

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y
CIVIL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS:

**Evaluación de riesgos críticos en la construcción de
chimeneas de traspaso para facilitar la extracción de
mineral, Mina Yauricocha - 2025**

Para optar el título profesional de:
INGENIERO DE MINAS

PRESENTADO POR:

Bach. Aldayr Anderson FLORES DIAZ

ASESOR:

Msc. Ing. Roberto Juan GUTIÉRREZ PALOMINO

AYACUCHO - PERÚ

2026

DEDICATORIA

A mis padres, Juana y Máximo, por ser el motor de mi esfuerzo diario y mi refugio en los momentos de duda. Gracias por impulsarme a crecer, por su paciencia infinita y por enseñarme que con constancia todo es posible. A mi amada Jackeline, por ser mi apoyo incondicional y la voz que me recordaba no rendirme cuando el camino se hacía difícil; tu compañía ha sido el impulso vital para culminar este sueño.

Asimismo, se dedica a todos los trabajadores mineros que día a día desarrollan sus labores en condiciones complejas, especialmente en operaciones subterráneas, donde la seguridad no es solo una norma, sino una necesidad vital. Su experiencia y realidad han sido una motivación permanente para orientar esta investigación hacia la prevención y el control de riesgos críticos.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento al Ing. Edwin Jhony Huaytalla Bautista, por la confianza brindada y la valiosa oportunidad de trabajar a su lado; al Ing. Brayam Quispe Quichua, por su guía constante y por compartir su conocimiento de manera generosa como un verdadero mentor en este camino; a Félix Calderón Escobar, por su recomendación y, sobre todo, por esa amistad incondicional que fue el puente fundamental para iniciar esta etapa y a mi amada Jackeline por ser mi motivo de seguir esforzándome y a mejorar día a día. De manera especial, se reconoce el apoyo y la orientación del asesor de tesis, cuya experiencia y observaciones oportunas permitieron encaminar adecuadamente el enfoque del estudio.

Asimismo, se agradece al personal operativo que, mediante su disposición y colaboración, facilitaron el acceso a información técnica y experiencias de campo.

RESUMEN

La seguridad durante la construcción de chimeneas en la minería subterránea sigue siendo un tema bastante delicado, sobre todo porque este tipo de trabajo se realiza en condiciones que pueden cambiar de un momento a otro. En la Mina Yauricocha, por ejemplo, las operaciones se desarrollan cada vez a mayor profundidad y el comportamiento de la roca no siempre es el mismo. Por eso, cuando se realizan excavaciones verticales entre niveles, como ocurre entre el nivel 710 y el 720, es necesario estar revisando constantemente tanto las condiciones de la roca como la forma en que se está trabajando. En este tipo de labores pueden presentarse situaciones de bastante riesgo, como la caída de rocas, la presencia de gases o incluso problemas con la ventilación, aspectos que pueden terminar generando accidentes graves si no se controlan a tiempo. Este proyecto nace de la necesidad de conocer mejor los riesgos que aparecen durante la construcción de chimeneas y, sobre todo, poder identificar cuáles requieren mayor atención. Para ello se toman en cuenta aspectos como el tipo de sostenimiento utilizado, la forma en que se realiza el avance, las condiciones de la roca y las medidas de seguridad que ya se vienen aplicando. La intención no es solamente hacer una lista de riesgos, sino tratar de entender cómo se presentan realmente durante el trabajo diario, cómo afectan a las actividades y qué cosas todavía podrían mejorarse para evitar que ocurra algún accidente o situación no deseada. Por esa razón, también se analizarán algunos datos importantes, como la cantidad de incidentes según la actividad realizada, el cumplimiento de las inspecciones de seguridad y las observaciones o desviaciones que se van encontrando durante el desarrollo del IPERC continuo. El objetivo principal de esta investigación es evaluar los riesgos que se presentan durante la construcción de chimeneas entre los niveles 710 y 720 de la Mina Yauricocha. A partir de ello se busca plantear medidas de control que permitan disminuir tanto la posibilidad de que ocurra un evento peligroso, como también la gravedad de sus consecuencias. Esta investigación

