicación de ventiladores principales de extracción de 400,000cfm mina San Cristóbal – UEA Yauli- Volcan Cia Minera.
Figura 4.1: Plano de ubicación mina Caylloma.
Figura 4.2: Plano de distribución de infraestructura unidad Caylloma.
Figura 4.3: Secuencia de producción y expansión de operaciones.
Figura 4.4: Método de explotación Corte y Relleno (Breasting) mecanizado.
Figura 4.5: Método de explotación Corte y Relleno (Vertical) semimecanizado.
Figura 4.6: Mapa de la geología regional de Caylloma.
Figura 4.7: Geología local del distrito de Caylloma.
Figura 4.8: Mapa geológico de la propiedad de Caylloma y sistemas de vetas.
Figura 4.9: Clasificación recurso mineral veta Animas.
Figura 4.10: Vista longitudinal del sistema de ventilación de la mina animas (ver anexo 01).
Figura 4.11: Parámetros de operación de ventilador principal Nv 5 ½ Animas.
Figura 4.12: Parámetros de operación de ventilador principal Nv 07 Animas NE.
Figura 4.13: Distribución de requerimiento de ventilación en la mina animas.
Figura 5.1: Modelo general en ventsim – Veta Animas.
Figura 5.2: Resultados obtenidos alternativa I.
Figura 5.3: Arreglo general alternativa I – minas Animas.

- Figura 5.4: Resultados obtenidos alternativa I.
- Figura 5.5: Arreglo general alternativa II – minas Animas.
- Figura 5.6: Resultados obtenidos alternativa II.
- Figura 5.7: Arreglo general alternativa III – minas Animas.
- Figura 5.8: Curva de relación cfm/hp.
- Figura 5.9: Curva de variación de energía por Variador de velocidad.
- Figura 6.1: Arreglo general del sistema de ventilación propuesto.
- Figura 6.2: Ubicación de ventiladores principales.
- Figura 6.3: Ubicación de chimenea – proy. 01.
- Figura 6.4: Ubicación de chimeneas raise borer.
- Figura 6.5: Sistema de ingreso de aire fresco a la mina Animas.
- Figura 6.6: Resumen de sistema de ventilación propuesto.

LISTA DE TABLAS

- Tabla 4.1: Producción desarrollada durante las operaciones de minera Bateas.
- Tabla 4.2: Resumen de inventario de recursos minerales de la unidad de Caylloma al 30 de junio, 2010.
- Tabla 4.3: Inventario de reservas probadas y probables al 31 de dic. del 2011.
- Tabla 4.4: Inventario de recursos geológicos al 31 de dic. del 2011.
- Tabla 4.5: Parametros operativos de ventiladores principales actuales en la mina Animas.
- Tabla 4.6: Resultados de levantamiento de ventilación de la mina Ánimas.
- Tabla 4.7: Resultados de monitoreo del sistema de ventilación de la mina Animas.
- Tabla 4.8: Requerimiento de aire por personal que labora en la mina animas por turno.
- Tabla 4.9: Requerimiento de aire por personal que labora en la mina animas por turno.
- Tabla 4.10: Balance general de ventilación de la mina Animas.
- Tabla 5.1: Producción actual con proyección a largo plazo.
- Tabla 5.2: Ratio de ventilación por tonelada extraída Mina Animas– Unidad Caylloma.
- Tabla 5.3: Requerimiento de ventilación por zona.
- Tabla 5.4: Requerimiento de ventilación.
- Tabla 5.5: Horizonte de producción mina.
- Tabla 5.6: Resumen de alternativas.
- Tabla 5.7: Detalle de operación de ventiladores principales.
- Tabla 5.8 Ahorro de energía por año por uso de variador de velocidad
- Tabla 5.9: Resumen de costo operativo para una producción de 1600tpd
- Tabla 5.10: Inversión en mina para 1600tpd
- Tabla 5.11 Resumen de inversión preliminar requerida por el proyecto de ventilación
- Tabla 5.12: Inversión de sostenibilidad de operación
- Tabla 5.13: Inversión de plan de cierre
- Tabla 5.14: Inversión en tecnología
- Tabla 5.15: Resumen de evaluación económica de escenarios.
- Tabla 6.1: Resumen de características de ventiladores por zonas Mina Animas.

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 01: Plano isométrico de ventilación 2011 Mina Animas.
- Anexo 02: Registro de levantamiento de ventilación 2011 Mina Animas.
- Anexo 03: Cuadro de correlación de datos reales vs datos simulados con ventsim.
- Anexo 04: Plano de secuenciamiento de minado.
- Anexo 05: Evaluación económica sin proyecto (1,200tpd).
- Anexo 06: Evaluación económica con proyecto de ampliación (1,600tpd).
- Anexo 07: Evaluación económica con proyecto de ampliación (1,600tpd) aplicando variadores de velocidad y tecnología de información.
- Anexo 08: Cuadro de ahorro de potencia anual por aplicación de variadores.
- Anexo 09: Plano de recursos minerales veta Ánimas.
- Anexo 10: Resultados de variables de simulación.

INTRODUCCION

ANTECEDENTES

Los cambios climatológicos en el mundo es hoy en día una preocupación y es la principal preocupación de los países, es así que se vienen desarrollando esfuerzos denodados por minimizar el impacto al ambiente. Uno de ellos es el menor consumo de energía a nivel mundial y la búsqueda de nuevas formas de generación energética en vista a la reducción de glaciares en las zonas alto andinas.

En el Perú, uno de los mayores consumidores de energía es la industria y en ella la minería, el cual es un alto consumidor de energía eléctrica, para el desarrollo de sus operaciones. En la minería a cielo abierto y subterráneo el requerimiento de energía es alto, por la operación de equipos eléctricos tanto en la planta de procesos así como en las actividades de mina.

En la mina subterránea una de las actividades de mayor consumo de energía es la ventilación, de acuerdo al grado de mecanización, cantidad de equipos y personal a emplear, para ello requiere de equipos como ventiladores de mayor capacidad en caudal y mayor requerimiento energético.

En la Unidad Operativa de Caylloma de Minera Bateas, el consumo de energía para abastecer los sistemas de ventilación representa el 30% del total de consumo de la mina subterránea, lo que hace necesario su estudio y rediseño de estos sistemas, considerando el planeamiento de crecimiento productivo de la unidad.

JUSTIFICACIÓN

La propuesta se justifica en dar cumplimiento a la Norma DS 055-2010 EM, a su vez busca reducir los costos operativos bajo el menor consumo de energía en las operaciones e incremento de la productividad en las actividades unitarias del proceso de minado.

OBJETIVOS

Entre los principales objetivos que tiene la propuesta son los siguientes:

1. Plantear un sistema de ventilación, cuya infraestructura tecnológica y de comunicación permitan transmitir en tiempo real los cambios de la calidad de aire del sistema.
2. Minimizar el consumo de energía eléctrica por uso de tecnología, instrumentación y sistemas de comunicación en interior mina.

FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

Para la presente propuesta se planteará la siguiente hipótesis principal de investigación.

Los sistemas de ventilación aplicando tecnologías de información a través de manejo de escenarios es una propuesta que genera valor en el proceso de minado de la unidad de Caylloma.

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

El incremento de la demanda de los metales promovidos por el consumo de los países emergentes, hace que las empresas mineras incrementen sus niveles de producción, trayendo consigo un mayor uso de equipos en su proceso, ello conlleva en mayor riesgo de enfermedades ocupacionales por generación de ambientes altamente contaminados, ha ello se suma la falta de planeación de los sistemas de ventilación en la mina, lo cual conlleva en el incumplimiento de la normativa vigente DS 055 2010 EM, que tiene como fin preservar la seguridad y salud ocupacional de todos los colaboradores. Esta es la problemática actual de la mina en estudio, que a su vez se suma el limitado abastecimiento de energía a la unidad generando restricciones en los procesos mineros que se traduce en pérdidas económicas por paralizaciones de la cadena productiva.

ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se centra en la fase de minado subterráneo de la Mina Animas de la unidad de Caylloma, para ello usaremos la información generada en el año 2011.

CAPITULO I: MARCO CONCEPTUAL

En el presente capítulo, se describe el marco conceptual en el cual se soporta el presente documento.

1.1 Leyes de Kirchof

Las leyes de Kirchof se basan en la conservación de la energía y la carga en los circuitos eléctricos. Fueron descritas por primera vez en 1845 por Gustav Kirchof.

1.1.1 Primera Ley de Kirchof

Esta ley también es llamada ley de continuidad de masa en los nudos, nos dice que: En cualquier nodo de la red, la suma de los caudales que ingresan a un nudo es igual a la suma de las caudales que salen, en otras palabras la suma algebraica de los caudales que ingresan y salen es igual a cero.

1.1.2 Segunda Ley de Kirchof

Esta ley es llamada también ley de conservación de la energía en los circuitos.

Esta ley nos dice que: la suma de todas las pérdidas de energía en los tramos que conforman un anillo cerrado es igual a cero.

1.1.3 Algoritmo de Hardy Cross

Hardy Cross, 1885-1959, ingeniero de estructuras, creador del método de Hardy Cross la cual es el soporte de las herramientas de cálculo en diseños de circuitos de ventilación, a su vez este algoritmo se fundamenta por las leyes de Kirchof (primera y sega ley).

Basándose en la función $P = RQ^n$, se determina los valores de Q y P.

$$Q = Q_a + \Delta Q$$

$$P = P_a + \Delta P$$

Donde

Q_a = caudal asumido

P_a = caudal asumido

ΔQ = error de corrección de caudal

ΔP =error de corrección de la presión

El método busca minimizar el error cometido al asumir una variable, para el cálculo de este error de corrección, Hardy Cross determina el siguiente algoritmo

$$q_j = \frac{\sum \alpha_{ij} R_i Q_i |Q_i|}{2 \sum R_i |Q_i|}$$

Para el cálculo de numero de mallas (m) nos basamos en la siguiente relación:

$$m = (N^\circ \text{ de ramales} - N^\circ \text{ de nudos} + 1)$$

1.2 Fundamentos de ventilación en minas subterráneas

1.2.1 Aire de Mina

Es una mezcla de gases y vapor, en su gran mayoría con partículas en suspensión ocupando el espacio desarrollado en las actividades mineras subterráneas.

1.2.2 Densidad de Aire

Para el cálculo de la densidad del aire en interior mina, se ha tomado la fórmula de Raja N. Ramani, el cual indica que:

$$w = \frac{1.327}{(460 + t_d)} (B - 0.378f)$$

Dónde:

w= densidad

td=

B= presión barométrica

f = presión de vapor de aire

1.2.3 Diferencia de presión de aire

La diferencia de presión de aire genera el movimiento de volumen de aire en un circuito. Se puede determinar de la siguiente manera:

$$H_{T_1} = H_{T_2} + H_{\ell_{1-2}}$$

HT1 y HT2 es la presión total en el punto 1 y 2.

HT1-2 es la pérdida de presión entre el punto 1 y 2.

1.2.4 Resistencia de Flujo de aire

Según Raja V, Romani, lo define como la pérdida por fuerzas opuestas a la dirección de los fluidos, como rugosidades, por viscosidad y fricción en superficie.

1.2.5 Pérdida por fricción

En 1850 el Ing. de minas John Atkinson, establece que la diferencia de presión requerida para inducir un flujo de aire a través de una galería de mina, es proporcional al cuadrado de la velocidad por la longitud del perímetro e inverso al área de la misma.

Para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$H_f = \frac{KLOV^2}{A}$$

Dónde:

H_f: pérdida de presión expresadas en pulg. de H₂O

L: longitud total (Longitud real + longitud equivalente)

O: perímetro

A: sección

K: Factor de fricción (ver tabla 01)

V: velocidad de partícula.

La pérdida de energía que se genera en interior de la mina se debe a dos causas principales:

- ✓ Fricción que se genera en el contacto entre el aire y las paredes de las excavaciones.
- ✓ Impacto de aire, contra elementos u objetos presentes en interior de la mina.

1.2.6 Potencia de Energía

La pérdida total es la suma de las pérdidas por choque y pérdidas por fricción en el flujo de aire entre dos puntos, para su estimación podemos aplicar la siguiente ecuación:

$$H_L = H_f + H_x = \frac{K(L + L_e) OV^2}{A}$$

Donde:

H_L =pérdida de presión total

H_f = pérdida de presión por fricción

H_x = pérdida de presión por choque

K = Factor de fricción (ver tabla 01)

L = longitud

L_e = longitud equivalente

O = perímetro

V^2 = velocidad

A = sección

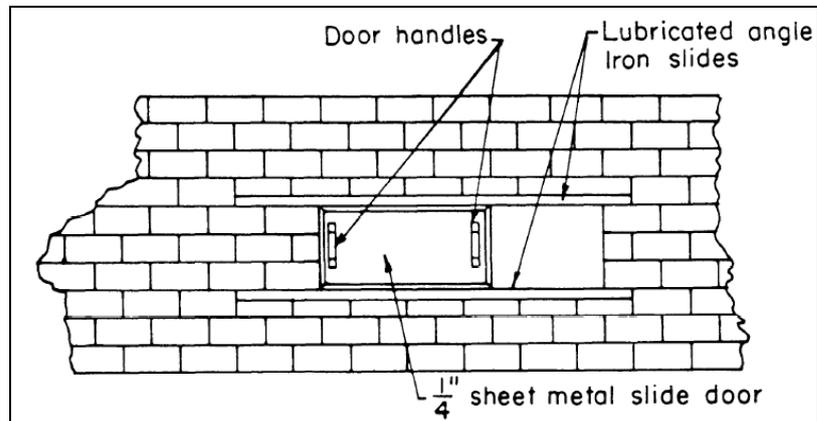
Estas pérdidas por fricción y choque incrementan la resistencia del sistema de aire por tal razón incrementa el consumo de energía, este se puede estimar aplicando la siguiente ecuación numérica.

1.2.7 Reguladores

Denominamos reguladores en sistemas de ventilación aquellos elementos que permiten controlar el movimiento de volumen de aire a través de las diferentes labores mineras. Estos reguladores pueden estar compuestos por elementos rígidos

y flexibles accionados en forma manual u electromecánica a través de medios automatizados que la tecnología ofrece en el mercado.

Figura 1.1: Tipo de regulador de compuerta



Fuente: Rock, Dalzell, and Harris, 1971

Entre Reguladores comunes tenemos:

- Ventanas de ventilación
- Cortinas
- Puertas
- Puertas

1.2.8 Flujo de aire

El principio fundamental para la generación de flujo en un circuito es la variación de presión entre dos puntos a los cuales es denominado entrada y salida. La diferencia de presión deseada tiene su fuente por la presencia de gradiente térmica o sea agentes mecánicos.

1.2.9 Flujo de aire en paralelo

Considerando la teórica de circuitos en paralelo, el flujo en paralelo cumple con el mismo principio, cuyo caudal total es la suma de todos los caudales que convergen al mismo punto, con una diferencia de presión es igual.

Para su cálculo estimado se aplica las siguientes ecuaciones:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_N$$

$$H_L = H_1 = H_2 = H_3 = \dots = H_N$$

$$\frac{1}{\sqrt{R}} = \frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}} + \frac{1}{\sqrt{R_3}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{R_N}}$$

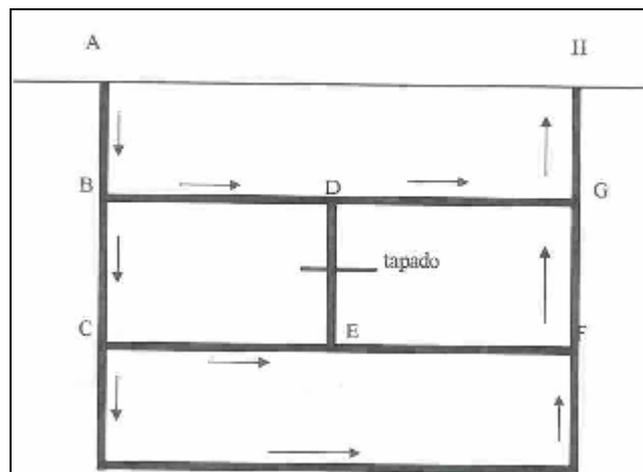
Dónde:

Q= caudal en ft³/m

H= pérdida de presión en in. water

R= resistencia in. -min²/ft⁶

Figura 1.2: Esquema de ventilación en paralelo



Fuente: Howard L. Hartman 1992

1.2.10 Flujo de aire en Serie

El comportamiento de ventilación en serie está basado en el paso del mismo caudal de aire a través de diversos puntos, cuyas pérdidas se van incrementando por la mayor resistencia que este va adquiriendo en toda la longitud del sistema.

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = \dots = Q_N$$

$$H_L = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + \dots + H_N$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_N$$

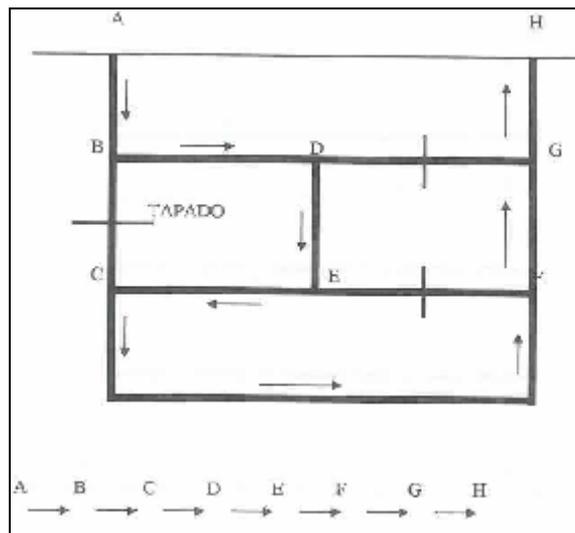
Donde:

Q= caudal en ft³/m

H= pérdida de presión en in. water

R= resistencia in. -min²/ft⁶

Figura 1.3: Esquema de ventilación en serie



Fuente: Howard L. Hartman 1992

1.2.11 Ventilación Natural

Para la generación de flujo de aire a través de la mina es necesario que exista una fuente de energía natural capaz de lograr este efecto en la gradiente térmica que existe entre los diferentes puntos del circuito de ventilación, cuya existencia se puede comprobar fácilmente midiendo la temperatura en diferentes lugares de la mina, observando que el aire fluya de áreas donde la temperatura es mayor hacia las áreas de menor energía.

Para que se produzca un flujo de aire natural en la misma, será necesario que exista una diferencia de temperatura entre las labores subterráneas y la superficie.

1.2.12 Ventilación Mecánica

La ventilación mecánica es aquel generado por equipos electro mecánicos las cuales se usan para incrementar el caudal y vencer las resistencias presentes en interior mina. En minera Bateas se utilizan ventiladores tipo axial en todos sus puntos de operación.

1.2.14 Ventiladores Axiales

Son turbo maquinas que transmiten energía para generar la presión necesaria con la que mantener un flujo continuo de aire. En el ventilador del flujo axial, el aire ingresa a lo largo del eje del rotor y luego de pasar a través de las aletas del impulsor o hélice, es descargado en dirección axial.

1.2.15 Ventiladores Centrífugos

Estos equipos operan de la forma siguiente, el aire ingresa por el oído central y es aspirado por centrifugación en una rueda de alabes, de donde es impulsado a un cuerpo con forma de caracol, llamado voluta, cuya sección va incrementándose hasta alcanzar el orificio de salida en la zona llamada difusor.

Figura 1.4: Ventilador centrifugo

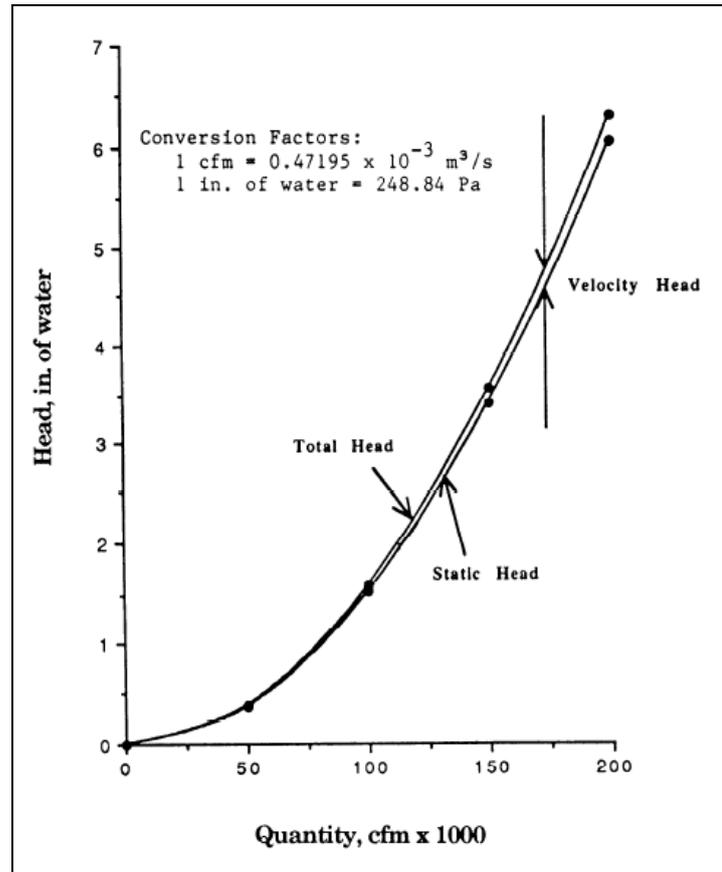


Fuente: Foto tomada por el tesista en Mina Michilla – Chile

1.2.16 Curva característica de mina subterránea

Las minas con métodos de explotación subterránea mantienen una resistencia equivalente constante, por tal razón los valores diferentes de caída de presión podrán inducir diferentes caudales de aire a través de la red de ventilación, la relación entre presión y caudal es la generación de una curva parabólica y su representación gráfica se llama curva característica. Ver figura 1.5.

Figura 1.5: Curva característica de ventilación de una mina



Fuente: Howard L. Hartman 1992

1.3 Aplicaciones computarizadas en ventilación de minas.

1.3.1 Sistemas de control y monitoreo

Según Euler De Souza las tecnologías de información cada vez vienen desarrollándose en forma muy acelerada la cual se presenta como una oportunidad del mercado para el mejoramiento continuo de los procesos.

1.3.2 Sistema experto en ventilación de minas

La implementación de un sistema de control permitirá contar con información en tiempo real del comportamiento de los circuitos de aire en interior de la mina,

la cual generara información la cual accione los equipos de calibración del flujo de aire como variadores de velocidad las cuales obedecerán a un programa de análisis de contaminantes.

1.3.3 Simulador computacional Ventsim

El simulador computacional Ventsim, es un software desarrollado bajo el algoritmo de Hardy Cross, soportado por las leyes de Kirchof.

Permite la simulación del comportamiento del flujo de aire a partir de la modelización de una red de túneles. Permiten la integración los modelos analíticos con modelo en 3D, con el fin de mostrar el comportamiento proyectado del aire, a través de un análisis de simulación computacional para una adecuada toma de decisiones.

Los sistemas de ventilación aplicando tecnologías de información a través de manejo de escenarios es una propuesta que genera valor en el proceso de minado de Minera Bateas.

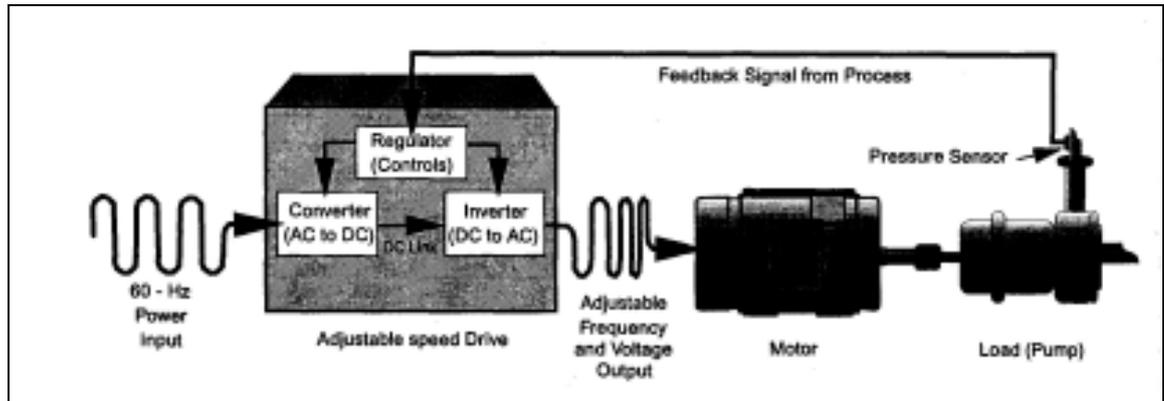
1.4 Variadores de velocidad

Los variadores de velocidad son dispositivos electrónicos que permiten variar la velocidad y la cupla de los motores asincrónicos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables.

