

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**T E S I S**

**Requerimiento de aire para la red de ventilación de las labores mineras  
en sus Unidades de Producción, de la Empresa Minera Lincuna S. A.**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero de Minas**

**Autor:**

**Bach. Elvis Hugo ESPINOZA TORIBIO**

**Asesor:**

**Ing. Toribio GARCIA CONTRERAS**

**Cerro de Pasco - Perú – 2023**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**T E S I S**

**Requerimiento de aire para la red de ventilación de las labores mineras  
en sus Unidades de Producción, de la Empresa Minera Lincuna S. A.**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Mg. Teodoro Rodrigo SANTIAGO ALMERCÓ**  
**PRESIDENTE**

---

**Mg. Silvestre Fabián BENAVIDES CHAGUA**  
**MIEMBRO**

---

**Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA**  
**MIEMBRO**



**Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión**  
**Facultad de Ingeniería de Minas**  
**Unidad de Investigación**

---

**INFORME DE ORIGINALIDAD N°141-2023**

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por:

**Bachiller: Elvis Hugo ESPINOZA TORIBIO**

Escuela de Formación Profesional

**Ingeniería de Minas**

Tipo de trabajo:

**Tesis**

**"REQUERIMIENTO DE AIRE PARA LA RED DE VENTILACION DE LAS LABORES MINERAS EN SUS UNIDADES DE PRODUCCION, DE LA EMPRESA MINERA LINCUNA S.A."**

Asesor:

Ing. Toribio GARCIA CONTRERAS

Índice de Similitud: 02%

Calificativo

**APROBADO**

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 30 de setiembre del 2023

  
Dr. Agustín Arturo AGUIRRE ADAUTO  
JEFE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION DE LA  
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

## **DEDICATORIA**

Dedico con todo mi corazón mi tesis a mis padres, Hugo y Leonisa porque ellos han dado razón a mi vida, por sus consejos, su apoyo incondicional y sobre todo su paciencia, todo lo que hoy soy es gracias a ellos.

A mis hermanos Lenin y Jhon que estuvieron apoyándome en las buenas y malas de todo mi proceso universitario.

A toda mi familia por creer en mí y siempre estar orgulloso de la persona que soy, y a mis ingenieros que me apoyaron en brindarme sus experiencias y brindarme sus sabidurías a la toma de decisiones como ingeniero de minas.

A Dios por siempre levantarme de todos mis tropiezos, y siempre estar conmigo y mi familia en todas las adversidades que la vida me presento.

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a Dios por permitirme y disfrutar de mi hermosa familia, gracias a mi familia por apoyarme en cada decisión y proyecto que forme.

Por la culminación de mi proyecto de tesis agradezco a todos mis ingenieros que me ayudaron con las inquietudes durante el desarrollo de mi proyecto.

## RESUMEN

La investigación llevada a cabo, que tiene por título: REQUERIMIENTO DE AIRE PARA LA RED DE VENTILACION DE LAS LABORES MINERAS EN SUS UNIDADES DE PRODUCCION, DE LA EMPRESA MINERA LINCUNA S. A. plantea como objetivo: Determinar el requerimiento de aire para los trabajos en las labores mineras de sus unidades de producción, de la Empresa Minera Lincuna S. A; como variables se establecimos Requerimiento de aire y Labores mineras de sus unidades, en cuanto al proceso metodológico vemos que la investigación es aplicada, con un nivel descriptivo, haciendo uso del método científico, con el apoyo de los métodos específicos inductivo y deductivo; con un diseño no experimental transversal, la muestra está conformado por las siguientes labores Para **la Unidad Hércules** Bay pass 270, nivel 05, 06,04, boca mina sansón Nv 3 norte, chimenea (EVH-20, **Para la Unidad Coturcan** Crucero Coturcan, chimenea 290-1, nivel 09, Rampa 210+, bocamina 105; **Para la Unidad Caridad** Crucero caridad, chimenea 05, bocamina crucero Zeus Este

Finalmente terminamos con conclusiones y recomendaciones respectivas; dentro de las conclusiones podemos mencionar lo siguiente: En cuanto a los resultados del requerimiento de aire para cada zona de la mina Lincuna se determinó los siguientes resultados, Zona Hércules: Caudal de ingreso: 138,541 cfm, Caudal requerido: 137,038 cfm, Cobertura: 101 % un superávit de aire de 1,503 cfm. Zona Caridad: Caudal de ingreso: 76,126 cfm, Caudal requerido: 73,831 cfm Cobertura: 103.0 % un superávit de aire de 2,295 cfm. Zona Coturcan: Caudal de ingreso: 96,371 cfm, Caudal requerido: 95,639 cfm Cobertura: 100.8 % un superávit de aire de 731 cfm.

**Palabras claves:** Ventilación de minas, requerimiento de aire, labores mineras, caudal de aire.

## ABSTRACT

The research carried out, which is titled: AIR REQUIREMENT FOR THE VENTILATION NETWORK OF THE MINING WORKS IN ITS PRODUCTION UNITS, OF THE COMPANY MINERA LINCUNA S. A. aims to: Determine the air requirement for the works in the works mining companies of their production units, of the Empresa Minera Lincuna S. A; As variables we established Air Requirement and Mining Work of its units, regarding the methodological process we see that the research is applied, with a descriptive level, making use of the scientific method, with the support of specific inductive and deductive methods; With a non-experimental cross-sectional design, the sample is made up of the following tasks For the Hércules Bay pass 270 Unit, level 05, 06.04, Samsón mine mouth Lv 3 north, chimney (EVH-20, For the Coturcan Crucero Coturcan Unit, chimney 290-1, level 09, Ramp 210+, minehead 105; For the Charity Unit Charity Cruise, chimney 05, minehead Zeus East cruiser.

Finally, we end with conclusions and respective recommendations; Among the conclusions we can mention the following: Regarding the results of the air requirement for each zone of the Lincuna mine, the following results were determined, Hercules Zone: Inlet flow: 138,541 cfm, Required flow: 137,038 cfm, Coverage: 101 % an air surplus of 1,503 cfm. Charity Zone: Inlet flow: 76,126 cfm, Required flow: 73,831 cfm Coverage: 103.0% an air surplus of 2,295 cfm. Coturcan Zone: Inlet flow: 96,371 cfm, Required flow: 95,639 cfm Coverage: 100.8% an air surplus of 731 cfm.

**Keywords: Mine ventilation, air requirement, mining work, air flow.**

## INTRODUCCIÓN

En la Empresa Minera Lincuna para proseguir con sus operaciones en sus unidades Hércules, Conturcan, Caridad hay necesidad de conocer el requerimiento de aire y contar con buena ventilación en todas sus labores, al no conocer este requerimiento se corre el riesgo de producir accidentes, dificultades en el trabajo del personal y deficiencia en el funcionamiento de las maquinas; es por esta razón que se realiza esta investigación con el fin de determinar el nivel de ventilación que necesitan las redes de operaciones de la mina.

El desarrollo de la tesis está estructurado por capítulos lo cual pasamos a explicar brevemente:

El capítulo I trata de enfocar la problemática de la investigación referente al requerimiento de aire ver si se cuenta con una buena ventilación en sus tres minas, para lo cual planteamos el problema, sus objetivos, proponemos la hipótesis y sus variables. Como también la Delimitación y limitaciones.

El Capítulo II, desarrollamos el Marco Teórico, referente al tema analizando los antecedentes, las bases teóricas propuestas por autores que mencionamos y la terminología más usada en la tesis.

Seguidamente, el Capítulo III, enfoca la Metodología empleada, sobre el método de investigación utilizado, el nivel y tipo de investigación, el diseño de la investigación, la población y muestra, las Técnicas e instrumentos de recolección de datos y el procesamiento de Datos.

En el Capítulo IV presentamos los resultados de la investigación en cuanto al requerimiento de aire en la red de ventilación en las labores de sus tres unidades **Hércules, Coturcan, Coturcan Caridad.**

Por último, presentamos las conclusiones y recomendaciones

También se indica las referencias bibliográficas de todos los autores utilizados para esta investigación.

## ÍNDICE

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**RESUMEN**

**ABSTRACT**

**ÍNDICE**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

## CAPITULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Planteamiento del problema.....	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	2
1.2.1.	Delimitación espacial .....	2
1.2.2.	Delimitación temporal .....	2
1.3.	Formulación del problema .....	3
1.3.1.	Problema General.....	3
1.3.2.	Problema Específicos .....	3
1.4.	Formulación de Objetivos.....	3
1.4.1.	Objetivo General.....	3
1.4.2.	Objetivos Específicos.....	3
1.5.	Justificación del Problema.....	3
1.6.	Limitaciones de la investigación .....	4

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1.	Antecedentes de estudio .....	5
2.2.	Bases teóricas científicas .....	8
2.2.1.	Métodos de ventilación de minas .....	8
2.2.2.	Requerimiento de aire .....	12
2.2.3.	Requerimiento de Aire Total (QT0) .....	13
2.2.4.	Circuitos de ventilación .....	19
2.2.5.	Software de ventilación .....	23
2.3.	Definición de términos conceptuales .....	24
2.4.	Enfoque filosófico – epistémico .....	27

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1.	Tipo de investigación .....	29
3.2.	Nivel de investigación .....	29
3.3.	Características de la investigación .....	29
3.4.	Métodos de investigación .....	30
3.5.	Diseño de investigación .....	30
3.6.	Procedimiento del muestreo .....	30
3.6.1.	Población .....	30
3.6.2.	Muestra .....	31
3.7.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	31
3.7.1.	Técnicas .....	31

3.7.2.	Instrumentos.....	31
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	31
3.9.	Orientación ética .....	32

## **CAPITULO IV**

### **PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

4.1.	Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	33
4.1.1.	Descripción del sistema actual de ventilación .....	33
4.1.2.	Resultado De Las Mediciones De Campo.....	33
4.1.3.	Zona Hércules .....	34
4.1.4.	Zona Coturcan.....	39
4.1.5.	Zona Caridad.....	43
4.1.6.	Inventario de ventiladores 2019 .....	48
4.1.7.	Consumo de energía .....	51
4.2.	Discusión de resultados .....	54

### **CONCLUSIONES**

### **RECOMENDACIONES**

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la mina.....	2
Figura 2 Ventilación natural .....	9
Figura 3 Sistema impelente .....	10
Figura 4 Sistema aspirante .....	11
Figura 5 Sistema combinado .....	12
Figura 6 Red de ventilación en serie.....	21
Figura 7 Red de ventilación en paralelo .....	22
Figura 8 Balance total de aire .....	38
Figura 9 Balance total de aire .....	43
Figura 10 Balance de aire Caridad.....	47
Figura 11 Plano isométrico de ventilación Mina Hércules .....	58
Figura 12 Plano isométrico de ventilación Mina Hércules y nuevo eje de extracción RB 10      59	
Figura 13 Plano isométrico de ventilación Mina Hércules y nuevo eje de extracción RB 05, RB 06, RB 07 .....	60
Figura 14 Plano isométrico de ventilación Mina Hércules y nuevo eje de extracción RB 01, RB 02, RB 03, RB 04 .....	61

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Factor de producción de acuerdo a consumo de madera .....	15
Tabla 2 Velocidad mínima de acuerdo a la temperatura .....	16
Tabla 4 Ingreso de aire fresco.....	34
Tabla 5 Salida de aire viciado .....	34
Tabla 6 Balance de aire actual – Mina Hércules .....	35
Tabla 7 Requerimiento de aire actual – Mina Hércules .....	36
Tabla 8 Requerimiento de aire actual por temperatura - Mina Hércules.....	36
Tabla 9 Requerimiento de aire actual para equipos Diésel – Mina Hércules.....	37
Tabla 10 Requerimiento de aire actual por fugas – Mina Hércules .....	37
Tabla 11 Requerimiento total de aire – Mina Hércules.....	38
Tabla 12 Balance total de aire.....	38
Tabla 13 Ingreso de aire fresco zona Coturcan.....	39
Tabla 14 Salida de aire viciado zona Coturcan .....	39
Tabla 15 Balance de aire actual – Mina Coturcan.....	40
Tabla 16 Requerimiento Aire - Coturcan .....	40
Tabla 17 Requerimiento de aire actual por equipos diésel - Mina Coturcan.....	41
Tabla 18 Requerimiento de aire actual por fugas - Mina Coturcan.....	42
Tabla 19 Requerimiento de aire actual global - Mina Coturcan .....	42
Tabla 20 Balance de aire Coturcán.....	42
Tabla 21 Ingreso de aire fresco zona Caridad.....	43
Tabla 22 Salida de aire viciado zona Caridad .....	43
Tabla 23 Balance de aire actual – Mina Caridad.....	44

Tabla 24 Requerimiento de aire actual por personal – Mina Caridad .....	44
Tabla 25 Requerimiento de aire actual por equipos diésel – Mina Caridad .....	45
Tabla 26 Requerimiento de aire actual por fugas - Mina Caridad.....	46
Tabla 27 Requerimiento de aire global – Mina Caridad.....	46
Tabla 28 Balance de aire Caridad.....	46
Tabla 29 Ubicación de ventiladores Hércules .....	48
Tabla 30 Ubicación de ventiladores Coturcan.....	49
Tabla 31 Ubicación de ventiladores Caridad.....	50
Tabla 32 Costo de energía de ventiladores de hércules.....	51
Tabla 33 Costo de energía de ventiladores de Coturcan.....	52
Consumo De Energía Nominal – Mina Caridad.....	53
Tabla 34 Costo de energía de ventiladores de Caridad .....	53

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Planteamiento del problema**

En las operaciones mineras la circulación del aire tiene una incidencia directa en la eficiencia de los niveles de producción. Por esta razón optimizar estos factores representa un aspecto primordial cuando se trate de estructurar un método de explotación específico para estas operaciones.

Específicamente, una labor de ventilación eficiente consiste en facilitar la entrada de aire limpio a la totalidad de las labores en mina. Para ello se puede recurrir a una fuente de aire natural o por medio de un equipamiento inductor. La ventilación por vía mecánica puede conseguir un reparto racionalizado de manera eficiente un gran volumen de aire a las diferentes labores. De esta manera se puede alcanzar condiciones ambientalmente adecuada para la operatividad minera.

De igual manera que es determinante el ingreso de aire limpio en las distintas fases operativas también se debe poder garantizar una extracción del polvo que producen las labores dentro del tajeo o en otras de forma óptima usando para ello las chimeneas de servicio.

En la Empresa Minera Lincuna para proseguir con sus operaciones en sus unidades Hércules, Conturcan, Caridad hay necesidad de conocer el

requerimiento de aire y contar con buena ventilación en todas sus labores, al no conocer este requerimiento se corre el riesgo de producir accidentes, dificultades en el trabajo del personal y deficiencia en el funcionamiento de las maquinas; es por esta razón que se realiza esta investigación con el fin de determinar el nivel de ventilación que necesitan las redes de operaciones de la mina.

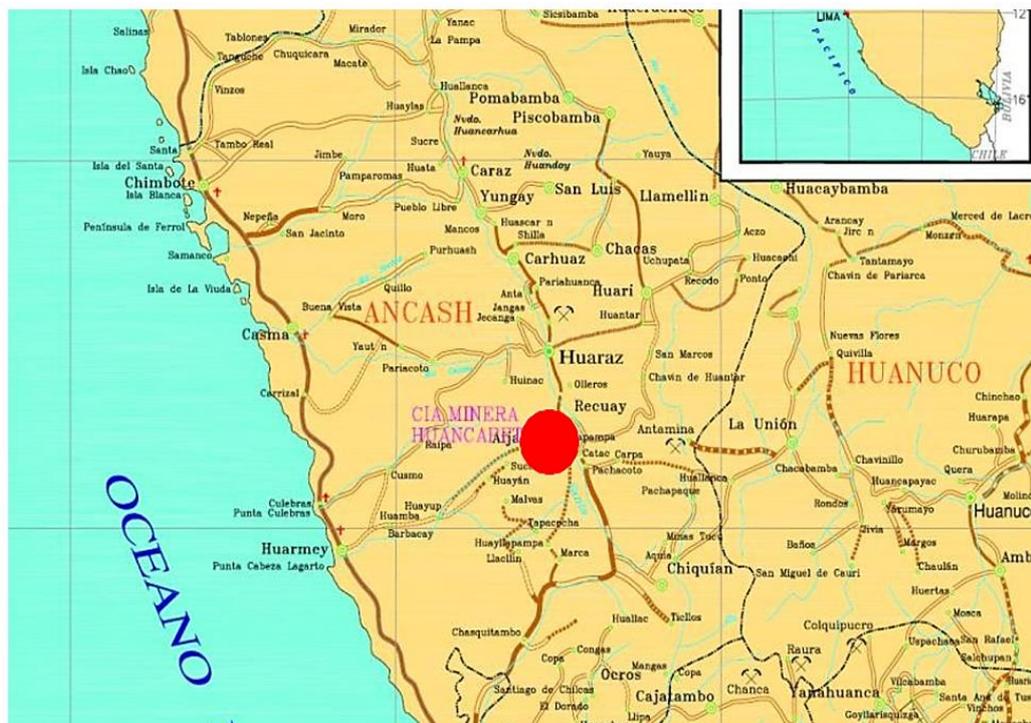
## 1.2. Delimitación de la investigación

### 1.2.1. Delimitación espacial

El estudio tendrá por espacio de realización las instalaciones de la EMPRESA MINERA LINCUNA S., que se encuentra en la localidad de Recuay, ubicado en la provincia del mismo nombre, perteneciente a la jurisdicción regional de Ancash.

