

# UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO BENEDICTO XVI

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA MEJORAR LA CIRCULACIÓN  
DEL AIRE Y DILUCIÓN DE GASES EN EL NIVEL 4049 DE UNA UNIDAD MINERA  
DEL DISTRITO DE BULDIBUYO 2020

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO DE MINAS

## **AUTORES:**

Br. Edin Magdiel Cruz Carlos

Br. María Cotrina Leyva

## **ASESOR:**

Mg. Ing. John Piter Bejarano Guevara

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Procesos y tecnología

TRUJILLO - PERÚ

2022

## **AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**Mons. Dr. Héctor Miguel Cabrejos Vidarte, O.F.M.**

Arzobispo Metropolitano de Trujillo  
Fundador y Gran Canciller de la Universidad  
Católica de Trujillo - Benedicto XVI

**R.P. Fray Dr. Juan José Lydon Mc Hugh, OSA**

Rector de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI

**Dra. Silvia Ana Valverde Zavaleta**

Vicerrectora académica

**Dr. Francisco Alejandro Espinoza Polo**

Vicerrector de Investigación

**Mg. Breitner Guillermo Díaz Rodríguez**

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

**Mg. José Andrés Cruzado Albarrán**

Secretario General

## **PÁGINA DE JURADO**

---

Mg. Ing. Fernando Arístides Saldaña Milla  
PRESIDENTE

---

Mg. Ing. Luis Alberto Alva Reyes  
SECRETARIO

---

Mg. Ing. John Piter Bejarano Guevara  
VOCAL

## CONFORMIDAD DE ASESOR

Yo Mg. Ing. Bejarano Guevara John Piter con DNI N° 41520959 como asesor del trabajo de investigación “Diseño del sistema de ventilación para mejorar la circulación del aire y dilución de gases en el nivel 4049 de una unidad minera del Distrito de Buldibuyo” desarrollado por los bachilleres Cruz Carlos Edin Magdiel con DNI N° 74443806 y Cotrina Leyva María con DNI N° 47460711 respectivamente, egresados del programa profesional de Ingeniería de Minas, considero que dicho trabajo de titulación reúne los requisitos tanto técnicos como científicos y correspondes a las normas establecidas en el reglamento de titulación de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI y en normativa para la presentación de trabajo de titulación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Por lo tanto, autorizo la presentación del mismo ante organismo pertinente para que sea sometido a evaluación por la comisión de la clasificación designado por el Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.



Mg. Ing. John Piter Bejarano Guevara

**ASESOR**

## **DEDICATORIA**

### ***A Dios todo poderoso***

*Quien ha forjado mi camino y me ha dirigido por el sendero correcto.*

*Por haberme dado salud y poder lograr mis metas y objetivos trazados, además de su infinita ternura y amor.*

### ***A mis padres***

*Ermenegildo Cruz Ángel e Isabel Carlos Paredes, quienes creyeron que la educación es el mejor regalo y la mejor herencia que se puede dar a un hijo.*

*Gracias por sus consejos, su apoyo incondicional y su paciencia, todo lo que hoy soy es gracias a su sacrificio que dieron para que hoy concluya una etapa más de mi formación profesional.*

*Los amo muchos padres queridos.*

***Cruz Carlos Edin Magdiel***

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por habernos dado la oportunidad de llegar hasta este momento con salud, sabiduría y perseverancia para lograr nuestras metas como profesionales.

A la universidad Católica Benedicto XVI, por habernos aceptado ser parte de ella y ser partícipes en la adquisición de nuevos conocimientos para formarnos moral e intelectualmente con valores cristianos, permitiéndonos de este modo cumplir con nuestros objetivos trazados.

A nuestro asesor, Mg. Ing. John Piter Bejarano Guevara, gracias por sus importantes sugerencias y aportes durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A todos los docentes del programa profesional de Ingeniería de Minas, por haber sido formadores de nuestros conocimientos, esenciales para llegar a esta etapa de madurez científica.

**LOS AUTORES**

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Edin Magdiel Cruz Carlos con DNI 74443806 y María Cotrina Leyva con DNI 47460711, egresados del programa de estudios de Ingeniería de Minas de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, damos fe que hemos seguido rigurosamente los procedimientos académicos y administrativos emanados por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, para la elaboración y sustentación del informe de tesis titulado: “Diseño del sistema de ventilación para mejorar la circulación del aire y dilución de gases en el Nivel 4049 de una unidad minera del Distrito de Buldibuyo” el cual consta de un total de 82 páginas, en las que incluye 9 tablas, 27 figuras, más un total de 34 páginas y/o anexos.

Dejamos constancia de la originalidad y autenticidad de la mencionada investigación y declaramos bajo juramento en razón a los requerimientos éticos, que el contenido de dicho documento, corresponde a nuestra autoría respecto a redacción, organización, metodología y diagramación. Asimismo, garantizamos que los fundamentos teóricos están respaldados por el referencial bibliográfico, asumiendo un mínimo porcentaje de omisión involuntaria respecto al tratamiento de cita de autores, lo cual es de nuestra entera responsabilidad.