Se utilizan estos equipos cuando las necesidades de la aplicación sean:

1. Dominio de par y la velocidad.
2. Regulación sin golpes mecánicos.
3. Movimientos complejos.

Figura 1.6: Sistema típico de variación de velocidad



Fuente: schneider-electric.com

1.4.1 Aplicaciones

1. Elimina pérdidas debido a estrangulamiento, rendimiento y fricción.
2. Depende de la carga y la fricción de tiempo que el servicio opera por debajo de la velocidad nominal.
3. Se puede aplicar para un control mejorado del caudal y presiones en sistema.
4. El variador puede evitar en bandas de frecuencia donde los ventiladores generan resonancia en un sistema de ventilación.
5. Detección de ruptura de bandas de acople de ventiladores.
6. Detección de la falta de flujo de aire.

Leyes de proporcionalidad

$$\text{Caudal} : \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

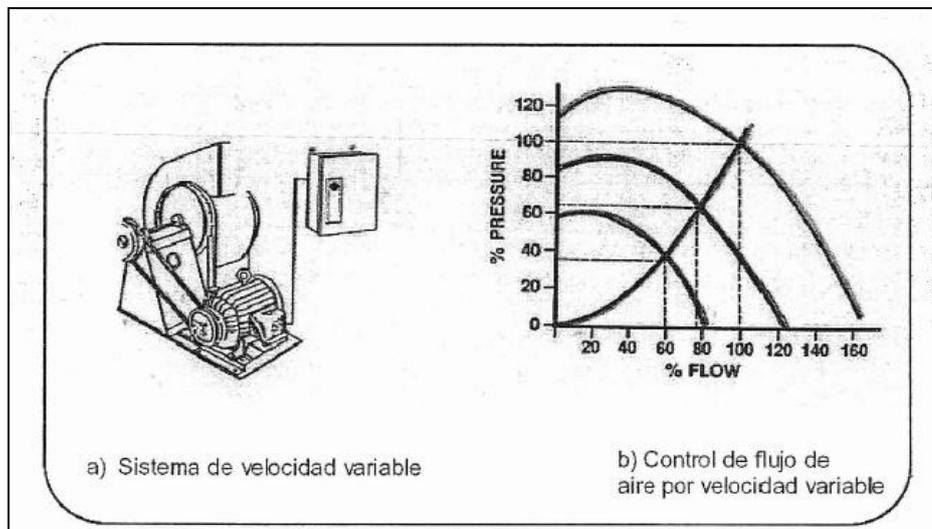
$$\text{Presión} : \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

$$\text{Potencia} : \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

Donde:

Q = Caudal	P = Energía
Q ₁ = Caudal nominal	P ₁ = Potencia nominal
Q ₂ = Caudal reducido	P ₂ = Potencia reducida
H = Presión	n = Regulación de velocidad
H ₁ = Presión nominal	n ₁ = Velocidad nominal
H ₂ = Presión reducida	n ₂ = Velocidad reducida

Figura 1.7: Representación gráfica del sistema de velocidad variable



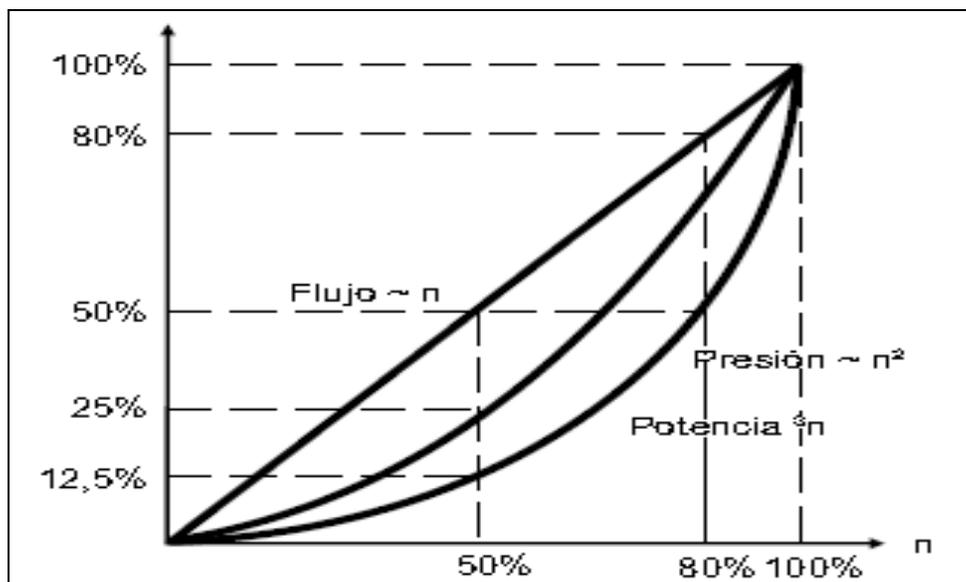
Fuente: schneider-electric.com

1.4.2 Aplicación de variadores de velocidad

De acuerdo a las leyes de proporcionalidad de los variadores de velocidad, el caudal se controla variando la velocidad de rotación del motor, al reducir la velocidad sólo un 20% respecto a la velocidad nominal, el caudal también se

reduce en un 20%, esto se debe a que el caudal es directamente proporcional a las rpm, sin embargo el consumo eléctrico se reduce en un 50%. Si el sistema en cuestión sólo tiene que suministrar un caudal correspondiente al 100% durante unos días al año, mientras que el promedio es inferior al 80% del caudal nominal para el resto del año, el ahorro de energía es incluso superior al 50%.

Figura 1.8: Variación de la velocidad vs el caudal de aire

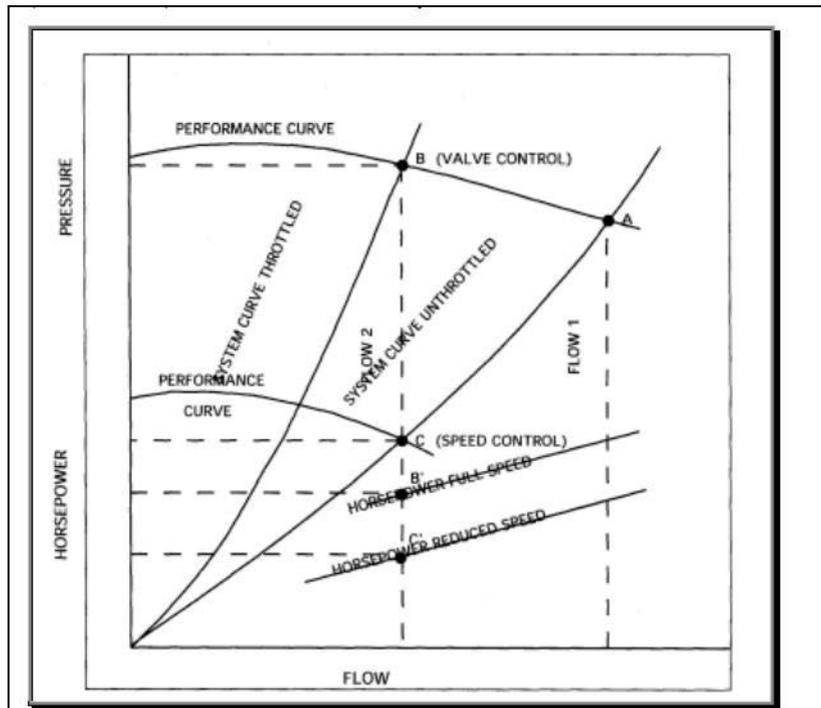


Fuente: *schneider-electric.com*

1.4.3 Reducción de costo aplicando variador de velocidad

Un variador de velocidad puede reducir el consumo de energía hasta un 50%. Una reducción en la velocidad pequeña, puede representar ahorros significativos. En la figura 1.9 se explica en forma gráfica el comportamiento de la potencia por reducción de la velocidad.

Figura 1.9: Potencia de ventilador: velocidad variable vs control por válvula



Fuente: *schneider-electric.com*

1.5 Ttecnologías de información

Según lo revisado en varias definiciones podemos decir que: "Es el conjunto de procesos y productos derivados de las nuevas herramientas (hardware y software), soportes de la información y canales de comunicación relacionados con el almacenamiento, procesamiento y transmisión de la información" (González Gisbert).

CAPITULO II. MARCO CONTEXTUAL

En los últimos 20 años la tecnología se desarrolla a una velocidad sorprendente, lo cual ha permitido mejorar la calidad de la información en general.

En el caso de minería, en Perú son pocas las minas subterráneas que han implementado esta tecnología en sus actividades unitarias, muy por lo contrario Chile se enfoca en la mejora de sus indicadores de productividad a través del uso de mucha tecnología en su industria particularmente en la minería.

Para este estudio, se contempla la aplicación de uso de las tecnologías de información como una herramienta para el seguimiento y control operativo de los sistemas de ventilación en interior mina.

Para tal, se propone un sistema conceptual de red comunicación con equipamiento vía wireless y fibra óptica en interior mina que tendrá como objetivo principal la instrumentación de los ventiladores principales de la mina Ánimas.

Uno de los principales equipos para el cumplir con los objetivos de instrumentación es la implementación de variadores de velocidad en los ventiladores principales los cuales serán accionados por una consola en superficie

ubicada en las áreas determinadas por el departamento de ingeniería y seguridad industrial.

Un punto importante son los tiempos de cambio de turno entre otras actividades que suman en promedio 05 horas improductivas por cada turno de trabajo (12 horas) por lo tanto no se requiere contar con el funcionamiento a plena carga de los ventiladores principales. Por lo expuesto una oportunidad de mejora es la reducción de costos por la aplicación de variadores de velocidad que permita controlar el consumo de energía eléctrica del sistema eléctrico impactando directamente en un mayor ahorro.

2.1 Aplicación de tecnologías de información en ventilación de minas en el complejo minero de Nevada Barrick Goldstrike – USA

La unidad minera se encuentra ubicada en el estado de Nevada de los Estados Unidos; las operaciones mineras están compuestas por minería a cielo abierto y subterráneo.

La mina subterránea está compuesta por las zonas de Griffin y Rodeo, estas zonas cuentan con una infraestructura en ventilación por 944 m³/s (2'000,000cfm).

Los cambios del sistema de ventilación producto de las actividades subterráneas, son apoyados con programas, instrumentación y áreas automatizadas los cuales son el soporte de las tecnologías de información aplicada, implementada para un adecuado seguimiento y control que conlleve a toma de decisiones. Todos los ventiladores principales y auxiliares instalados en interior mina son monitoreados desde una oficina de computo.

La zona de rodeo inicio su producción en el 2002 obteniendo una producción de 3000tpd en dos años después de su inicio. Griffin tiene una producción de minera de 1000tpd. Ambas zonas generan un total de producción de mineral de 4000tpd, la cual representa el 100% de producción de la unidad de Goldstrike de Barrick.

Figura 2.1: Layout general de la unidad minera Goldstrike USA - Nevada



Fuente: www.barrick.com/operations/north-america/goldstrike

El programa de monitoreo en tiempo real, permite un adecuado seguimiento y control al comportamiento del flujo de ventilación en todas las áreas operativas, además la instalación de estaciones de monitoreo en puntos estratégicos permiten brindar información en tiempo real del comportamiento del sistema, permitiendo regular el comportamiento del flujo de aire en las áreas operativas manteniendo los parámetros de control según el rango establecido.

Figura 2.2: Monitoreo de ventiladores principales



Fuente: www.barrick.com/operations/north-america/goldstrike

2.2 Aplicación de tecnologías de información en ventilación de minas de la unidad minera el teniente de Codelco - Chile

La unidad minera el Teniente actualmente tiene una producción de 131,000 tpd, el método de explotación es subterráneo aplicando sistemas masivos de explotación como Block Caving. El volumen de producción de la mina genera un alto uso de equipos y personal distribuido en diferentes zonas, para esto la empresa aplica tecnología como parte de su medida de seguimiento y control a los procesos operativos. Un principal punto de inversión en sistemas información es la aplicada en gestionar los sistemas de ventilación de la mina, como medidas de control operativo y en seguridad industrial, salud ocupacional y control de costos por su la alta capacidad instalada en potencia de energía.

La mina actualmente cuenta con 25 ventiladores de 1'000,000cfm ubicados en diferentes puntos de extracción en interior mina para luego direccionar los gases por túneles independientes llamados Adits.

Figura 2.3: Ventilador de 1'000,000cfm Mina El Teniente - Chile



Fuente: Foto tomada por el tesista en la mina el Teniente-Chile

2.3 Aplicación de tecnologías de información en ventilación de minas de la unidad económica de Yauli, Volcan Cía. Minera - Perú

La UEA Yauli, está conformado por tres Unidades Operativas, Carahuacra, San Cristóbal, Andaychagua y Ticlio. La unidad de San Cristóbal tiene una producción de mineral de 4500tpd. El método de explotación utilizado es el de Taladros Largos (Sub level stopping) y el de corte y relleno ascendente.

En el año 2007 y 2008 se implementó un proyecto en mejora del sistema de ventilación, la cual hoy día permite cubrir su demanda actual superior a 2'000,000cfm. El sistema de ventilación actual cuenta con el equipamiento de alta tecnología la cual permite cambios inmediatos acordes a las variaciones de contaminantes presentes en las labores.

CAPITULO III. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

En este capítulo se explica detalladamente los procesos, términos y herramientas que se usará en el proceso de investigación, para explicar la interrogante del estudio y plantear la propuesta.

Si bien el propósito de la investigación es, diagnosticar, analizar la problemática actual, análisis de alternativas para finalmente plantear una propuesta que permita contar con un sistema de ventilación a largo plazo, considerando un ahorro significativo de energía aplicando tecnología de información que otorgue datos en tiempo real, para un accionamiento oportuno.

Nuestra investigación busca plantear una propuesta técnica la cual responda a las necesidades futuras de las operaciones de la mina animas en la Unidad Caylloma de Minera Bateas, para ello se ha desarrollado un marco conceptual que permita dar el soporte a los algoritmos utilizados en el presente estudio.

Desde esta óptica, se puede entender, la importancia de implantar la aplicación de tecnologías de información en el control operativo de los sistemas de ventilación en las actividades de mina.

3.1 Procesamiento Metodológico

El proceso metodológico está compuesto por dos (02) fases complementarias, que permitirá determinar un modelo adecuado de sistema de ventilación de la mina Ánimas, conllevando a la determinación de una propuesta final.

3.1.1 Fase Exploratoria

En esta fase se considera la revisión general de los papers externos e internos los cuales enmarcan el estudio.

a) Marco Normativo Nacional del Perú

Constitución política del Perú (1993) Art. 7°, 9° y 59°.- 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.- “Cap.VII sobre Higiene y Seguridad en los ambientes de trabajo”.

Decreto Supremo N° 055-2010- EM, Reglamento de Seguridad e Higiene Minera, Artículo 236°.

3.1.2 Fase Cuantitativa

En esta etapa se determinan los parámetros reales del sistema de ventilación en la mina subterránea, después de un proceso de toma de información de campo, lo cual permitió tomar como base para el proceso de diagnóstico y análisis en el desarrollo del presente documento. Posteriormente se desarrollará un planeamiento a largo plazo de acuerdo a las reservas y recursos minerales para

determinar escalas de producción futuras con el objetivo de dimensionar los ductos de extracción y equipamiento necesario.

Posteriormente se determinan escenarios de producción y requerimientos estimados de la ventilación para su análisis en Ventsim.

Tomando la mejor opción de diseño se considerara la implementación de tecnología para sustentar menores consumos de energía apoyados con el uso de tecnologías de información para un adecuado seguimiento y control del diseño desarrollado. Estos finalmente conllevaran a la determinación de costos de capital e inversión y otorgaran beneficios lo cual serán evaluados mediante la metodología de análisis de inversiones del VANE (valor actual neto económico) determinando la generación de valor del diseño propuesto.

CAPITULO IV. CASO DE ESTUDIO SISTEMA DE VENTILACION MINA ANIMAS, UNIDAD CAYLLOMA.

4.1 Locación

La unidad de Caylloma se encuentra 225 kilómetros aproximadamente a 4 horas al noroeste de la ciudad de Arequipa-Perú, a una altitud de 4.500 metros sobre el nivel del mar.

La mina, la planta de procesamiento e infraestructura relacionada, se encuentran en el zona Minero de Caylloma, a 14 kilómetros al noroeste del distrito del mismo nombre.

Figura 4.1: Plano de Ubicación Mina Caylloma



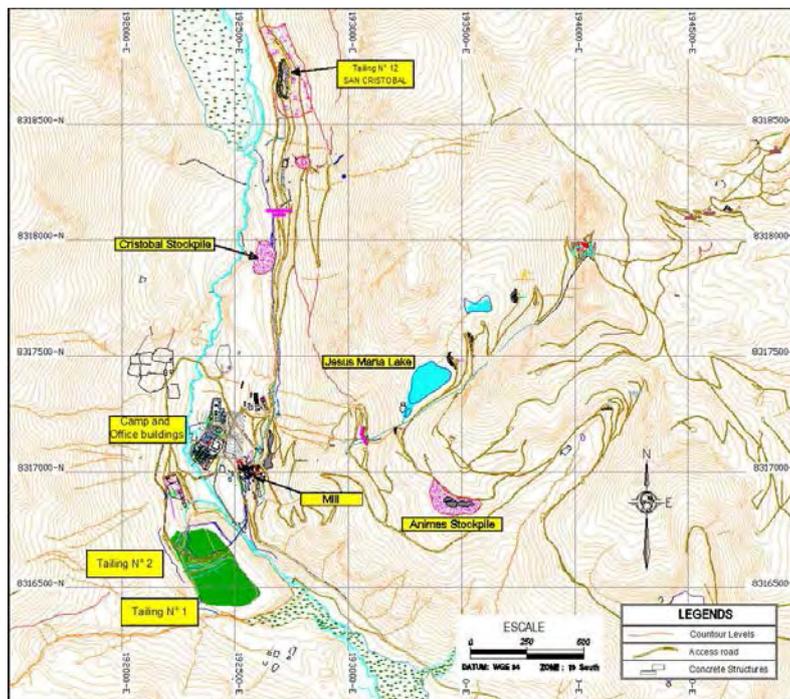
Fuente: Reporte técnico NI 43-101 Minera Bateas Mayo 2012 – Fortuna Silver

4.2 Infraestructura

Las instalaciones de la unidad minera está compuesta por:

1. Planta concentradora de 1300 tpd (capacidad máxima)
2. Oficinas administrativas
3. Almacén general
4. Almacén de núcleos (cores)
5. Áreas de desmante
6. Minas Satélites
7. Mina Animas
8. Mina Bateas
9. Mina Santa Catalina
10. Presa de relaves I y II

Figura 4.2: Plano de distribución de infraestructura Unidad Caylloma



Fuente: Reporte técnico NI 43-101 Minera Bateas Mayo 2012 – Fortuna Silver

4.3 Producción

Históricamente el área Caylloma se ha conocido como un productor de plata, la producción anterior ha sido extraído de varios sistemas de vetas que van desde centímetros hasta 20 m de ancho, hasta una profundidad en promedio de 300 m. La actividad minera se ha desarrollado entre los 4.380 msnm y 5.000 msnm, la producción en Minera Bateas se ha focalizado en la explotación de vetas polimetálicas produciendo concentrados de plomo-plata y zinc.

Las actividades de minado tuvieron su inicio en el año 2006.

La producción actual de la mina en general es de 1200 tpd, distribuida en tres (03) áreas denominadas, mina ánimas, mina bateas y mina santa catalina.

4.3.1 Mina Ánimas

Comprendido por la vetas Animas y Animas NE, de mineralización polimetálica. Esta mina es el principal aportador de mineral a la planta concentradora, representa el 90% de la producción total de la Unidad minera. El método de explotación aplicado es el corte y relleno ascendente mecanizado, producción de mineral está comprendido entre los niveles 12 (4500msnm) y 05 (4850 msnm).

Los tajos en explotación son de 200 metros de largo y 50 metros de altura con anchos variable acorde al ancho de la veta y equipos a utilizar (los anchos en promedio es de 4.5m llegando a más de 14m en algunas áreas).

De esta mina se obtiene el 90% de concentrados de plomo y zinc con mineral de plata en menor proporción.

Figura 4.3: Secuencia de producción y expansión de operaciones (Ver anexo 04)

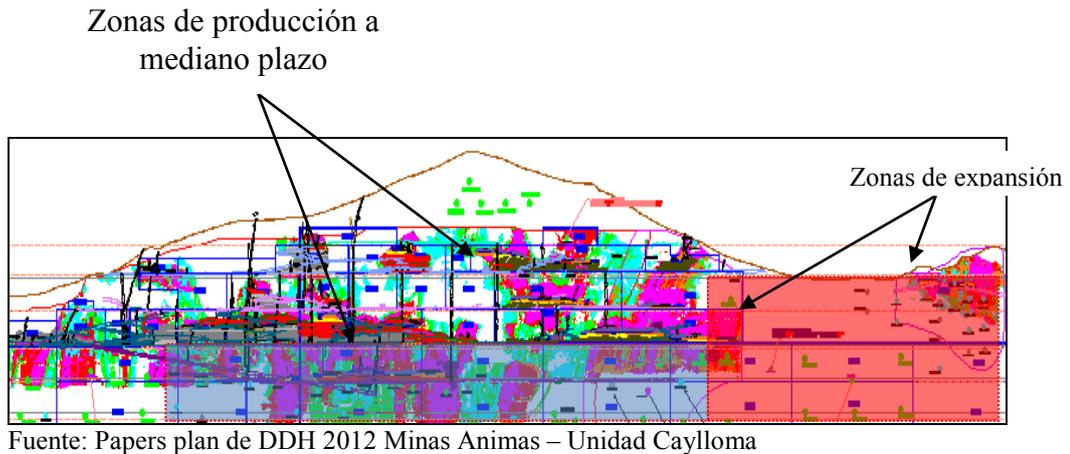
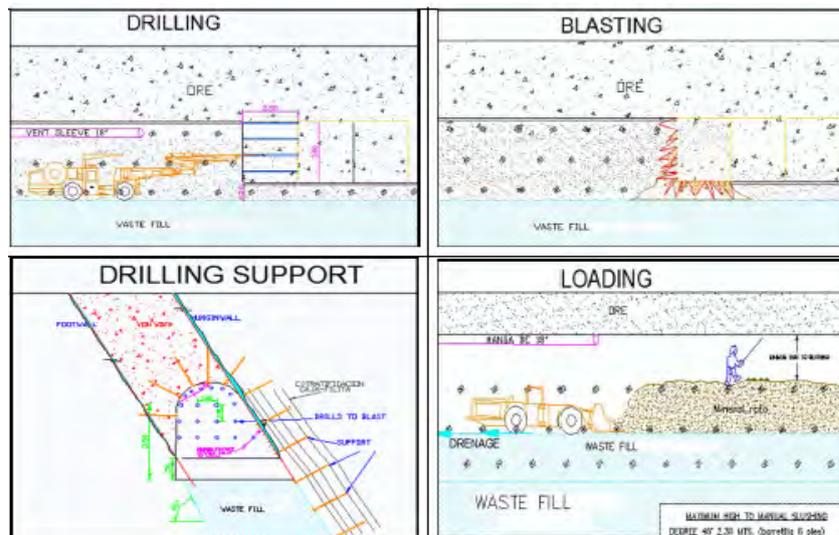


Figura 4.4: Método de explotación Corte y Relleno (Breasting) Mecanizado



4.3.2 Mina Bateas

Comprendido por la veta Bateas y Bateas Techo, de esta zona se extrae el 5% de la producción total de la mina con alto grado de mineral de plata.