#### *Figura 1*

*Ubicación de la mina*



### 1.2.2. Delimitación temporal

El tiempo previsto para realizar la investigación es de 6 meses desde el mes de julio hasta diciembre durante 2021.

### **1.3. Formulación del problema**

#### **1.3.1. Problema General**

¿Cuál es el requerimiento de aire para los trabajos en las labores mineras de sus unidades de producción, de la Empresa Minera Lincuna S. A.?

#### **1.3.2. Problema Específicos**

a. ¿Cuál es el requerimiento de aire para los trabajos en las labores mineras en la Unidad de producción Hércules, de la Empresa Minera Lincuna S. A.?

b. ¿Cuál es el requerimiento de aire para los trabajos en las labores mineras en la Unidad de producción Coturcan, de la Empresa Minera Lincuna S. A.?

c. ¿Cuál es el requerimiento de aire para los trabajos en las labores mineras en la Unidad de producción Caridad, de la Empresa Minera Lincuna S. A.?

### **1.4. Formulación de Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo General**

Determinar el requerimiento de aire para los trabajos en las labores mineras de sus unidades de producción, de la Empresa Minera Lincuna S. A.

#### **1.4.2. Objetivos Específicos**

a. Determinar el requerimiento de aire para los trabajos en las labores mineras en la Unidad de producción Hércules, de la Empresa Minera Lincuna S. A.

b. Determinar el requerimiento de aire para los trabajos en las labores mineras en la Unidad de producción Coturcan, de la Empresa Minera Lincuna S. A.

c. Determinar el requerimiento de aire para los trabajos en las labores mineras en la Unidad de producción Caridad, de la Empresa Minera Lincuna S. A.

### **1.5. Justificación del Problema**

En la actualidad existe un aspecto dentro de las operaciones de minería en entornos subterráneos que concentra poderosamente la atención de los operadores mineros, se trata de los eventos accidentales.

Entre los factores determinantes de estos eventos se puede reconocer la función y relevancia que tiene un adecuado sistema de ventilación, que, si bien

asegura unas condiciones operativas efectivas al regular la temperatura y los niveles de oxígeno, se hace aún más importante debido a que inciden en un aspecto determinante que viene a ser la dilución de la concentración de material gaseoso que se produce como consecuencia de una voladura.

Al poder determinar con nuestra investigación el requerimiento del aire tanto en cantidad y calidad en sus unidades operativas de la empresa estaremos indicando si la cantidad de aire es lo suficiente o deficiente para una buena ventilación o poder realizar las correcciones necesarias, esto justifica su realización.

#### **1.6. Limitaciones de la investigación**

Al realizar la investigación no hemos encontrado limitación ni obstáculos para su realización, al contrario, se encontró apoyo para la obtención de los datos.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

**Tenemos los siguientes antecedentes:**

**Primer antecedente:**

En la tesis titulado “EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN Y PROPUESTA PARA SU OPTIMIZACIÓN EN MINA SUBTERRÁNEA CARBONÍFERA MI GRIMALDINA I - CAJAMARCA - 2016.” Cuyo autor es (GARCIA, 2016), tiene como objetivo el de conocer el procedimiento para los flujos de aire y ver su mejora en las operaciones Mi Grimaldina I; entre las conclusiones se encontraron:

- De acuerdo a las pruebas realizadas los gases que se producen después de la voladura no pasan los límites máximos permisibles, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>; tampoco las partículas en suspensión PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>.
- No hay necesidad de construir chimeneas, es suficiente las cámaras de explotación.
- En cuanto a la calidad de aire es buena y la mejora de la ventilación se conseguirá con más cámaras de explotación que llegan a la superficie.

### **Segundo antecedente:**

La tesis "OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DE LA MINA CHARITO, COMPAÑÍA MINERA PODEROSA S.A." sustentada por (VERGARAY, 2017) tiene como objetivo el de plantear un sistema de ventilación que pueda mejorar la ventilación de la mina Charito en C.M. Poderosa S. A.

Como conclusión se tiene:

- La ventilación de la mina es muy cambiante por la ubicación de las labores por lo que hay necesidad de usar ventiladores mecánicos.
- También hay necesidad de usar ventilación auxiliar por tener frentes ciegos.
- La cantidad de aire necesario en esta etapa de desarrollo es de 241.67 m<sup>3</sup>/min.
- Hay necesidad de usar 2 ventiladores de 10,000 CFM colocados en serie en la boca mina, mangas de 24" x 100m.
- El diseño todavía no está definido por lo que se está en la etapa de exploración.

### **Tercer antecedente:**

Por otra parte, en la tesis "Estudio del sistema de ventilación para el control de agentes químicos y físicos, U.O. Pallancata – veta Pablo – 2018" de (LLACHO, VARGAS, 2020) su objetivo fue, conocer si la ventilación elimina y controla a los agentes químicos y físicos que se generan durante la explotación de la veta Pablo.

Se arribo a las siguientes conclusiones:

- Los gases nitrosos, el dióxido de carbono se encuentran dentro de los estándares establecidos mas no así el monóxido de carbono, la cantidad de polvo que está en un 11%, la temperatura está dentro de lo normal.
- La ventilación en forma general podemos decir que no eficiente ni efectivo, debido a buena cantidad de equipos trabajando, falta de chimeneas, alta producción lo que dificulta tener una buena ventilación.
- La cobertura de la ventilación solo llega a un 33%, con un déficit de 359,483 CFM.

- Para mejorar la ventilación se tendrá que culminar la chimenea RC-04, adquirir 2 ventiladoras de 150 KCFM, y poder llegar a cubrir en un 102 %, satisfaciendo la necesidad de la ventilación de las labores.

#### **Cuarto antecedente:**

La tesis "MEJORAMIENTO DE LA VENTILACIÓN EN LA MINA SUBTERRANEA - MINA COLQUIJIRCA CIA. DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A. de (DURAN, 2018) plantea como objetivo: tener un buen sistema de ventilación para un trabajo eficiente del trabajador y de los equipos.

Como conclusión se tiene:

- Hay deficiencia en la ventilación, solo se llega a un 66.43 % de cobertura, faltando 6,617.54 m<sup>3</sup>/min.
- No hay un circuito definido de ventilación en la mina, hay acumulación de humos y gases
- Hay mala instalación de los ventiladores auxiliares lo que no permite la evacuación del humo o es muy lento su evacuación
- Falta una buena redistribución del aire fresco por los circuitos principales
- Hay necesidad de contar con chimeneas que se comuniquen con la superficie y así poder usar muchos ventiladores secundarios.

#### **Quinto antecedente:**

La tesis "MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN SUBTERRÁNEA DE LA MINA CONDOR IV, MINERA EL PALACIO DEL CÓNDROR S.A.C." de (HUAMANI, 2020) plantea como objetivo: mejorar la ventilación de la mina, para lo cual se debe contar con un diseño adecuado.

Como conclusión planteo:

- El software Ventsim permite alcanzar un diseño adecuado para sistemas de ventilación.
- La ventilación impelente es la ventilación adecuada usando mangas en las galerías principales hacia los tajeos.

- Se determino el caudal de los ventiladores y su factor de corrección por altitud.
- A medida que se avanza en profundidad la explotación la velocidad del aire tiende a disminuir llegando en muchos casos a 0 m/s, originando concentración de gases como el CO, NO<sub>2</sub>.
- La cobertura de aire fresco es de 106 %, con un recorrido de 900 m aproximadamente, lo que obliga a usar ventiladores auxiliares.
- De debe contar con chimeneas que comuniquen con la superficie y también con chimeneas menores entre niveles inferiores.

## **2.2. Bases teóricas científicas**

### **2.2.1. Métodos de ventilación de minas**

“En minería encontramos dos métodos principales de ventilación: ventilación natural y ventilación auxiliar, veremos resumidamente estos métodos.” (HERRRA, 2019)

#### **Ventilación natural**

Con este nombre se conoce al abastecimiento de aire natural a la red de distribución dentro de las operaciones mineras en los niveles subterráneos. Esta red de distribución comienza en el acceso al socavón a partir del cual el flujo debe poder recorrer la totalidad de los circuitos internos de operaciones encontrando un escape en otro acceso o bocamina.

Estructuralmente, la mecánica de flujos internos del aire se basa principalmente en los desniveles que deben presentar la vía de acceso y la vía de escape.

Además del desnivel de accesos otro factor determinante para el flujo de aire se encuentra el contraste entre las condiciones termodinámicas que pueden presentar el exterior de la mina y la parte interna. Debido a que se produce una reacción térmica que se convierte en energía de presión cuando ambas masas de aire se encuentran. Este fenómeno es el principal responsable de los flujos de

aire debido a que el aire que se encuentre a mayor temperatura desplazará al de menor y de esta manera se producirá el efecto circulatorio.

**Figura 2**

*Ventilación natural*



**Ventilación auxiliar**

Es el procedimiento mecánico para llevar aire limpio a zonas que presentan condiciones limitadas de circulación natural. De esta manera por medio de ductos y maquinaria se logra ventilar diversas labores en operaciones subterráneas.

Este sistema usa la Red de circulación de aire natural como fuente de captación y también las distintas zonas de evacuación del aire contaminado.

Ahora bien, existen distintos tipos de procedimientos para realizar el trabajo de ventilación auxiliar. Su aplicación dependerá de las condiciones específicas que presente las labores, a continuación, se muestra el detalle de los principales de estos sistemas:

### **Sistema impelente**

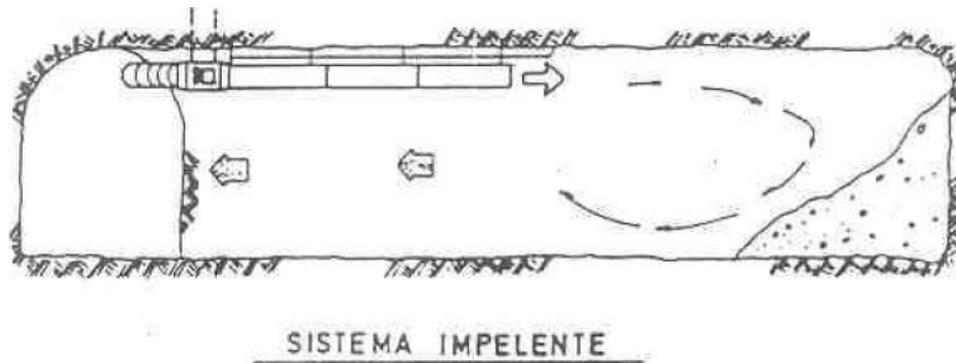
En este método consiste en impulsar aire natural por medio de ductos hacia una galería para que ejerza presión sobre la masa de aire interior que ya se encuentra viciado.

Este sistema alcanza su mejor eficiencia si es usado en parámetros técnicos específicos de una galería como lo es una longitud máxima de 400 m de extensión con secciones de 3 m por lado.

Asimismo, la eficiencia de este sistema estará condicionada por la capacidad del equipamiento y la distribución de los autos utilizados, en ese sentido se recomienda su uso para medianas o bajas capacidad, teniendo en cuenta las localizaciones del acceso y salida del circuito de ventilación general.

**Figura 3**

*Sistema impelente*



### **Sistema aspirante**

En este caso la estrategia de ventilación consiste en aprovechar el ingreso del aire natural por el acceso principal a la galería y por otra parte usar el sistema de extracción para retirar el aire viciado producido por las labores.

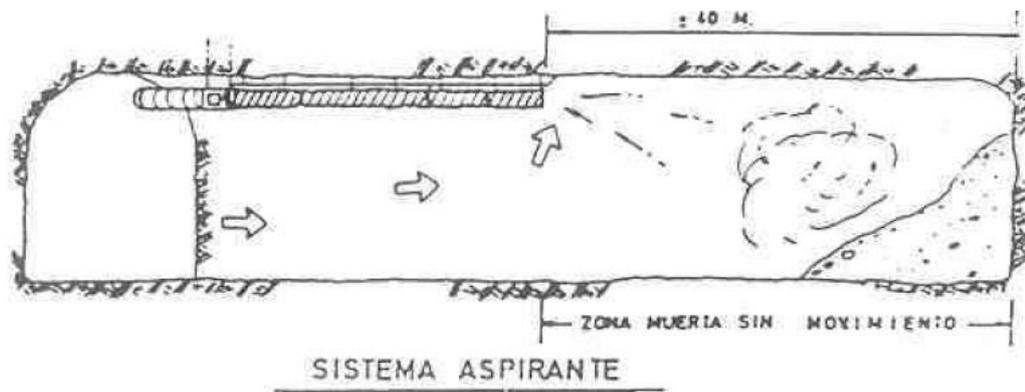
Este sistema es adecuado en labores que contemplen la excavación de túneles a partir de un nivel, en esos casos usar un sistema aspirante garantiza unas condiciones adecuadas de ventilación de las.

Técnicamente este sistema requiere del despliegue del circuito de ductos y aditamentos específicos los cuales servirán para la extracción del material

viciado. El despliegue de este sistema se debe dar entre el acceso principal de las operaciones y su extremo final para alcanzar una óptima labor de ventilación. (HERRRA, 2019)

#### **Figura 4**

*Sistema aspirante*



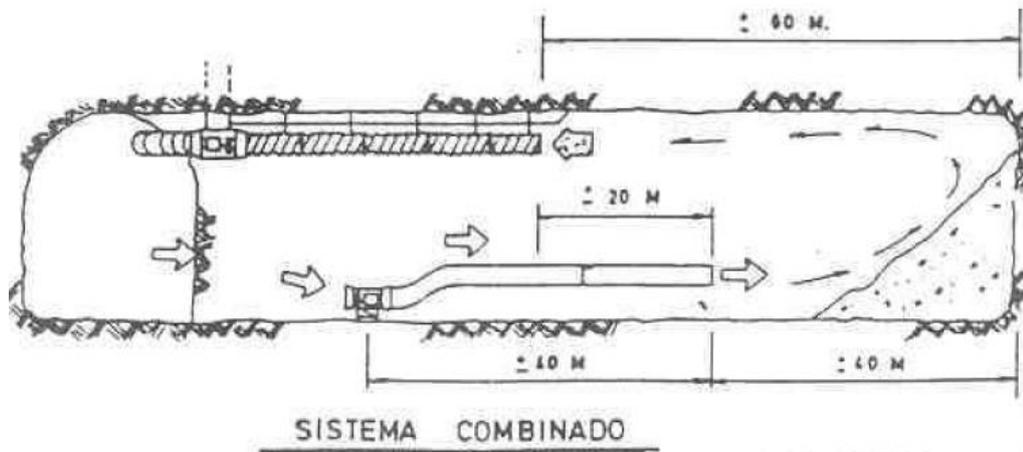
#### **Sistema aspirante-impelente**

En este método podemos encontrar la combinación de los dos anteriores debido a que requiere la operación conjunta de un ducto de entrada y un ducto de salida para lograr una eficiente labor de extracción de material viciado a la vez que se impulsa aire limpio.

Técnicamente este método presenta las ventajas de una operación conjunta de los dos anteriores y con ello se logra suministrar el volumen adecuado de aire natural en el frente del taque y además se consigue extraer rápida y adecuadamente el material viciado. Sin embargo, el inconveniente que presenta este método es que su costo operativo es también la combinación de los otros dos operandos conjuntamente, circunstancia que limita su aplicación a labores específicas.

**Figura 5**

*Sistema combinado*



### **Uso de aire comprimido**

Este es uno de los métodos que presenta un uso específicamente restringido a operaciones que presenten condiciones limitantes para los otros métodos, debido a su costo operativo significativamente superior, lo que hace al aire comprimido operativamente enfocado a labores que no presenten las condiciones prácticas para desarrollar piques de inclinación o chimeneas.

#### **2.2.2. Requerimiento de aire**

El volumen necesario de aire limpio en las operaciones subterráneas está determinado en base a factores como la cantidad del personal operativo, el equipamiento que se usará y la especificación técnica de los métodos de explotación a emplearse.