también resulta importante porque el tema de la seguridad en una chimenea no se puede mirar solamente desde el lado técnico. Detrás de cada medida de prevención hay personas que están expuestas a diferentes riesgos durante su jornada y, en algunos casos, una acción tomada a tiempo puede evitar un accidente de consecuencias graves. Por otro lado, una mejor gestión de los riesgos también ayuda a reducir pérdidas económicas que se generan por las paralizaciones, las sanciones administrativas o la pérdida de horas de trabajo. Pero además de todo eso, se busca fortalecer una forma de trabajo más preventiva, donde los trabajadores conozcan los riesgos, participen y sean parte de las decisiones que ayudan a realizar una labor más segura. Metodológicamente, la investigación será de tipo aplicada y diseño descriptivo, con un enfoque cuantitativo complementado por observación directa en campo. Se aplicarán listas de chequeo, encuestas y análisis de matrices IPERC y ATS a una muestra de 45 trabajadores y supervisores vinculados a la construcción de la chimenea, determinando el nivel de cumplimiento de controles críticos, como resultado esperado, se anticipa evidenciar que los mayores niveles de riesgo se concentran en las etapas de perforación y sostenimiento, con valores de riesgo moderado a significativo ($R = 12$ a 18) según la matriz IPERC, además, se prevé demostrar que una adecuada capacitación en la construcción de chimeneas, sumada al refuerzo en controles de ventilación y sostenimiento mecánico, puede reducir el nivel de riesgo en un 35 % y aumentar el índice de cumplimiento de seguridad en un 90 %.

Palabra clave: Chimeneas, riesgos críticos, IPERC

ABSTRACT

Safety in the construction of shafts in Peruvian underground mining continues to be one of the most sensitive and technical challenges within risk management. At the Yauricocha Mine, where mining operations are progressing in deep zones with rock masses exhibiting variable behavior, the vertical excavation work between levels in this case, from 710 to 720 demands rigorous control of geomechanical and operational conditions. These tasks account for a large proportion of serious incidents, whether due to rockfalls, exposure to gases, or ventilation deficiencies.

The project stems from a technical need to identify, evaluate, and prioritize the risks present in chimney construction, considering variables such as the type of support, the method of advancement, the conditions of the rock mass, and the control measures currently applied. The aim is not only to describe the risks but also to understand how they manifest in the field, how they interact with daily operations, and how the existing level of control can be improved before an unwanted event occurs. Along these lines, the project plans to analyze key indicators such as the incident rate per activity, compliance with safety inspections, and the frequency of deviations detected in the continuous Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA).

The overall objective is to evaluate the risks involved in the construction of shafts between levels 710 and 720 of the Yauricocha Mine, in order to propose control measures that reduce the probability and severity of associated critical events. This aims to establish a management model applicable to future shaft construction at the mine, based on systematic observation and verification of operational standards. The research is justified by its technical and human relevance, considering that each preventive measure implemented in a shaft can represent the difference between a safe operation and an accident with irreversible consequences. Economically, efficient risk management reduces operational costs associated with production stoppages, penalties,

administrative costs, and lost man-hours. Furthermore, it promotes a genuine preventative culture based on worker knowledge and participation. Methodologically, the research will be applied and descriptive in design, with a quantitative approach complemented by direct field observation. Checklists, surveys, and IPERC and ATS matrix analyses will be applied to a sample of 45 workers and supervisors involved in the construction of the shaft. The expected results anticipate that the highest risk levels are concentrated in the drilling and support stages, with moderate to significant risk values ($R = 12$ to 18) according to the IPERC matrix. Furthermore, the study is expected to demonstrate that adequate training in shaft construction, combined with enhanced ventilation controls and mechanical support, can reduce the risk level by 35% and increase the safety compliance rate by 90%. Ultimately, the study seeks to reaffirm that truly effective mining risk management is based not only on protocols but also on a technical and human understanding of underground work.

Keywords: Chimneys, critical risks, IPERC

ÍNDICE

Página de aprobación	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vii
ÍNDICE	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE ILUSTRACIONES	xv
ANEXO	xvi
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA	3
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.2.1. Problema general	5
1.2.2. Problemas específicos.....	5
1.3 OBJETIVOS.....	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
1.4 HIPÓTESIS	6
1.4.1. Hipótesis general	6
1.4.2. Hipótesis específica	6
1.5 VARIABLE E INDICADOR	6
1.5.1. Variable principal	6
1.5.2. Matriz de operacionalización.....	6