El método de explotación aplicado es el corte y relleno semi mecanizado y corte y relleno selectivo (circado). El ancho de las vetas varía en promedio de 10cm a 50cm. Su aporte principal de plata permite generar un bleanding (mezcla)

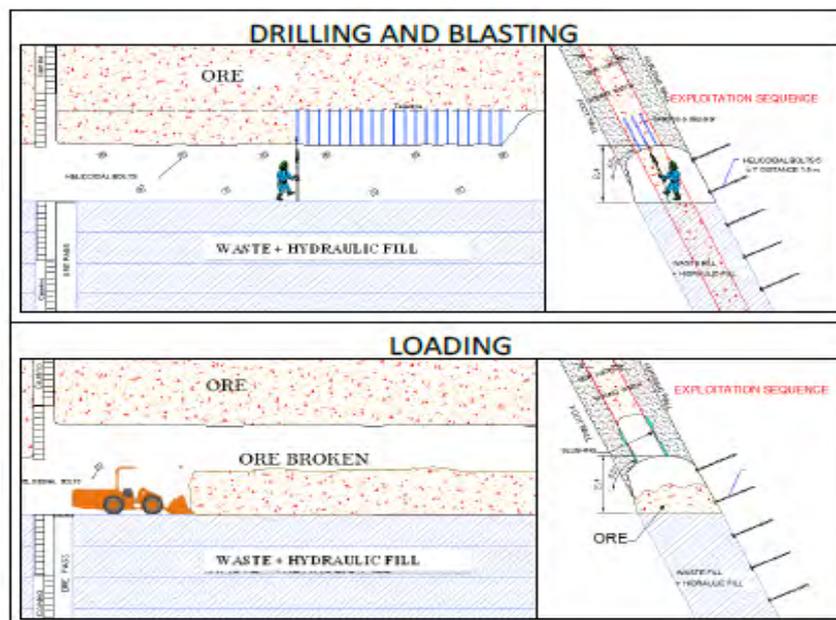
adecuada en el proceso metalúrgico y así generar concentrados de plomo con alto contenido en finos de plata.

4.3.3 Mina Santa Catalina

Comprendido por las vetas Santa Catalina, San Cristóbal y Silvia, de esta zona se extrae el 5% de la producción total de la mina con bajas concentraciones de mineral de plomo, zinc y plata pero por encima del *cut off* lo cual hace viable su explotación.

El método de explotación aplicado es el corte y relleno semimecanizado. El ancho de las vetas varía en promedio de 2.5m.

Figura 4.5: Método de explotación Corte y Relleno (Vertical) Semimecanizado



Fuente: Reporte técnico NI 43-101 Minera Bateas Mayo 2012 – Fortuna Silver

Tabla. 4.1: Producción desarrollada durante las operaciones de minera Bateas

Production	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Total
Ore processed (t)	33,460	250,914	331,381	395,561	434,656	448,866	1,894,838
Head grade Ag (g/t)	76	73	95	155	159	171	
Head grade Au (g/t)	0.37	0.66	0.45	0.47	0.40	0.36	
Head grade Pb (%)	1.12	1.70	2.48	3.10	2.44	2.15	
Head grade Zn (%)	2.33	2.93	3.65	3.66	3.10	2.68	
Head grade Cu (%)	-	0.12	0.17	0.25	0.21	0.18	
Production Ag (oz)*	55,529	442,741	805,056	1,685,026	1,906,423	2,008,488	6,903,263
Production Au (oz)*	166	3,328	2,197	2,747	2,556	2,393	13,387
Production Pb (t)	309	3,771	7,485	11,400	9,695	8,926	41,586
Production Zn (t)	603	6,300	10,561	12,900	11,855	10,625	52,844
Production Cu (t)	0	0	0	86	465	16	567
* Recovery of silver and gold from lead and copper concentrate							

Fuente: Reporte Técnico NI 43-101 Minera Bateas Mayo 2012

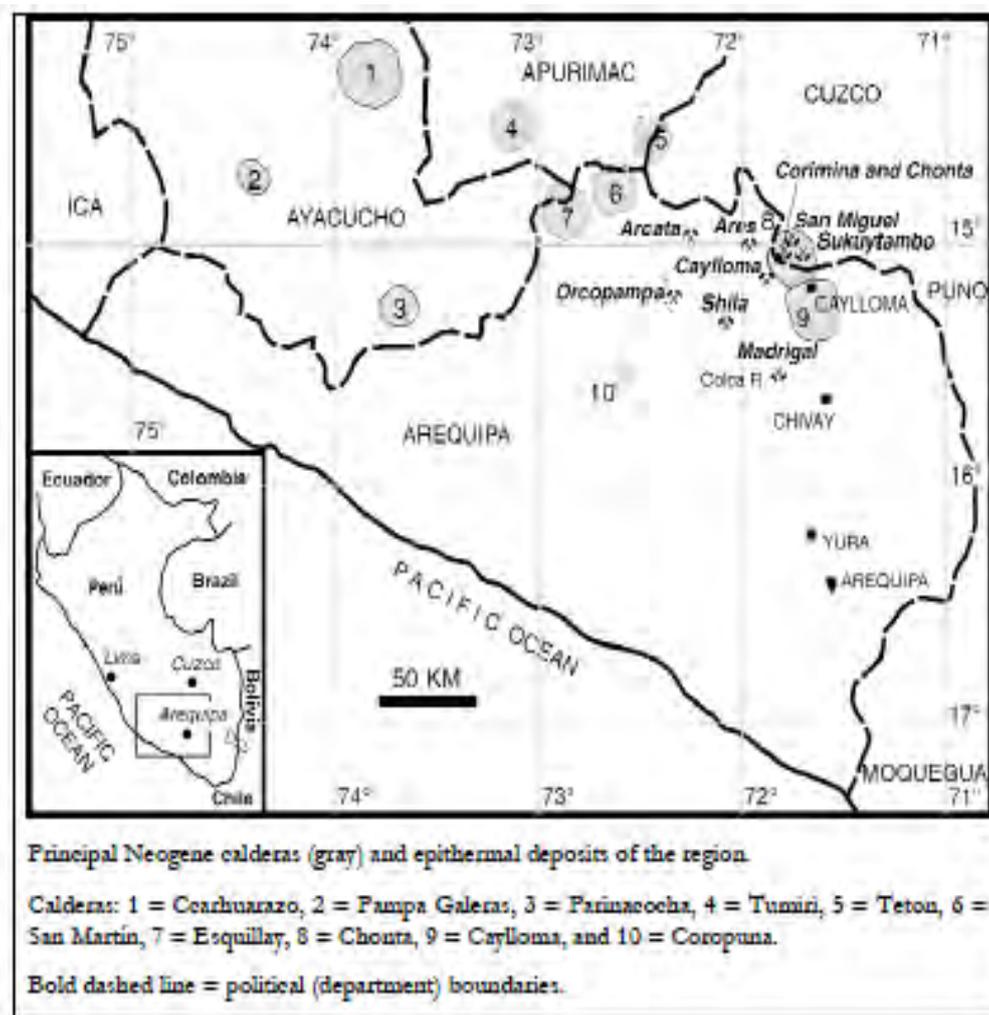
4.4 Exploración – Geología

4.4.1 Geología Regional

El distrito de Caylloma se encuentra en el arco volcánico Neógeno que forma parte de la Cordillera Occidental. Esta parte del arco volcánico desarrollado en una gruesa corteza continental compuesto de rocas deformadas Paleozoico y Mesozoico.

El cinturón volcánico en el distrito de Caylloma contiene grandes calderas, localmente superpuestos del Mioceno inferior a Plioceno compuesto por calcoalcalino andesítica a los flujos riolíticos, ignimbritas, depósitos laharc y domos volcánicos que recubren discordantemente una secuencia de plegado del mar de cuarcita , el esquisto y piedra caliza del Jurásico Grupo Yura.

Figura 4.6: Mapa de la Geología Regional de Caylloma



Fuente: Reporte Técnico NI 43-101 Minera Bateas Mayo 2012

4.4.2 Geología Local

El distrito minero de Caylloma se encuentra al noroeste del complejo de la caldera de Caylloma. La roca huésped de las vetas mineralizadas es de naturaleza volcánica, perteneciente al Grupo Tacaza. Las rocas volcánicas del Grupo se encuentran en discordancia Tacaza sobre una secuencia sedimentaria de cuarcitas y lutitas del Grupo Yura Jurásico. Algunas partes de la propiedad están cubiertos por espesores variables de Plioceno-Pleistoceno minerales post-volcánicas y sedimentos glaciales recientes y aluviales.

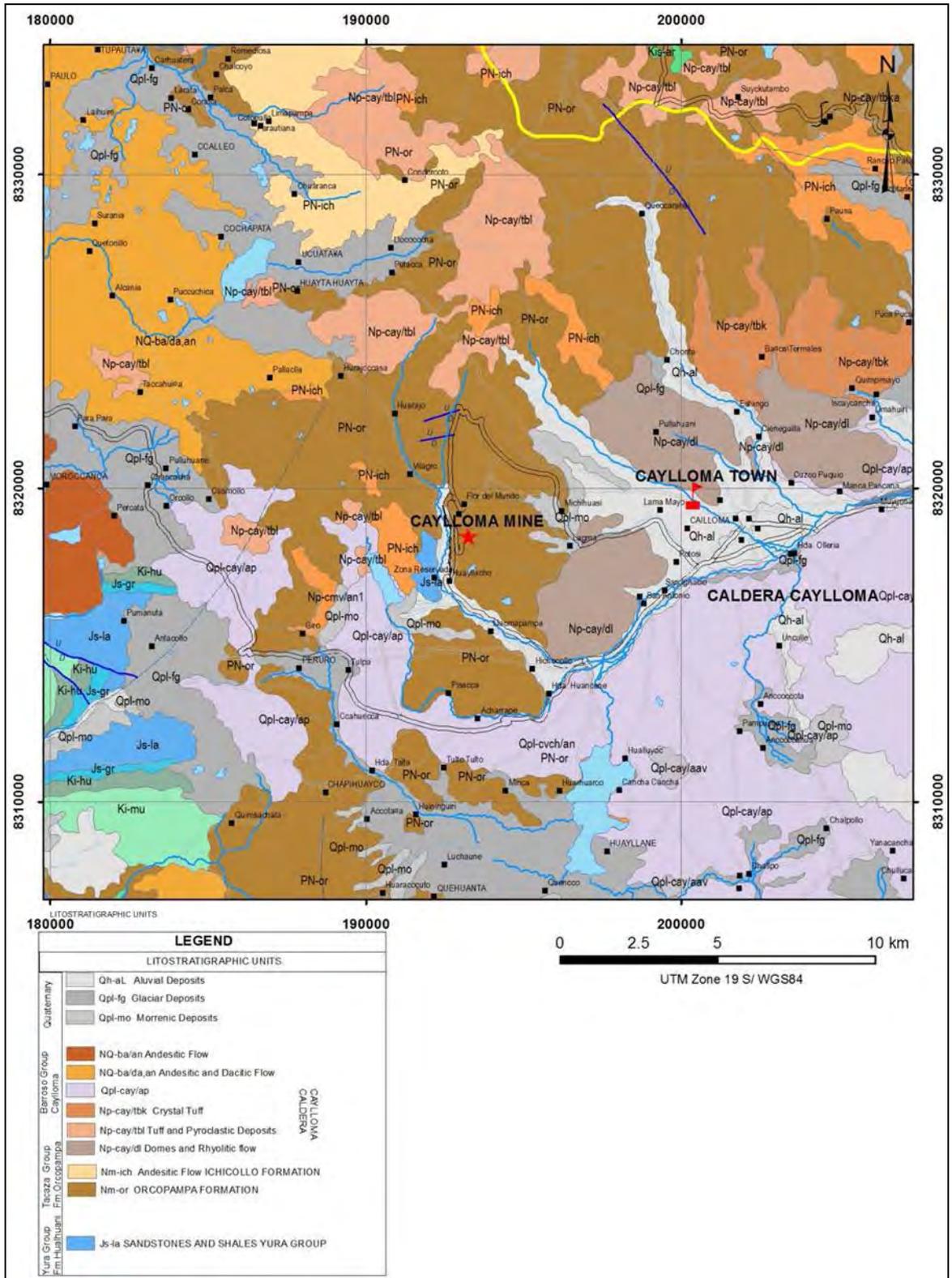
4.4.2.1 Grupo Yura

Las rocas más antiguas expuestas en el distrito de Caylloma pertenecen al Grupo Yura del Jurásico extremo a otro de edad cretácica. El Grupo Yura se compone de blanco a gris orto-cuarcitas, limolitas grises oscuras y negruzcas de grauvaca, intercaladas con capas delgadas de lutitas negras. El espesor total del grupo es de aproximadamente 400 m.

4.4.2.2 Grupo Torcaza

El Grupo de Tacaza consiste en una secuencia de lavas y brechas tobas intercaladas con horizontes de tobas que se encuentran en discordancia angular y en contacto de falla con las rocas del Grupo Yura.

Figura 4.7: Geología Local del Distrito de Caylloma



Fuente: Reporte Técnico NI 43-101 Minera Bateas Mayo 2012

4.4.3 Propiedad Geológica

La propiedad de Caylloma se caracteriza por una serie de estructuras de fallas y la vena que golpean en una dirección noreste-suroeste.

4.4.4 Mineralización Epitermal

Hay dos tipos distintos de mineralización en la propiedad de Caylloma, uno con valores de plata predominantemente elevadas, y el otro es polimetálica (plata elevada, plomo, zinc, cobre y oro).

Un horizonte de óxido supergénica se ha identificado que contiene los siguientes minerales secundarios: psilomelana, pirolusita, goethita, hematites, calcosina, covelita y el rejalgar (Corona y las venas de antimonio). La zona de óxido es delgada, sin evidencia de ningún tipo de enriquecimiento de plata secundaria.

4.4.5 Alteración Hidrotermal

Hay tres tipos de alteración hidrotermal se han identificado en la propiedad de Caylloma: (1) de cuarzo-adularia, (2) de cuarzo-illita y propilítica (3). El cuarzo adularia-(+ pirita + /-illita) alteración está restringida a los márgenes de las venas, con el espesor de la zona alterada siendo generalmente proporcional al espesor de la vena. El ancho varía desde unos pocos centímetros a unos pocos metros. Sustituye la matriz de cuarzo en las rocas volcánicas, y además de cuarzo adularia se producen en vetillas pequeñas. Pirita se difunde en las vetillas y en minerales de hierro y manganeso en la pared de roca. La illita es un producto de plagioclasa y alteraciones volcánicas de la matriz.

4.4.6 Descripción de zonas mineralizadas

Las vetas en la propiedad Caylloma muestran patrones estructurales y controles típicos de los sistemas de vetas alojadas por otras rocas volcánicas del Terciario en la sierra peruana occidental. El sistema de vetas de Caylloma fue desarrollado como un conjunto de estructuras de dilatación como consecuencia de la tensión generada durante el evento principal de compresión de los Andes. Las vetas son muy persistentes a lo largo. A nivel local, las vetas se ven desplazadas por las fallas post-mineral al nor-noroeste. El desplazamiento horizontal a lo largo de estas fallas es menor y oscila entre centímetros hasta unos pocos metros, desplazamiento vertical significativo se observa en las estructuras.

Las vetas son de en la naturaleza, con espacios abiertos, llenos de deposición episódica. De acuerdo con Echavarría et al., (2006) la mayoría de los minerales, plata y metales base, están relacionados con la deposición de la mineralización de manganeso que ocurren en las bandas, que constan de cuarzo, rodonita, rodocrosita y sulfuros.

Sistemas de vetas en la propiedad Caylloma están en general tienen el rumbo noreste - suroeste donde este último predomina. Roca caja son brechas, lavas y andesítica volcánico clásticos del grupo volcánica Tacaza.

Hay dos tipos diferentes de mineralización en Caylloma; la primera se compone de vetas rico en mineral de plata con bajas concentraciones de metales base. El segundo tipo de veta es de tipo polimetálica con minerales de plata, plomo, zinc, cobre, y oro.

4.4.6.1 Vetas de Plata

Los sistemas de vetas de plata afloran en la parte central y norte de la propiedad de Caylloma, con las mejores exposiciones de mineralización entre las áreas de Cuchilladas y Trinidad.

La mineralización está compuesta principalmente por bandas de rodocrosita, rodonita y cuarzo lechoso, con sulfosales de plata presentes en ciertas vetas. Los sistemas de vetas se extienden hasta el flanco oriental de la zona de Huaraco; las exposiciones en este ámbito consisten en cuarzo-calcita con bajas concentraciones de óxidos de manganeso.

Las vetas de plata pueden ser sub-dividido en dos grupos:

- 1) Los que tienen suficiente información geológica para respaldar las estimaciones de recursos minerales. Las vetas reconocidas que conforman son; Bateas, Bateas Techo, La Plata, Cimoide La Plata, San Cristóbal, San Pedro, San Carlos, Paralela, and Ramal Paralela.
- 2) Los que han sido identificados como objetivos de exploración. Las vetas reconocidas que conforman son; Eureka, Copa de Oro, El Toro, La Blanca, Santa Rosa, and Santa Isabel, Trinidad, Elisa, Leona, Apóstoles, Jerusalén, Santo Domingo, La Peruana, Alerta, and Cercana.

4.4.6.2 Vetas Polimetálicas

Una serie de vetas polimetálicas se han identificado en la parte sur y central de la propiedad Caylloma. Estos sistemas de vetas tienden a ser mayores en longitud y potencia en comparación con los sistemas de vetas de plata.

Los principales minerales asociados a estas vetas polimetálicas son galena, esfalerita, pirita, calcopirita, y en algunas zonas pirargirita.

Las vetas polimetálicas al igual que las vetas de plata se sub-divide en dos grupos:

- 1) Los que tienen suficiente información geológica para respaldar las estimaciones de recursos minerales, las conforman las vetas Animas, Animas NE, Santa Catalina, Soledad, Silvia, Pilar y Patricia.
- 2) Los que han sido identificados como objetivos de exploración, las conforman las vetas Nancy, El Diablo y Antimonio.

Para este caso, el presente estudio solo se enfoca en la Mina Animas conformadas por vetas polimetálicas cuyo aporte de producción diario oscila en promedio al 90% y es el mayor demandante de ventilación de la unidad Caylloma.

La mina Ánimas extrae mineral de las vetas Animas y Animas NE.

4.4.6.3 Ánimas y Animas NE

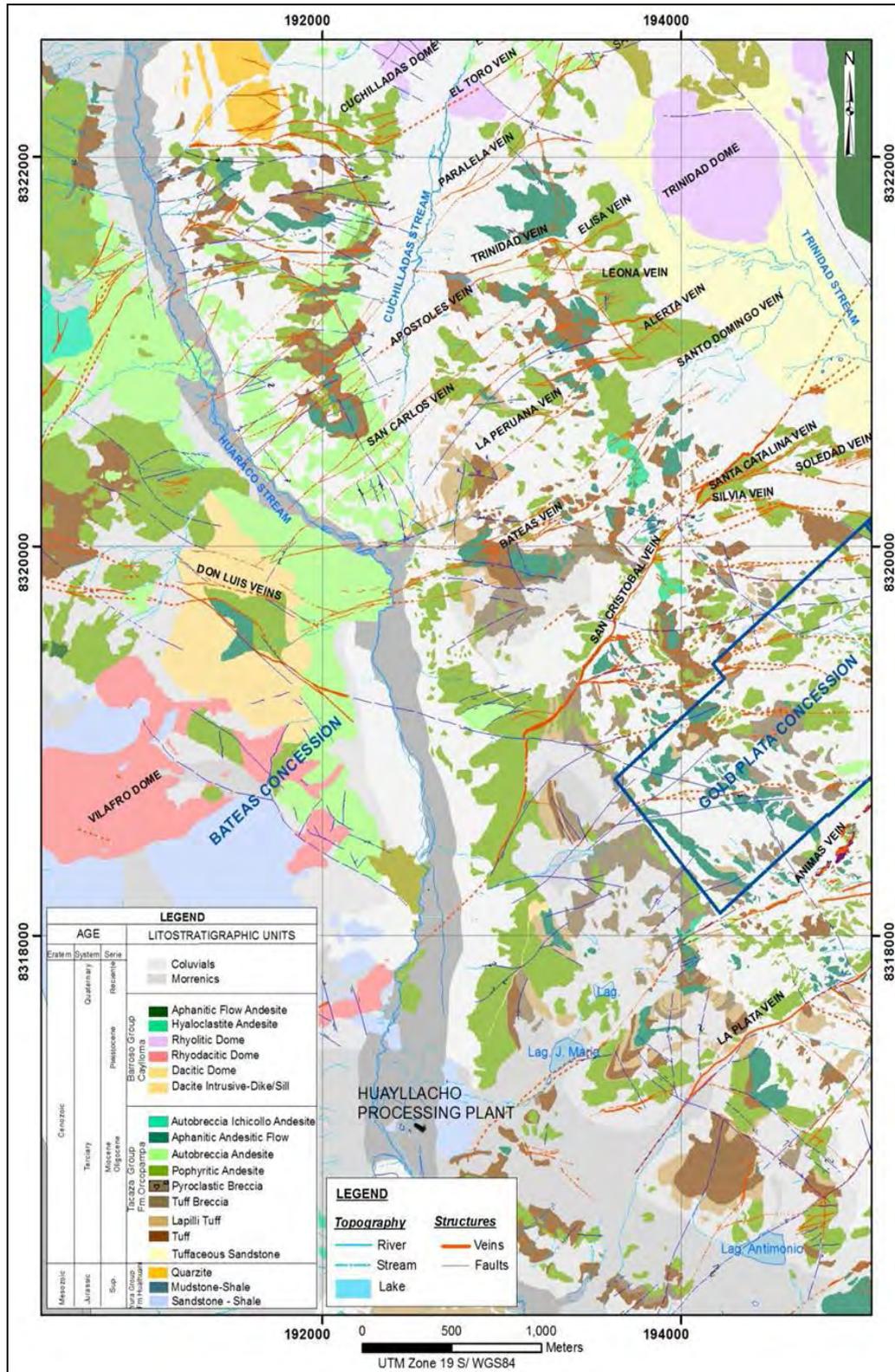
La veta Animas es una de las estructuras más prominentes y bien definidos en la parte sur de la propiedad. Es una veta polimetálica de base rica en metales que se divide en dos partes, basadas exclusivamente en una estructura de falla que interrumpe la continuidad de la veta. La veta hacia el sur-oeste de la falla que se conoce como Animas mientras que al nor-este de la falla de la veta se conoce como Animas NE.

La veta polimetálica Animas está reconocida desde el nivel 5 (4850 msnm) hasta debajo del nivel 12 (4495 msnm) en la mina. En su longitud se ha reconocido varias zonas anchas (más de 12 m).

Los afloramientos de vetas a lo largo de 1,5 kilómetros con exposiciones silicificadas teñidas con óxido de manganeso que ha sido identificado a través de perforación diamantina en una longitud total de 3,8 km. En promedio la veta Ánimas tiene ancho de 4 m a 5m llegando a más de 12 m en áreas puntuales. La

explotación actual ha identificado anchos de hasta 16 m en el nivel 9 (4,650 msnm) y 10 m en el nivel 12 (4.500 msnm), donde se forma una zona simoidal aproximadamente de 300 m en longitud con un ancho entre 2.5 a 3.0 m en el extremo oriental y al oeste

Figura 4.8: Mapa Geológico de la propiedad de Caylloma y sistemas dex vetas



Fuente: Reporte Técnico NI 43-101 Minera Bateas, Mayo 2012

4.5 Recursos y Reservas

4.5.1 Recursos Minerales

Los recursos geológicos están categorizados según estándares canadienses CIM “*Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum*”, en recursos medidos, indicados e inferidos, según se muestra en la fig. 16.