#### **Requerimiento de aire por cada operación**

El cálculo del volumen total de aire que se necesita consiste en en considerar el siguiente conjunto de variables operativas en términos de caudal requerido:

- Total, de personas en la operación
- Volumen de gas desprendido (en base a la normativa vigente)
- Nivel de temperatura

- Volumen del material suspendido en el polvo
- Labores de Producción
- Cantidad de material explosivo
- Equipamiento de motor Diesel

Además, según la disposición normativa establecida por el ministerio de minas a través de ley, decretos y reglamentos específicos se especifican los niveles y requerimientos con los que las operaciones deben cumplir.

### 2.2.3. Requerimiento de Aire Total (QT0)

Un factor importante a destacar es el uso de equipamiento con motores a base de petróleo para el cálculo del volumen necesario de aire, en ese caso específicamente se tendrá que emplear la siguiente fórmula para calcular la demanda.

$$QT0 = QT1 + QFu$$

Con los siguientes valores asignados:

<b>QT0</b>	Caudal total para la operación
<b>QT1</b>	La sumatoria de QTr + QMa + QTe + QEq
<b>QFu</b>	15% del QT1
<b>QTr</b>	Caudal por número de trabajadores
<b>QMa</b>	Consumo de madera
<b>QTe</b>	Temperatura en labores de trabajo
<b>QEq</b>	Equipos con motor petrolero

#### a) Caudal requerido por el número de trabajadores

Este criterio se encuentra determinado fundamentalmente por la altitud en relación al nivel del mar que está presente en las operaciones. En ese sentido se establece que la cantidad requerida de aire por trabajador debe ser establecida y modificada inicialmente en el nivel 1500 y posteriormente en el 3000 en el nivel

4000 en adelante. La cantidad de metros cúbicos requeridos por minuto se modifica de acuerdo a cada uno de los cuatro niveles establecidos comenzando por 3 m<sup>3</sup>/min.

A continuación, se muestra el detalle de los requerimientos de acuerdo a los niveles establecidos:

Altitud	Requerimiento de aire x trabajador
0 - 1500 MSNM	3m <sup>3</sup> /min.
1500 - 3000 MSNM	4m <sup>3</sup> /min
3000 - 4000 MSNM	5m <sup>3</sup> /min
Mayor a 4000 MSNM	6m <sup>3</sup> /min.

Fórmula:

$$Q_{Tr} = F \times N \text{ (m}^3/\text{min.)}$$

Con los siguientes valores asignados:

<b>N</b>	Número de trabajadores máximo
<b>Q<sub>Tr</sub></b>	Caudal total para "n" trabajadores en m <sup>3</sup> /min
<b>F</b>	Caudal mínimo por trabajador

#### **b) Caudal requerido por el consumo de madera (Q<sub>Ma</sub>)**

Otro factor determinante para el cálculo del requerimiento de aire es considerar la generación de gases de CO<sub>2</sub> y CH por parte de la madera empleada en el sostenimiento de las galerías, dichas emisiones condicionan el nivel de aire que se necesitará para llevar a cabo las labores. En ese sentido el cálculo debe basarse en la cantidad de este material utilizado en la totalidad de las operaciones interiores, y considerando también el volumen de aire necesario para la ventilación que se sitúa en 30 m<sup>3</sup>/min, además de una temperatura máxima fijada

en 24 °C. El cruce de estas variables nos dará como resultado el caudal requerido en base a la utilización de madera en las operaciones.

El cálculo referido se establece a partir de la siguiente fórmula:

$$QMa = T \times u \text{ (m}^3\text{/min)}$$

Con los siguientes valores asignados:

<b>QMa</b>	Caudal requerido por toneladas de producción (m <sup>3</sup> /min)
<b>u</b>	Factor de producción
<b>T</b>	Producción en toneladas métricas húmedas por guardia.

**Tabla 1**

*Factor de producción de acuerdo a consumo de madera*

CONSUMO DE MADERA (%)	FACTOR DE PRODUCCIÓN (m <sup>3</sup> /min)
< 20	0.00
20 a 40	0.60
41 a 70	1.00
> 70	1.25

**c) Caudal requerido por temperatura en las labores de trabajo (QTe)**

Calcular el requerimiento de aire basado en la variable de temperatura se debe considerar los niveles de velocidades mínimas, menciones del área de operaciones y un nivel de temperatura sobre los 23 ° centígrados.

El cálculo referido se establece a partir de la siguiente fórmula:

$$QTe = Vm \times A \times N \text{ (m}^3\text{/min)}$$

Con los siguientes valores asignados:

<b>QTe</b>	Caudal por temperatura (m <sup>3</sup> /min)
<b>Vm</b>	Velocidad mínima
<b>A</b>	Área de la labor promedio
<b>N</b>	Número de niveles con temperatura mayor a 23°C

**Tabla 2**

*Velocidad mínima de acuerdo a la temperatura*

TEMPERATURA SECA (°C)	VELOCIDAD MÍNIMA (m/min)
< 24	0.00
24 a 29	30.00

**d) Caudal requerido por equipo con motor petrolero (QEq)**

La normativa señala que el requerimiento es de 3.0 m<sup>3</sup>/min en cuanto al volumen de

aire en relación a la potencia efectiva (Hps) además de los niveles de disposición mecánica, paralelo se deberá evaluar el desempeño en altura.

El cálculo referido se establece a partir de la siguiente fórmula:

$$QEq = 3 \times HP \times Dm \times Fu \text{ (m}^3\text{/min)}$$

Con los siguientes valores asignados:

<b>QEq</b>	Volumen de aire necesario para la ventilación (m <sup>3</sup> /min)
<b>HP</b>	Capacidad efectiva de potencia (HPs)
<b>Dm</b>	Disponibilidad mecánica promedio de los equipos (%)
<b>Fu</b>	Factor de utilización promedio de los equipos (%)

**e) Caudal requerido por fugas (QFu)**

En este caso hay que calcular el nivel necesario establecido a partir de la siguiente fórmula:

$$QFu = 15\% \times QT1 \text{ (m}^3\text{/min)}$$

Con los siguientes valores asignados:

<b>QT1</b>	La sumatoria de QTr + QMa + QTe + QEq
<b>QFu</b>	15% del QT1
<b>QTr</b>	Caudal por número de trabajadores
<b>QMa</b>	Consumo de madera
<b>QTe</b>	Temperatura en labores de trabajo
<b>QEq</b>	Equipos con motor petrolero

Ahora bien, la normativa establecida por el ministerio señala en los artículos que modifican (D.S.023-2017-EM) el reglamento presentado en el decreto supremo 024-2016-EM:

EL artículo 247 señala que la altitud en la que se ejecutan las operaciones relación al nivel del mar que está presente en las operaciones criterio se encuentra determinado fundamentalmente porque se establece que la cantidad requerida de aire por trabajador debe ser establecida y modificada inicialmente en el nivel 1500 y posteriormente en el 3000 en el nivel 4000 en adelante. La cantidad de metros cúbicos requeridos por minuto se modifica de acuerdo a cada uno de los cuatro niveles establecidos comenzando por 3 m<sup>3</sup>/min. (MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS (MEM), 2017)

A continuación, se muestra el detalle de los requerimientos de acuerdo a los niveles establecidos:

<b>Altitud</b>	<b>Requerimiento de aire x trabajador</b>
0 - 1500 MSNM	3m <sup>3</sup> /min.
1500 - 3000 MSNM	4m <sup>3</sup> /min
3000 - 4000 MSNM	5m <sup>3</sup> /min
Mayor a 4000 MSNM	6m <sup>3</sup> /min.

Por otra parte, en el artículo 248 se señala que el aire en todo el proceso de las operaciones de explotación debe presentar un nivel de velocidad no puede ser inferior a los 20 m/min. y no superior los 250 m/min. Así mismo, cuando se

ejecuten operaciones con ANFO u otra sustancia detonante el requerimiento mínimo para la velocidad del aire debe ser 25 m/min. (MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS (MEM), 2017)

Así mismo, en el apartado de la letra D del artículo 252 se señala cuál debe ser el criterio para establecer el volumen adecuado de aire en las operaciones. Este es nivel de temperatura que garantiza las condiciones de confort operacionales del personal y de la maquinaria que opera a base de petróleo.

En el caso que las labores no requieren uso de maquinaria a base de petróleo se considera el volumen de aire necesario para la dilución de materiales gaseosos producido como efecto de la detonación. Además, también se debe considerar los volúmenes de madera empleados en las operaciones debido a que la generación de gases de CO<sub>2</sub> y CH por parte de la madera empleada en el sostenimiento de las galerías, dichas emisiones condicionan el nivel de aire que se necesitará para llevar a cabo las labores. En ese sentido el cálculo debe basarse en la cantidad de este material utilizado en la totalidad de las operaciones interiores, y considerando también el volumen de aire necesario para la ventilación que se sitúa en 30 m/min, además de una temperatura máxima fijada en 24 °C.

Esta variable condiciona de manera directa las labores productivas.

En ese sentido para calcular los requerimientos se tiene que considerar los siguientes niveles:

<b>Consumo de madera</b>	<b>Factor de producción</b>
20%-40%	0.60 m <sup>3</sup> /min
41%-70%	1.00 m <sup>3</sup> /min
Mayor a 70%	1.25 m <sup>3</sup> /min

Por otra parte, con la finalidad de alcanzar un nivel confortable en cuanto a la temperatura en el espacio donde se lleven a cabo las operaciones es necesario tener en cuenta el nivel de las velocidades mínimas y máximas que debe presentar el aire dentro de los espacios usados, específicamente si se trata de una velocidad mínima esta no debe ser inferior 30 m/min, en condiciones de temperatura entre 24 y 29° grados centígrados.

En el caso del apartado e del reglamento se señala lo siguiente en cuanto al volumen de aire necesario para operaciones con unos de maquinaria a base de petróleo la normativa señala que el requerimiento es de 3.0 m<sup>3</sup>/min en cuanto al volumen de aire en relación a la potencia efectiva (Hps) además de los niveles de disposición mecánica, paralelo se deberá evaluar el desempeño en altura, condiciones térmicas de los motores así como emisión de gases y suspensión de material partículas. (MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS (MEM), 2017)

#### **2.2.4. Circuitos de ventilación**

En este caso se puede establecer clasificación de tres maneras como se detallan a continuación:

##### **a) En serie**

Este tipo de circuito se puede definir las operaciones en mina que no presentan bifurcaciones ni ramificaciones, por el contrario, su organización es la conformación en forma de ramal, es decir se sitúan uno enseguida del otro. Esta organización permite que las corrientes de aire recorran en progresión ordenada las labores. Además, este circuito permite que una corriente de retorno desemboque en la toma del siguiente ramal y de esta manera permite una circulación fluida del aire. (CARRASCAL, MANZUR, 2018)

Este circuito de circulación se basa en las siguientes premisas:

### **Presión Total**

El nivel total de presión ( $P_t$ ) que puede alcanzar estos circuitos circulación se encuentran determinados por las sumas de los niveles individuales de cada galería o ramal, cómo se puede observar en la siguiente fórmula:

$$P_t = P_1 + P_2 + \dots + P_n$$

### **Resistencia Total**

El nivel total de resistencia ( $R_t$ ) que puede alcanzar estos circuitos circulación se encuentran determinados por las sumas de los niveles individuales de cada galería o ramal, cómo se puede observar en la siguiente fórmula:

$$R_t = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

### **Caudal Total**

El nivel total para el caudal total ( $Q_t$ ) de aire que puede alcanzar estos circuitos circulación se encuentran determinados por las sumas de los niveles individuales de cada galería o ramal, cómo se puede observar en la siguiente fórmula:

$$Q_t = Q_1 = Q_2$$

### **Depresión Total**

La caída total de presión ( $H_t$ ) que puede alcanzar estos circuitos circulación se encuentran determinados por las sumas de los niveles individuales de depresión en cada galería o ramal, cómo se puede observar en la siguiente fórmula:

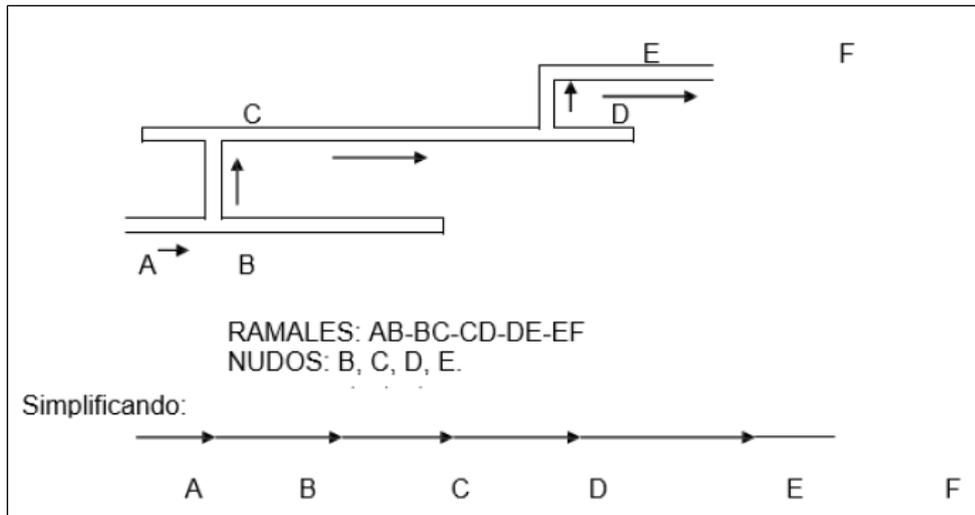
$$H_t = H_1 + H_2 + \dots + H_n$$

Para todos los cálculos anteriores se debe tener en cuenta que la dificultad para la ventilación estará en relación proporcional al número de ramales o galerías interconectadas (CARRASCAL, MANZUR, 2018)

**a) En serie**

**Figura 6**

*Red de ventilación en serie*



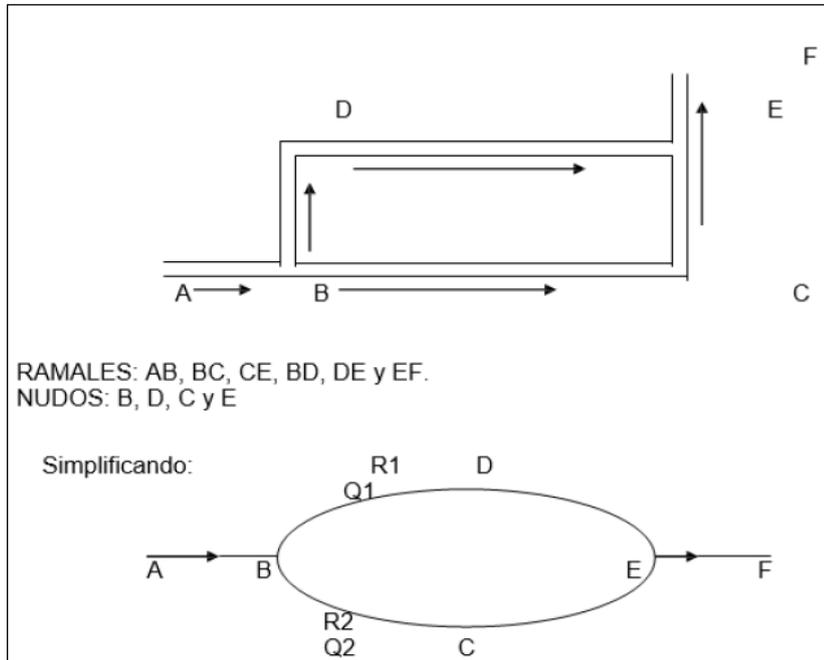
**b) En paralelo**

Este método de circuitos de ventilación consiste en ubicar un único orificio de entrada por el cual se suministra aire a una determinada zona y se aprovecha esta fuente para ventilar otra galería o ramal para después evacuar el aire de ambas galerías por la misma salida.

Técnicamente este método consiste en aprovechar una sola entrada de aire y una sola salida. Pero en su trayectoria presenta una bifurcación de dos ramales que luego confluyen nuevamente en una sala corriente de extracción. (CARRASCAL, MANZUR, 2018)

**Figura 7**

*Red de ventilación en paralelo*



Este tipo de circuitos de ventilación presentan las siguientes características técnicas para los distintos criterios determinantes aquí tratados donde longitud, resistencia y caudal de aire individualmente no tienen influencia directa en el nivel de presión total como se muestra a continuación:

$$\begin{aligned}
 P_t &= P_1 = P_2 = \dots = P_n \\
 H_L &= H_{L1} = H_{L2} = \dots = H_{Ln} \\
 Q &= Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n \\
 (1/\alpha_{\dots}) &= (1/\alpha_{.1}) + (1/\alpha_{.2}) + \dots (1/\alpha_{\dots})
 \end{aligned}$$

El nivel total de resistencia del circuito será continuamente inferior en comparación con los niveles de resistencia de cada ramal individual. En ese sentido la cantidad de ramales que se conecten entre ellos de forma paralela por medio de dos nudos estará en proporción inversa a la resistencia equivalente, que viene a ser la resistencia que tiene que superar el aire para su circulación en las galerías. (CARRASCAL, MANZUR, 2018)

### **c) Combinada o mixta**

Cualquier circuito de ventilación puede presentar estas características siempre y cuando cuente con un ingreso de aire limpio y una salida para su evacuación una vez que haya circulado por las galerías. En ese sentido, las operaciones pueden estar constituidas por distintos circuitos de manera independiente y cada uno de ellos puede presentar diferente tipología de circulación.