Se declara también que el porcentaje de similitud es de 16 %, el cual es aceptado por la Universidad Católica de Trujillo.



-----  
Br. Edin Magdiel Cruz Carlos  
DNI: 74443806



-----  
Br. María Cotrina Leyva  
DNI: 47460711

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS.....	i
PÁGINA DE JURADO .....	ii
CONFORMIDAD DE ASESOR.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
CAPÍTULO I PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	15
1.1. Planteamiento del problema .....	15
1.2. Formulación del problema.....	16
1.2.1. Problema general .....	16
1.2.2. Problemas específicos.....	16
1.3. Formulación de los objetivos.....	16
1.3.1. Objetivo general.....	16
1.3.2. Objetivo específico .....	16
1.4. Justificación de la investigación .....	17
1.4.1. Justificación económica.....	17
1.4.2. Justificación tecnológica.....	17
1.4.3. Justificación social.....	17
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	18



2.1.	Antecedentes de la investigación.....	18
2.1.1.	A nivel nacional.....	18
2.1.2.	Nivel internacional.....	19
2.2.	Bases teóricas científicas .....	20
2.2.1.	Ventilación de minas .....	20
2.2.2.	Ventilación natural.....	22
2.2.3.	Ventilación mecánica o artificial .....	24
2.2.4.	Tipos de ventilación artificial .....	27
2.2.5.	Medición de la sección útil de la galería .....	30
2.2.6.	Circulación de aire en la mina .....	30
2.2.7.	Caudal de aire en minas .....	31
2.2.8.	Aire atmosférico .....	34
2.2.9.	Aire de minas .....	34
2.2.10.	Principales contaminantes de mina.....	35
2.2.11.	Propiedades físicas del aire.....	37
2.2.12.	Circuitos de ventilación en minas.....	40
2.2.13.	Método de Hardy Cross .....	43
2.2.14.	Norma básica de la ventilación de minas .....	44
2.2.15.	Formula de Atkinson .....	45
2.2.16.	Caída de presión en minas .....	46
2.2.17.	Software ventsim design 5.0.....	47
2.3.	Definiciones y términos básicos .....	47
2.3.1.	Diseño de un circuito de ventilación .....	47
2.3.2.	Ventilación de minas .....	48
2.3.3.	Calidad del aire .....	48

2.3.4. Caudal .....	48
2.3.5. Mangas de ventilación .....	48
2.3.6. Atmósfera minera .....	48
2.4. Formulación de hipótesis .....	49
2.4.1. Hipótesis general .....	49
2.4.2. Hipótesis específicas.....	49
2.5. Operacionalización de variables .....	49
2.5.1. Variable independiente .....	49
2.5.2. Variable dependiente .....	49
<b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....</b>	<b>51</b>
3.1. Tipo de investigación.....	51
3.1.1. De acuerdo a la finalidad .....	51
3.1.2. De acuerdo al alcance .....	51
3.1.3. De acuerdo al diseño.....	51
3.2. Método de investigación.....	51
3.3. Diseño de la investigación .....	51
3.4. Población, muestra y muestreo .....	52
3.4.1. Población. ....	52
3.4.2. Muestra. ....	52
3.4.3. Muestreo .....	52
3.5. Técnicas e instrumentos de recojo de datos.....	52
3.5.1. Técnicas .....	52
3.5.2. Instrumentos de recojo de datos .....	52
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	53
3.6.1. Observación directa .....	53

3.6.2. Análisis descriptivo .....	53
3.7. Ética investigativa.....	53
<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS .....</b>	<b>54</b>
4.1. Presentación y análisis de resultados .....	54
4.1.1. Levantamiento de la concentración de gases y temperatura.....	54
4.1.2. Caudal de aire requerido en interior mina .....	63
4.1.3. Aplicación del método impelente en el diseño mejorado .....	68
4.1.4. Resultado de la red de ventilación .....	71
4.1.5. Selección del ventilador.....	73
4.2. Discusión de resultados .....	74
<b>CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS.....</b>	<b>76</b>
5.1. Conclusiones.....	76
5.2. Sugerencias .....	77
<b>ANEXOS .....</b>	<b>82</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ventilación natural.....	23
<b>Figura 2.</b> Presión de ventilación natural.....	24
<b>Figura 3.</b> Ventilación mecánica.....	25
<b>Figura 4.</b> Ventilador centrífugo Zitrón.....	25
<b>Figura 5.</b> Ventilación axial.....	26
<b>Figura 6.</b> Curva característica del ventilador.....	27
<b>Figura 7.</b> Ventilación impelente.....	27
<b>Figura 8.</b> Zonas del sistema de ventilación impelente.....	28
<b>Figura 9.</b> Ventilación aspirante.....	28
<b>Figura 10.</b> Ventilación impelente con apoyo aspirante.....	29
<b>Figura 11.</b> Factor de corrección K.....	30
<b>Figura 12.</b> Circuito en serie.....	41
<b>Figura 13.</b> Circuito en paralelo.....	42
<b>Figura 14.</b> Conexión en diagonal.....	43
<b>Figura 15.</b> Pendiente de presión.....	46
<b>Figura 16.</b> Puestos equivalentes en pérdidas por choque.....	47
<b>Figura 17.</b> Observación de temperatura °C del nivel 4049.....	57
<b>Figura 18.</b> Observación de monóxido de carbono (CO) del nivel 4049.....	58
<b>Figura 19.</b> Límites máximos permisibles del monóxido de carbono (CO). .....	59
<b>Figura 20.</b> Observación de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) del nivel 4049.....	60
<b>Figura 21.</b> Límites máximos permisibles de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ).....	60
<b>Figura 22.</b> Observación de dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> ) del nivel 4049.....	61
<b>Figura 23.</b> Límites máximos permisibles de dióxido de nitrógeno. ....	61
<b>Figura 24.</b> Observación de oxígeno (O <sub>2</sub> ) del nivel 4049.....	62