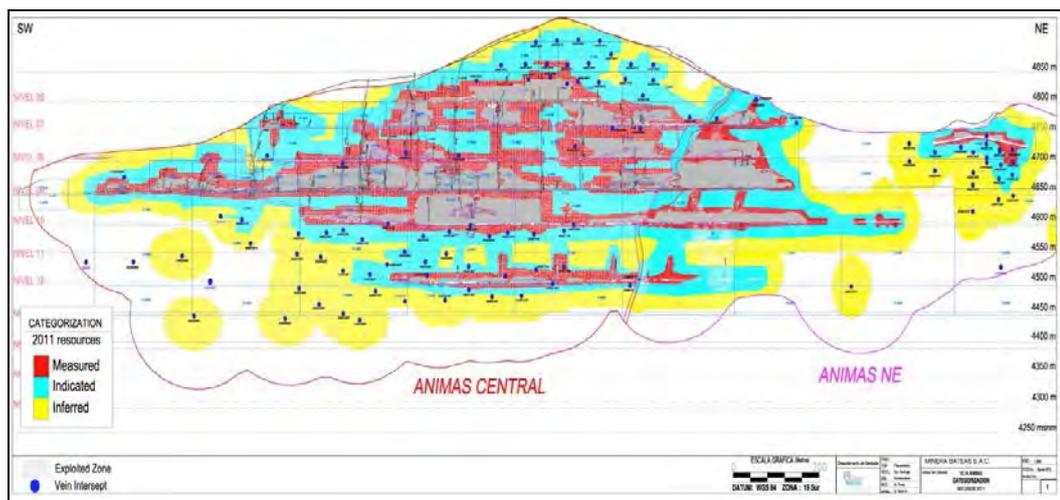
En la tabla 4.2, se muestra los recursos geológicos del yacimiento de Caylloma.

Tabla 4.2: Resumen de inventario de recursos minerales de la Unidad de Caylloma al 30 de Junio, 2010

Category	Tonnes	Ag (g/t)	Au (g/t)	Pb (%)	Zn (%)
Measured	2,113,150	169	0.35	1.57	2.43
Indicated	3,000,800	131	0.39	1.64	2.53
Measured + Indicated	5,113,950	147	0.37	1.61	2.49
Inferred	2,655,000	105	0.37	1.19	2.31

Fuente: Reporte Técnico NI 43-101 Unidad Caylloma- Minera Bateas, Mayo 2012

Figura 4.9: Clasificación Recurso Mineral Veta Animas



Fuente: Reporte Técnico NI 43-101 Minera Bateas, Mayo 2012

4.5.2 Reserva Mineral

La estimación de reservas minerales probadas y probables de la Unidad Caylloma, fueron estimados bajo la norma CIM “*Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum*”.

En la tabla 4.3, se muestra el inventario de reservas por vetas en la Unidad de Caylloma actualizados al 31 de Diciembre del 2011.

En la tabla 4.4 se muestra en inventario de recursos geológicos (medidos, indicados e inferidos) que por diversos factores exigidos por el CIM mantienen la categoría de recursos.

Tabla 4.3: Inventario de reservas probadas y probables al 31 de Dic. Del 2011

Category	Vein	Tonnes	NSR (US\$/t)	Ag (g/t)	Au (g/t)	Pb (%)	Zn (%)	Width m
Proven	Animas	981,100	99	73	0.27	1.26	2.33	4.73
	Animas NE	270,700	161	110	0.32	3.04	3.06	6.96
	Santa Catalina	3,400	129	116	1.25	1.19	1.19	2.67
	Soledad	55,600	171	214	1.03	0.60	0.57	1.41
	Silvia	7,300	94	78	0.38	1.34	1.39	3.69
	Bateas	21,900	413	628	0.04	0.38	0.38	1.37
	La Plata	4,200	662	993	1.50	0.00	0.00	1.74
	Total	1,344,200	121	98	0.32	1.57	2.35	4.97
Probable	Animas	1,546,200	101	82	0.30	1.07	2.22	5.08
	Animas NE	834,800	131	85	0.25	2.63	2.58	6.20
	Santa Catalina	27,500	101	93	0.71	1.05	1.06	2.11
	Soledad	100,600	155	172	0.86	1.05	1.11	1.38
	Silvia	33,700	88	68	0.61	1.20	1.26	3.97
	Bateas	97,500	316	477	0.08	0.34	0.31	1.36
	Cimoide La Plata	67,500	284	389	1.98	0.01	0.01	1.89
	La Plata	27,500	584	884	0.97	0.09	0.00	1.54
	Paralela	41,700	211	327	0.04	0.03	0.05	1.68
	San Carlos	10,600	192	297	0.02	0.02	0.07	1.16
	San Cristóbal	424,600	195	300	0.11	0.03	0.04	2.38
	San Pedro	85,100	276	398	1.21	0.00	0.00	1.80
	Total	3,297,400	143	150	0.34	1.23	1.76	4.52
Total Proven + Probable Reserves	4,641,600	137	135	0.33	1.33	1.93	4.65	

Fuente: Reporte Técnico NI 43-101 Minera Bateas, Mayo 2012

Tabla 4.4: Inventario de recursos geológicos al 31 Dic. del 2011

Category	Vein	Tonnes	NSR (US\$/t)	Ag (g/t)	Au (g/t)	Pb (%)	Zn (%)	Width m
Measured	Animas	424,400	97	90	0.27	0.91	1.68	3.65
	Animas NE	101,700	166	137	0.46	2.48	2.55	3.72
	Santa Catalina	15,100	89	81	0.43	1.04	1.06	1.68
	Soledad	9,700	91	86	1.01	0.65	0.69	0.86
	Silvia	3,800	76	63	0.25	1.11	1.12	1.53
	Bateas	18,800	96	136	0.07	0.29	0.29	0.78
	La Plata	400	76	117	0.05	0	0	0.65
	Total	573,900	109	100	0.31	1.17	1.75	3.45
Indicated	Animas	1,167,300	123	148	0.3	0.61	1.14	3.16
	Animas NE	294,500	183	155	0.58	2.64	2.67	3.17
	Santa Catalina	60,300	67	63	0.28	0.78	0.77	1.64
	Soledad	23,100	103	107	0.85	0.61	0.78	0.73
	Silvia	15,700	72	53	0.76	0.9	0.89	1.65
	Bateas	43,700	103	147	0.06	0.3	0.3	0.77
	Cimoide La Plata	3,900	57	86	0.11	0	0	0.95
	La Plata	3,800	64	99	0.03	0	0	0.75
	Paralela	100	210	327	0	0	0	0.40
	San Carlos	13,100	140	219	0.01	0	0	0.51
	San Cristóbal	56,100	47	72	0.01	0.01	0.01	1.86
	San Pedro	2,300	95	148	0	0	0	1.01
Total	1,684,000	128	131	0.30	0.74	1.11	2.92	
Total Measured + Indicated Resources		2,257,900	113	123	0.30	0.85	1.28	3.06
Inferred	Animas	1,544,000	94	75	0.21	1.09	2.10	0.07
	Animas NE	792,000	83	58	0.16	1.54	1.53	0.06
	Santa Catalina	54,000	61	55	0.28	0.75	0.75	0.17
	Soledad	115,000	199	269	0.82	0.39	0.50	0.12
	Silvia	78,000	85	64	0.94	1.03	0.86	0.28
	Bateas	111,000	184	271	0.09	0.33	0.34	0.17
	Bateas Techo	33,000	170	261	0.09	0.06	0.09	0.07
	Cimoide La Plata	185,000	160	205	1.51	0.04	0.11	0.02
	La Plata	181,000	174	239	0.92	0.08	0.37	0.04
	Paralela	19,000	235	330	0.05	0.73	0.96	0.15
	Ramal Paralela	5,000	1,123	1,595	0.45	2.16	5.01	0.63
	San Carlos	13,000	142	216	0.01	0.07	0.23	0.01
	San Cristóbal	43,000	121	166	0.08	0.54	0.38	0.38
	San Pedro	17,000	382	533	0.19	0.93	1.89	0.20
	Pilar	36,000	148	175	1.35	0.47	0.40	0.06
Patricia	32,000	129	171	0.58	0.28	0.43	0.05	
Total Inferred Resources		3,258,000	112	112	0.36	0.99	1.50	0.08

Fuente: Reporte Técnico NI 43-101 Minera Bateas, Mayo 2012

4.6 Diagnóstico del sistema de ventilación actual de la Mina Animas de la Unidad Caylloma de Minera Bateas

4.6.1 Descripción del sistema actual de ventilación

Según el levantamiento realizado y las simulaciones realizadas en gran parte del circuito de ventilación de la Veta Animas la velocidad del aire se encuentra sobre el mínimo requerido en el Reglamento de Seguridad e Higiene Minera el cual es del 20m/min o 0.3m/s podemos apreciar dicha distribución de velocidades en la tabla 4.6.

Según el levantamiento de caudales y presiones del sistema de ventilación los ventiladores se encuentran operando según los parámetros obtenidos, ver tabla 4.5.

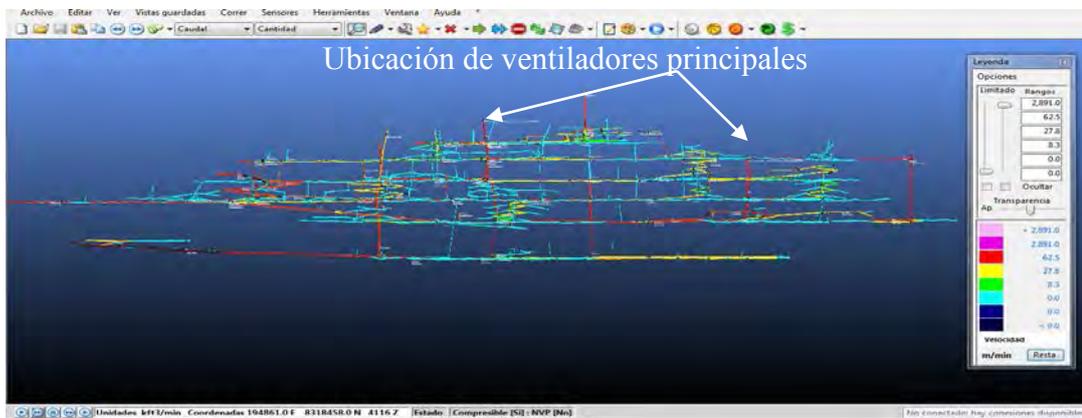
Tabla 4.5: Parametros operativos de ventiladores principales actuales en la mina Animas

	Tipo	Caudal (KCFM)	Pres. Estát. ("H2O)	Potencia (HP)	Eficiencia (%)	\$ / año
Ventilador 5 1/2	Extractor	102.5	5.6	136.8	78.7	54439
Ventilador 7	Extractor	109.5	5.1	141.9	78.8	55605

Elaboración Propia

Fuente: Informe de monitoreo Unidad Caylloma 2011.

Figura 4.10: Vista Longitudinal del sistema de ventilación de la mina animas (ver anexo 01)



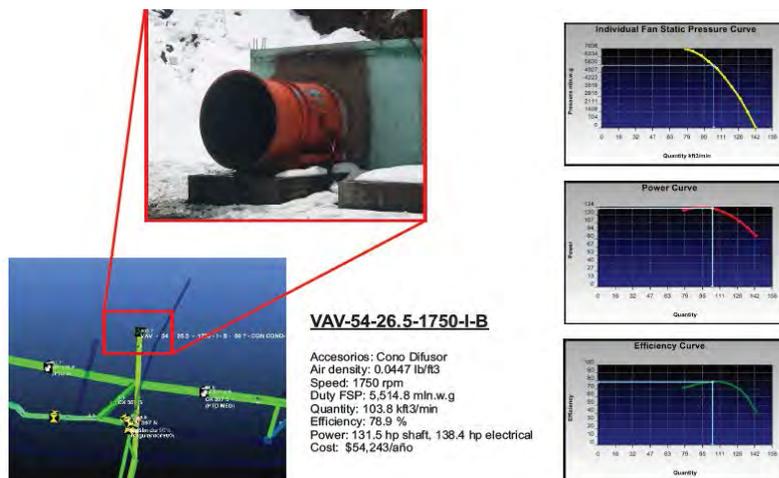
Elaboracion propia

Fuente; informe de levantamiento y monitoreo del dpto de seguridad industrial de la Unidad Caylloma 2011, Informes de ventilacion de minas 2011 Minera Bateas

4.6.2 Ventilación Principal

La ventilación principal de la mina consta de 03 chimeneas principales elaborados con equipo Alimak de una sección de 3.0m x 3.0m ubicados en zonas estratégicas de operación, antes se contaba con chimeneas convencionales de 1.5m x 1.5m en donde se apreció una alta resistencia de aire en estos ductos.

Figura 4.11: Parámetros de operación de ventilador principal Nv 5 ½ Animas

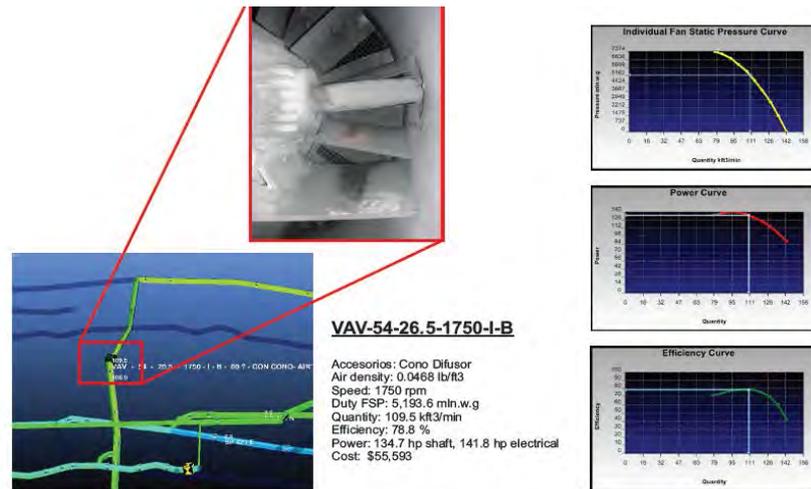


Elaboracion propia

Fuente: Informes de ventilacion de minas 2011 Minera Bateas

Como parte del equipamiento se adquirieron 03 ventiladores axiales los cuales 02 son de 100,000cfm y el tercero es de 60,000cfm; a esto se sumó 01 ventilador de 60,000cfm lo cual trabaja como ventilador principal anteriormente.

Figura 4.12: Parámetros de operación de ventilador principal Nv 07 Animas NE



Elaboracion propia

Fuente: Informes de ventilacion de minas 2011 Minera Bateas

4.6.3 Ventilación Auxiliar

La ventilación auxiliar es mecánica a través de ventiladores de 30,000cfm; 20,000cfm y 10,000cfm dependiendo de las labores a ventilar.

Todos los ventiladores auxiliares son impelentes cuyo flujo de ventilación son conducidos atreves de mangas de vinilona y rafia.

El sistema de extracción es a través de winces de ventilación, chimeneas de 1.5m x 1.5m ejecutados desde las labores de producción a los niveles superiores conectados al circuito de ventilación principal de la mina.

4.6.4 Actividades desarrolladas para el diagnóstico

4.6.4.1 Levantamiento de la ventilación

Se procedió al levantamiento de la ventilación de todas las labores en interior de la mina Ánimas, obteniéndose lo siguiente. (Ver anexo 02).

Tabla 4.6: Resultados de levantamiento de ventilación de la mina Ánimas

NIVEL	ESTACION	LABOR	HORA	ANCHO (m)	ALTURA (m)	BULBO HUMEDO (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA (°T)	VELOCIDAD (m/min)	CAUDAL (cfm)
6	6000	Bp 386 cerca a Boca Mina	11:30 p.m.	4.74	3.90	1.70	87.00	2.90	86	50,414
		GA 386 Entre V1 y Ve 386	12:00 p.m.	2.55	2.63	2.80	85.00	4.30	44	9,465
		Rp 402	02:49 p.m.	3.30	3.00	3.10	85.70	4.20	53	16,615
		Ch 407 Segundo dedo	03:10 p.m.	3.62	2.95	7.40	96.40	7.80	65	21,995
7	7000	Boca Mina Ga Cuadros Rp 385	12:30 p.m.	2.55	2.50	3.00	88.00	4.00	74	15,076
		Bp 386, XC 386	02:20 p.m.	4.15	3.99	3.10	87.00	4.30	53	27,789
10	10000	Bp 360, XC 363	10:03 a.m.	4.00	3.02	5.50	89.40	6.50	186	71,417
		Bp 360, A la altura Tj 360	10:25 a.m.	3.50	3.45	6.80	88.60	8.00	103	39,378
		Bp 430	11:14 a.m.	3.20	3.05	4.50	87.70	5.70	87	26,989
		Rp 427, Curva a 20 m	11:45 p.m.	3.30	3.50	7.20	91.00	8.10	35	12,776
		VE 363, Wince	12:00 p.m.	3.80	3.15	(en blanco)	(en blanco)	(en blanco)	50	18,947
		Bp 431 W	12:20 p.m.	3.00	3.07	8.20	95.30	8.60	91	26,522
		Bp 431 E	12:40 p.m.	3.20	3.04	7.70	92.00	8.50	54	16,697
		Bp 360 W	05:30 p.m.	3.52	2.74	5.30	93.20	6.20	0	-
12	12000	Rb 422	03:30 p.m.	3.40	2.95	11.30	87.10	12.80	53	16,833
		Rp 512 Rb 402	04:00 p.m.	3.10	3.00	9.70	88.00	11.00	64	18,859
		Cor 280 Altura Alimak	04:35 p.m.	4.46	3.75	8.90	91.00	9.80	78	41,465
		Boca Mina Cor 280	05:00 p.m.	4.00	3.99	3.50	89.00	4.30	145	73,658

Elaboración propia

Fuente: Informes de ventilación de minas 2011 Minera Bateas

4.6.4.2 Monitoreo de Ventilación

En la tabla 4.7, se muestra parte de los resultados de monitoreo realizado en la mina Animas.

Tabla 4.7 Resultados de monitoreo del sistema de ventilación de la mina Animas

NIVEL	LUGAR	HORA	OBSERVACIONES	O ₂ (%)	H ₂ S (ppm)	CO ₂ (%)	NO ₂ (ppm)	CO (ppm)
6	SN 379	9:47 am	Reparar la yee fuga de aire	20.8	0	0.02	0	98
	TJ 386 E	9:36 am	Tajo ciego comunicar al siguiente tajo	20.8	0	0.01	0	107
	TJ 403 E	10:00 am	Tajo ciego sin cara libre	20.8	0	0.01	0	88
	TJ 386 W	9:40 am	Tajo ciego comunicar al otro Tajo	20.8	0	0.09	0	448
9	TJ 402 W	10:05 am	Tajo con un solo acceso sin cara libre	20.8	0	0.08	0	1
	CH 461 N	11:40 am	Presencia de humo	20.3	0	1.11	0	16
10	Rp 412	1:43 pm	Puerta abierta, se esta reparando la puerta chocada	20.3	0	0.21	0.6	45
	TJ 412 E	1:47 pm	Falta winze	20.1	0	0.27	0	46
	TJ 426 W	2:00 pm	Con equipo trabajando	20.2	0	0.19	1.4	60
	TJ 430 W	3:00 pm	(en blanco)	20.4	0	0.12	0	0
	TJ 427 W	3:10 pm	Con scoop trabajando	20.3	0	0.12	0	13
	TJ 427 W	09:18:00 a.m.	Trabajando scoop	20.8	0	0.17	1.3	36
		09:46:00 a.m.	Labor ciega falta cara libre	20.8	0	0	0	105
		10:20:00 p.m.	Esta comunicado hay circuito	20.8	0	0.04	0	0
		05:40:00 p.m.	Tajo ciego aumentar manga hasta el Tajo	20.8	0	0.03	0	0
		04:50:00 p.m.	Tajo en relleno	20.8	0	0.06	0	0
	TJ 430 W	09:21:00 a.m.	Comunicado con la VE 455 hay circuito	20.8	0	0	0	17
	TJ 430 E	09:25:00 a.m.	Paso de jumbo	20.8	0	0.01	0	60
	VE 462 S	09:34:00 a.m.	acumulación de humo falta limpiar la cara libre al winze	20.8	0	0.12	0	102
	SN 431 E	09:40:00 a.m.	acumulación de humo falta limpiar la cara libre al winze	20.3	0	0.15	0.5	30
	TJ 427 E	04:40:00 p.m.	Tajo ciego se ventila solo hasta la Ch 449	20.8	0	0.05	19	0
		09:50:00 a.m.	(en blanco)	20.8	0	0	0	0
		05:30:00 p.m.	Ventila por winze 464 y cara libre	20.8	0	0.03	0	0
Rp 412	10:00:00 p.m.	Scoop trabajando falta aumentar manga al SN 432 W	20.8	0	0.1	0	222	
GA 456 E	10:11:00 p.m.	Falta aumentar manga	20.8	0	1.04	0	30	
Rp 360 E	03:59:00 p.m.	(en blanco)	20.8	0	0.04	0	0	
Rp 430 E	04:10:00 p.m.	(en blanco)	20.8	0	0.04	0	0	
Rp (+) 427	05:20:00 p.m.	Se ventila por la comunicación a la Ch 440	20.8	0	0.02	0	0	
	04:20:00 p.m.	(en blanco)	20.8	0	0.03	0	0	
SN 341 E	04:30:00 p.m.	Con dos scoop y una maquina de soldar comunicar Rp 455 y instalar extractor	20.8	0	0.13	60	0	
VE 445 S	04:35:00 p.m.	Se ventila por el dedo	20.8	0	0.1	17	0	
SN 431 W	05:00:00 p.m.	(en blanco)	20.8	0	0.01	0	0	
TJ 426 E	05:10:00 p.m.	Ventila por el winze 360	20.8	0	0	0	0	
TJ 430 por XC 462 S	05:50:00 p.m.	Ventila por el winze 462 amarrar la manga esta obstruyendo el paso	20.8	0	0	0	0	
12	TJ 512, por XC	04:40:00 p.m.	No hay manga de ventilación	20.8	0	0.04	0	0
	Cor 280 E	04:20:00 p.m.	Camión y camioncito	20.8	0	0	0	0
	Rp 512	05:00:00 p.m.	Ventilador y Manga	20.8	0	0.05	0	0
	Rp 396 E	05:10:00 p.m.	Camión y volquete trabajando	20.8	0	0.05	12	0
	05:50:00 p.m.	Labor ciega trabajando un scoop con manga	20.8	0	0	13	0	
XC 417 S	05:20:00 p.m.	TJ 526 W tajo ciego sin cara libre instalar ventilador y manga para no ventilar con aire comprimido	20.8	0	0.04	0	0	
XC 423 S	05:30:00 p.m.	TJ 526 Grego al W y libre al E por el cual se esta ventilando	20.8	0	0	12	0	
GA 396 E	05:40:00 p.m.	Cambiar la Yee de 20", reparar el atapón y dar mantenimiento a las mangas	20.8	0	0	13	0	
XC 403 S	06:00:00 p.m.	Labor ciega ventila por cara libre de la XC 401 S	20.8	0	0	13	0	

Elaboración propia

Fuente: Informes de ventilación de minas 2011 Minera Bateas

4.6.4.3 Demanda de aire

Para el cálculo de la demanda de aire producto de las operaciones mineras en la Mina Animas, se utilizó como parámetros la normativa actual vigente DS 055-2010 EM Artículo 236° con el fin de estimar las cantidades de aire requeridas.

Este requerimiento de aire está dado por los siguientes:

- ✓ Requerimiento de aire para personal en general x turno
- ✓ Requerimiento de aire para la cantidad total en HP de los equipos a combustión diésel.
- ✓ Requerimiento de aire para dilución y evacuación de gases de voladura.

Para el cálculo se desarrollara el siguiente procedimiento:

$$\# \text{ Personas} \times 6 \text{ m}^3/\text{min} \times 35.3 \text{ ft}^3/\text{m}^3 = Q_1 \text{ cfm}$$

$$\# \text{ HP de total de equipos} \times 3 \text{ m}^3 / \text{min} \times \text{hp} \times 35.3 \text{ ft}^3/\text{m}^3 = Q_2 \text{ cfm}$$

$$\text{Total Requerimiento de ventilación} = Q_1 + Q_2$$

Para el cálculo de dilución de gases utilizaremos el siguiente algoritmo.

$$Q_3 = (100 \times A \times a)/(d \times t)$$

Donde

A = Kg de explosivos por voladura (Kg)

a = gases generados por Kg de explosivo (m³/kg)

d = dilución de gases (ppm)

t = tiempo de dilución de gases (minutos)

El levantamiento de la ventilación realizada en el 2011, indico un requerimiento de la mina de aproximadamente en 341,212 cfm para la mina Animas.