Para este caso específico el cálculo del nivel total de depresión en las labores mineras (HL) se debe calcular el nivel del caudal de aire que se necesita y la forma en que será distribuido en todas las operaciones.

De esta manera se puede estimar que la que el nivel de depresión para toda la mina es el máximo valor que cualquiera de los ramales presente. (CARRASCAL, MANZUR, 2018)

#### **2.2.5. Software de ventilación**

Por medio de esta herramienta podemos acceder a situaciones simuladas que presenten una configuración de ventilación en Red que pueda incluir las zonas Donde operarán los ventiladores, así como el volumen de aire necesario además de la cantidad de aire perdido por fricciones. La efectividad de este software las luces resultados semejantes a los de las condiciones reales. Específicamente el software empleado es: Ventsim Visual 3 (CLAVERIAS, 2014)

##### **Ventsim visual 3**

El uso de esta herramienta está pacíficamente orientada a la simulación de redes de circulación de aire y a la elaboración de registros del caudal de aire existente en las operaciones.

-Su empleo es fundamental en la etapa previa mediante la simulación de posibles escenarios para desarrollar nuevas labores.

-está herramienta es muy adecuada para la planificación en cuanto a lo que se necesitará para labores de ventilación que se ejecuta inmediatamente o con un tiempo de antelación considerable. (CLAVERIAS, 2014)

### **Características del software ventsim visual**

Entre las características que presente esta herramienta podemos señalar su soporte operativo para 30 mil configuraciones de galerías a nivel individual, así como mil tipos diferentes de mecanismos de ventilación.

Considerando estas características puede elaborar modelaciones para todos los circuitos operativos.

Así mismo es la posibilidad de visualización en tercera dimensión que ofrece esta herramienta de la distribución en los ramales y su configuración propuesta por el software.

Entre las ventajas de esta herramienta se encuentra la posibilidad de realizar rotaciones en tercera dimensión lo que facilita la visualización de toda la configuración completa de la organización de la red de galerías además de la facultad de incorporar nuevos partiendo del diseño presentado en el simulador.

Así mismo, nos facilita la incorporación de variables importantes para el diseño como lo son las posibles zonas de circulación de materiales contaminantes como gases o el humo.

También permite importar y exportar datos DXF de exel o Cad.

Moderación de cargas en las compuertas y en los reguladores

Medel avión de los flujos de aire y de la presión generada por los ventiladores.

## **2.3. Definición de términos conceptuales**

### **Aire:**

“Es un componente natural que envuelve a la tierra, y es vital para la vida humana, está compuesto de nitrógeno, oxígeno, anhídrido carbónico, argón y otros compuestos, contiene también vapor de agua” (JIMENEZ, 2011)

**Aire de mina:**

“Es el aire atmosférico que ingresa a la mina por medios naturales o mecánicos, tiene los mismos componentes del aire natural, salvo que se pueden mezclar con gases existentes en el interior de la mina producto de la voladura.” (JIMENEZ, 2011)

**Circuito de ventilación:**

En los sistemas para llevar aire limpio al interior de las labores mineras existe dos métodos o disposiciones de galerías combinadas que se utilizan para hacer fluir el aire.

Por un lado, contamos con las configuraciones en serie que se ubican en galerías dispuestas en línea y otra configuración en paralelo que presentan una bifurcación con un encuentro inicial y otro hacia el alcance de la salida. De esta manera es como se configura la red de circulación de aire. (SAAVEDRA, 2018)

**Gases de mina:**

“Son gases generados por la voladura que se realiza en el interior de la mina, pueden ser incoloro, inodoro, insípido, livianos, venenosos, tóxicos; estos gases pueden ser: monóxido de carbono, dióxido de carbono, gases nitrosos, ácido sulfhídrico, anhídrido sulfuroso.” (NOVITZKY, 1962)

**Psicrometría:**

Por medio de esta disciplina se puede estudiar las condiciones en términos termodinámicos de la humedad del aire y el efecto que esta tiene sobre distintos materiales, además de la manera en que la humedad influye en las condiciones de bienestar de las personas. (SAAVEDRA, 2018)

**Requerimiento de aire:**

Se trata del volumen de aire necesario dentro de las labores mineras. Para estimarlo es necesario tener en cuenta la cantidad de gente, el nivel de temperatura, material suspendido en polvo, material detonante y por último considerar la forma en que se explotará. (SAAVEDRA, 2018)

### **Software Ventsim Visual**

Esta herramienta se introdujo al inicio de las labores mineras hacia 1994 con la finalidad de facilitar el diseño, ejecutar mejoras y la optimización visual de los circuitos para ventilar las operaciones en el nivel subterráneo. (INACAP, 2015)

### **Ventilación:**

Es el proceso para lograr acondicionar el aire que circula dentro de las labores mineras. El objetivo de este proceso es garantizar un ambiente respirable libre de material contaminante. (CAPCHI, MELGAR, 2020)

### **Ventilación subterránea:**

Es el procedimiento por el cual se se garantiza el flujo de aire limpio hacia el sector interior de las labores mineras y subterráneas. Este flujo es determinante para alcanzar las condiciones óptimas operativas de manera que los trabajadores puedan desempeñar sus funciones con normalidad. Para lograr un funcionamiento eficiente es importante elaborar un diseño que favorezca la circulación del aire entre los ramales. (SERNAGEOMIN, 2008)

### **Ventilación natural:**

Es el método de abastecimiento de aire limpio que no necesita asistencia mecánica para dirigir el flujo del aire hacia el sector interno de las labores de la mina. Es condición determinante para establecer que funcione eficientemente es necesario un desnivel de alturas entre la entrada de aire fresco y la salida del aire viciado. (SERNAGEOMIN, 2008)

### **Ventilación mecánica o artificial:**

Es un método de abastecimiento de aire limpio mediante el ingreso asistido por medios mecánicos de una carga de aire limpio o la descarga de aire viciado. Para realizar esta labor de hace indispensable la utilización de maquinaria de ventilación y ductos para suministro o desfogue.

### **Ventiladores:**

En términos mecánicos se trata del equipamiento que se emplea un movimiento de eliges giratorio para imprimir energía cinética hacia un elemento con una consistencia fluida como puede ser un gas o el aire. De esta manera se logra alcanzar un nivel de presión adecuado que permita que el elemento consiga estar en movimiento constante. (PONCIANO, 2016)

#### **2.4. Enfoque filosófico – epistémico**

Al desarrollar la presente investigación podemos acercarnos a la ciencia desde varias perspectivas. Es posible que nuestra meta sea resolver el problema sobre minería específicamente sobre mallas de perforación. Pero, a la vez, lo que encontremos en ella de explicativo o creíble puede ser distinto si aplicamos a otra realidad o lo realiza otra persona que no es de la especialidad como puede ser un comerciante, un importador de equipos industriales, un investigador o un maestro. Es decir, que nuestras preocupaciones acerca de la actividad científica pueden ser distintas según el ángulo desde el cual la pensemos. Lo importante al juzgar o evaluar a la ciencia es diferente según nuestra relación con ella en determinados momentos: si la vemos como ingenieros, funcionarios, productores, divulgadores o consumidores. Por lo tanto, tenemos de entrada un área compleja al pensar sobre la ciencia según nuestro punto de partida. En la presente investigación nos colocamos como investigadores de un área de la ciencia a la que queremos ver más vinculada a los problemas e intereses del desarrollo de la minería.

Además, para solucionar el problema o comprender algo no sólo tenemos a la ciencia. Hay diversas vías para conocer; todas pueden reclamar legitimidad y eficiencia. La ciencia no nos da la única manera de entender el mundo y nuestras vidas, aunque sí es, junto con la tecnología, la que puede explicar y debatir los métodos que usa, y los que usan otras vías. De hecho, coexisten muchas maneras simultáneas en las sociedades modernas. Con frecuencia, en nuestras comprensiones personales y en la cultura hay nociones de pensamiento mágico o de superstición, costumbres, conocimientos aceptados como ciertos

porque alguien con cierta autoridad lo ha dicho, consensos alcanzados por el diálogo, intuiciones profundizadas por medio de la literatura y el arte en general, observaciones directas, y un largo etcétera.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

Éste trabajo utilizará un método aplicativo debido a que su finalidad es poner en la práctica la hipótesis que fórmula habiendo hecho una exhaustiva revisión de las ideas y aportes específicos referidos al tema que se desarrolla aquí.

De esta manera se busca dar una solución applicativa al problema identificado en el desarrollo de esta tesis, y de esta manera contribuir al desarrollo de la investigación en minería, así como dar un aporte efectivo a la sociedad que está vinculada a las operaciones mineras que aquí se detallan.

#### **3.2. Nivel de investigación**

Por otra parte, se presentó un nivel de desarrollo basado en la descripción debido a que se hace un repaso de las tesis que revisaron previamente este problema.

En cuanto a las variables utilizadas se procuró que sean independientes y neutrales para que no afecten de alguna manera el resultado al que se llegó.

#### **3.3. Características de la investigación**

En esta oportunidad se optó por diseñar esta investigación de manera no experimental debido a que el fenómeno estudiado se desarrolla mientras se lo

aborda esa característica de simultaneidad demanda un diseño transversal a todos los elementos implicados en este trabajo y en el momento en que se desarrolla.

#### **3.4. Métodos de investigación**

Para este trabajo se requirió la aplicación del método científico debido a que es el único que permite la verificación de una hipótesis a través de la experimentación o revisión de experiencias comparadas. Para ello se implementará un procedimiento que busque examinar por medio de instrumentos y técnicas las posibles soluciones al problema que se presenta de modo que se encuentren soluciones a través de un proceso seguimiento de inducción y deducción.

#### **3.5. Diseño de investigación**

En esta oportunidad se optó por diseñar esta investigación de manera no experimental debido a que el fenómeno estudiado se desarrolla mientras se lo aborda esa característica de simultaneidad demanda un diseño transversal a todos los elementos implicados en este trabajo y en el momento en que se desarrolla.

#### **3.6. Procedimiento del muestreo**

##### **3.6.1. Población**

El grupo poblacional está conformado por la totalidad de las operaciones en galerías, frentes, tajos, chimeneas, cruceros, niveles: que existen en las tres unidades mineras de la Empresa Minera Lincuna S.A. para ello nos basamos en que: la selección poblacional en este trabajo lo componen la totalidad de elementos que componen el fenómeno estudiado a partir del cual definimos y delimitamos la problemática de investigación propuesta. (Badajoz, 2020)

### **3.6.2. Muestra**

#### **Para la Unidad Hércules**

Bay pass 270, nivel 05, 06,04, boca mina sansón Nv 3 norte, chimenea (EVH-20).

#### **Para la Unidad Coturcan**

Crucero Coturcan, chimenea 290-1, nivel 09, Rampa 210+, bocamina 105

#### **Para la Unidad Caridad**

Crucero caridad, chimenea 05, bocamina crucero Zeus Este

### **3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Entre las técnicas usadas para esta investigación se encuentran las siguientes:

#### **3.7.1. Técnicas**

Para llevar adelante este trabajo haremos uso de las técnicas de observación, recopilación documental como menciona: “se expresa como los conjuntos de operaciones y reglas para el manejar del instrumental que puede ayudar al investigador en la implementación de la metodología” (SANCHEZ, REYES, 2006).

#### **3.7.2. Instrumentos**

Dentro de los instrumentos vamos a usar lo siguiente, la guía de observación no participante, la ficha de registro de documentos escritos sobre ventilación de la mina, planos, imágenes, informes sobre ventilación de las tres unidades. Como nos menciona, “herramienta que forma parte de una técnica de recolección de datos” (SANCHEZ, REYES, 2006)

### **3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Contando con todos los datos sobre la ventilación que se realiza en las tres unidades de la mina se procederá a analizarlos o procesar para poder sacar los resultados de acuerdo a los objetivos planteados.

### **3.9. Orientación ética**

Durante la realización de la investigación siempre se ha respetado los valores y principios de las personas, de la empresa, considerando la dignidad humana, la justicia, derecho al anonimato, confidencialidad, el consentimiento que nos brinda la empresa.

## CAPITULO IV

### PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados

##### 4.1.1. Descripción del sistema actual de ventilación

Compañía Minera Lincuna S.A. opera con un sistema de “Ventilación natural y Mecanizada” el ingreso de aire limpio desde superficie a interior mina es por la diferencia de presión y temperatura y para los frentes de trabajo se utiliza la velación mecanizada mediante ventiladores esto se da en las 3 zonas. (Zona Hércules, Coturcan, Alto Coturcan - Caridad)

##### 4.1.2. Resultado De Las Mediciones De Campo

###### a) Zona Hércules:

Sistema Actual

- Caudal de Ingreso: 3,923 m<sup>3</sup> /min ó 138,541 cfm.
- Caudal Requerido: 3,881 m<sup>3</sup> /min ó 137,038 cfm.
- Cobertura: 101 % Superávit de aire 1,503 cfm.

###### b) Zona Coturcan:

Sistema Actual

- Caudal de Ingreso: 2,729 m<sup>3</sup> /min ó 96,371 cfm.
- Caudal Requerido: 2,708 m<sup>3</sup>/min ó 95,639 cfm.
- Cobertura: 100.8 % (Superávit de aire 731 cfm).

c) Zona Coturcan Alto - Caridad:

Sistema Actual

- Caudal de Ingreso: 2,156 m<sup>3</sup> /min ó 76,126 cfm.
- Caudal Requerido: 2,091 m<sup>3</sup>/min ó 73,831 cfm.
- Cobertura: 103 % (Superávit de aire 2,295 cfm).

4.1.3. Zona Hércules

Aforos en la zona Hércules

Ingresos y salidas de aire

a. Ingreso de aire fresco

**Tabla 4**

*Ingreso de aire fresco*

Nº ESTACION	UBICACIÓN	LABOR	Area	Velocidad	Caudal	
			m <sup>2</sup>	m/min	m <sup>3</sup> /min	CFM
EVH-02	BP 269	BP 270	16.97	39.33	667.59	23575.27
EVH-03	NV 06	NV 06	16.33	158.67	2591.16	91504.22
EVH-21	NV 05	NV 05	7.57	64.53	488.26	17242.41
EVH-29	Nv.4 Norte	NV 04	11.34	15.53	176.11	6219.15
<b>Total</b>					<b>3,923</b>	<b>138,541</b>

b. Salida de aire viciado

**Tabla 5**

*Salida de aire viciado*

Nº ESTACION	UBICACIÓN	LABOR	Area	Velocidad	Caudal	
			m <sup>2</sup>	m/min	m <sup>3</sup> /min	CFM
EVH -27	SUPERFICIE	Bocamina sanson Nv.3 Norte	14.39	58.67	844.26	29814.20
EVH-28	SUPERFICIE	Chimenea Coturcan	3.60	95.80	344.88	12179.09
EVH-25	SUPERFICIE	BM LORENA	10.65	110.00	1171.50	41370.35
EVH-20	SUPERFICIE	Chimenea (EVH-20)	8.10	205.13	1661.55	58675.98
<b>Total</b>					<b>4,022</b>	<b>142,040</b>

## Balance de aire actual – Mina Hércules

**Tabla 6**

*Balance de aire actual – Mina Hércules*

<b>RESUMEN</b>		
<b>Aforo de aire</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Ingreso de aire fresco	138,541	CFM
Salida de aire viciado	142,040	CFM
Diferencia	3,499	CFM
Cobertura	102.53	%

### **Cálculo del requerimiento de aire – Hércules**

#### **Requerimiento de aire para personal**

Este cálculo considera separadamente los trabajadores de directamente vinculados a la empresa y los trabajadores de los contratistas y con ello todo el personal que preste servicio en las labores dentro de la mina. Teniendo en cuenta como referencia las jornadas de mayor afluencia de personal, además de considerar la altura de la altura desde el nivel del mar al que se realizan las operaciones que es 4300 metros y por último en caudal individual para cada trabajador que es de 6 metros por minuto. A continuación, mostramos los detalles específicos:

**Tabla 7***Requerimiento de aire actual – Mina Hércules*

Empresa	Area	Total/ gd	Caudal (m3/min)	Caudal (cfm)	Distrib. (%)
COMPAÑÍA	Geología	2	12	424	3%
	Mantenimiento	3	18	636	5%
	Mina	2	12	424	3%
	Seguridad	1	6	212	2%
	Planeamiento	2	12	424	3%
	Ventilación	1	6	212	2%
	Mantenimiento Eléctrico	3	18	636	5%
	Servicios	7	42	1,483	11%
URQU SAC	TOTAL	34	204	7,204	55%
MULTICOSAILOR	Operador de Volquete	5	30	1,059	8%
	Supervisión	2	12	424	3%
<b>TOTAL</b>		<b>62</b>	<b>372</b>	<b>13136.81</b>	<b>100%</b>

**Requerimiento por temperatura**

En la mina Hércules, en la parte de profundización en 1 niveles operativos se registraron temperaturas de 29° C., por lo que su requerimiento de aire para el sistema actual se evaluó en 13,222 cfm y para el proyectado 26,443 cfm.