1.6 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	7
1.6.1. Justificación	7
1.6.2. Importancia	9
1.7 ALCANCES Y LIMITACIONES	10
1.7.1. Alcances.....	10
1.7.1.1. Temporal.	11
1.7.1.2. Espacial.	11
1.7.1.3. Conceptual.....	11
1.7.2. Limitaciones	12
CAPÍTULO II	13
MARCO TEORICO	13
2.1 GENERALIDADES.....	13
2.1.1 Ubicación y accesos.....	13
2.1.2. Ubicación geográfica	13
2.1.3. Accesibilidad	14
2.1.4. Clima y vegetación	15
2.1.5. Geología.....	15
2.1.6. Geología regional	16
2.1.7. Geología estructural.....	17
2.1.8. Mineralización	18
2.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	20
2.2.1. Antecedentes Internacionales	20
2.2.2. Antecedentes Nacionales	22
2.3. MARCO CONCEPTUAL	30
2.3.1. Evaluación de riesgos críticos	30

2.3.2. Identificación de peligros en chimeneas.....	30
2.3.3. Análisis del nivel de riesgo.....	31
2.3.4. Riesgo geomecánico crítico.....	31
2.3.5. Controles críticos de seguridad.....	31
2.3.6. IPERC continuo.....	32
2.3.7. Exposición del trabajador al riesgo	32
2.3.8. Gestión preventiva en trabajos verticales	33
2.3.9. Incidentes y casi accidentes	33
2.3.10. Eficacia de la evaluación de riesgos	33
CAPÍTULO III.....	35
MATERIAL Y METODOS	35
3.1. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.....	35
3.1.1. Tipo de investigación.....	35
3.1.2. Nivel de investigación	35
3.1.3. Diseño de investigación.....	35
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	35
3.2.1. Población	35
3.2.2. Muestra	36
3.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS E INSTRUMENTOS.....	36
3.4. ANÁLISIS DE DATOS	36
3.4.1. Técnica de procesamiento	36
3.4.2. Análisis de datos.....	36
3.5. EVALUACION DE RIESGOS CRITICOS.....	37
3.5.1. Descripción del proyecto Chimeneas de traspaso	37
3.5.1.1. Responsables del proyecto.	42

3.5.1.2. Mapeo de actividades	43
3.5.1.3. Descripción de actividades.....	45
3.5.1.4. Cálculo de factor de seguridad.....	50
3.5.1.5. Perforación de taladros y chimeneas.....	52
3.5.1.6. Voladura.....	53
3.5.1.7. Carguío y voladura en chimenea.....	56
3.5.1.8. Chimenea en conexión.....	58
3.5.1.9. Personal del proyecto.....	59
3.5.2. Identificación de riesgo críticos.....	60
3.5.3. Mapeo de actividades	63
3.5.4. Identificación de peligros y riesgos (preliminar).....	63
3.5.5. Identificación de peligros y riesgos (Guarda cabeza).....	64
3.5.6. Identificación de peligros y riesgos (Limpieza de carga con SCOOP)	65
3.5.7. Identificación de peligros y riesgos (Ascenso y descenso de personas).....	66
3.5.8. Identificación de peligros y riesgos (Ventilación).....	68
3.5.9. Identificación de peligros y riesgos (Sostenimiento con split y malla).....	70
3.5.10. Identificación de peligros y riesgos (Perforación e instalación de pernos)	71
3.5.11. Identificación de peligros y riesgos (Perforación y voladura en chimenea).....	73
3.5.12. Identificación de peligros y riesgos (Habilitación de acero y enfierrado).....	74
3.5.13. Identificación de peligros y riesgos (Encofrado y vaciado)	75
3.5.14. Evaluación de riesgos críticos	77
3.5.15. Evaluación del riesgo critico	84
CAPITULO IV	86
RESULTADOS Y DISCUSION	86
4.1. RESULTADOS	86

4.2. DISCUSION	88
CONCLUSIONES.....	91
RECOMENDACIONES	93
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	94
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	97
ANEXOS.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Matriz de operacionalización</i>	7
Tabla 2	<i>Parámetros de diseño</i>	50
Tabla 3	<i>Cálculo de factor de seguridad de puntales de madera</i>	51
Tabla 4	<i>Calculo de factor de seguridad (Bull Horn)</i>	52
Tabla 5	<i>Carga operante</i>	56
Tabla 6	<i>Personal del proyecto</i>	60
Tabla 7	<i>Trabajos preliminares</i>	63
Tabla 8	<i>Trabajo de colocación guardacabeza</i>	64
Tabla 9	<i>Trabajo de limpieza de carga con Scoop</i>	65