La demanda de ventilación en la actividad minera subterránea corresponde principalmente al requerimiento del personal y uso de equipos; no se considera en el cálculo la ventilación lo requerido para evacuación de gases por ser estos en cambio de turno (cada 12 horas).

Requerimiento de aire para personal

En la tabla 4.8 se muestra el requerimiento de aire por personal.

Tabla 4.8 Requerimiento de ventilación por personal que labora en la mina animas por turno

EMPRESAS	Nº	m3/min	m3/min
CIA	26	6	156
CIS	26	6	156
CONTMIN	20	6	120
TOPACIO	10	6	60
TUMI	6	6	36
TOTAL	88	6	528

Fuente: Informe de ventilación Minera Bateas 2011

Requerimiento de aire para HP equipos

En la tabla 4.9, se muestra el requerimiento de aire por HP de equipos diésel.

Tabla 4.9: Requerimiento de ventilación por equipo

Nº	Equipos	Hp	m3/min	F.S.	m3/min
1	JUMBO AXERA	260	3	0.5	390
1	JUMBO QUASAR	160	3	0.5	240
1	SCOOP ST 2G	150	3	0.8	360
1	SCOOP ST 2G	85	3	0.8	204
1	SCOOP WAGNER 3.5	135	3	0.8	324
1	SCOOP JARVIS 3.5	160	3	0.8	384
1	SCOOP ATLAS				
1	COPCO ST 710	200	3	0.8	480
1	SCOOP WAGNER 2.2	160	3	0.8	384
6	VOLQUETES VOLVO	350	3	0.8	5040
3	CAMIONES	125	3	0.7	787.5
4	CAMIONETAS	75	3	0.6	540
21		1860	3		9134

Fuente: Informe de ventilación Minera Bateas 2011

**Requerimiento total (personal + equipos) = (528 + 9134)*35.31 = 341,212
cfm**

Figura 4.13: Distribución de requerimiento de ventilación en la mina animas



Elaboración Propia

Fuente: Informe de ventilación Minera Bateas 2011

Requerimiento de aire para dilución de gases

A continuación se desarrolla el cálculo de estimación de necesidad de dilución de gases.

Tajeos (explotación)

$$Q3 = (100 \times A \times a) / (d \times t)$$

A= producción x factor de carga

Producción actual = 1080 t/d

Factor de carga= 0.7 kg/t

$$\rightarrow A = 1080 \text{ t} \times 0.7 \text{ kg/t} / 2\text{disp/dia} = 378 \text{ kg}$$

a = 0.88 m³/kg

$$d = 0.3$$

$$t = 30 \text{ minutos}$$

$$\rightarrow Q_3 = 100 * 378 * 0.88 / (0.3 * 30) * 35.3 = 130,468 \text{ cfm}$$

Avances lineales (exploración, desarrollo y preparación)

$$Q_3 = (100 \times A \times a) / (d \times t)$$

A = volumen avance x factor de carga

$$\text{Avance programado x día} = 33 \text{ m} \rightarrow \text{Avance} = 297 \text{ m}^3$$

$$\text{Factor de potencia} = 2.2 \text{ kg/m}^3$$

$$\rightarrow A = 297 \text{ m}^3 \times 2.2 \text{ kg/m}^3 / 2 \text{ disp/día} = 326.5 \text{ kg}$$

$$a = 0.88 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$d = 0.3$$

$$t = 30 \text{ minutos}$$

$$\rightarrow Q_3 = 100 * 326.5 * 0.88 / (0.3 * 30) * 35.3 = 112,693 \text{ cfm}$$

Requerimiento total para dilución de gases

$$Q_3 = Q_{\text{tajeos}} + Q_{\text{avances}} = 130,468 + 112,693 = 243,161 \text{ cfm}$$

Si comparamos el requerimiento total (personal + equipos) con el requerimiento necesario para la dilución de gases podemos observar que la demanda de aire de personal más HP de equipos es superior.

Del resultado podemos justificar que: para el análisis de balance de la mina se considere el requerimiento total (personal + equipos).

4.6.4.4 Oferta de Aire

Ingreso de aire: El ingreso principal de aire fresco a la mina subterránea es por las rampas Nv 08 y túneles Niveles 06, 07, 09 y 12 de la mina Animas; lo cual asciende aproximadamente en 245,505 cfm.

Salida de aire: La salida de aire de la mina es a través de ductos independientes como chimeneas tipo Alimak y chimeneas tipo raise borer accionados por ventiladores axiales, el flujo de evacuación de aire asciende en 248,276 cfm.

4.6.4.5 Balance de aire

Después de la toma de información de la demanda de aire y oferta del sistema de ventilación actual, se ha determinado una cobertura aproximada del **73%**, lo cual no cumple con la norma de seguridad del DS 055-2010 artículo 236° EM, reglamento de seguridad y salud ocupacional.

Tabla 5.10: Balance general de ventilación mina Animas

INGRESO DE AIRE FRESCO (CFM)		SALIDA DE AIRE VICIADO (CFM)	
Boca Mina Nv 6	40,897	Cha 407 N	17,640
Boca Mina Nv 7	17,782	Ch 396 N	115,408
Boca Rampa Nv 8	79,016	Boca Mina Nv 7 NW	94,783
Boca Mina Nv 9	22,236	Cha 380 N	20,445
Boca Mina Nv 12	46,184		
Rb 450	39,390		
TOTAL	245,505	TOTAL	248,276

Ingreso de Aire Limpio	245,505	CFM
Salida de Aire Viciado	248,276	CFM
Requerimiento	341,212	CFM
Cobertura	73%	

Elaboración Propia

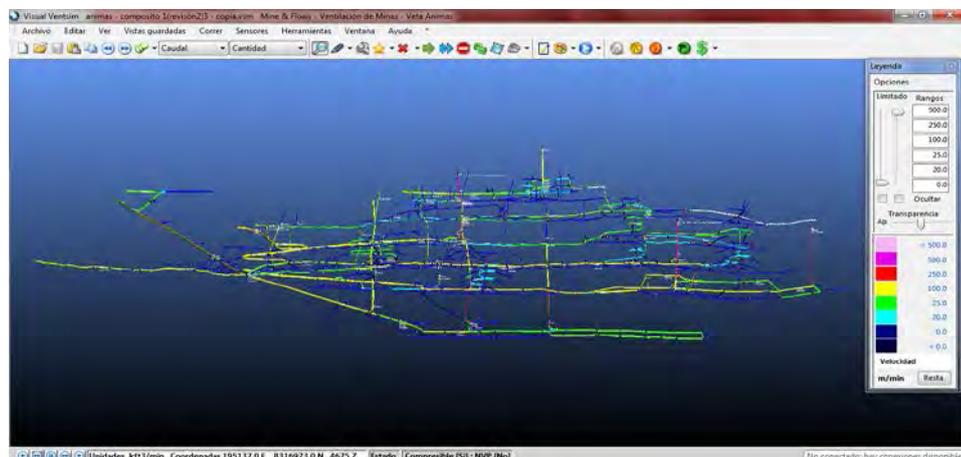
Fuente: Informe de ventilación Minera Bateas 2011

CAPITULO V. ANALISIS DE RESULTADOS

5.1 Análisis y simulación del sistema actual de ventilación

Con el levantamiento del sistema de ventilación realizado en la mina Animas se desarrolló el modelamiento y calibración en el software Ventsim (ver anexo 02). La calibración del sistema en el software alcanzó una correlación del 95% (ver anexo 03) entre los resultados simulados y los datos obtenidos en campo, podemos indicar una fuerte correlación con la variable dependiente (Q), por el cual se acepta el modelo de la mina en ventsim.

Figura 5.1 Modelo General del sistema de ventilación en Ventsim – Veta Animas



Elaboración propia

Fuente: Estudio de ventilación de minas, Mina Animas-Unidad Caylloma 2011-Minera Bateas

Fig. 5.2 Resultados obtenidos Alternativa I

Flujo de aire compresible	Si
La presión de ventilación natural	No
Tipo de simulación de la presión del ventilador	Método de la presión total
Red de conductos de ventilación	2350
Longitud total	25,800.8 m
Caudal de aire total de admisión	256.8 kft3/min
Caudal de aire total de escape	265.9 kft3/min
Flujo de masa total	92.06 kg/s
Resistencia de la mina	0.13842 PU
RESUMEN DE POTENCIA	
Potencia del AIRE (pérdida por fricción)	389.5 hp Total 131.9 hp Chimenea 257.6 hp Conducir
Refrigeración Potencia de entrada	0.0 hp
Potencia eléctrica de ENTRADA	569.3 hp
Que consta de ..	
2 Ventiladores	276.6 hp
2 Presiones fijadas	1.0 hp
2 Flujos fijados	291.7 hp
0 Refrigeración	0.0 hp

Elaboración propia

Fuente: Simulador Ventsim

5.2 Planeamiento de producción y ventilación de la mina Ánimas

El rediseño del sistema de ventilación de la mina Ánimas parte de la evaluación del horizonte de la operación minera, acorde al tamaño de yacimiento y ritmo de operación, secuencia miento de minado, método de explotación y nivel de mecanización.

Las reservas y recursos minerales indicados en el capítulo IV, muestran cantidades que podrían fácilmente sustentar mayores niveles de producción en el mediano plazo. Siendo la mina animas el principal aportante de mineral (90% del total de producción) con un promedio de 1,080 tpd.

El método de explotación aplicado es el Corte y Relleno Ascendente por el cual consideramos su mantención a futuro como premisa para este estudio.

El secuenciamiento de la mina Animas está orientada a la expansión al Nor este a través de los niveles 10 y 12 con el objetivo de generar una nueva área de

producción al largo plazo y así ubicarse debajo de la zona Animas NE zonas de alta ley de plata. Ver Anexo 04 (plano de secuencia miento de minado mina Ánimas).

Para el caso de profundización, los taladros DDH desarrollados desde interior mina dieron resultados positivos de continuidad en un rango de 100metros debajo de la cota 4500msnm (Nv 12), esto nos indica que la mina al largo plazo profundizará con el fin de reemplazar las áreas minadas. Ver anexo 10 (plano de recursos minerales veta animas).

5.2.1 Plan de producción actual

Según lo indicado en el capítulo IV, el plan de producción de la mina actual se mantiene a un ritmo de 1200 tpd lo cual representa un producción de mineral de plata en 2 MM onzas por año.

5.2.2 Plan de Producción a largo Plazo

Considerando que las actividades mineras no se encuentran estáticas en el tiempo, por el contrario la coyuntura actual de precios de metales hacen que estas se aboquen a un constante crecimiento, por tal razón se plantea tres (03) escenarios de escala de producción partiendo la producción actual (1080tpd) como escenario base para la Mina Animas.

5.2.2.1 Calculo de producción

Para el estimado de escalas de producción consideramos el algoritmo de Taylor, como herramienta bajo tres escenarios determinados por volúmenes de recursos.

Escenario I: determinado a nivel de reservas

Escenario II: determinado a nivel de reservas y recursos medidos en indicados

Escenario III: determinado a nivel de reservas y recursos medidos, indicados e inferidos.

Estimación escenario I (Escenario base) (Formula de Taylor)

Taylor nos proporciona el ritmo de producción anual base al cual debe operar la mina para iniciar sus operaciones a partir de los recursos y reservas descritos anteriormente.

$$\textit{Producción anual} \left(\frac{t}{\textit{año}} \right) = 5 \times \sqrt[0.75]{(\textit{Recursos} + \textit{Reservas})}$$

$$\textit{Producción diaria} \left(\frac{t}{d} \right) = \frac{\textit{Producción anual}}{\textit{días} \times \textit{año}}$$

Dónde:

Días x año = 330 días.

Recursos y reservas = volumen de mineral de las vetas Animas y Animas NE

Para el estimado solo se considera los recursos y las reservas de la mina Animas, según capítulo V, está conformada por las vetas Animas y Animas NE.

El resultado de la aplicación del algoritmo de Taylor se muestra en la tabla 5.1.

Tabla 5.1 Producción actual y estimada a largo plazo

Escenario	Reservas (t) (*)	Recursos		Total	Produccion según Taylor (t)	Produccion Base (t)	Vida (años)
		Medido + Indicado (t) (*)	Inferido (t) (*)	Reservas + Recursos (t)			
I (Base)	3,632,800			3,632,800	1,185	1,080	10
II	3,632,800	1,987,900		5,620,700	1,644	1,600	11
III	3,632,800	1,987,900	2,336,000	7,956,700	2,134	2,100	11

Elaboración propia

(*) Información tomada del Reporte Técnico NI 43-101 Mayo 2012 Minera Bateas

Tomando como punto de partida el inventario de reservas de la mina Animas, se obtiene un estimado de producción base de 1,118 tpd, actualmente la mina Animas aporta con una producción de 1080 tpd.

El horizonte operativo de la mina asciende a diez (14) años, el cual lo usaremos para la evaluación económica en el presente capítulo.

Escenario II: Evaluación de Recursos (Medidos + Indicados) + Reservas

Tomando como base el tonelaje las reservas y los recursos (medidos + indicados) el resultado aplicando el algoritmo de Taylor arroja una producción de 1600 tpd; lo cual indica que el horizonte operativo de la mina asciende a once (11) años.

Escenario III: Evaluación de Recursos (Medidos + Indicados + Inferidos) + Reservas

Tomando como base el tonelaje las reservas y los recursos (medidos + indicados + Inferidos), el resultado aplicando el algoritmo de Taylor arroja una producción base del 2100 tpd; lo cual indica que el horizonte operativo de la mina asciende a once (11) años.

Estos escenarios nos permiten determinar el requerimiento futuro de ventilación según los niveles de producción a largo plazo. El resultado indica una posibilidad de crecimiento de producción de 1080 a 2100 toneladas por día en la Mina Animas.

Para este estudio nos basaremos solo a nivel de reservas y recursos medidos e indicados, por ser estos últimos los de mayor probabilidad de ser extraído. Por lo expuesto consideramos que la producción máxima de la mina Ánimas podría ascender a 1600 toneladas por día, lo cual es coherente con el estudio de alternativas de minado desarrollado por la empresa en el 2011.

5.2.3 Planeamiento de la Ventilación

Para el estimado de ventilación a mediano y largo plazo se requiere de un planeamiento adecuado. Para el caso de estudio no se ha evidenciado plan de crecimiento por el momento por lo cual consideraremos el análisis de la tabla 10 como premisa para el dimensionamiento del sistema de ventilación.

5.2.3.1 Condiciones Actuales del sistema de ventilación

Para el estimado de requerimiento de aire, se ha considerado el ratio (caudal/tonelada) de la producción actual de la Mina Animas, según se muestra en la tabla 5.2.

Tabla 5.2 Ratio de ventilación por tonelada extraída Mina Animas– Unidad Caylloma.

Mina	Aporte	Produccion (t)	Requerimiento (cfm)	Ratio (cfm/t)
Animas	90%	1080	341,212	316
Bateas	5%	60	41,212	687
Santa Catalina	5%	60	41,212	687
Total	100%	1,200		

Elaboración propia

Fuente: Reporte Técnico NI 43 101 Mayo 2012

De la tabla 5.2, se determina el indicador de 316 cfm/t, para la mina Ánimas.

5.2.3.2 Ventilación por zonas de producción de la mina Ánimas

Actualmente la mina cuenta con tres zonas de producción llamada: alta, intermedia y baja.

1. La zona alta está conformada por el Nivel 06, se caracteriza por la mayor concentración de plata in situ, pero con presencia de mineral oxidado lo cual dificulta su tratamiento metalúrgico.
2. La zona intermedia está conformada por altos contenidos de plomo y zinc, comprende los niveles 07, 08, 09 y 10.
3. La zona baja, se caracteriza por su mayor aporte de mineral por la potencia de las mismas pero con menor valor económico, comprende el nivel 12.

Tabla 5.3 Requerimiento de ventilación por zona, Mina Animas

Zonas	Niveles	Produccion Diaria (t)	Requerimiento (cfm/zona)
Zona Alta	6	333	105,312
Zona Intermedia	07; 08; 09; 10	267	84,250
Zona Baja	12	480	151,650
Total		1,080	341,212

Elaboración propia

Fuente: Reporte Técnico NI 43 101 Mayo 2012

5.2.3.3 Condiciones a Mediano y Largo Plazo

a) Requerimiento de ventilación

La determinación de la demanda de ventilación a mediano y largo plazo se estima en base a minado de áreas en el tiempo e incremento de recursos (personal y equipos).

Tabla 6.4 Requerimiento de ventilación (equipos diésel y personal)

Escenario	Reservas + Recursos (t)	Produccion según Taylor (t)	Produccion Base (t)	Vida (años)	Requerimiento de Aire (cfm)
I (Base)	3,632,800	1,185	1,080	10	341,212
II	5,620,700	1,644.09	1,600	11	505,499
III	7,956,700	2,133.70	2,100	11	663,468

Elaboración propia

Fuente: Reporte Técnico NI 43 101 Mayo 2012

Determinada la escala de producción de la mina (1,600 tpd), podemos indicar que el requerimiento total de ventilación ascenderá en **505,499 cfm** para la Mina Animas.

El requerimiento total se distribuye por zonas de producción, indicando mayor necesidad en la zona Baja, el cual tiende a incrementar en el tiempo.

Tabla 6.5: Horizonte de producción mina

Mina	Zonas	Niveles	Actual		Mediano Plazo y Largo Plazo	
			tpd	cfm	tpd	cfm
Animas	Zona Alta	6	333	105,312	494	156,049
Animas	Zona Intermedia	07; 08; 09; 10	267	84,250	395	124,840
Animas	Zona Baja	12; 13; 14	480	151,680	711	224,610
Total			1,080	341,242	1,600	505,499

Elaboración propia

Requerimiento total para dilución de gases

Tajeos (explotación) para una producción de 1600 tpd

$$Q_3 = (100 \times A \times a) / (d \times t)$$

A = producción x factor de carga / # disp x día

Producción actual = 1600 t/d

Factor de carga = 0.7 kg/t

$$\rightarrow A = 1600 \text{ t} \times 0.7 \text{ kg/t} / 2 \text{ disp} = 560 \text{ kg}$$

a = 0.88 m³/kg

d = 0.3

t = 30 minutos

$$\rightarrow Q_3 = 100 \times 560 \times 0.88 / (0.3 \times 30) \times 35.3 = 193,287 \text{ cfm}$$

Avances lineales (exploración, desarrollo y preparación), para 1600 tpd.

$$Q_3 = (100 \times A \times a) / (d \times t)$$

A = volumen avance x factor de carga / # disp

Avance programado x día = 53 m \rightarrow Avance = 480m³

Factor de potencia = 2.2 kg/m³

$$\rightarrow A = 480 \text{ m}^3 \times 2.2 \text{ kg/m}^3 / 2 \text{ disp} = 528 \text{ kg}$$

a = 0.88 m³/kg

d = 0.3

t = 30 minutos

$$\rightarrow Q_3 = 100 \times 528 \times 0.88 / (0.3 \times 30) \times 35.3 = 182,242 \text{ cfm}$$

Requerimiento total para dilución de gases

$$Q_3 = Q_{\text{tajeos}} + Q_{\text{avances}} = 193,287 + 182,242 = 375,529 \text{ cfm}$$

Podemos indicar que: El requerimiento en HP de equipos diésel + personal (505,499cfm) es superior a la ventilación requerida para dilución de gases (375,529 cfm), este último representa el 70% del total.

5.2.4 Alternativas de dimensionamiento del sistema ventilación

Una vez determinado el requerimiento de ventilación para una producción máxima (1,600tpd) en la mina Animas (caudal requerido 505,499cfm).

Con este dato podemos diseñar un sistema de ventilación adecuado, que permita cubrir la demanda actual con proyección de cobertura al largo plazo, para lo cual se desarrollan tres (03) alternativas.

1. Instalación de dos (02) ventiladores principales sin construcción de chimeneas adicionales.
2. Ampliación del sistema de extracción de aire viciado y adquisición e instalación de (02) ventiladores principales
3. Ampliación del sistema de extracción de aire viciado y adquisición e instalación de (02) ventiladores principales extractores y (01) ventilador principal impelente.

Objetivo principal

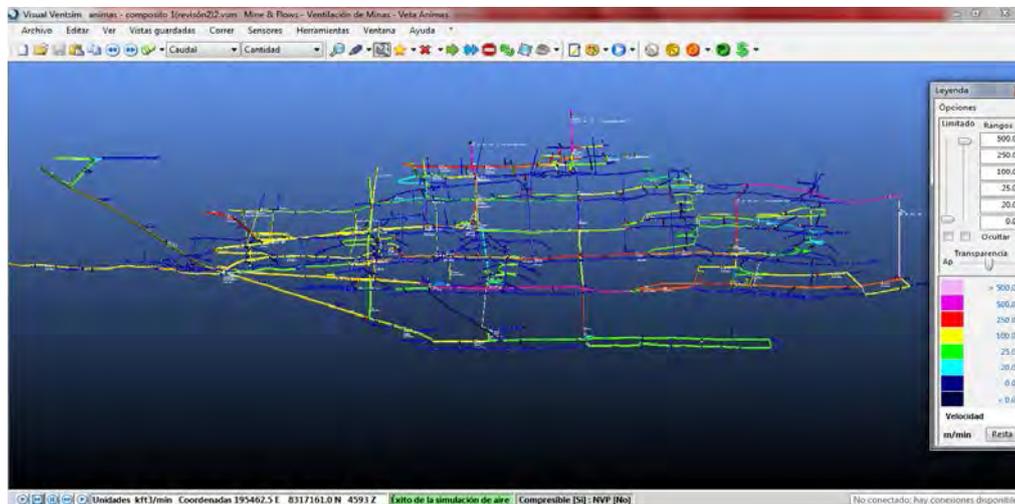
El objetivo principal del desarrollo de las alternativas es la búsqueda de un sistema con un menor uso de energía eléctrica e incremente la cantidad de aire, representando un menor costo operativo.

5.2.4.1 Alternativa I

Para el desarrollo de la primera alternativa, se consideró la instalación de 02 ventiladores adicionales para cubrir el requerimiento actual de ventilación y mantener una capacidad holgada al largo plazo.

En la figura 5.3 se muestra el arreglo planteado y la ubicación de ventiladores analizados en ventsim.

Figura 5.3: Arreglo general Alternativa I – Minas Animas



Elaboración propia

Fuente: Estudio de ventilación de minas, Mina Animas-Unidad San Cristóbal 2011-Minera Bateas

Figura 5.4: Resultados obtenidos Alternativa I

Flujo de aire compresible	Si
La presión de ventilación natural	No
Tipo de simulación de la presión del ventilador	Método de la presión total
Red de conductos de ventilación	2350
Longitud total	25,800.8 m
Caudal de aire total de admisión	433.6 kft3/min
Caudal de aire total de escape	446.6 kft3/min
Flujo de masa total	154.94 kg/s
Resistencia de la mina	0.03809 PU
RESUMEN DE POTENCIA	
Potencia del AIRE (pérdida por fricción)	512.0 hp Total
	158.0 hp Chimenea
	353.9 hp Conducir
Refrigeración Potencia de entrada	0.0 hp
Potencia eléctrica de ENTRADA	831.2 hp
Que consta de ..	
4 Ventiladores	531.6 hp
1 Presiones fijadas	0.6 hp
2 Flujos fijados	299.0 hp
0 Refrigeración	0.0 hp

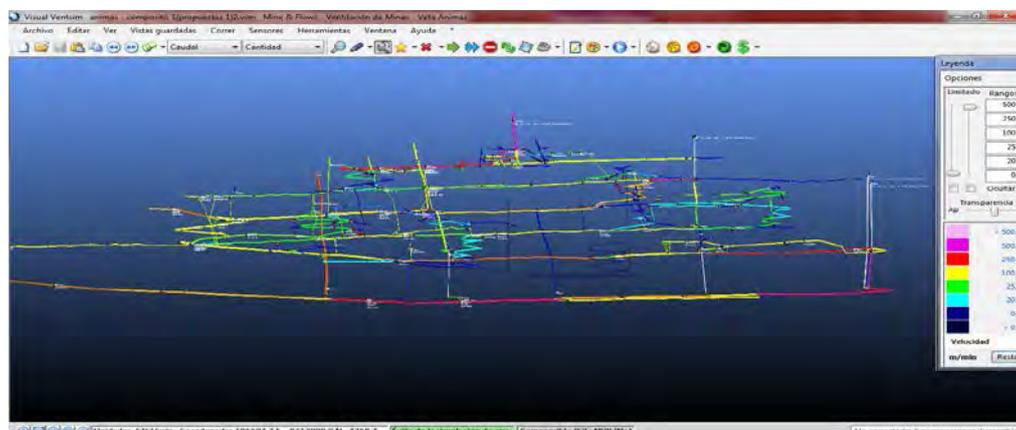
Elaboración propia

Fuente: Análisis de redes de ventilación con software Ventsim

5.2.4.2 Alternativa II

Ampliación del sistema de extracción de aire viciado (construcción de 02 chimeneas raise bore de 2.1m de diámetro) y adquisición e instalación de (02) ventiladores principales.