**Tabla 8***Requerimiento de aire actual por temperatura - Mina Hércules*

Requerimiento por Temperatura	Velocidad Mínima (m/min)	Área Prom. (m2)	N° de niveles con temperaturas entre 24°C - 29°C	Caudal m3/min	Caudal cfm
QTe	30	12.48	1	374.40	13,222

**Requerimiento por consumo de madera**

Actualmente las operaciones mineras se llevan a cabo por métodos mecanizados en su totalidad. En este contexto el consumo de madera se encuentra por debajo de un 5 por ciento del total. Por este motivo, este criterio no entra en la consideración para evaluar el caudal del aire requerido.

### Requerimiento de aire para equipos petroleros

Es determinante para establecer este cálculo determinar previamente el nivel de disposición mecánica en las operaciones, además de los factores de utilización y de calibración por la altura de operaciones.

**Tabla 9**

*Requerimiento de aire actual para equipos Diésel – Mina Hércules*

Ítem	Equipo	Cant.	Potencia efectiva (HP)	DM (%)	FU (%)	Sub total HP	Caudal (m <sup>3</sup> /min )	Caudal (cfm)	Distrib. (%)
1	SCOOP	1	71	90%	76%	49	147	5,191	6%
2	SCOOP	1	151	90%	76%	103	309	10,912	12%
3	JUMBO	1	49	90%	50%	22	66	2,331	3%
4	JUMBO	1	49	83%	50%	20	60	2,119	2%
5	Volquete	1	324	75%	70%	170	510	18,010	19%
6	Volquete	1	324	75%	70%	170	510	18,010	19%
7	Volquete	1	324	75%	70%	170	510	18,010	19%
8	Camioneta	1	116	80%	50%	46	138	4,873	5%
9	Camioneta	1	116	80%	50%	46	138	4,873	5%
10	Camioneta	1	116	80%	50%	46	138	4,873	5%
11	Camion	1	114	75%	40%	34	102	3,602	4%
<b>TOTAL</b>		<b>11</b>	<b>1753</b>	<b>80%</b>	<b>59%</b>	<b>876</b>	<b>2,628</b>	<b>92,805</b>	<b>100%</b>

### Requerimiento por fugas

Por normativa el requerimiento por fugas representa el 15% de la suma total de: los requerimientos para los trabajadores (Qtr), requerimientos del equipamiento en base a petróleo (Qeq) y los requerimientos por nivel de temperatura (QTe).

**Tabla 10**

*Requerimiento de aire actual por fugas – Mina Hércules*

QTr (cfm)	QTe (cfm)	QEq (cfm)	QFu (QTr+QTe+QEq, cfm)
13,136.81	13,222	92,805	17,875

### Requerimiento global de aire actual y proyectado

Se hizo el balance general a partir de los caudales requeridos para personal, equipos Diésel, temperatura y por fuga.

**Tabla 11**

**Requerimiento total de aire – Mina Hércules**

Distribución Requerimientos	m3/min	cfm
QTr: N° Trabajadores ( 62 trabajadores/gd)	372	13,137
QTe: Temperatura en labores de trabajo	374	13,222
QEq: Equipos con motor petrolero (11 equipos 876 t	2,628	92,805
QFu: Caudal requerido por fugas	506	17,875
<b>Caudal Requerido QTr+QTe+QEq+QFu</b>	<b>3,881</b>	<b>137,038</b>

**Balance De Ventilación Actual – Hércules**

Al considerar el nivel del requerimiento que cubre el actual sistema de circulación de aire limpio alcanza el 101 por ciento, podemos observar que se cuenta con un excedente de 1,503 cfm.

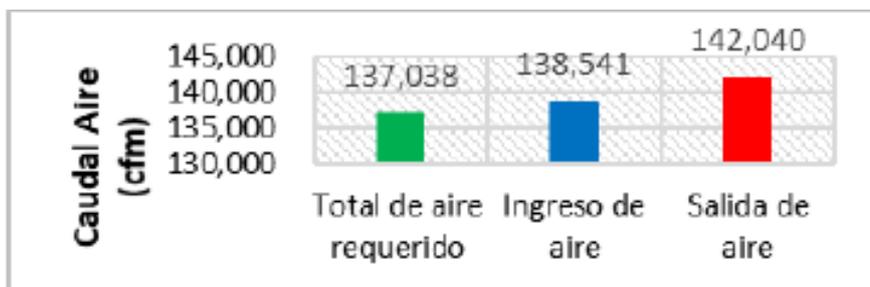
**Tabla 12**

**Balance total de aire**

Balance Total de Aire		
Distribución de Aire	m3/min	cfm
Total de aire requerido	3,881	137,038
Ingreso de aire	3,923	138,541
Salida de aire	4,022	142,040
<b>Cobertura (%)</b>		<b>101.1%</b>
<b>superavit (cfm)</b>	<b>43</b>	<b>1,503</b>

**Figura 8**

**Balance total de aire**



#### 4.1.4. Zona Coturcan

##### Aforos en la zona Coturcan

Ingresos y salidas de aire

##### a. Ingreso de aire fresco zona Coturcan

**Tabla 13**

*Ingreso de aire fresco zona Coturcan*

Nº ESTACION	UBICACIÓN	LABOR	Area	Velocidad	Caudal	
			m <sup>2</sup>	m/min	m <sup>3</sup> /min	CFM
EVC-01	Nv.6	XC-COTURCAN	17.50	100.07	1752	61854
EVC-09	Nv. 6- GI 290	Ch.290-1	2.03	117.60	238	8410
EVC-23	Nv.09	NV 09	4.46	110.67	493	17411
EVC-12	Nv.6	RP 210(+)	10.80	22.80	246	8696
			<b>Total</b>		<b>2,729</b>	<b>96,371</b>

##### b. Salida de aire viciado

**Tabla 14**

*Salida de aire viciado zona Coturcan*

Nº ESTACION	UBICACIÓN	LABOR	Area	Velocidad	Caudal	
			m <sup>2</sup>	m/min	m <sup>3</sup> /min	CFM
EVC-42	Superfice	Chimenea Coturcan EBC-42	6.00	97.47	585	20652
EVC-36	GL105	Bocamina 105	3.80	148.80	565	19968
EVC-37	CA-8906 E	CA-8906 E	13.46	21.33	287	10142
EVC-38	GI.290	Chimenea Coturcan (CH-290)	8.10	139.00	1126	39760
EVC-39	Nv. 6- GI.370 S	Ventilacion zona coturcan	2.14	38.20	82	2883
EVC-40	Nv. 6- GI.370 S	chimenea coturcan RB	1.77	63.33	112	3952
			<b>Total</b>		<b>2,563</b>	<b>97,358</b>

Balance de aire actual – Mina Coturcan

**Tabla 15**

*Balance de aire actual – Mina Coturcan*

<b>Balance de aire actual – Mina Coturcan</b>		
<b>Aforo de aire</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
<b>Ingreso de aire fresco</b>	<b>96,371</b>	<b>CFM</b>
<b>Salida de aire viciado</b>	<b>97,358</b>	<b>CFM</b>
<b>Diferencia</b>	<b>987</b>	<b>CFM</b>
<b>Cobertura</b>	<b>101.0</b>	<b>%</b>

**Cálculo Del Requerimiento De Aire – Coturcan**

**Requerimiento de aire para personal**

Este cálculo considera separadamente los trabajadores de directamente vinculados a la empresa y los trabajadores de los contratistas y con ello todo el personal que preste servicio en las labores dentro de la mina. Teniendo en cuenta como referencia las jornadas de mayor afluencia de personal, además de considerar la altura de la altura desde el nivel del mar al que se realizan las operaciones que es 4300 metros y por último en caudal individual para cada trabajador que es de 6 metros por minuto. A continuación, mostramos los detalles específicos:

**Tabla 16**

*Requerimiento Aire - Coturcan*

<b>Empresa</b>	<b>Area</b>	<b>Total/ gd</b>	<b>Caudal (m3/min)</b>	<b>Caudal (cfm)</b>	<b>Distrib. (%)</b>
COMPAÑÍA	Geología	2	12	424	4%
	Mantenimiento	3	18	636	6%
	Mina	2	12	424	4%
	Seguridad	1	6	212	2%
	Planeamiento	2	12	424	4%
	Ventilación	1	6	212	2%
	Mantenimiento Eléctrico	3	18	636	6%
URQU SAC	Servicios	7	42	1,483	13%
	TOTAL	27	162	5,721	51%
MULTICOSAILOR	Operador de Volquete	3	18	636	6%
	Supervisión	2	12	424	4%
<b>TOTAL</b>		<b>53</b>	<b>318</b>	<b>11229.85</b>	<b>100%</b>

### Requerimiento por temperatura

En la zona Coturcan no presentamos niveles por encima de los 24° C

### Requerimiento por consumo de madera

Actualmente las operaciones mineras se llevan a a cabo por métodos mecanizados en su totalidad. En este contexto el consumo de madera se encuentra por debajo de un 5 por ciento del total. Por este motivo, este criterio no entra en la consideración para evaluar el caudal del aire requerido.

### Requerimiento de aire para equipos petroleros

Es determinante para establecer este cálculo determinar previamente el nivel de disposición mecánica en las operaciones, además de los factores de utilización y de calibración por la altura de operaciones.

**Tabla 17**

*Requerimiento de aire actual por equipos diésel - Mina Coturcan*

Ítem	Equipo	Cant.	Potencia efectiva (HP)	DM (%)	FU (%)	Sub total HP	Caudal (m3/min )	Caudal (cfm)	Distrib. (%)
1	SCOOP	1	161	75%	50%	60	180	6,357	9%
2	SCOOP	1	134	75%	50%	50	150	5,297	7%
3	JUMBO	1	60	66%	40%	16	48	1,695	2%
4	JUMBO	1	52	85%	40%	18	54	1,907	3%
5	Volquete	1	324	80%	50%	130	390	13,772	19%
6	Volquete	1	324	80%	50%	130	390	13,772	19%
7	Volquete	1	324	80%	50%	130	390	13,772	19%
8	Camioneta	1	116	80%	40%	37	111	3,920	5%
9	Camioneta	1	116	80%	40%	37	111	3,920	5%
10	Camioneta	1	116	80%	40%	37	111	3,920	5%
11	Camion	1	114	75%	40%	34	102	3,602	5%
<b>TOTAL</b>		<b>11</b>	<b>1840</b>	<b>80%</b>	<b>45%</b>	<b>679</b>	<b>2,037</b>	<b>71,935</b>	<b>100%</b>

### Requerimiento por fugas

Por normativa el requerimiento por fugas representa el 15% de la sumatoria de: requerimiento para trabajadores (Qtr), requerimiento para equipos Diésel (Qeq) y requerimiento por temperatura (QTe).

**Tabla 18**

*Requerimiento de aire actual por fugas - Mina Coturcan*

QTr (cfm)	QTe (cfm)	QEq (cfm)	QFu (QTr+QTe+QEq, cfm)
11,229.85	0.00	71,935	12,475

**Requerimiento global de aire actual y proyectado**

Se hizo el balance general a partir de los caudales requeridos para personal, equipos

Diésel, temperatura y por fugas.

**Tabla 19**

*Requerimiento de aire actual global - Mina Coturcan*

Distribución Requerimientos	m3/min	cfm
QTr: N° Trabajadores ( 53 trabajadores/gd)	318	11,230
QTe: Temperatura en labores de trabajo	0	0
QEq: Equipos con motor petrolero (11 equipos 679 t	2,037	71,935
QFu: Caudal requerido por fugas	353	12,475
<b>Caudal Requerido QTr+QTe+QEq+QFu</b>	<b>2,708</b>	<b>95,639</b>

**Balance De Ventilación Actual –Coturcan**

Al considerar el nivel del requerimiento que cubre el actual sistema de circulación de aire limpio alcanza el 101 por ciento, podemos observar que se cuenta con un excedente de 1,503 cfm.

**Tabla 20**

*Balance de aire Coturcán*

Balance Total de Aire		
Distribución de Aire	m3/min	cfm
Total de aire requerido	2,708	95,639
Ingreso de aire	2,729	96,371
Salida de aire	2,563	97,358
<b>Cobertura (%)</b>		<b>100.8%</b>
<b>superavit (cfm)</b>	<b>21</b>	<b>731</b>

**Figura 9**

*Balance total de aire*



**4.1.5. Zona Caridad**

**Ingresos y salidas de aire**

**a. Ingreso de aire fresco zona Caridad**

**Tabla 21**

*Ingreso de aire fresco zona Caridad*

Nº ESTACION	UBICACIÓN	LABOR	Area	Velocidad	Caudal	
			m <sup>2</sup>	m/min	m <sup>3</sup> /min	CFM
EVA-01	BP 269	XC-Caridad	16.08	120.00	1929.84	68150.37
EVA-12	NV 06	CA Caridad (Ch. 05)	9.77	23.13	225.86	7976.02
<b>Total</b>					<b>2,156</b>	<b>76,126</b>

**b. Salida de aire viciado**

**Tabla 22**

*Salida de aire viciado zona Caridad*

Nº ESTACION	UBICACIÓN	LABOR	Area	Velocidad	Caudal	
			m <sup>2</sup>	m/min	m <sup>3</sup> /min	CFM
EVA-11	NV 03	50, salida ventilador hacia f	17.18	66.33	1139.55	40242.07
EVA-13	superficie	locamina Crucero Zeus Este	8.55	128.27	1096.71	38729.22
<b>Total</b>					<b>2,236</b>	<b>78,971</b>

Balance de aire actual – Mina Caridad

**Tabla 23**

*Balance de aire actual – Mina Caridad*

<b>Balance de aire actual – Mina Caridad</b>		
<b>Aforo de aire</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Ingreso de aire fresco	76,126	CFM
Salida de aire viciado	78,971	CFM
Diferencia	2,845	CFM
Cobertura	103.7	%

**Cálculo Del Requerimiento De Aire – Caridad**

**Requerimiento de aire para personal**

Este cálculo considera separadamente los trabajadores de directamente vinculados a la empresa y los trabajadores de los contratistas y con ello todo el personal que preste servicio en las labores dentro de la mina. Teniendo en cuenta como referencia las jornadas de mayor afluencia de personal, además de considerar la altura de la altura desde el nivel del mar al que se realizan las operaciones que es 4300 metros y por último en caudal individual para cada trabajador que es de 6 metros por minuto. A continuación, mostramos los detalles específicos:

**Tabla 24**

*Requerimiento de aire actual por personal – Mina Caridad*

<b>Empresa</b>	<b>Area</b>	<b>Total/ gd</b>	<b>Caudal (m3/min)</b>	<b>Caudal (cfm)</b>	<b>Distrib. (%)</b>
COMPañÍA	Geología	2	12	424	4%
	Mantenimiento	3	18	636	6%
	Mina	2	12	424	4%
	Seguridad	1	6	212	2%
	Planeamiento	2	12	424	4%
	Ventilación	1	6	212	2%
	Mantenimiento Eléctrico	3	18	636	6%
	Servicios	6	36	1,271	11%
URQU SAC	TOTAL	29	174	6,145	55%
MULTICOSAILOR	Operador de Volquete	2	12	424	4%
	Supervisión	2	12	424	4%
<b>TOTAL</b>		<b>53</b>	<b>318</b>	<b>11229.85</b>	<b>100%</b>

### Requerimiento por temperatura

En la zona Caridad no presentamos niveles por encima de los 24° C

### Requerimiento por consumo de madera

Actualmente las operaciones mineras se llevan a a cabo por métodos mecanizados en su totalidad. En este contexto el consumo de madera se encuentra por debajo de un 5 por ciento del total. Por este motivo, este criterio no entra en la consideración para evaluar el caudal del aire requerido.

### Requerimiento de aire para equipos petroleros

Es determinante para establecer este cálculo determinar previamente el nivel de disposición mecánica en las operaciones, además de los factores de utilización y de calibración por la altura de operaciones.