ÍNDICE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 <i>Ubicación</i>	13
Ilustración 2 <i>Ubicación geográfica</i>	14
Ilustración 3 <i>Mina Yauricocha</i>	15
Ilustración 4 <i>Mapa regional</i>	17
Ilustración 5 <i>Geología local</i>	18
Ilustración 6 <i>Mineralización</i>	19
Ilustración 7 <i>Diseño CAD 3D de la chimenea</i>	37
Ilustración 8 <i>Proyecto Chimenea de Traspaso</i>	38
Ilustración 9 <i>Plano general de construcción</i>	39
Ilustración 10 <i>Diseño chimenea</i>	40
Ilustración 11 <i>Proyecto chimenea de traspaso (planta)</i>	41
Ilustración 12 <i>Organigrama del proyecto</i>	42
Ilustración 13 <i>Mapeo de actividades</i>	44
Ilustración 14 <i>Guardacabeza</i>	46
Ilustración 15 <i>Malla de perforación</i>	54
Ilustración 16 <i>Cantidad de explosivo</i>	55
Ilustración 17 <i>Perforación, voladura y sostenimiento</i>	57
Ilustración 18 <i>Echadero</i>	62
Ilustración 19 <i>Instalación de guardacabeza</i>	65
Ilustración 20 <i>Limpieza de carga con Scoop</i>	66
Ilustración 21 <i>Asenso a la chimenea</i>	68
Ilustración 22 <i>Limpieza de carga</i>	69
Ilustración 23 <i>Diseño 3D echadero</i>	70
Ilustración 24 <i>Pernos de anclaje en el collar de la chimenea</i>	72
Ilustración 25 <i>Perforación de chimenea</i>	74
Ilustración 26 <i>Enfierrado de chimenea</i>	75
Ilustración 27 <i>Vaciado de anillo de concreto</i>	76
Ilustración 28 <i>Evaluación riesgo critico</i>	84

ANEXO

<i>Anexo 1 Matriz de Consistencia</i>	100
<i>Anexo 2 Fotografías</i>	101
<i>Anexo 3 Plano de proyecto chimenea de traspaso</i>	104
<i>Anexo 4 Zonificación geomecanica Nv. 720</i>	105

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La minería subterránea peruana atraviesa una etapa en la que la profundización de trabajos ya no es una proyección futura, sino una condición de operación cotidiana. En unidades como la Mina Yauricocha, donde la explotación avanza en niveles cada vez más profundos, las chimeneas de traspaso se convierten en piezas clave para sostener el ritmo productivo y asegurar la continuidad del flujo de mineral. Estas estructuras verticales, aunque indispensables, concentran escenarios de riesgo que no siempre se perciben a simple vista. Caída de rocas, deficiencias de ventilación, variaciones en la calidad del macizo y fallas en el sostenimiento aparecen, a veces, de forma progresiva, como si el problema se fuera gestando mientras continúa la operación. Comprender todo este proceso, y no quedarse solamente con lo que ocurre al final, es una de las razones que impulsa esta investigación. La construcción de chimeneas de traspaso no puede verse como una tarea separada de las demás, porque en realidad reúne varios aspectos importantes como la seguridad, la producción y también los costos de la operación. Una manera sencilla de entenderlo es pensar que cada decisión que se toma durante el trabajo, desde la perforación hasta el sostenimiento, puede cambiar directamente el nivel de riesgo al que están expuestos los trabajadores y también influir en qué tan estable se mantiene la excavación. En Yauricocha, las condiciones de la roca pueden variar bastante y, entre los niveles 710 y 720, existe una actividad operativa constante. Por eso la gestión de riesgos ya no debería verse solamente como algo que se cumple porque la norma lo exige, sino como una parte necesaria para poder trabajar de manera segura y mantener la continuidad de las operaciones. En ese sentido, este estudio tiene una importancia tanto técnica como humana, ya que busca reducir los incidentes, evitar paradas

innecesarias en los trabajos y, al mismo tiempo, fortalecer una cultura de prevención que tenga como base lo que realmente ocurre en campo.

Al revisar diferentes antecedentes y documentos relacionados con el tema, se puede encontrar bastante información sobre geomecánica, sostenimiento y seguridad minera. Sin embargo, todavía se nota que falta estudiar de manera más conjunta los riesgos críticos que aparecen específicamente durante la construcción de chimeneas de traspaso. En muchos casos las evaluaciones se quedan en matrices generales o revisan los problemas por separado, pero no siempre se analiza con suficiente detalle cómo se relacionan las condiciones de la roca, la manera de realizar el trabajo y también la participación de las personas en cada una de las etapas de este proceso. Podría decirse que muchos de estos riesgos ya son conocidos dentro de la operación, sin embargo, no siempre se llega a determinar cuáles son los más importantes o cuáles podrían generar mayores consecuencias durante el trabajo diario. A partir de esta situación nace el objetivo principal de la investigación, que es evaluar los riesgos críticos que se presentan durante la construcción de la chimenea de traspaso destinada a facilitar la extracción de mineral en la Mina Yauricocha durante el año 2025.