Figura 5.5: Arreglo general Alternativa II – Minas Animas



Elaboración propia

Fuente: Estudio de ventilación de minas, Mina Animas-Unidad San Cristóbal 2011-Minera Bateas

Figura 5.6: Resultados obtenidos Alternativa II

Flujo de aire compresible	Si
La presión de ventilación natural	No
Tipo de simulación de la presión del ventilador	Método de la presión total
Red de conductos de ventilación	2391
Longitud total	29,059.7 m
Caudal de aire total de admisión	507.6 kft3/min
Caudal de aire total de escape	521.8 kft3/min
Flujo de masa total	181.18 kg/s
Resistencia de la mina	0.00823 PU
RESUMEN DE POTENCIA	
Potencia del AIRE (pérdida por fricción)	177.0 hp Total 80.5 hp Chimenea 96.5 hp Conducir
Refrigeración Potencia de entrada	0.0 hp
Potencia eléctrica de ENTRADA	463.5 hp
Que consta de ..	
4 Ventiladores	463.5 hp
0 Presiones fijadas	0.0 hp
0 Flujos fijados	0.0 hp
0 Refrigeración	0.0 hp

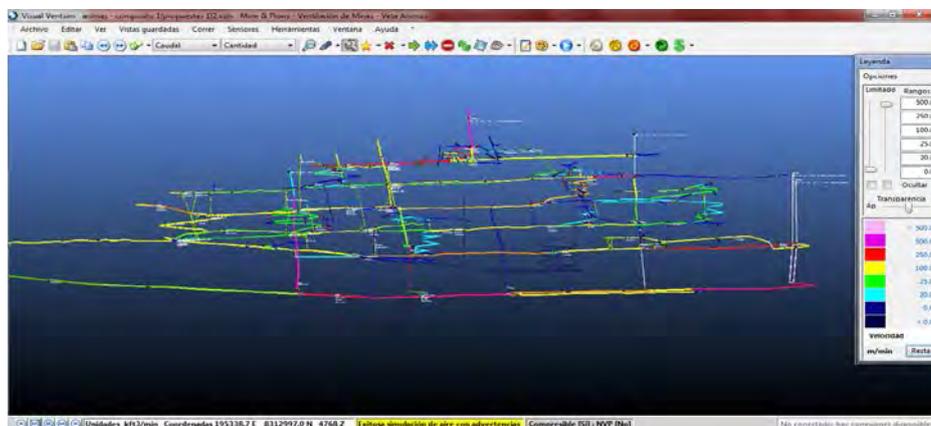
Elaboración propia

Fuente: Análisis de redes de ventilación con software Ventsim

5.2.4.3 Alternativa III

Ampliación del sistema de extracción de aire viciado y adquisición e instalación de (02) ventiladores principales extractores y (01) ventilador principal impelente.

Figura 5.7: Arreglo general Alternativa III – Minas Animas



Elaboración propia

Fuente: Estudio de ventilación de minas, Mina Animas-Unidad San Cristóbal 2011-Minera Bateas.

Figura 5.8: Resultados obtenidos Alternativa III

Flujo de aire compresible	Si
La presión de ventilación natural	No
Tipo de simulación de la presión del ventilador	Método de la presión total
Red de conductos de ventilación	2391
Longitud total	29,059.7 m
Caudal de aire total de admisión	512.2 kft3/min
Caudal de aire total de escape	524.1 kft3/min
Flujo de masa total	182.04 kg/s
Resistencia de la mina	0.00859 PU
RESUMEN DE POTENCIA	
Potencia del AIRE (pérdida por fricción)	188.3 hp Total 95.5 hp Chimenea 92.8 hp Conducir
Refrigeración Potencia de entrada	0.0 hp
Potencia eléctrica de ENTRADA	555.6 hp
Que consta de ..	
5 Ventiladores	555.6 hp
0 Presiones fijadas	0.0 hp
0 Flujos fijados	0.0 hp
0 Refrigeración	0.0 hp

Elaboración propia

Fuente: Análisis de redes de ventilación con software Ventsim

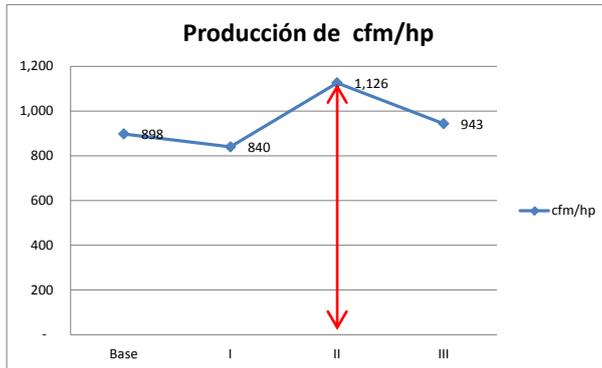
De las alternativas indicadas se obtiene el gráfico mostrado en la figura 5.9.

Tabla 5.6 Resumen de alternativas

Aternativa	Producción (t)	Requerimiento	Caudal (cfm)	Cobertura a corto plazo	Cobertura a largo plazo	Potencia Electrica (Hp)	cfm/hp
Base	1080	341,212	248,276	73%	73%	276.6	898
I	1600	505,499	446,600	131%	88%	531.6	840
II	1600	505,499	521,800	153%	103%	463.5	1,126
III	1600	505,499	524,100	154%	104%	555.6	943

Elaboración propia

Figura 5.9 Curva de relación cfm/hp



Elaboración propia

Del cuadro podemos indicar que para la alternativa II es la más viable, por generar mayor flujo de aire por hp (1,126 cfm/hp).

Determinada la mejor alternativa, en la tabla 5.7 se detalla las características operativas de los ventiladores principales.

Tabla 5.7 Detalle de operación de ventiladores principales

Zona	Tipo de Ventilador	Caudal Nominal (kcfm)	Ubicación	Caudal Simulado (kcfm)	Eficiencia %	Potencia Hp	Presion Total in w.g
Alta	VAV - 54 - 26.5 - 1750 - I - B - 60	100	Ch 407	137.6	55.1%	103.10	2.53
Intermedia	VAV - 54 - 26.5 - 1750 - I - B - 60	100	PROY RB 01	133.6	62.9%	111.40	3.17
Baja	VAV - 54 - 26.5 - 1750 - I - B - 60	100	RB 450	124.9	72.7%	124.90	4.40
	VAV - 54 - 26.5 - 1750 - I - B - 60	100	PROY RB 02	125.7	72.2%	124.10	4.31

Elaboración propia

5.3 Optimización de la propuesta

5.3.1 Aplicación de variadores de velocidad

En vista a la necesidad de controlar el consumo de energía en la mina y los costos que estos incurren, se presenta una propuesta adicional para minimizar el consumo de energía de los ventiladores principales, la cual esta dado por la uso

de Variadores de Velocidad cuya aplicación se describe en el capítulo I del presente documento.

Para calcular el ahorro de energía, utilizaremos el siguiente algoritmo.

$$\begin{aligned} \text{Caudal} &: \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \\ \text{Presión} &: \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \\ \text{Potencia} &: \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \end{aligned}$$

Donde:

Q = Caudal

Q₁ = Caudal nominal

Q₂ = Caudal reducido

H = Presión

H₁ = Presión nominal

H₂ = Presión reducida

P = Energía

P₁ = Potencia nominal

P₂ = Potencia reducida

n = Regulación de velocidad

n₁ = Velocidad nominal

n₂ = Velocidad reducida

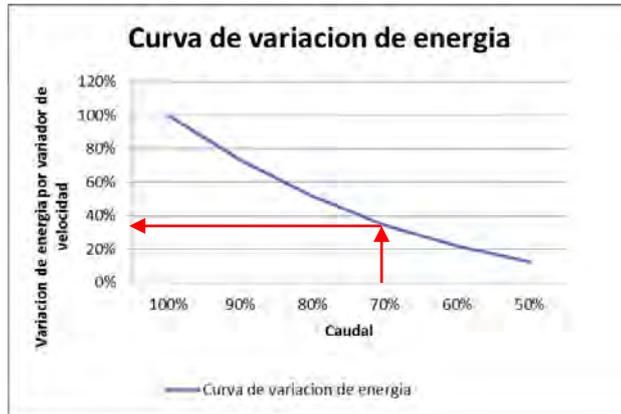
Caudal: $Q_1/Q_2 = n_1/n_2$

Para el análisis consideramos las siguientes premisas

- a) Tiempo de ingreso a turno = 45 minutos (Incluye tiempo de ventilación 30 minutos).
- b) Tiempo de revisión de equipos = 30 minutos.
- c) Tiempo de inspección de labor = 15 minutos.
- d) Tiempo de desatado de labor = 60 minutos.
- e) Tiempo para traslado hacia comedor = 15 minutos
- f) Tiempo para alimentos = 60 minutos
- g) Tiempo de retorno a labor = 15 minutos
- h) Tiempo de salida de turno = 30 minutos
- i) **Tiempo total de horas muertas = 300 minutos = 5.0 horas/turno**

Reducción de requerimiento de aire para gases y ventilación de operación a antes de hora punta está al 70%.

Figura 5.9 Curva de variación de energía por Variador de velocidad



Elaboración propia

Variación de Potencia

$$P1/P2 = (0.7)^3 \rightarrow P1/P2 = 34\%$$

$$P1 = 0.34 * 463.5 = 159 \text{ Hp}$$

Donde la Variación de P = 304.5 Hp

Tabla 5.8 Ahorro de energía por año por uso de variador de velocidad

DATOS			CONDICIONES AL Q=100%	CONSUMO DE ENERGIA CON VARIADOR (Q=70%)		AHORRO	
Zona	Caudal Nominal (kcfm)	Caudal Simulado (kcfm)	Potencia Hp	Caudal Simulado con Variador (kcfm)	Potencia Hp	USD/año total	Ahorro USD
Alta	100	137.6	103	96	35	110,598	41,689
Intermedia	100	133.6	111	94	38	119,502	45,045
Baja	100	124.9	125	87	43	133,984	50,503
	100	125.7	124	88	43	133,126	50,180
521.8			463.5	365	159	497,210	187,417

Elaboración propia

5.3.2 Aplicación de sistemas de control a través de tecnologías de información.

Esta aplicación está basada en la implementación de redes de comunicación de video y data por cable de fibra óptica desde un punto de control hacia los ventiladores principales, ubicados en superficie los cuales serán monitoreados por una consola ubicada en la zona de campamento (oficinas generales) que permita un control continuo del funcionamiento.

La información en tiempo real es a través del sistema de instrumentación que se coloca a cada ventilador con sus respectivos sistemas electrónicos (variadores de velocidad).

Este dispositivo permitirá mostrar en tiempo real el estado de operación de cada ventilador y permitirá al usuario tomar las decisiones según requerimiento de aire en labor, para ello deberá de contar con estadística de trabajo en interior mina destacando las horas de mayor y menor demanda de aire en las labores. Puede ser mejorado con la instalación de puntos de monitoreo fijo en interior mina que permita brindar lecturas de emisiones gaseosas en interior de la mina.

Un punto importante que se busca es el control de la generación de flujo de aire y consumo de energía. Para ello se plantea el uso de variadores de velocidad para los cuatro (04) ventiladores principales de la mina Ánimas.

El impacto de esta implementación la podemos medir mediante la evaluación bajo la técnica del valor presente neto económico; para ello se desarrollan los siguientes escenarios de evaluación: 1) sin proyecto; 2) con proyecto de

ampliación a 1,600 tpd sin uso de variador de velocidad y 3) con proyecto de ampliación a 1,600 tpd con uso de variadores de velocidad.

5.3.3 Costo Operativo

Los costos operativos para una producción de 1,600 tpd se estimaron según el método del CIM de Canada. El resultado se obtiene en la tabla 5.9.

Tabla 5.9: Resumen de costo operativo para una producción de 1,600tpd

Cost Estimation 1,600 tpd (USD)	
I. Variable Cost	56.3
* <u>Operating Cost; Supplies; Power</u>	43.4
Underground Mines	30.3
Processing Plant	10.4
Power	2.2
Supplies-General Plant Services	0.4
* <u>Wages/General Plant Services</u>	12.9
Electrical Services	2.1
Surface Plant Service	1.9
Townsite Employees	1.6
Townsite Operating Cost	7.4
II. Fixed Cost	3.7
* <u>Wages/Administration Expenses</u>	3.5
General Administration Wages	2.3
General Expenses	1.3
Total Cost	60.0

Fuente: Estudio de alternativas de producción minera Bateas

5.3.4 Inversión de Capital

Para la estimación de la inversión requerida para la ampliación a 1,600 tpd utilizaremos la regla de los 6 dígitos (Escalador de inversiones William) y el estimador CIM.

La relación puede expresarse en la forma:

$$\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^{\frac{6}{10}}$$

Donde:

- I₁: Inversión deseada para la capacidad Q₁
- I₂: Inversión conocida para la capacidad Q₂
- Q₁: volumen de producción conocida
- Q₂: volumen de producción conocida

Tabla 5.10: Inversión en mina para 1600tpd

Underground Mine Capital Cost Estimation 1,600 tpd	USD
1) Equipment	240,000
2) Mine Development	23,016,009
3) Processing Plant	70,997,000
4) Mine Compressor Plant	1,316,638
5) Underground Mining Equipment	8,458,338
6) Underground Maintenance Facilities	1,644,301
7) Power, Water (estimated in capital cost of processing plant)	
8) Feasibility design	872,098
9) Supervision and camp	1,495,914
10) Admin, Acct, legal, key staff	747,957
Total Capital Cost (US\$)	108,789,000

Fuente: Estimador CIM

El monto global del proyecto de ventilación lo consideramos en la tabla 5.10 como *Equipment* y *Mine Development*.

Tabla 5.11 Resumen de inversión preliminar requerida por el proyecto de ventilación.

Proyecto	Cant.	Und.	PU	S/.	USD
Infraestructura Mina					
Raise Bore Proy 01; 7pies	110	m	2,250	247,500	99,000
Raise Bore Proy 02; 7pies	160	m	2,250	360,000	144,000
Raise Bore Proy 02A; 7pies	102	m	2,250	229,500	91,800
Raise Bore 405 A; 7pies	102	m	2,250	229,500	91,800
Sub Total				1,066,500	426,600
Equipos (Ventiladores Principales)					
Ventiladores	2	glb	74,787	149,574	57,528
Arrancadores	2	glb	10,171	20,342	7,824
Sub Total				169,916	65,352
Infraestructura Electrica y Metal Mecanica					
Montaje e Instalacion de Ventiladores	4	glb	24,000	96,000	36,923
Sub Total				96,000	36,923
Sub Total USD				1,332,416	528,875
Contingencia (10%)				66,621	26,444
Total (Sin IGV)				1,399,037	555,319

Elaboración propia

5.3.5 Inversión de Sostenibilidad de la operación

Es la inversión que se realiza cada año en la operación y comprende:

1. Renovación y reposición de equipos
2. Estudios, pruebas y mediciones
3. Construcción y mejoramiento de infraestructura de la operación
4. Programas y compromisos sociales con la comunidad
5. Programas y compromisos con los trabajadores
6. Contingencias

El ratio de inversión anual para el sostenimiento de las operaciones actuales se considera según operaciones similares en:

$$\text{Ratio de Inversión Anual de Sostenimiento (1,200 t/d)} = 6,000 \text{ USD/t}$$

Se utiliza la regla de los 6 decimos para hallar el monto de inversión para los distintos escenarios de evaluación.

Tabla 5.12: Inversión de sostenibilidad de operación

Inversión anual de sostenibilidad	
Escala de Producción tpd	USD
1,200	6,000,000
1,300	6,295,185
1,400	6,581,416
1,450	6,859,576
1,500	7,130,410
1,600	7,394,552
1,700	7,652,547
1,800	7,904,869
1,900	8,151,931
2,000	8,394,099

Fuente: Estimador CIM

5.3.6 Inversión de Plan de Cierre

La inversión del Plan de Cierre, estimada por la empresa minera, asciende a USD 3'656,894 @ 1,200 t/día y USD 7,461,129 @ 1,600 tpd.

Partiendo de este dato y usando la regla de los 6 decimos tenemos:

Tabla 5.13: Inversión de plan de cierre

Inversiones Plan de Cierre	
Escala de Producción tpd	USD
1,200	3,656,894
1,300	5,105,283
1,400	5,852,242
1,450	6,456,894
1,500	6,984,419
1,600	7,461,129
1,700	7,900,900
1,800	8,312,156
1,900	8,700,478
2,000	9,069,804

Fuente: Estimador CIM

5.3.7 Inversión en tecnología

En la tabla 5.14 se muestra la inversión requerida por implementación de variadores de velocidad, instrumentación y equipos de cómputo requerido en la consola de control.

Tabla 5.14: Inversión en tecnología

Proyecto Con Variador	Cant.	Und.	PU	S/.	USD
Equipos (Ventiladores Principales)					
Variadores de Velocidad	4	glb	19,734	78,936	30,360
Instrumentacion	1	glb	100,000	100,000	38,462
Sub Total				178,936	68,822
Infraestructura Electrica y Metal Mecanica					
Montaje e Instalacion de Ventiladores	4	glb	15,000	60,000	23,077
Consola de control				100,000	38,462
Sub Total				160,000	61,538
Sub Total USD				338,936	130,360
Contingencia (10%)				16,947	6,518
Total (Sin IGV)				355,883	136,878

Fuente: Cotización empresa Airtec

5.3.8 Evaluación Económica de la propuesta

El proceso de evaluación económica, se desarrolló tomando como información el reporte financiero y operativo de la empresa periodo 2011 y tomando como datos las tablas 5.9; 5.10; 5.11; 5.12 y 5.13.

Para el cálculo de las actividades de financiamiento se tomó una premisa importante, el cual indica que el financiamiento de los proyectos está representado bajo el costo de oportunidad del accionista.

Criterios de selección de la evaluación económica

Para determinar la mejor alternativa se definen los siguientes criterios:

Valor Presente Neto: El cual debe ser mayor a 0.

Vida de la mina: Mayor a 08 años y menor a 14 años.

Tabla 5.15 Resumen de evaluación económica de escenarios (Ver anexo 05, 06 y 07).

Resumen de evaluación de inversiones

ESCENARIO I	183,503,340 USD	VAN nivel de producción actual
ESCENARIO II	224,767,490 USD	VAN incremento de producción sin variadores
ESCENARIO III	225,205,977 USD	VAN incremento de producción con variadores

Incremental por uso de variadores e instrumentación

Generación de Valor	438,487 USD
---------------------	--------------------

**CAPITULO VI. PROPUESTA DE UN SISTEMA DE VENTILACION,
APLICANDO TECNOLOGIAS DE INFORMACION BAJO EL MANEJO
DE ESCENARIOS TECNICO ECONOMICO**

Desarrollado el análisis de resultados en el capítulo V, determinamos lo siguiente:

1. Las reservas y recursos (medidos e indicados) minerales pueden sostener una producción de 1,600 tpd.
2. Se estima un requerimiento de ventilación de 505,499 cfm para una producción de 1,600tpd.
3. El diseño de ventilación planteado considera una capacidad instalada de ventilación principal en interior mina aproximadamente en 521,800 cfm.
4. La cobertura a una producción de 1,200 tpd se incrementa de 73% a 153%.
5. Si la producción fuese de 1,600 tpd la cobertura sería de 103%.
6. Minimizar el consumo de energía por reducción de la velocidad de rotación de los ventiladores principales en 30%, lo cual generaría una reducción de potencia eléctrica en más del 60%.

7. Para contar con un sistema de monitoreo en tiempo real, implementar una red de fibra óptica entre el ventilador principal y la consola de control de equipos.
8. La inversión en equipos e infraestructura minera asciende en 0.69MM de dólares americanos y el tiempo de implementación será de 02 años.

6.1 Plan de redistribución de ventiladores

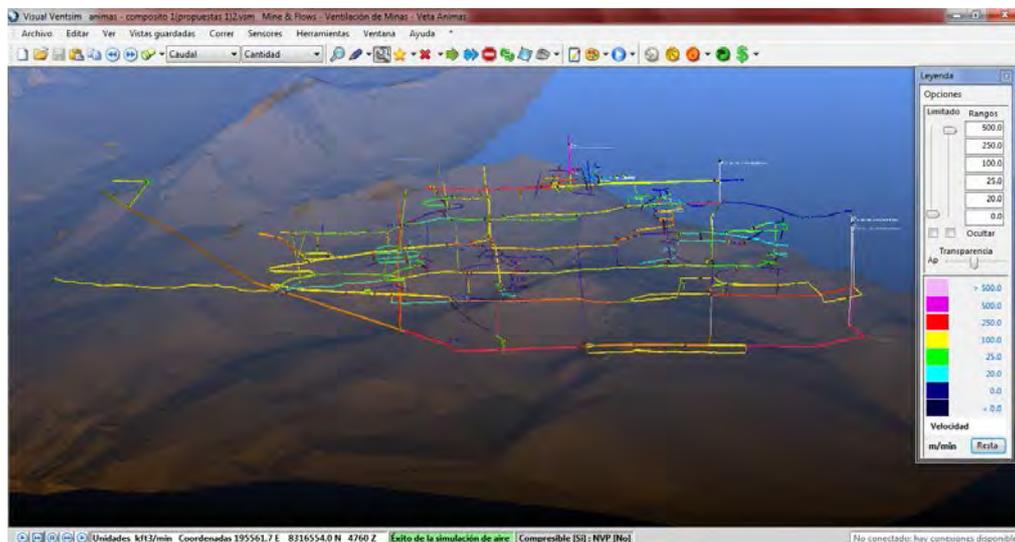
Reubicar el ventilador de 100,000 cfm y ubicarlo en la parte superior (superficie) de la chimenea raise bore 405. Este equipo trabajara como extractor de aire viciado en paralelo con el ventilador ubicado en el Nv 07 Animas NE.

6.2 Plan de adquisición e implementación

En equipos; adquisición e instalación de 02 ventiladores de 100,000cfm según la fig. 6.2.

En Infraestructura; construcción de 02 chimeneas con equipo raise bore de 2.1m de diámetro, según figura 6.3.

Figura 6.1: Arreglo general del sistema de ventilación propuesto



Elaboración propia

6.2.1 Ventiladores Principales

Adquisición e Instalación de equipos

Instalación de un ventilador VAV 54-26.5-1750 en la chimenea Alimak 407N, cuyas características principales son:

01 Ventilador de 100,000cfm

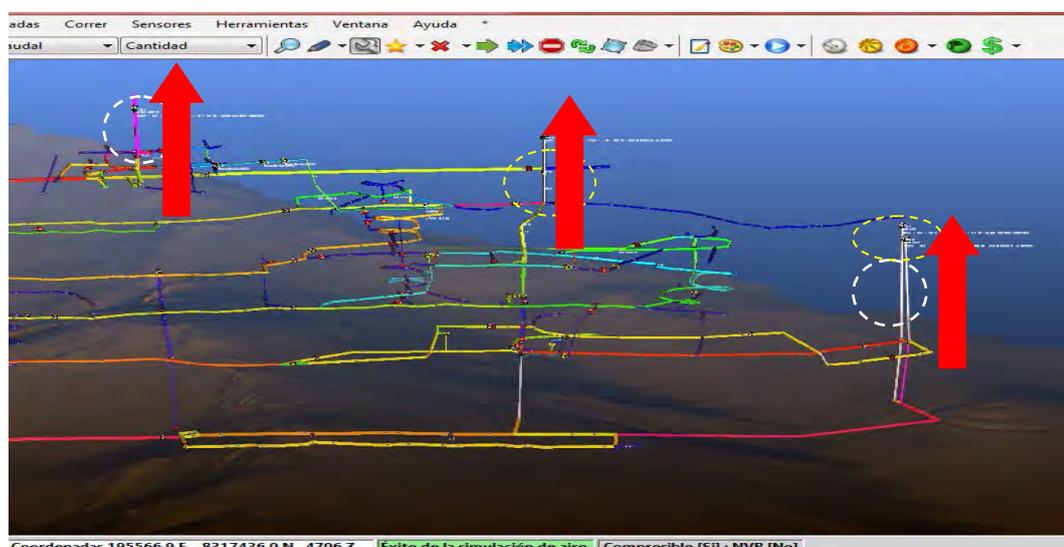
- ✓ Presión Total 7 in H2O
- ✓ Potencia 150 HP @ 4500msnm
- ✓ Arrancador Y-D de 150 HP @ 4500msnm

Instalación de un ventilador VAV 54-26.5-1750 I en la chimenea RB 450-1, cuyas características principales son:

01 Ventilador de 100,000cfm

- ✓ Presión Total 7 in H2O
- ✓ Potencia 150 HP @ 4500msnm
- ✓ Arrancador Y-D de 150 HP @ 4500msnm

Figura 6.2: Ubicación de ventiladores principales



Elaboración propia

6.2.3 Construcción de Chimeneas

Construcción de las siguientes chimeneas

- a) Implementación proyecto CH-PROY 01. Chimenea a construir desde el Nv 07 a Superficie con equipo Raise Bore.