**Tabla 25**

*Requerimiento de aire actual por equipos diésel – Mina Caridad*

Ítem	Equipo	Cant.	Potencia efectiva (HP)	DM (%)	FU (%)	Sub total HP	Caudal (m3/min )	Caudal (cfm)	Distrib. (%)
1	SCOOP	1	71	90%	76%	49	147	5,191	10%
2	SCOOP	1	151	90%	76%	103	309	10,912	21%
3	JUMBO	1	49	90%	40%	18	54	1,907	4%
4	JUMBO	1	49	83%	40%	16	48	1,695	3%
5	Volquete	1	324	75%	50%	121	363	12,819	24%
6	Volquete	1	324	75%	50%	121	363	12,819	24%
7	Camioneta	1	116	80%	20%	19	57	2,013	4%
8	Camioneta	1	116	80%	20%	19	57	2,013	4%
9	Camion	1	114	75%	40%	34	102	3,602	7%
<b>TOTAL</b>		<b>9</b>	<b>1314</b>	<b>80%</b>	<b>46%</b>	<b>500</b>	<b>1,500</b>	<b>52,971</b>	<b>100%</b>

### Requerimiento por fugas

Por normativa el requerimiento por fugas representa el 15% de la sumatoria de:

requerimiento para trabajadores (Qtr), requerimiento para equipos Diésel (Qeq) y requerimiento por temperatura (QTe).

**Tabla 26**

*Requerimiento de aire actual por fugas - Mina Caridad*

QTr (cfm)	QTe (cfm)	QEq (cfm)	QFu (QTr+QTe+QEq, cfm)
11,229.85	0.00	52,971	9,630

**Requerimiento global de aire actual y proyectado**

Se hizo el balance general a partir de los caudales requeridos para personal, equipos Diésel, temperatura y por fugas.

**Tabla 27**

*Requerimiento de aire global – Mina Caridad*

Distribución Requerimientos	m3/min	cfm
QTr: N° Trabajadores (53 trabajadores/gd)	318	11,230
QTe: Temperatura en labores de trabajo	0	0
QEq: Equipos con motor petrolero (9 equipos 500 HF)	1,500	52,971
QFu: Caudal requerido por fugas	273	9,630
<b>Caudal Requerido QTr+QTe+QEq+QFu</b>	<b>2,091</b>	<b>73,831</b>

**Balance De Ventilación Actual – Caridad**

Al considerar el nivel del requerimiento que cubre el actual sistema de circulación de aire limpio alcanza el 101 por ciento, podemos observar que se cuenta con un excedente de 1,503 cfm.

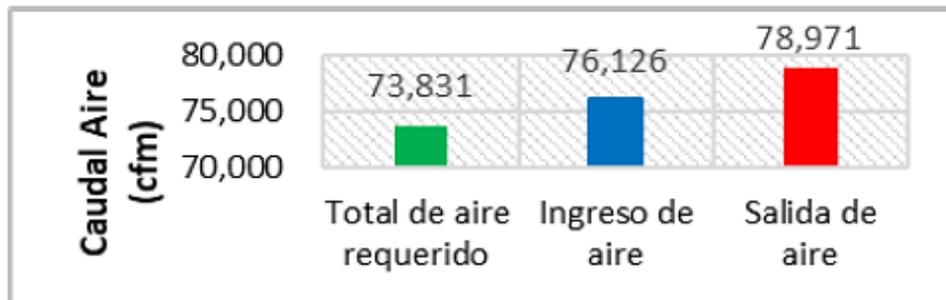
**Tabla 28**

*Balance de aire Caridad*

Balance Total de Aire		
Distribución de Aire	m3/min	cfm
Total de aire requerido	2,091	73,831
Ingreso de aire	2,156	76,126
Salida de aire	2,236	78,971
<b>Cobertura (%)</b>		<b>103.1%</b>
<b>superavit (cfm)</b>	<b>65</b>	<b>2,295</b>

**Figura 10**

*Balance de aire Caridad*



#### 4.1.6. Inventario de ventiladores 2019

##### Mina Hércules

**Tabla 29**

*Ubicación de ventiladores Hércules*

CODIGO	POTENCIA NOMINAL HP	PRESION TOTAL	PRESION	MARCA	CAPACIDAD (CFM)	MINA	UBICACIÓN	ZONA DE ACCIÓN (LABORES A VENTILAR)	ESTADO	TIPO	SILENCIADOR	ALARMA	PANEL DE CONTROL REMOTO
<b>HERCULES</b>													
VE-40	125	4	Baja	INGENIEROS EN VENTILADORES	80000 CFM	HERCULES	FR 04 BP 270 I	Rp 400	OPERATIVO	Principal	SI	SI	NO
VAL- 36	125	9	Media	INGENIEROS EN VENTILADORES	50000 CFM	HERCULES	FR 8 VT Rb	FR 12, RP400	OPERATIVO	Secundario	NO	NO	NO
VAL-27	30	9	Media	INGENIEROS EN VENTILADORES	20000 CFM	HERCULES	BP 270-III	Cabeza RB FR 12	OPERATIVO	Auxiliar	NO	NO	NO
VAL-11	40	11	Alta	INGENIEROS EN VENTILADORES	20000 CFM	HERCULES	Nv 4 SUR	BP-9900	OPERATIVO	Auxiliar	NO	NO	NO
VAL-01	75	12	Alta	INGENIEROS EN VENTILADORES	30000 CFM	HERCULES	BP 270-III	RP 630, 630-1	OPERATIVO	Auxiliar	NO	NO	NO
VAL-13	30	5.5	Baja	INGENIEROS EN VENTILADORES	20000 CFM	HERCULES	FR 5	GAL 0839, TJ 875	OPERATIVO	Auxiliar	NO	NO	NO
VAL-46	75	9	Media	AIRTEC	40000 CFM	HERCULES	RP 400	XC 14	OPERATIVO	Auxiliar	SI	NO	NO
VAL-47	75	9	Media	AIRTEC	40000 CFM	HERCULES	FR 14 VT Rb	XC 14,RP 400 Tj 8d 8j	OPERATIVO	Auxiliar	SI	NO	NO
VAL-05	30	5.5	Baja	INGENIEROS EN VENTILADORES	15000 CFM	HERCULES	RP 400 FR 11	VT 450 RB	OPERATIVO	Auxiliar	NO	NO	NO
VAL-44	75	9	Baja	AIRTEC	40000 CFM	HERCULES	CH 0288	XC 0288, SN 242, RP 92	OPERATIVO	Auxiliar	SI	NO	NO
VAL-48	75	9	Media	AIRTEC	40000 CFM	HERCULES	FR 14 VT Rb	XC 14,RP 400 Tj 8d 8j	OPERATIVO	Auxiliar	SI	NO	NO

Inventario de ventiladores 2019.

## Mina Coturcan

**Tabla 30**

*Ubicación de ventiladores Coturcan*

CODIGO	POTENCIA NOMINAL HP	PRESION TOTAL	PRESION	MARCA	CAPACIDAD (CFM)	MINA	UBICACIÓN	ZONA DE ACCIÓN (LABORES A VENTILAR)	ESTADO	TIPO	SILENCIADOR	ALARMA	PANEL DE CONTROL REMOTO
<b>COTURCAN</b>													
VAL-11	115	12	Alta	ZITRON	40000 CFM	COTURCAN	GL-290	Superficie	OPERATIVO	Auxiliar	SI	NO	NO
VAL-34	50	8.5	Media	INGENIEROS EN VENTILADORES	30000 CFM	COTURCAN	XC-146	XC 146, XC 475	OPERATIVO	Auxiliar	NO	NO	NO
VAL-21	30	5.5	Media	INGENIEROS EN VENTILADORES	20000 CFM	COTURCAN	XC-146	TJ-505, RP-350(+)	OPERATIVO	Auxiliar	NO	NO	NO
VAL-17	30	8	Media	INGENIEROS EN VENTILADORES	15000 CFM	COTURCAN	BP 490	TJ 0505 N, BP 490	OPERATIVO	Auxiliar	NO	NO	NO
VAL-19	40	5.5	Baja	INGENIEROS EN VENTILADORES	30000 CFM	COTURCAN	Polvorin P	Polvorin P	OPERATIVO	Auxiliar	NO	NO	NO
VAL-49	75	9	Media	AIRTEC	40000 CFM	COTURCAN	Fr 4	Rp 350 (-)	OPERATIVO	Auxiliar	SI	NO	NO
VAL-02	50	5.5	Baja	INGENIEROS EN VENTILADORES	20000 CFM	COTURCAN	RP 350 -	BP 490	OPERATIVO	Auxiliar	NO	NO	NO
VAL-03	30	8	Media	INGENIEROS EN VENTILADORES	20000 CFM	COTURCAN	Polvorin P	Polvorin P	OPERATIVO	Auxiliar	NO	NO	NO
VAL-51	75	9	Media	AIRTEC	40000 CFM	COTURCAN	FR4	TJ Rp 350 (+)	OPERATIVO	Auxiliar	SI	NO	NO
VAL-12	40	8	Media	INGENIEROS EN VENTILADORES	20000 CFM	COTURCAN	XC-146	TJ-172 y CC-146	OPERATIVO	Auxiliar	NO	NO	NO
VAL-08	30	5.5	Baja	INGENIEROS EN VENTILADORES	15000 CFM	COTURCAN	GAL 29	GAL 340, GAL 0410	OPERATIVO	Auxiliar	NO	NO	NO
VAL-52	75	9	Media	AIRTEC	40000 CFM	COTURCAN	VT 5-350 (-)	Tj 5 Rp 350(-) Sn 5	OPERATIVO	Auxiliar	SI	NO	NO

Inventario de ventiladores 2019

## Mina Caridad

**Tabla 31**

*Ubicación de ventiladores Caridad*

CODIGO	POTENCIA NOMINAL HP	PRESION TOTAL	PRESION	MARCA	CAPACIDAD (CFM)	MINA	UBICACIÓN	ZONA DE ACCIÓN (LABORES A VENTILAR)	ESTADO	TIPO	SILENCIADOR	ALARMA	PANEL DE CONTROL REMOTO
<b>CARIDAD</b>													
VAL-26	125	4	Baja	INGENIEROS EN VENTILADORES	80000 CFM	CARIDAD	BP 450	rp 046 Rp 438	OPERATIVO	Principal	SI	SI	NO
VAL-10	30	5.5	Baja	INGENIEROS EN VENTILADORES	15000 CFM	CARIDAD	BP-4410	BP-4410	OPERATIVO	Auxiliar	BO	NO	NO
VAL-29	30	5.5	Baja	INGENIEROS EN VENTILADORES	15000 CFM	CARIDAD	RP-100(-)	BP 450	OPERATIVO	Auxiliar	NO	NO	NO
VAL-42	115	12	Alta	ZITRON	40000 CFM	CARIDAD	RP 438	S/N 09 A Rp 438	OPERATIVO	Auxiliar	SI	NO	NO
VAL-35	40	8	Media	INGENIEROS EN VENTILADORES	20000 CFM	CARIDAD	CC 4	XC 4350	OPERATIVO	Auxiliar	NO	NO	NO
VAL-45	75	9	Media	AIRTEC	40000 CFM	CARIDAD	RP 046	RP 046 gl 9	OPERATIVO	Auxiliar	SI	NO	NO
VAL-50	75	9	Media	AIRTEC	40000 CFM	CARIDAD	RP 100(-) S.G.	GL-9670	OPERATIVO	Auxiliar	SI	NO	NO
VAL-43	115	12	Alta	ZITRON	40000 CFM	CARIDAD	RP-100(+)	TJ-55, SN-9528	OPERATIVO	Auxiliar	SI	NO	NO

#### 4.1.7. Consumo de energía

##### Consumo De Energía Nominal – Mina Hércules

**Tabla 32**

*Costo de energía de ventiladores de hércules*

CODIGO	POTENCIA NOMINAL HP	MARCA	CAPACIDAD (CFM)	TIPO	Potencia KW	Costo US\$/Hr+Kw	Costo US\$/Hr	Costo US\$/dia	Costo US\$/Mes	Costo US\$/año	Incidencia
<b>HERCULES</b>											
VE-40	125	INGENIEROS EN VENTILADORES	80000 CFM	Principal	93	0.085	7.9	190	5707	68483	17%
VAL- 36	125	INGENIEROS EN VENTILADORES	50000 CFM	Secundario	93	0.085	7.9	190	5707	68483	17%
VAL-27	30	INGENIEROS EN VENTILADORES	20000 CFM	Auxiliar	22	0.085	1.9	46	1370	16436	4%
VAL-11	40	INGENIEROS EN VENTILADORES	20000 CFM	Auxiliar	30	0.085	2.5	61	1826	21914	5%
VAL-01	75	INGENIEROS EN VENTILADORES	30000 CFM	Auxiliar	56	0.085	4.8	114	3424	41090	10%
VAL-13	30	INGENIEROS EN VENTILADORES	20000 CFM	Auxiliar	22	0.085	1.9	46	1370	16436	4%
VAL-46	75	AIRTEC	40000 CFM	Auxiliar	56	0.085	4.8	114	3424	41090	10%
VAL-47	75	AIRTEC	40000 CFM	Auxiliar	56	0.085	4.8	114	3424	41090	10%
VAL-05	30	INGENIEROS EN VENTILADORES	15000 CFM	Auxiliar	22	0.085	1.9	46	1370	16436	4%
VAL-44	75	AIRTEC	40000 CFM	Auxiliar	56	0.085	4.8	114	3424	41090	10%
VAL-48	75	AIRTEC	40000 CFM	Auxiliar	56	0.085	4.8	114	3424	41090	10%
				TOTAL	563		48	1149	34470	413636	100%

La Zona Hércules tiene una potencia instalada para ventiladores de 563 Kw con un costo anual de US\$ 413,636 con precio unitario de 0.085 US\$/Kw-

Hr.

## Consumo De Energía Nominal – Mina Coturcan

**Tabla 33**

Costo de energía de ventiladores de Coturcan

CODIGO	POTENCIA NOMINAL HP	MARCA	CAPACIDAD (CFM)	TIPO	Potencia KW	Costo US\$/Hr+Kw	Costo US\$/Hr	Costo US\$/dia	Costo US\$/Mes	Costo US\$/año	Incidencia
<b>COTURCAN</b>											
VAL-41	115	ZITRON	40000 CFM	Auxiliar	86	0.085	7.3	175	5250	63004	18%
VAL-34	50	INGENIEROS EN VENTILADORES	30000 CFM	Auxiliar	37	0.085	3.2	76	2283	27393	8%
VAL-21	30	INGENIEROS EN VENTILADORES	20000 CFM	Auxiliar	22	0.085	1.9	46	1370	16436	5%
VAL-17	30	INGENIEROS EN VENTILADORES	15000 CFM	Auxiliar	22	0.085	1.9	46	1370	16436	5%
VAL-19	40	INGENIEROS EN VENTILADORES	30000 CFM	Auxiliar	30	0.085	2.5	61	1826	21914	6%
VAL-49	75	AIRTEC	40000 CFM	Auxiliar	56	0.085	4.8	114	3424	41090	12%
VAL-02	50	INGENIEROS EN VENTILADORES	20000 CFM	Auxiliar	37	0.085	3.2	76	2283	27393	8%
VAL-03	30	INGENIEROS EN VENTILADORES	20000 CFM	Auxiliar	22	0.085	1.9	46	1370	16436	5%
VAL-51	75	AIRTEC	40000 CFM	Auxiliar	56	0.085	4.8	114	3424	41090	12%
VAL-12	40	INGENIEROS EN VENTILADORES	20000 CFM	Auxiliar	30	0.085	2.5	61	1826	21914	6%
VAL-08	30	INGENIEROS EN VENTILADORES	15000 CFM	Auxiliar	22	0.085	1.9	46	1370	16436	5%
VAL-52	75	AIRTEC	40000 CFM	Auxiliar	56	0.085	4.8	114	3424	41090	12%
TOTAL					477		41	974	29219	350632	100%

La Zona Coturcán tiene una potencia instalada para ventiladores de 477Kw con un costo anual de US\$ 350,632 con precio unitario de 0.085 US\$/Kw-Hr.

**Consumo De Energía Nominal – Mina Caridad**

**Tabla 34**

Costo de energía de ventiladores de Caridad

CODIGO	POTENCIA NOMINAL HP	MARCA	CAPACIDAD (CFM)	TIPO	Potencia KW	Costo US\$/Hr+Kw	Costo US\$/Hr	Costo US\$/dia	Costo US\$/Mes	Costo US\$/año	Incidencia
<b>CARIDAD</b>											
VAL-26	125	INGENIEROS EN VENTILADORES	80000 CFM	Principal	93	0.085	7.9	190	5707	68483	21%
VAL-10	30	INGENIEROS EN VENTILADORES	15000 CFM	Auxiliar	22	0.085	1.9	46	1370	16436	5%
VAL-29	30	INGENIEROS EN VENTILADORES	15000 CFM	Auxiliar	22	0.085	1.9	46	1370	16436	5%
VAL-42	115	ZITRON	40000 CFM	Auxiliar	86	0.085	7.3	175	5250	63004	19%
VAL-35	40	INGENIEROS EN VENTILADORES	20000 CFM	Auxiliar	30	0.085	2.5	61	1826	21914	7%
VAL-45	75	AIRTEC	40000 CFM	Auxiliar	56	0.085	4.8	114	3424	41090	12%
VAL-50	75	AIRTEC	40000 CFM	Auxiliar	56	0.085	4.8	114	3424	41090	12%
VAL-43	115	ZITRON	40000 CFM	Auxiliar	86	0.085	7.3	175	5250	63004	19%
TOTAL					451		38	921	27621	<b>331457</b>	100%

La Zona Caridad consume un total de 451 Kw con un costo anual de US\$ 331,457 con precio unitario de 0.085 US\$/Kw-Hr.