<b>Figura 25.</b> Límites máximos permisibles de oxígeno (O) .....	63
<b>Figura 26.</b> Dibujo en secciones sólidas .....	68
<b>Figura 27.</b> Simulación natural .....	69
<b>Figura 28.</b> Curva e información del ventilador .....	70
<b>Figura 29.</b> Simulación de gas nitroso (NO <sub>2</sub> ) .....	70
<b>Figura 30.</b> Mangas de ventilación .....	71
<b>Figura 31.</b> Resumen de la red de ventilación .....	72
<b>Figura 32.</b> Simulación sólido 3D nivel 4049.....	73
<b>Figura 33.</b> Ventilador de 15000.....	74

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Límites máximos permisibles .....	21
<b>Tabla 2.</b> Velocidad mínima .....	33
<b>Tabla 3.</b> Composición de aire seco .....	34
<b>Tabla 4.</b> Empleo de oxígeno según actividad física .....	35
<b>Tabla 5.</b> Operacionalización de variable .....	50
<b>Tabla 6.</b> Levantamiento de ventilación del nivel 4049 .....	56
<b>Tabla 7.</b> Cuadro correspondiente a la corrección del caudal por altitud. ....	63
<b>Tabla 8.</b> Requerimiento de aire 4049 .....	66
<b>Tabla 9.</b> Resumen del sistema de ventilación requerido .....	67

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado: “Diseño del sistema de ventilación para mejorar la circulación del aire y la dilución de gases en el nivel 4049 de una unidad minera del Distrito de Buldibuyo 2020” con la finalidad de cumplir el objetivo de diseñar el circuito de ventilación para mejorar la circulación de aire y la dilución de gases en el nivel 4049 de una unidad minera del Distrito de Buldibuyo. La metodología utilizada es de carácter cuantitativo del tipo de investigación de acuerdo a la finalidad es de carácter aplicada o práctica, de acuerdo al alcance es explicativa, de acuerdo al diseño es experimental a la vez descriptiva. La población está constituida por los niveles de la mina 4142, 4093 y 4049 y la muestra por el nivel 4049 por tener los mismos tres frentes de operación, pero mayor profundidad. La técnica que se utiliza es documental de búsqueda de información bibliográfica y técnica de campo de observación directa. Con la simulación del sistema de ventilación nos da un resultado de ingreso de aire fresco de  $6,8 \text{ m}^3/\text{s}$  o  $14408,52 \text{ CFM}$  y una salida de aire viciado de  $5,2 \text{ m}^3/\text{s}$  o  $11018,28 \text{ CFM}$ . Se concluye que con el diseño propuesto se mejora la circulación de aire y dilución de gases ya que tendrá un ventilador auxiliar de  $408,00 \text{ m}^3/\text{min}$  o  $15000 \text{ CFM}$  que trabajará con el método de ventilación impelente.

**Palabras claves:** Sistema de ventilación, diseño, simulación.

## ABSTRACT

The present research work entitled: "Design of the ventilation system to improve air circulation and gas dilution at level 4049 of a mining unit of the District of Buldibuyo 2020" with the purpose of fulfilling the objective of designing the ventilation circuit to improve air circulation and gas dilution at level 4049 of a mining unit of the District of Buldibuyo. The methodology used is of quantitative character of the type of research according to the purpose it is of applied or practical character, according to the scope it is explanatory, according to the design it is experimental at the same time descriptive. The population is constituted by the levels of the mine 4142, 4093 and 4049 and the sample by the level 4049 for having the same three operation fronts, but greater depth. The technique used is a documentary search of bibliographic information and a field technique of direct observation. The simulation of the ventilation system gives us a fresh air intake of 6,8 m<sup>3</sup>/s or 14408,52 CFM and a stale air output of 5,2 m<sup>3</sup>/s or 11018,28 CFM. It is concluded that the proposed design improves air circulation and gas dilution since it will have an auxiliary fan of 408,00 m<sup>3</sup>/min or 15000 CFM that will work with the impeller ventilation method.

**Key words:** Ventilation system, design, simulation.