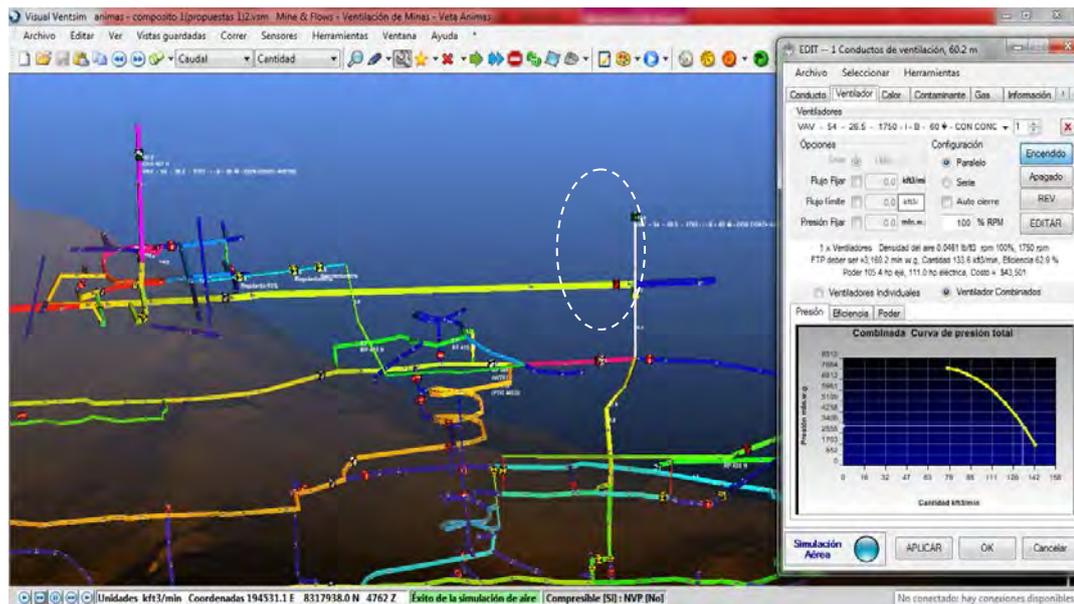
Datos

Longitud 110m

Diámetro 2.1m

RMR Roca 50

Figura 6.3: Ubicación de CH-Proy 01



Elaboración propia

- b) **Implementación proyecto CH-PROY 02.**

Construir chimeneas en dos etapas siguientes:

Primera Etapa (para corto plazo)

Nv 10 a Superficie

Datos

Longitud 160m

Diámetro 2.1m

RMR Roca 45

Segunda Etapa para mediano y largo plazo

Construir dos (02) chimeneas con equipos raise borer desde el Nv 12 a Nv 10, los cuales serán la continuación de los ductos de ventilación de la parte superior.

Los datos de las chimeneas son:

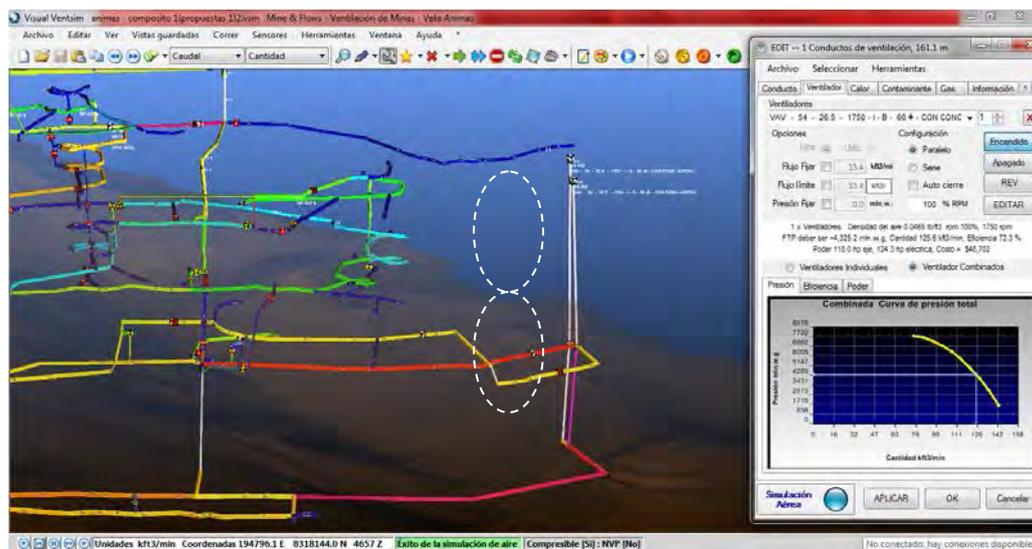
Datos

Longitud 102m

Diámetro 2.1m

RMR Roca 45

Figura 6.4: Ubicación de Chimeneas Raise Borer

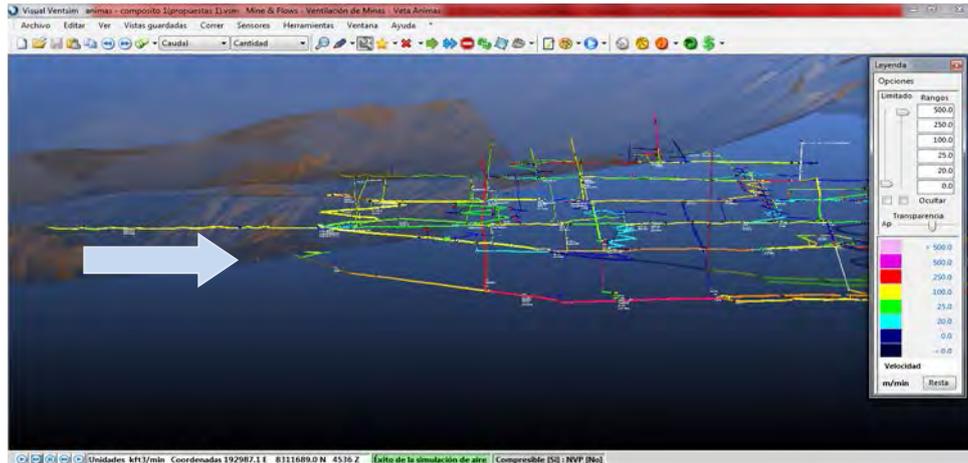


Elaboracion Propia

Sistema de ingreso

El ingreso de aire fresco a la mina se realizara por los puntos consideraado en el sistem actual de ventilacion según se muestra la fig. 30.

Figura 6.5: Sistema de ingreso de aire fresco a la mina Animas



Elaboración propia
Fuente: Simulador Ventsim.

6.3 Resultado de la propuesta

El resultado de la propuesta se muestra en la figura 6.6.

Figura 6.6: Resumen de sistema de ventilación propuesto

Flujo de aire compresible	Si
La presión de ventilación natural	No
Tipo de simulación de la presión del ventilador	Método de la presión total
Red de conductos de ventilación	2391
Longitud total	29,059.7 m
Caudal de aire total de admisión	507.6 kft3/min
Caudal de aire total de escape	521.8 kft3/min
Flujo de masa total	181.18 kg/s
Resistencia de la mina	0.00823 PU
RESUMEN DE POTENCIA	
Potencia del AIRE (pérdida por fricción)	177.0 hp Total 80.5 hp Chimenea 96.5 hp Conducir
Refrigeración Potencia de entrada	0.0 hp
Potencia eléctrica de ENTRADA	463.5 hp
Que consta de ..	
4 Ventiladores	463.5 hp
0 Presiones fijadas	0.0 hp
0 Flujos fijados	0.0 hp
0 Refrigeración	0.0 hp

Elaboracion propia

6.3.1 Punto de operación del sistema de ventilacion planteado

La distribución de salida de aire por zona de explotación en la mina Animas se indica en la tabla siguiente.

Tabla 6.1: Resumen de características de ventiladores por zonas Mina Animas

Zona	Tipo de Ventilador	Caudal Nominal (kcfm)	Ubicación	Caudal Simulado (kcfm)	Eficiencia %	Potencia Hp	Presion Total in w.g
Alta	VAV - 54 - 26.5 - 1750 - I - B - 60	100	Ch 407	137.6	55.1%	103.10	2.53
Intermedia	VAV - 54 - 26.5 - 1750 - I - B - 60	100	PROY RB 01	133.6	62.9%	111.40	3.17
Baja	VAV - 54 - 26.5 - 1750 - I - B - 60	100	RB 450	124.9	72.7%	124.90	4.40
	VAV - 54 - 26.5 - 1750 - I - B - 60	100	PROY RB 02	125.7	72.2%	124.10	4.31

Elaboración Propia

DISCUSIONES

En el desarrollo de la presente tesis se vieron necesidades de tomar premisas y basarse en algoritmos para determinar las variables dependientes en el modelo de ventilación.

En vista a que solo contamos con información al año 2011 de las actividades mineras, se ha procedido a tomar información pública de la empresa establecida en su página web.

CONCLUSIONES

Se pudo validar la hipótesis planteada; los sistemas de ventilación aplicando tecnologías de información a través de manejo de escenarios es una propuesta que genera valor en el proceso de minado de Minera Bateas.

La propuesta planteada genera valor por un monto de 438,487 dólares americanos con una inversión incremental de 136,878 dólares americanos.

Se lograron los objetivos siguientes:

Se planteó un sistema de ventilación cuya infraestructura tecnológica y de comunicación permitan transmitir en tiempo real cambios en el sistema acorde a los niveles de contaminación.

La propuesta permite minimizar el consumo de energía por uso de tecnología, instrumentación y sistemas de comunicación en interior mina.

Las reservas y recursos (medidos e indicados) pueden sostener una ampliación de operaciones de 1200 tpd a 1600tpd, para lo cual la mina demandaría un requerimiento de 505,499 cfm, para mantener una cobertura superior al 100%.

La mejor alternativa para abastecer el crecimiento de la demanda de ventilación, es la implementación de 02 ventiladores de 100,000cfm (principal) y dos proyectos raise bore principales en las zonas NE de la mina.

Se espera con la implementación de esta alternativa una capacidad de extracción de aire superior a 521,000cfm, superior al requerimiento estimado.

Las horas muertas de la mina asciende a 5 horas por turno de 12 horas, hora de baja productividad y demanda de ventilación en interior mina por parada de equipos diésel.

Las horas acumuladas anuales por horas muertas asciende a 3,300 horas anuales, horario en el cual la capacidad de caudal de los ventiladores se reducen en un 30%, esto genera un ahorro de energía de 749,666 kw-h/año.

El ahorro indicado generará mayor impacto económico en operaciones mineras de mayores escalas de producción, por el cual sería importante ese análisis.

La implementación de tecnología permite a los operadores hacer seguimiento y medición a sus actividades y por ende realizar los controles y ajustes respectivos.

RECOMENDACIONES

Implementar la propuesta del presente estudio.

Se recomienda enfatizar en un adecuado plan de minado detallado a largo plazo para una mejor ingeniería de los sistemas de ventilación de minas.

Hacer el análisis de ventilación a largo plazo si el plan de expansión es superior a 1600 tpd.

Para el largo plazo se requiere hacer una revisión de la resistencia global de la mina, con el fin de determinar diámetros superiores.

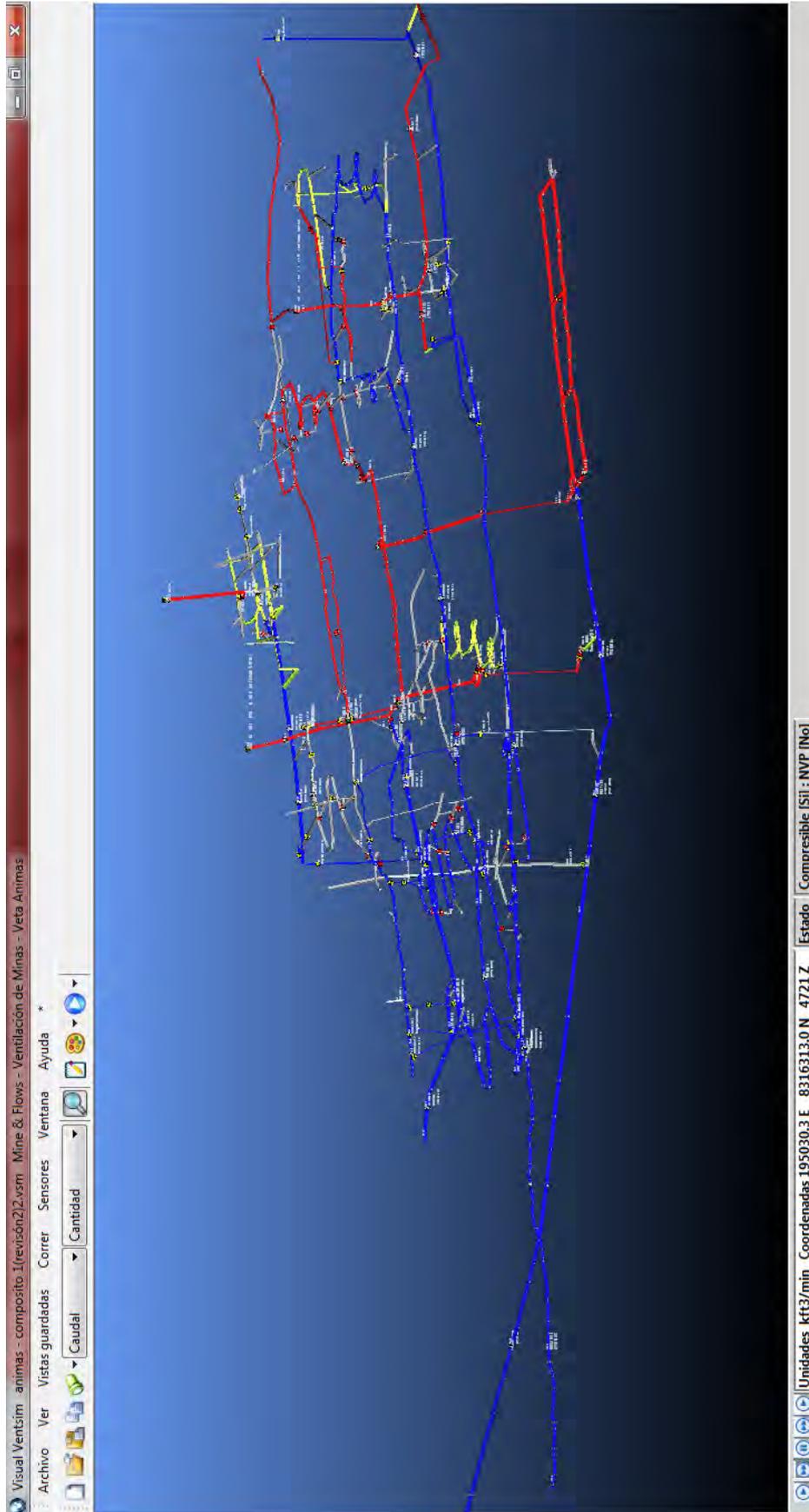
Implementar un sistema inteligente, que consista en la instalación de dispositivos de medición de gases ubicados en puntos estratégicos de alto tránsito que permita regular los variadores de velocidad de acuerdo al nivel de contaminantes y requerimiento de ventilación en tiempo real de la mina.

BIBLIOGRAFIA

1. Howard L. Hartman 1992 "SME Mining Engineering Handbook" Segunda Edition
2. Kenneth C. Laudon Jan P. Laudon "Sistemas de Información Gerencial" Decima Edición.
3. Ronald M. Weiers " Introducción a la Estadística para Negocios" Quinta Edición
4. Euler De Souza "Mine Ventilation" Departament of Mining Engineering Queen's University, Kingston, Ontario, Canada.
5. José Francisco Zegarra Carmona 2006 "Evaluación del Sistema de Ventilación en Profundización de Minas". UNI - Perú
6. Nestor David Cordova Rojas 2008 "Geomecanica en el Minado Subterráneo Caso Mina Condestable". UNI – Perú
7. Fortuna Silver Mines Inc 2005 "Thecnical Report 43-101 Caylloma Project Arequipa, Peru".
8. Sergio Bravo 2010 "Evaluación de Inversiones" ESAN Lima - Peru
9. Fortuna Silver Mines, Mayo 2012 "Reporte Técnico NI 43 101"
10. Andersen Sweemey Williams "Estadistica para administración y economía" Octava Edicion.
11. Fortuna Silver Mines 2013. www.fortunasilver.com.

ANEXOS

ANEXO 01
PLANO ISOMETRICO DE VENTILACION 2011 MINA ANIMAS



ANEXO 02
REGISTRO DE LEVANTAMIENTO DE VENTILACION 2011 MINA
ANIMAS

VEGA	FECHA	HORA	LABOR	NIVEL	DISTANCIA (m)	TIEMPO (")	BULBO HUMEDO (°C)	BULBO SECO (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERAT URA (°C)	ANCHO (m)	ALTURA (m)	VELOCIDAD Ane (m/s)	TEMPERAT URA Ane (°C)	O2 (%)	H2S (ppm)	CO (ppm)	CO2 (%)	NO2 (ppm)
Animas	22/02/2011	03:30 p.m.	Rb 422	12	190	1.48	11.3		87.1	12.8	3.4	2.95	0.85	18	20.8	0	0	0	0
Animas	22/02/2011	03:30 p.m.	Rb 422	12	185	1.47	11.3		87.1	12.8	3.4	2.95	0.88	18	20.8	0	0	0	0
Animas	22/02/2011	03:30 p.m.	Rb 422	12	187	1.47	11.3		87.1	12.8	3.4	2.95	0.91	18	20.8	0	0	0	0
Animas	22/02/2011	03:30 p.m.	Rb 422	12	187	1.47	11.3		87.1	12.8	3.4	2.95	0.88	18	20.8	0	0	0	0
Animas	22/02/2011	04:00 p.m.	Rp 512 Rb 402	12	236	1.38	9.7		88	11	3.1	3	1.10	15.4	20.8	0	15	0.06	0.6
Animas	22/02/2011	04:00 p.m.	Rp 512 Rb 402	12	234	1.45	9.7		88	11	3.1	3	1.00	15.4	20.8	0	15	0.06	0.6
Animas	22/02/2011	04:00 p.m.	Rp 512 Rb 402	12	228	1.46	9.7		88	11	3.1	3	1.09	15.4	20.8	0	15	0.06	0.6
Animas	22/02/2011	04:00 p.m.	Rp 512 Rb 402	12	233	1.43	9.7		88	11	3.1	3	1.06	15.4	20.8	0	15	0.06	0.6
Animas	22/02/2011	04:35 p.m.	Cor 280 Altura Alimak	12	455	2.42	8.9		91	9.8	4.46	3.75	1.30	13.3	20.8	0	0	0.03	0
Animas	22/02/2011	04:35 p.m.	Cor 280 Altura Alimak	12	470	2.51	8.9		91	9.8	4.46	3.75	1.37	13.3	20.8	0	0	0.03	0
Animas	22/02/2011	04:35 p.m.	Cor 280 Altura Alimak	12	340	1.58	8.9		91	9.8	4.46	3.75	1.23	13.3	20.8	0	0	0.03	0
Animas	22/02/2011	04:35 p.m.	Cor 280 Altura Alimak	12	422	2.17	8.9		91	9.8	4.46	3.75	1.30	13.3	20.8	0	0	0.03	0
Animas	22/02/2011	05:00 p.m.	Boca Mina Cor 280	12	1041	2.22	3.5		89	4.3	4	3.99	2.90	9.8	20.8	0	0	0.01	0
Animas	22/02/2011	05:00 p.m.	Boca Mina Cor 280	12	1039	2.26	3.5		89	4.3	4	3.99	2.42	9.8	20.8	0	0	0.01	0
Animas	22/02/2011	05:00 p.m.	Boca Mina Cor 280	12	1050	2.30	3.5		89	4.3	4	3.99	2.79	9.8	20.8	0	0	0.01	0
Animas	22/02/2011	05:00 p.m.	Boca Mina Cor 280	12	1043	2.26	3.5		89	4.3	4	3.99	2.70	9.8	20.8	0	0	0.01	0
Animas	22/02/2011	10:03 a.m.	Bp 360, XC 363	10	649	1.33	5.5		89.4	6.5	4	3.02	3.1	11.3	20.8	0	0	0	0
Animas	22/02/2011	10:03 a.m.	Bp 360, XC 363	10	695	1.26	5.5		89.4	6.5	4	3.02	3.36	11.3	20.8	0	0	0	0
Animas	22/02/2011	10:03 a.m.	Bp 360, XC 363	10	625	1.16	5.5		89.4	6.5	4	3.02	3.1	11.3	20.8	0	0	0	0
Animas	22/02/2011	10:25 a.m.	Bp 360, A la altura TJ 360	10	379	1.37	6.8		88.6	8	3.5	3.45	1.46	9.2	20.8	0	0	0.05	0.5
Animas	22/02/2011	10:25 a.m.	Bp 360, A la altura TJ 360	10	331	1.43	6.8		88.6	8	3.5	3.45	1.46	9.2	20.8	0	0	0.05	0.5
Animas	22/02/2011	10:25 a.m.	Bp 360, A la altura TJ 360	10	339	1.56	6.8		88.6	8	3.5	3.45	1.71	9.2	20.8	0	0	0.05	0.5
Animas	22/02/2011	11:14 a.m.	Bp 430	10	253	1.31	4.5		87.7	5.7	3.2	3.05	1.52	10.2	20.8	0	0	0.12	0.7
Animas	22/02/2011	11:14 a.m.	Bp 430	10	364	1.37	4.5		87.7	5.7	3.2	3.05	1.45	10.2	20.8	0	0	0.12	0.7
Animas	22/02/2011	11:14 a.m.	Bp 430	10	342	1.16	4.5		87.7	5.7	3.2	3.05	1.45	10.2	20.8	0	0	0.12	0.7
Animas	22/02/2011	11:45 p.m.	Rp 427, Curva a 20m	10	116	1.35	7.2		91	8.1	3.3	3.5	0.62	11.2	20.8	0	0	0	0