## 4.2. Discusión de resultados

En el requerimiento de aire para la red de ventilación de las labores mineras en sus unidades de producción, de la Empresa Minera Lincuna S. A., se ha ejecutado varias acciones para poder obtener datos en cuanto a aforo de aire en cada zona, información inicial caudal de entrada, y caudal de salida, requerimiento de aire para el personal, por temperatura, para equipos petroleros, por fugas, el requerimiento total y el balance de ventilación actual así como también el inventario de ventiladoras y consumo de energía para cada zona de estudio. Para posteriormente realizar la interpretación de los resultados obtenidos y poder formular las posibles correcciones del circuito de ventilación y mejorar las condiciones ambientales en interior de la mina en cada zona.

En cuanto a los resultados del requerimiento de aire para cada zona de la mina Lincuna se determinó los siguientes resultados,

### **Zona Hercules**

Caudal de ingreso: 138,541 cfm

Caudal requerido: 137,038 cfm

Cobertura: 101 % un superávit de aire de 1,503 cfm.

### **Zona Caridad**

Caudal de ingreso: 76,126 cfm

Caudal requerido: 73,831 cfm

Cobertura: 103.0 % un superávit de aire de 2,295 cfm.

### **Zona Coturcan**

Caudal de ingreso: 96,371 cfm

Caudal requerido: 95,639 cfm

Cobertura: 100.8 % un superávit de aire de 731 cfm.

La cantidad de ventiladores en cada zona es, en mina Hércules se tiene 11 ventiladoras cuya capacidad en CFM va desde 15,000 a 80,000 CFM, mina Coturcan.

Se tiene 12 ventiladores de capacidad que van desde 15,000 a 40,000 CFM y la mina Caridad se tiene 8 ventiladores de capacidad que van desde 15,000 a 80,000 CFM.

En cuanto a consumo de energía y costo se determinó que la mina Hércules tiene una potencia instalada para ventiladores de 563 Kw con un costo anual de US\$ 413,636 con precio unitario de 0.085 USS/Kw-Hr. La mina Coturcan tiene una potencia instalada para ventiladores de 477Kw con un costo anual de US\$ 350,632 con precio unitario de 0.085 USS/Kw-Hr. Y la mina Caridad consume un total de 451 Kw con un costo anual de US\$ 331,457 con precio unitario de 0.085 USS/Kw-Hr.

#### **Diagnóstico de la ventilación actual**

- La ventilación en los frentes y tajeos se realiza con ventiladores auxiliares, provistas de mangas de ventilación de 30 pulgadas, con capacidades de 30,000 cfm, (pi3s3/min) instalados en serie; se tiene problemas de ventilación porque no se tiene un circuito de ventilación bien diseñado para evacuar el aire viciado.
- Ventiladores auxiliares en serie mal instalados.
- Mangas ramificadas para más de dos tajeos.
- Equipos diésel más de dos trabajando en forma simultánea y en la misma zona.
- Acumulación de humo en los frentes.
- Todos estos aspectos hacen que se produzcan una recirculación del aire viciado, el aire llegue con bajas presiones, no se pueda evacuar el aire contaminado, acumulación de humo, deficiencia en la cantidad de aire necesario en cada tajeo.
- No se cuenta con un ingeniero responsable de la ventilación, el personal técnico no está debidamente capacitado en ventilación.

- Falta equipar debidamente el área de ventilación, para las mediciones básicas.
- No se tiene información sobre mantenimiento y control de los ventiladores, así como de sus características y accesorios respectivos, lo que impedirá paradas intempestivas o interrupción de los circuitos de ventilación.

### **Mejoramiento de la ventilación**

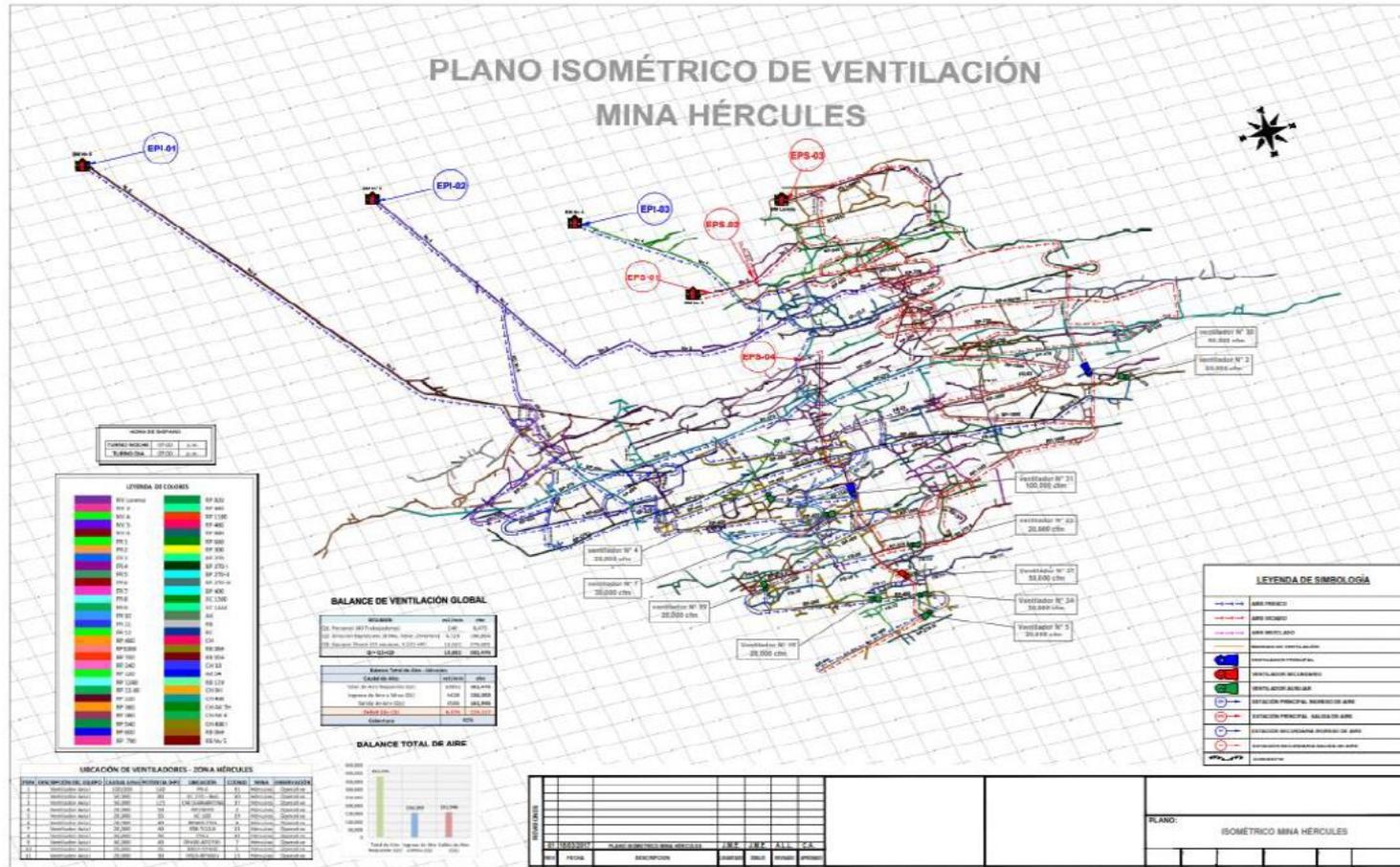
- Sobre el requerimiento de aire para la ventilación se sugiere hacer todas las correcciones indicadas en el diagnóstico, corregir los circuitos de ventilación
- Ventilador principal para evitar paradas por falta de ventilación, avería del ventilador principal; se debe instalar otro ventilador axial de 100,000 cfm.
- Ventiladores secundarios, deben ser instalados adecuadamente e integrados al circuito de ventilación con sus respectivas mangas de ventilación.
- Ventiladores auxiliares para labores de longitudes mayores a 300 metros se debe instalar ventiladores en serie y deben ser prendidos hasta evacuar los gases luego deben ser apagados.
- Circuitos de ventilación se sugiere hacer algunos cambios en la explotación de los blocks, como los siguientes:
- Los subniveles deben estar conectados mediante cruceros para que circule el aire que ingresa a través de las mangas y no se regresa por la galería.
- Contar con chimeneas entre niveles inferior, intermedio, superior, ubicadas en el extremo de la galería principal e instalar ventiladores secundarios mientras dure la explotación del block.
- Evitar que trabajen más de dos equipos en la galería o en los subniveles para que no se acumulación de humos
- Personal se debe tener personal dedicados a la ventilación de la mina, capacitados, bien implementados y que puedan hacer labores como instalación de puertas, cortinas, tapones, instalación de ventiladores, etc. Los

instrumentos básicos que debe contar son: anemómetro, wincha metálica, tubos de humo, equipos digitales.

- Labores antiguas y abandonadas estas labores deben ser taponeadas herméticamente para que no se produzcan accidentes o que el aire fresco se pierda.
- Chimeneas de ventilación hay necesidad de contar con dos chimeneas principales cerca a los tajeos en explotación.
- Plano isométrico de la mina se debe contar con planos isométricos de cada mina y deben ser actualizados cada 6 meses.