VEFA	FECHA	HORA	LABOR	NIVEL	DISTANCIA (m)	TIEMPO (")	BUBO HUMEDO (°C)	BUBO SECO (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA (°C)	ANCHO (m)	ALTURA (m)	VELOCIDAD Ane (m/s)	TEMPERATURA Ane (°C)	O2 (%)	H2S (ppm)	CO (ppm)	CO2 (%)	NO2 (ppm)	
Animas	22/02/2011	11:45 p.m.	Rp 427, Curva a 20 m	10	110	1.46	7.2		91	8.1	3.3	3.5	0.58	11.2	20.8	0	0	0	0	
Animas	22/02/2011	11:45 p.m.	Rp 427, Curva a 20 m	10	110	1.39	7.2		91	8.1	3.3	3.5	0.58	11.2	20.8	0	0	0	0	
Animas	22/02/2011	12:00 p.m.	VE 363, Winice	10							3.8	3.15	0.72	10.5	20.8	0	0	0	0	
Animas	22/02/2011	12:00 p.m.	VE 363, Winice	10							3.8	3.15	0.72	10.5	20.8	0	0	0	0	
Animas	22/02/2011	12:20 p.m.	Rp 431W	10	273	1.28	8.2		95.3	8.6	3	3.07	1.45	11.1	20.8	0	0	0	0.01	
Animas	22/02/2011	12:20 p.m.	Rp 431W	10	298	1.34	8.2		95.3	8.6	3	3.07	1.47	11.1	20.8	0	0	0	0.01	
Animas	22/02/2011	12:20 p.m.	Rp 431W	10	313	1.3	8.2		95.3	8.6	3	3.07	1.51	11.1	20.8	0	0	0	0.01	
Animas	22/02/2011	12:40 p.m.	Rp 431E	10	117	1.19	7.7		92	8.5	3.2	3.04	0.76	10	20.8	0	0	0	0	
Animas	22/02/2011	12:40 p.m.	Rp 431E	10	185	1.49	7.7		92	8.5	3.2	3.04	0.76	10	20.8	0	0	0	0	
Animas	22/02/2011	12:40 p.m.	Rp 431E	10	194	1.53	7.7		92	8.5	3.2	3.04	0.9	10	20.8	0	0	0	0	
Animas	22/02/2011	05:30 p.m.	Rp 360W	10	771	1.4	5.3		93.2	6.2	3.52	2.74			20.8	0	0	0	0	
Animas	22/02/2011	05:30 p.m.	Rp 360W	10	618	1.18	5.3		93.2	6.2	3.52	2.74			20.8	0	0	0	0	
Animas	22/02/2011	05:30 p.m.	Rp 360W	10	630	1.21	5.3		93.2	6.2	3.52	2.74			20.8	0	0	0	0	
Animas	23/02/2011	11:30 p.m.	Bp 386 cerca a Boca Mina	6	477	2.23	1.7		87	2.9	4.74	3.9	1.69	10.2	20.8	0	0	0	0	
Animas	23/02/2011	11:30 p.m.	Bp 386 cerca a Boca Mina	6	577	2.44	1.7		87	2.9	4.74	3.9	1.59	10.2	20.8	0	0	0	0	
Animas	23/02/2011	11:30 p.m.	Bp 386 cerca a Boca Mina	6	570	2.37	1.7		87	2.9	4.74	3.9	1.43	10.2	20.8	0	0	0	0	
Animas	23/02/2011	12:00 p.m.	GA 386 Entre V1 y Ve 386	6	121	1.44	2.8		85	4.3	2.55	2.63	0.63	10	20.8	0	0	0	0	
Animas	23/02/2011	12:00 p.m.	GA 386 Entre V1 y Ve 386	6	159	2.1	2.8		85	4.3	2.55	2.63	0.58	10	20.8	0	0	0	0	
Animas	23/02/2011	12:00 p.m.	GA 386 Entre V1 y Ve 386	6	170	2.37	2.8		85	4.3	2.55	2.63	0.74	10	20.8	0	0	0	0	
Animas	23/02/2011	12:30 p.m.	Boca Mina Ga Cuadros Rp 385	7	230	1.1	3		88	4	2.55	2.5	1.22	9	20.8	0	0	0	0	
Animas	23/02/2011	12:30 p.m.	Boca Mina Ga Cuadros Rp 385	7	230	1.17	3		88	4	2.55	2.5	1.4	9	20.8	0	0	0	0	
Animas	23/02/2011	12:30 p.m.	Boca Mina Ga Cuadros Rp 385	7	240	1.1	3		88	4	2.55	2.5	1.24	9	20.8	0	0	0	0	
Animas	23/02/2011	02:20 p.m.	Bp 386, XC 386	7	304	2.45	3.1		87	4.3	4.15	3.99	0.82	12.1	20.8	0	0	0	0	
Animas	23/02/2011	02:20 p.m.	Bp 386, XC 386	7	386	3.02	3.1		87	4.3	4.15	3.99	0.85	12.1	20.8	0	0	0	0	
Animas	23/02/2011	02:20 p.m.	Bp 386, XC 386	7	304	2.45	3.1		87	4.3	4.15	3.99	0.88	12.1	20.8	0	0	0	0	
Animas	23/02/2011	02:49 p.m.	Rp 402	6	231	1.44	3.1		85.7	4.2	3.3	3	1.01	14.5	20.8	0	0	0	0	
Animas	23/02/2011	02:49 p.m.	Rp 402	6	200	1.27	3.1		85.7	4.2	3.3	3	1.07	14.5	20.8	0	0	0	0	
Animas	23/02/2011	02:49 p.m.	Rp 402	6	264	1.57	3.1		85.7	4.2	3.3	3	0.88	14.5	20.8	0	0	0	0	
Animas	23/02/2011	03:10 p.m.	Ch 407 Segundo dedo	6	311	2.03	7.4		96.4	7.8	3.62	2.95	1.19	12	20.8	0	0	0	0	
Animas	23/02/2011	03:10 p.m.	Ch 407 Segundo dedo	6	303	2.01	7.4		96.4	7.8	3.62	2.95	1.39	12	20.8	0	0	0	0	
Animas	23/02/2011	03:10 p.m.	Ch 407 Segundo dedo	6	297	2	7.4		96.4	7.8	3.62	2.95	1.08	12	20.8	0	0	0	0	
Animas	24/02/2011	10:30 a.m.	Ga Boca Mina	7	218	0.59	2.5		88.3	3.4	2.55	2.5	1.78	19.1	20.8	0	0	0.04	0	
Animas	24/02/2011	10:30 a.m.	Ga Boca Mina	7	226	0.58	2.5		88.3	3.4	2.55	2.5	1.78	19.1	20.8	0	0	0.04	0	
Animas	24/02/2011	10:45 a.m.	Ga Boca Mina	7	250	1.01	2.5		88.3	3.4	2.55	2.5	1.53	19.1	20.8	0	0	0.04	0	
Animas	24/02/2011	10:45 a.m.	Ch 396	7	449	1.32	5.5		97.7	6	2.64	2.55	1.57	10.8	20.8	0	0	0.04	0	
Animas	24/02/2011	10:45 a.m.	Ch 396	7	536	1.51	5.5		97.7	6	2.64	2.55	1.75	10.8	20.8	0	0	0.04	0	
Animas	24/02/2011	10:45 a.m.	Ch 396	7	451	1.36	5.5		97.7	6	2.64	2.55	1.72	10.8	20.8	0	0	0.04	0	
Animas	24/02/2011	11:20 a.m.	Bp 385 Despues de Ch 426	7	161	1.27	8		96.1	8.2	3.25	2.95	0.93	10	20.8	0	0	0.08	0	
Animas	24/02/2011	11:20 a.m.	Bp 385 Despues de Ch 426	7	162	1.27	8		96.1	8.2	3.25	2.95	1.03	10	20.8	0	0	0.08	0	
Animas	24/02/2011	11:20 a.m.	Bp 385 Despues de Ch 426	7	160	1.3	8		96.1	8.2	3.25	2.95	1.05	10	20.8	0	0	0.08	0	
Animas	24/02/2011	11:45 a.m.	Rp 415	8	135	1.25	6.6		96.6	7	3.4	3.1	0.87	13.3	20.8	0	23	0.24	0	
Animas					158	1.31							0.78							
Animas					158	1.27							0.86							
Animas	24/02/2011	12:30 p.m.	Puerta Casa Compresora	8	356	1.01	3.4		92.2	4.2	2.64	2.15	2.11	13.2	20.8	0	0	0.04	0	
Animas					417	1.07							2.45							
Animas					430	1.08							2.41							
Animas	24/02/2011	01:00 p.m.	Cimbras despues de Rp 380	8	953	3.12	2.6		90.2	3.4	4	3.83	2.35	11.1	20.8	0	0	0.04	0	
Animas					674	2.15							2.24							
Animas					744	2.34							2.12							
Animas	24/02/2011	03:30 p.m.	TJ 429	8							2.5	1.23	1.47	20	20.8	0	0	0	0	

VETA	FECHA	HORA	LABOR	NIVEL	DISTANCIA (m)	TIEMPO (")	BULBO HUMEDO (°C)	BULBO SECO (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERAT URA (°C)	ANCHO (m)	ALTURA (m)	VELOCIDAD Ane (m/s)	TEMPERAT URA Ane (°C)	O2 (%)	H2S (ppm)	CO (ppm)	CO2 (%)	NO2 (ppm)		
Animas													1.36								
Animas	24/02/2011	04:10 p.m.	Ch 449	9							0.9	1.5	1.41								
Animas													1.83	17.4	20.8	0	0	0	0	0	
Animas													1.62								
Animas	24/02/2011	04:40 p.m.	p Antes de Rp 415 despues de Ch 41	9	361	1.5	5.6		89.2	6.5	3.35	3.35	1.81								
Animas					376	1.59							1.32	14	20.8	0	0	0	0	0	
Animas					374	1.57							1.06								
Animas	24/02/2011	04:55 p.m.	Bp antes de Rp 412	9	618	1.5	5.2		95.3	5.6	3.15	3.32	1.18								
Animas					500	1.32							2.46								
Animas					570	1.44							2.54								
Animas	24/02/2011	05:30 p.m.	Ch 400, Rp 412	9			7.2		97.6	7.5	1.87	1.64	6.49	13.5	20.8	0	0	0	0	0	
Animas													6.69								
Animas													6.26								
Animas	25/02/2011	08:35 a.m.	Boca Mina Rp 358	8	716	1.18	1.6		90.6	2.3	3.98	3.91	4.2	9	20.8	0	0	0	0	0	
Animas					126	2.03							4.13								
Animas					1241	2.02							3.85								
Animas	25/02/2011	09:15 a.m.	Rp 380	9	221	1.56	3.5		80.5	5.3	3.37	3.35	0.69	10.4	20.8	0	0	0	0	0	
Animas					232	2.07							0.82								
Animas					205	1.49							0.81								
Animas	25/02/2011	09:30 p.m.	Bp por comedor	9	120	1.43	4.1		93.8	4.8	3.05	2.6	0.67	11.3	20.8	0	0	0	0	0	
Animas					136	1.56							0.64								
Animas					100	1.4							0.54								
Animas	25/02/2011	09:55 a.m.	Rp 360 por Tj 360	10	677	2.55	4.4		91.9	5.1	4.45	3.85	1.44	10.1	20.8	0	0	0.03	0	0	
Animas					658	2.53							1.6								
Animas													1.56								
Animas	25/02/2011	10:30 a.m.	Ge Cuadros Boca Mina	9	381	1.35	3.5		93.7	4	2.57	2.32	1.9	13.8	20.8	0	0	0.03	0	0	
Animas					274	1.14							1.61								
Animas					310	1.23							1.87								

ANEXO 03
CUADRO DE CORRELACION DE DATOS REALES VS DATOS
SIMULADOS CON VENTSIM

Nv.	Labor	Q Real (KCFM)	Q Simul (KCFM)	%
12	RP 240 (Bocamina)	35.4	36.2	102.26
	Antes de RP 292	37.5	36.6	97.60
	Pie de RP 292	30.5	28.9	94.75
	Pie de RP 300	27.9	26.7	95.70
	Antes de CH 310 (2)	25.4	24.5	96.46
	Después de CH 310 (2)	10.3	9.9	96.12
			Correlación Promedio	97.15

ANEXO 04
PLANO DE SECUENCIAMIENTO DE MINADO

ANEXO 05
EVALUACION ECONOMICA SIN PROYECTO (1200TPD)

EVALUACION DE INVERSIONES SIN PROYECTO DE AMPLIACION

DATOS	ACTUAL
Produccion Anual (t)	445,521
Costo Unitario (USD/t)	64
Valor Unitario (USD/t)	218
Costo de Energia	0.81
Vida de la mina	14
Depreciacion fiscal	20%
Inversion anual de sostenibilidad	6,000,000.00
Inversion plan de cierre	3,656,000

FINANCIAMIENTO

Deuda	0%
Capital	100%
K'd	0.00%
K'e	15%
Ingresos	30%

	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Flujo de Inversion																
Inversion de Sostenibilidad			6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000
Inversion de crecimiento			6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000
Flujo de Inversiones			6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000
Depreciacion Inversion Año 01					1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000
Depreciacion Inversion Año 02					1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000
Depreciacion Inversion Año 03					1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000
Depreciacion Inversion Año 04					1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000
Depreciacion Inversion Año 05					1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000
Depreciacion Inversion Año 06					1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000
Depreciacion Inversion Año 07					1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000
Depreciacion Inversion Año 08					1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000
Depreciacion Inversion Año 09					1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000
Depreciacion Inversion Año 10					1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000
Depreciacion Inversion Año 11					1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000
Depreciacion Inversion Año 12					1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000
Depreciacion Inversion Año 13					1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000
Depreciacion Inversion Año 14					1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000
Total Depreciacion					2,400,000	3,600,000	4,800,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000

Flujo operativo	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ingresos			96,989,940	96,989,940	96,989,940	96,989,940	96,989,940	96,989,940	96,989,940	96,989,940	96,989,940	96,989,940	96,989,940	96,989,940	96,989,940	96,989,940
Costos			28,513,349	28,513,349	28,513,349	28,513,349	28,513,349	28,513,349	28,513,349	28,513,349	28,513,349	28,513,349	28,513,349	28,513,349	28,513,349	28,513,349
Utilidad Bruta			68,476,591	68,476,591	68,476,591	68,476,591	68,476,591	68,476,591	68,476,591	68,476,591	68,476,591	68,476,591	68,476,591	68,476,591	68,476,591	68,476,591
Gastos Administrativos			16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000
Depreciacion			1,200,000	2,400,000	3,600,000	4,800,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000
Utilidad Operativa			52,473,591	51,273,591	50,073,591	48,873,591	47,673,591	46,473,591	46,473,591	46,473,591	46,473,591	46,473,591	46,473,591	46,473,591	46,473,591	47,307,991
Impuestos 30%			15,742,077	15,382,077	15,022,077	14,662,077	14,302,077	13,942,077	13,942,077	13,942,077	13,942,077	13,942,077	13,942,077	13,942,077	13,942,077	14,192,997
Utilidad Neta			36,731,513	35,891,513	35,051,513	34,211,513	33,371,513	32,531,513	32,531,513	32,531,513	32,531,513	32,531,513	32,531,513	32,531,513	32,531,513	33,115,593
Flujo de caja Operativo			36,731,513	37,091,513	37,451,513	37,811,513	38,171,513	38,531,513	38,531,513	38,531,513	38,531,513	38,531,513	38,531,513	38,531,513	38,531,513	38,281,193
Flujo de Caja de Inversiones			-6,000,000	-6,000,000	-6,000,000	-6,000,000	-6,000,000	-6,000,000	-6,000,000	-6,000,000	-6,000,000	-6,000,000	-6,000,000	-6,000,000	-6,000,000	-6,000,000
Flujo de Caja Económico			30,731,513	31,091,513	31,451,513	31,811,513	32,171,513	32,531,513	32,531,513	32,531,513	32,531,513	32,531,513	32,531,513	32,531,513	32,531,513	32,281,193

CPPC 15%

VAN 183,503,340

ANEXO 06
EVALUACION ECONOMICA CON PROYECTO DE AMPLIACION
(1,600TPD)

EVALUACION DE INVERSION: AMPLIACION DE OPERACIONES A 1600 TPD

1200 TPD	1600 TPD
Produccion Anual (t)	580,800
Costo Unitario (USD/t)	64
Valor Unitario (USD/t)	218
Costo de Energía	1.18
Vida de la mina	11
Depreciacion lineal	20%
Inversion anual de sostenibilidad	7,394,552
Inversion de crecimiento (02 años)	23,385,000
Inversion plan de cierre	7,461,129

FINANCIAMIENTO

Deuda (bancos)	0%
Capital (inversionista)	100%
Kd (costo de financiamiento banco)	0.00%
Ke (costo de inversionista)	15%
Impuestos	30%

	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Flujo de Inversiones													
Inversion de Sostenibilidad	6,000,000	6,000,000	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552
Inversion de crecimiento	11,692,500	11,692,500	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552
Flujo de Inversiones	17,692,500	17,692,500	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552
Depreciacion Inversion Año -1		1,200,000	8,277,000	8,277,000	8,277,000	8,277,000	8,277,000	8,277,000	8,277,000	8,277,000	8,277,000	8,277,000	8,277,000
Depreciacion Inversion Año 0			1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000
Depreciacion Inversion Año 01				1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910
Depreciacion Inversion Año 02					1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910
Depreciacion Inversion Año 03						1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910
Depreciacion Inversion Año 04							1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910
Depreciacion Inversion Año 05								1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910
Depreciacion Inversion Año 06									1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910
Depreciacion Inversion Año 07										1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910
Depreciacion Inversion Año 08											1,478,910	1,478,910	1,478,910
Depreciacion Inversion Año 09												1,478,910	1,478,910
Depreciacion Inversion Año 10													746,113
Depreciacion Inversion Año 11													
Total Depreciacion		1,200,000	9,477,000	10,955,910	12,434,821	13,913,731	14,192,642	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	6,661,755

	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Flujo operativo												
Ingresos	96,989,939.89	126,440,160.00	126,440,160.00	126,440,160.00	126,440,160.00	126,440,160.00	126,440,160.00	126,440,160.00	126,440,160.00	126,440,160.00	126,440,160.00	126,440,160.00
Costos	28,513,349.35	34,848,000.00	34,848,000.00	34,848,000.00	34,848,000.00	34,848,000.00	34,848,000.00	34,848,000.00	34,848,000.00	34,848,000.00	34,848,000.00	34,848,000.00
Utilidad Bruta	68,476,591	91,592,160										
Gastos Administrativos	16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000
Depreciacion	-	9,477,000	10,955,910	12,434,821	13,913,731	14,192,642	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	6,661,755
Utilidad Operativa	52,473,591	66,112,160	64,633,250	63,154,339	61,675,429	61,396,518	68,194,608	68,194,608	68,194,608	68,194,608	68,194,608	68,927,406
Impuestos 30%	15,742,077	19,833,648	19,389,975	18,946,302	18,502,629	18,418,956	20,458,382	20,458,382	20,458,382	20,458,382	20,458,382	20,678,222
Utilidad Neta	36,731,513	46,278,512	45,243,275	44,208,037	43,172,800	42,977,563	47,736,226	47,736,226	47,736,226	47,736,226	47,736,226	48,249,184
Flujo de caja Operativo	36,731,513	55,755,512	56,199,185	56,642,858	57,086,531	57,170,204	55,130,778	55,130,778	55,130,778	55,130,778	55,130,778	54,910,938
Flujo de Caja de Inversiones	17,692,500	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	3,730,565
Flujo de Caja Economico	19,039,013	48,360,960	48,804,633	49,248,306	49,691,979	49,775,652	47,736,226	47,736,226	47,736,226	47,736,226	47,736,226	51,400,213

CPIC 15%

VANE 224,674,900

ANEXO 07
EVALUACION ECONOMICA CON PROYECTO DE AMPLIACION
(1,600TPD) APLICANDO VARIADORES DE VELOCIDAD Y
TECNOLOGIAS DE INFORMACION

EVALUACION DE INVERSION AMPLIACION DE OPERACIONES A 1600 TPD

DATOS	1200 TPD	1600TPD + VARIADOR DE VELOCIDAD
Produccion Anual (t)	445,521	580,800
Costo Unitario (USD/t)	64,00	59,68
Valor Unitario (USD/t)	218	218
Costo de Energia (*)	1,00	0,86
Vida de la mina	14	11
Depreciacion lineal	20%	20%
Inversion anual de sostenibilidad	6,000,000	7,394,552
Inversion de crecimiento (02 años)	23,385,000	23,385,000
Inversion Plan de cierre	7,461,129	7,461,129
Inversion en Varadores e instrumentacion	136,878	

FINANCIAMIENTO

Deuda	0%
Capital	100%
Kd	0.00%
Ke	15%
Impuestos	30%

	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Flujo de Inversion													
Inversion de Sostenibilidad	6,000,000	6,000,000	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552
Inversion de crecimiento	11,692,500	11,829,378	11,829,378	11,829,378	11,829,378	11,829,378	11,829,378	11,829,378	11,829,378	11,829,378	11,829,378	11,829,378	11,829,378
Flujo de Inversiones	17,692,500	17,829,378											

Depreciacion Inversion Abo -01			8,304,376	8,304,376	8,304,376	8,304,376	8,304,376	8,304,376	8,304,376	8,304,376	8,304,376	8,304,376	8,304,376
Depreciacion Inversion Abo 0		1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000
Depreciacion Inversion Abo 01			1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910
Depreciacion Inversion Abo 02			1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910
Depreciacion Inversion Abo 03			1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910
Depreciacion Inversion Abo 04			1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910
Depreciacion Inversion Abo 05			1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910
Depreciacion Inversion Abo 06			1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910
Depreciacion Inversion Abo 07			1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910
Depreciacion Inversion Abo 08			1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910
Depreciacion Inversion Abo 09			1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910
Depreciacion Inversion Abo 10			1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910
Depreciacion Inversion Abo 11			1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910	1,478,910
Total Depreciacion	-	1,200,000	9,504,376	10,983,286	12,462,196	13,941,107	14,220,017						

Flujo operativo	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ingresos	96,989,939.89	126,440,160.00	126,440,160.00	126,440,160.00	126,440,160.00	126,440,160.00	126,440,160.00	126,440,160.00	126,440,160.00	126,440,160.00	126,440,160.00	126,440,160.00
Costos	28,513,349.35	28,513,349.35	34,659,866.05	34,659,866.05	34,659,866.05	34,659,866.05	34,659,866.05	34,659,866.05	34,659,866.05	34,659,866.05	34,659,866.05	34,659,866.05
Utilidad Bruta	68,476,591	91,780,294										
Gastos Administrativos	16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000	16,003,000
Depreciacion	-	9,504,376	10,983,286	12,462,196	13,941,107	14,220,017	14,220,017	14,220,017	14,220,017	14,220,017	14,220,017	14,220,017
Utilidad Operativa	52,473,591	66,272,918	64,794,008	63,315,098	61,836,187	61,557,277						
Impuestos 30%	15,742,077	19,881,876	19,438,202	18,994,529	18,550,856	18,467,183	18,467,183	18,467,183	18,467,183	18,467,183	18,467,183	18,467,183
Utilidad Neta	36,731,513	46,391,043	45,355,806	44,320,568	43,285,331	43,090,094						
Flujo de caja Operativo	36,731,513	37,091,513	56,339,092	56,782,765	57,226,438	57,310,111	55,262,471	55,262,471	55,262,471	55,262,471	55,262,471	55,262,471
Flujo de Caja de Inversiones	17,692,500	17,829,378	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552	7,394,552
Flujo de Caja Economico	19,039,013	19,262,135	48,944,540	49,388,213	49,831,886	49,915,559						

CPIC 15%

VANE 225,205,977

ANEXO 08
CUADRO DE AHORRO DE POTENCIA ANUAL POR APLICACIÓN DE
VARIABLES

DATOS				CONDICIONES AL Q=100%				CONSUMO DE ENERGIA CON VARIADOR (Q=70%)					AHORRO	
Zona	Caudal Nominal (kcfm)	Ubicación	Caudal Simulado (kcfm)	Potencia Hp	Presión Total in w.g	Horas/año	kw-h/año	Caudal Simulado con Variador (kcfm)	Potencia Hp	Horas/año	kw-h/año (1)	kw-h/año (2)	USD/año total	Ahorro USD
Alta	100	Ch 407	137.6	103	3	7,920	609,148	96	35	3,300	87,057	355,336	110,598	41,689
Intermedia	100	PROY RB 0	133.6	111	3	7,920	658,187	94	38	3,300	94,066	383,942	119,502	45,045
Baja	100	RB 450	124.9	125	4	7,920	737,949	87	43	3,300	105,465	430,470	133,984	50,503
	100	PROY RB 0	125.7	124	4	7,920	733,223	88	43	3,300	104,790	427,713	133,126	50,180
			521.8	463.5			2,738,506	365	159	13,200	391,378	1,597,462	497,210	187,417

ANEXO 09
PLANO DE RECURSOS MINERALES VETA ANIMAS