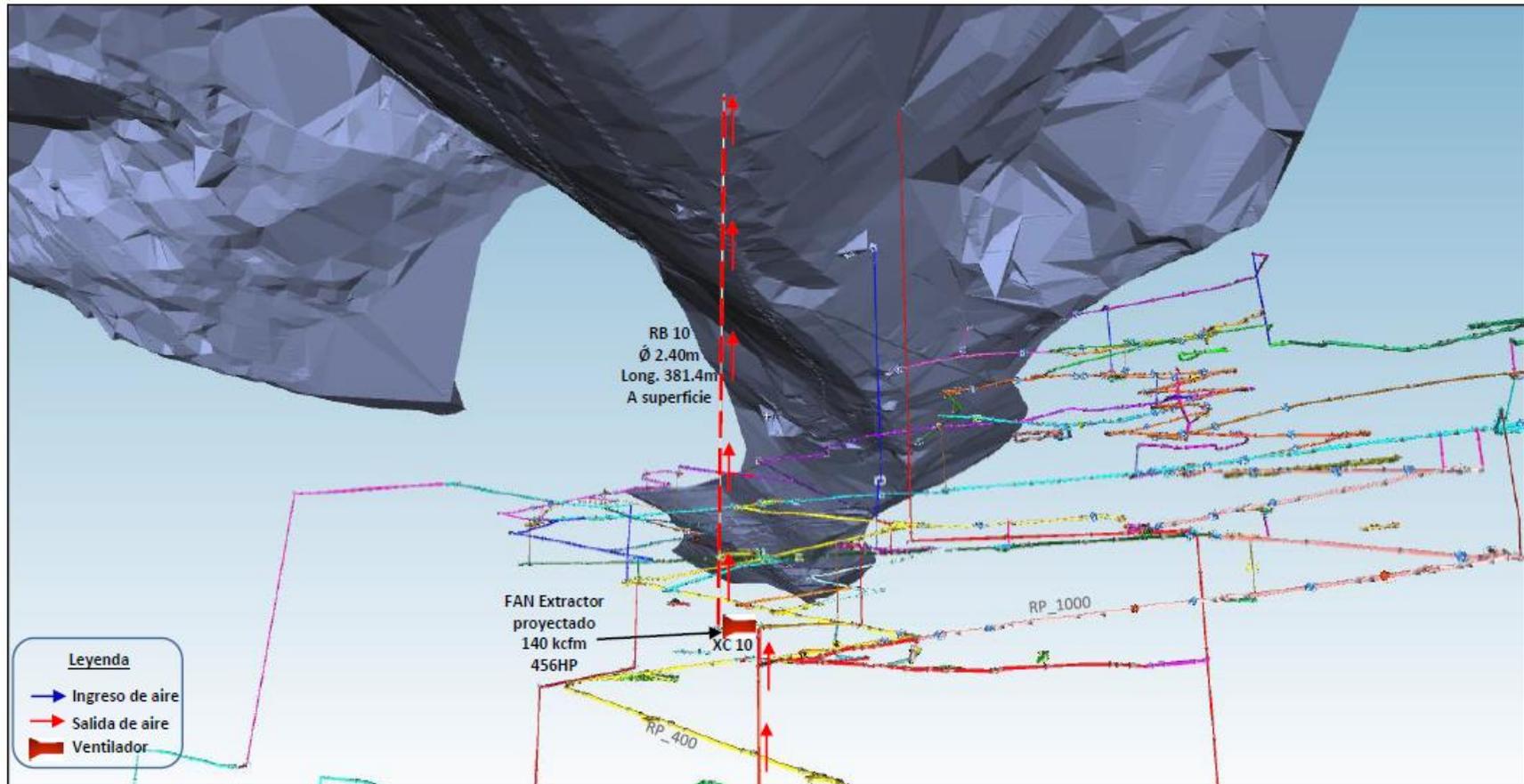
**Figura 11**

*Plano isométrico de ventilación Mina Hércules*



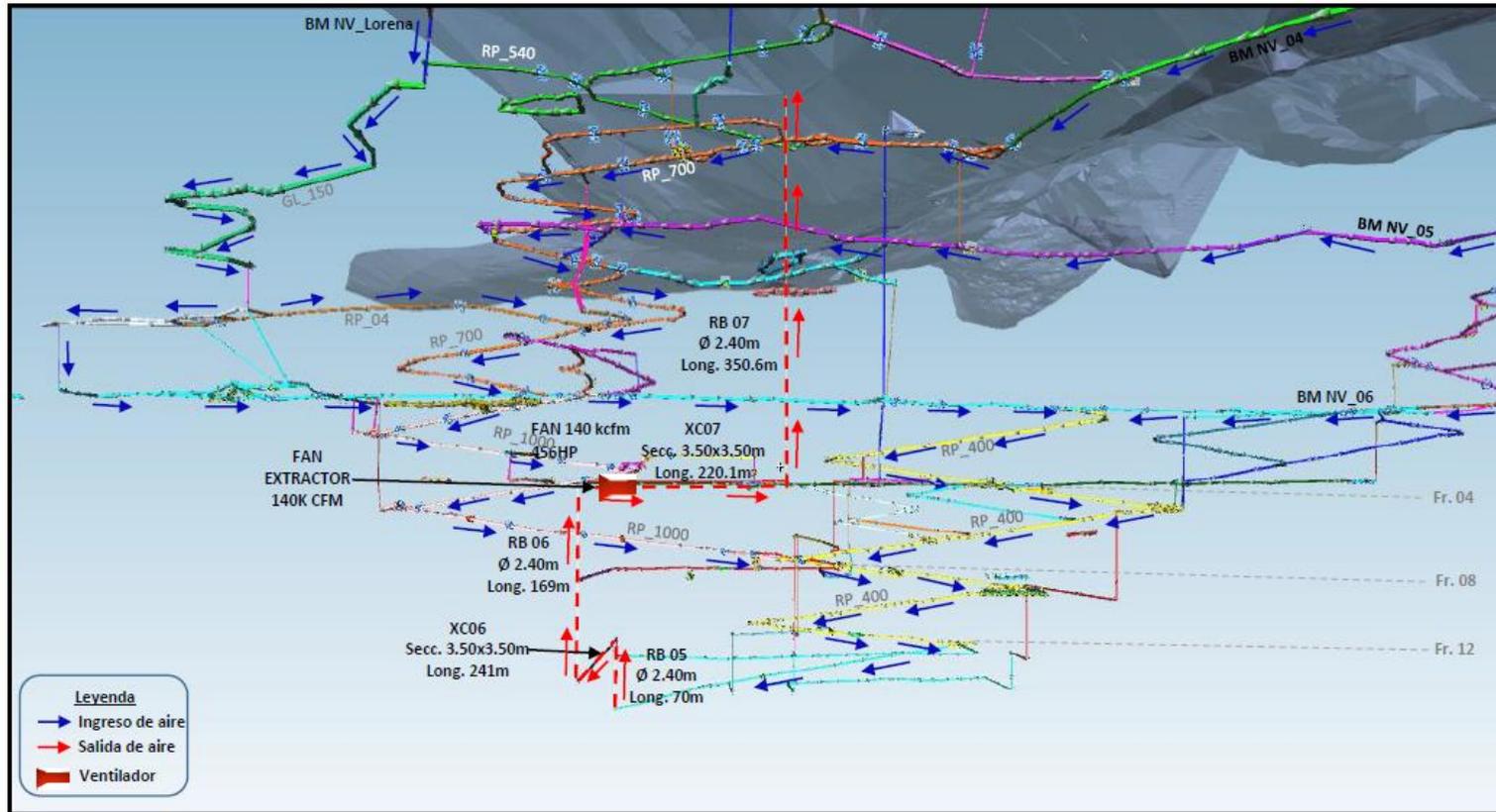
**Figura 12**

*Plano isométrico de ventilación Mina Hércules y nuevo eje de extracción RB 10*



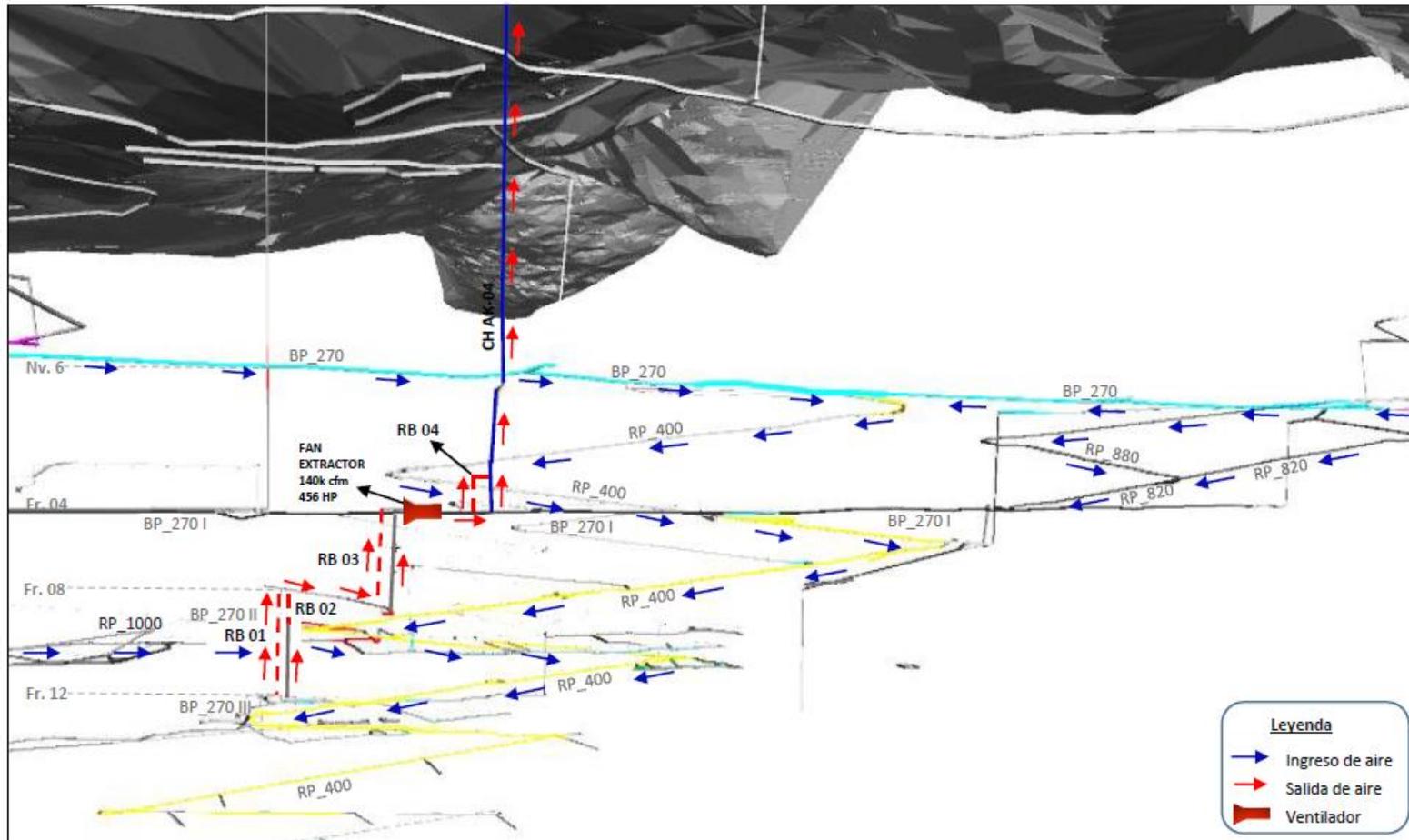
**Figura 13**

Plano isométrico de ventilación Mina Hércules y nuevo eje de extracción RB 05, RB 06, RB 07



**Figura 14**

Plano isométrico de ventilación Mina Hércules y nuevo eje de extracción RB 01, RB 02, RB 03, RB 04



## CONCLUSIONES

1. En cuanto a los resultados del requerimiento de aire para cada zona de la mina Lincuna se determinó los siguientes resultados,  
**Zona Hércules:** Caudal de ingreso: 138,541 cfm, Caudal requerido: 137,038 cfm, Cobertura: 101 % un superávit de aire de 1,503 cfm.  
**Zona Caridad:** Caudal de ingreso: 76,126 cfm, Caudal requerido: 73,831 cfm Cobertura: 103.0 % un superávit de aire de 2,295 cfm.  
**Zona Coturcan:** Caudal de ingreso: 96,371 cfm, Caudal requerido: 95,639 cfm Cobertura: 100.8 % un superávit de aire de 731 cfm.
2. La cantidad de ventiladores en cada zona es, en mina Hércules se tiene 11 ventiladoras cuya capacidad en CFM va desde 15,000 a 80,000 CFM, mina Coturcan se tiene 12 ventiladores de capacidad que van desde 15,000 a 40,000 CFM y la mina Caridad se tiene 8 ventiladores de capacidad que van desde 15,000 a 80,000 CFM.
3. En cuanto a consumo de energía y costo se determinó que la mina Hércules tiene una potencia instalada para ventiladores de 563 Kw con un costo anual de US\$ 413,636 con precio unitario de 0.085 USS/Kw-Hr. La mina Coturcan tiene una potencia instalada para ventiladores de 477Kw con un costo anual de US\$ 350,632 con precio unitario de 0.085 USS/Kw-Hr. Y la mina Caridad consume un total de 451 Kw con un costo anual de US\$ 331,457 con precio unitario de 0.085 USS/Kw-Hr.
4. Al realizar el diagnóstico de la ventilación en las tres zonas de la minara Lincuna se encontraron faltas o deficiencias que tienen que ser corregidas, entre estas deficiencias mencionamos lo siguiente: La ventilación en los frentes y tajeos, Ventiladores auxiliares, Mangas, Equipos diésel, Acumulación de humo, mantenimiento, capacitación del personal, equipamiento.

## **RECOMENDACIONES**

- 1.** Se recomienda contar con una planificación óptima del uso de los equipos Diesel, para evitar la producción de humos en forma excesiva.
- 2.** Contar con un registro de las ventiladoras, que nos permitan su ubicación, ver sus características, llevar el control de mantenimiento.
- 3.** Se debe tener personal dedicado al área de ventilación, que este bien capacitado en ventilación.
- 4.** Se recomienda tener actualizado los planos de ventilación, con su respectiva ubicación de los ventiladores.

## BIBLIOGRAFÍA

- Badajoz, M. (2020). *Tu tesis en cinco pasos*.
- BERNAL, C. (2010). *Metodología de la investigación* (Tercera edición ed.). (P. Educación, Ed.)
- Bernaola, J., Castilla, J., & Herrera, J. (2013). *Perforación y voladura de rocas en minería*. DEPARTAMENTO DE EXPLOTACIÓN DE RECURSOS MINERALES Y OBRAS SUBTERRÁNEAS, Universidad Politécnica de Madrid.
- CAPCHI, MELGAR, E. (2020). *“Influencia de la Ventilación Mecánica en el Rendimiento de los Trabajadores y en la Disminución del Índice de Accidentabilidad en la Unidad Minera Peyols Contratistas – La Rinconada, Puno (2019)”*. [tesis de licenciamiento, Universidad Tecnológica del Perú] repositorio institucional Universidad Tecnológica del Perú, Arequipa.
- CARRASCAL, MANZUR, A. (2018). *Evaluación y propuesta del mejoramiento de la ventilación para la mina “El Maracaibo” municipio de Samacá, departamento de Boyacá*. [tesis de licenciamiento, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia] repositorio institucional U. Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- CLAVERIAS, J. (2014). *“EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DE LA COMPAÑÍA MINERA CARAVELI S.A.C APLICANDO EL SOFTWARE VENTSIM VISUAL 3”*. [tesis de licenciamiento, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa] repositorio institucional U. N. San Agustín de Arequipa.
- DURAN, J. (2018). *MEJORAMIENTO DE LA VENTILACIÓN EN LA MINA SUBTERRÁNEA - MINA COLQUIJIRCA CIA. DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.* [tesis de licenciamiento, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión] repositorio institucional U.N. Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco.
- GARCIA, E. (2016). *“EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN Y PROPUESTA PARA SU OPTIMIZACIÓN EN MINA SUBTERRÁNEA CARBONÍFERA MI GRIMALDINA I - CAJAMARCA - 2016”*.

- [tesis de licenciatura, Universidad privada del Norte] repositorio institucional Universidad Privada del Norte, Cajamarca.
- HERNANDEZ, FERNANDES, BAPTISTA, R. (2014). *Metodología de la investigación* (sexta edición ed.). (M. e. S.A., Ed.)
- HERRERA, J. (2019). *Introducción a la ventilación minera*. (U. P. Madrid, Ed.)
- HUAMANI, J. (2020). *MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN SUBTERRÁNEA DE LA MINA CONDOR IV, MINERA EL PALACIO DEL CÓNDOR S.A.C.* [tesis de licenciamento Universidad Nacional del Centro del Perú] repositorio de la Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.
- INACAP. (2015). *Manual Software Ventsim*. (U. T. Chile, Ed.)
- Instituto Geológico y Minero de España. (1987). *Manual de perforación y voladura de rocas*. Instituto Geológico y Minero de España.
- JIMENEZ, A. (2011). *“Ventilación de minas subterráneas y túneles; práctica, aplicada y avanzada en minería clásica y minería por trackless.*
- LLACHO, VARGAS, U. (2020). *“Estudio del sistema de ventilación para el control de agentes químicos y físicos, U.O. Pallancata – veta Pablo – 2018.* [tesis de licenciamento UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL PERU] repositorio institucional Universidad Tecnológica del Perú, Arequipa.
- MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS (MEM). (2017). Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería, D.S. N° 024-2016-EM, MODIFICADO POR D.S. N° 023-2017-EM.
- NOVITZKY, A. (1962). *“Ventilación de minas”*. Buenos Aires - Argentina.
- PONCIANO, O. (2016). *ESTUDIO DE VENTILACION DEL PROYECTO DE EXPLOTACION MINERA INVICTA, HUAURA.* [tesis de licenciamento Universidad Nacional de Ingeniería] repositorio institucional Universidad nacional de Ingeniería.
- RICSE, R. (2021). *Diseño del circuito de ventilación para evacuar los gases, humo y polvo en suspensión en las labores de la galería principal en la mina artesanal*

*Aurex-Acopalca, Pasco 2018.* [tesis de licenciamiento Universidad Continental]  
repositorio institucional Universidad Continental.

SAAVEDRA, Y. (2018). *SISTEMA DE VENTILACIÓN, USANDO EL SOFTWARE VENTSIM EN LA COMPAÑÍA MINERA CHALHUANE, CAMANA, AREQUIPA, 2017.* [tesis de licenciamiento, U.N. SANTIAGO ANTUNES DE MAYOLO]  
Repositorio institucional U.N. Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz.

SANCHEZ, REYES, H. (2006). *Metodología y Diseños en la Investigación Científica.*  
(E. V. Universitaria, Ed.) Lima.

SERNAGEOMIN. (2008). *GUÍA METODOLÓGICA DE SEGURIDAD PARA VENTILACIÓN DE MINAS.* (S. N. (SERNAGEOMIN), Ed.)

TAMAYO Y TAMAYO, M. (2003). *El proceso de la investigación científica* (cuarta edición ed.). (L. N. Editores, Ed.)

VERGARAY, R. (2017). *“OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DE LA MINA CHARITO, COMPAÑÍA MINERA PODEROSA S.A.”.* [tesis de licenciamiento Universidad Nacional de Trujillo] repositorio institucional Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.

## **ANEXOS**

## Anexo A

### Instrumentos de Recolección de datos

**Tabla Ingreso de aire fresco**

N° Estación	Ubicación	Labor	Área	Velocidad	Calidad	
			m2	m/min	m3/min	CFM
TOTAL						

**Tabla Salida de aire fresco**

N° Estación	Ubicación	Labor	Área	Velocidad	Calidad	
			m2	m/min	m3/min	CFM
TOTAL						

**Tabla Balance de aire actual**

RESUMEN		
Aforo de aire	Cantidad	Unidad
Ingreso de aire fresco		
Salida de aire viciado		
Diferencia		
Cobertura		

**Requerimiento de aire actual**

Empresa	Área	Total/gud.	Caudal (m3/min)	Caudal (cfm)	Distribución (%)
COMPAÑIA	Geología				
	Mantenimiento				
	Mina				
	Seguridad				
	Planeamiento				
	Ventilación				
	Mantenimiento eléctrico				
	Servicios				
URQU SAC	Total				
MULTICOSA LDR	Operador de volquete				
	Supervisión				
TOTAL					

## Anexo B

### Matriz de Consistencia

Título: “REQUERIMIENTO DE AIRE PARA LA RED DE VENTILACION DE LAS LABORES MINERAS EN SUS UNIDADES DE PRODUCCION, DE LA EMPRESA MINERA LINCUNA S. A.”				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p><b>Problema general</b> ¿Cuál es el requerimiento de aire para los trabajos en las labores mineras de sus unidades de producción, de la Empresa Minera Lincuna S. A.?</p> <p><b>Problemas específicos</b> a. ¿Cuál es el requerimiento de aire para los trabajos en las labores mineras en la Unidad de producción Hércules, de la Empresa Minera Lincuna S. A.? b. ¿Cuál es el requerimiento de aire para los trabajos en las labores mineras en la Unidad de producción Coturcan, de la Empresa Minera Lincuna S. A.? c. ¿Cuál es el requerimiento de aire para los trabajos en las labores mineras en la Unidad de producción Caridad, de la Empresa Minera Lincuna S. A.?</p>	<p><b>Objetivo general</b> Determinar el requerimiento de aire para los trabajos en las labores mineras de sus unidades de producción, de la Empresa Minera Lincuna S. A.</p> <p><b>Objetivos específicos</b> a. Determinar el requerimiento de aire para los trabajos en las labores mineras en la Unidad de producción Hércules, de la Empresa Minera Lincuna S. A. b. Determinar el requerimiento de aire para los trabajos en las labores mineras en la Unidad de producción Coturcan, de la Empresa Minera Lincuna S. A. c. Determinar el requerimiento de aire para los trabajos en las labores mineras en la Unidad de producción Caridad, de la Empresa Minera Lincuna S. A.</p>	<p><b>Hipótesis General</b> Se está cumpliendo con los requerimientos de aire para los trabajos en las labores mineras de sus unidades de producción de acuerdo a la normativa de seguridad, en la Empresa Minera Lincuna S. A.</p> <p><b>Hipótesis específicas</b> a. Se está cumpliendo con los requerimientos de aire para los trabajos en las labores mineras en la Unidad de producción Hércules, de acuerdo a la normativa de seguridad, en la Empresa Minera Lincuna S. A. b. Se está cumpliendo con los requerimientos de aire para los trabajos en las labores mineras en la Unidad de producción Coturcan, de acuerdo a la normativa de seguridad, en la Empresa Minera Lincuna S. A. c. Se está cumpliendo con los requerimientos de aire para los trabajos en las labores mineras en la Unidad de producción Caridad, de acuerdo a la normativa de seguridad, en la Empresa Minera Lincuna S. A.</p>	<p><b>Variables para la hipótesis general</b> Requerimiento de aire Labores mineras de sus unidades</p> <p><b>Variables para la hipótesis específicas</b> Variable para la hipótesis específica a. Requerimiento de aire Labores mineras de la Unidad Hércules Variable para la hipótesis específica b. Requerimiento de aire Labores mineras de la Unidad Coturcan Variable para la hipótesis específica c. Requerimiento de aire Labores mineras de la Unidad Caridad</p>	<p>-Tipo de I. Aplicada -Nivel de I. Descriptiva -Método de I. Analítica, deductiva -Diseño de I. No experimental -Muestra. Para la Unidad Hércules Bay pass 270, nivel 05, 06,04, boca mina sansón Nv 3 norte, chimenea (EVH-20). Para la Unidad Coturcan Cruceiro Coturcan, chimenea 290-1, nivel 09, Rampa 210+, bocamina 105 Para la Unidad Caridad Cruceiro caridad, chimenea 05, bocamina cruceiro Zeus Este</p>