Además de ello, también se busca reconocer los principales riesgos que aparecen en cada una de las actividades que forman parte de este trabajo, desde las tareas más comunes hasta aquellas que pueden presentar una mayor exposición para el personal. De la misma manera, se analizarán las condiciones geomecánicas del lugar, ya que el comportamiento de la roca puede cambiar y llegar a generar situaciones de inestabilidad que, si no son identificadas a tiempo, podrían afectar tanto a los trabajadores como al desarrollo normal de la operación. La pregunta que guía el estudio es clara, aunque exigente: ¿Cuáles son los riesgos que realmente pueden comprometer la seguridad y cómo pueden ser controlados antes de que se materialicen en eventos

graves? La investigación se desarrolla con un enfoque aplicado y cuantitativo, apoyado en observación directa en campo, análisis de matrices IPERC, revisión documental y evaluación de indicadores de seguridad y geomecánica. No se trata solo de registrar datos, sino de interpretarlos en su contexto operativo, contrastando lo planificado con lo que realmente ocurre en la chimenea.

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

En el Perú la minería es una de las actividades económicas que genera divisas sin embargo también es una actividad de alto riesgo por lo que se debe de controlar operativamente cada uno de sus procesos y operaciones unitarias, específicamente en la necesidad de mantener constante la extracción de mineral se ejecutan labores horizontales y verticales como chimeneas, piques para poder profundizar, estas labores verticales deben de tener características tanto operativas como de seguridad y son elementales para transportar material, conectar servicios, trasladar personal. La Mina Yauricocha, una de las operaciones polimetálicas más representativas del centro del país, enfrenta actualmente condiciones geomecánicas variables, con macizos rocosos de competencia media a baja (RMR entre 35 y 55), lo que incrementa la exposición a riesgos durante la construcción de chimeneas en zonas profundas como las comprendidas entre los niveles 710 y 720.

El problema principal está en los riesgos que se presentan mientras se construyen las chimeneas de traspaso. Estos riesgos aparecen, sobre todo, por la inestabilidad de la roca, por una identificación de peligros que a veces no se realiza de la mejor manera y también porque algunos procedimientos de construcción y sostenimiento no están del todo estandarizados. En la práctica, estas dificultades pueden terminar generando situaciones como caída de rocas, presencia de gases, problemas con la ventilación temporal, esfuerzo físico excesivo en los trabajadores y también una menor eficiencia durante el desarrollo de las labores.

Las consecuencias que generan estos problemas son importantes, tanto para la seguridad como para el desarrollo normal de las operaciones. Se ha visto, por ejemplo, que los incidentes en trabajos verticales pueden llegar a presentarse con una frecuencia de hasta 25 % más que en otras labores subterráneas. Esto no solo pone en riesgo a los trabajadores, también puede ocasionar que algunos frentes tengan que detenerse por un tiempo. A ello se suman los gastos adicionales por sostenimientos que deben corregirse, los retrasos dentro del ciclo de minado y, en general, una pérdida de tiempo que termina afectando el avance programado. Al final, todo esto puede influir directamente en la continuidad de la operación y hacer más difícil cumplir con lo que se tenía previsto dentro del plan anual de desarrollo.

La falta de un sistema integral de evaluación de riesgos específicos para la construcción de chimeneas explica en parte la persistencia del problema. Actualmente, muchas de las prácticas aplicadas se basan en procedimientos generales de seguridad o en experiencias previas, sin un análisis técnico adaptado a las condiciones geológicas, métodos de excavación ni parámetros de control geotécnico del macizo. Esta carencia de metodologías estandarizadas, junto con la limitada aplicación de herramientas de análisis cuantitativo de riesgos (como matrices IPERC especializadas o modelamientos predictivos), ha impedido optimizar la gestión preventiva en este tipo de labores verticales.

Esta investigación es aplicada porque va a permitir evaluar el desarrollo de la construcción de chimenea y esto se asocia a los riesgos de cada actividad en este proceso de construcción, identificado calidad de macizo rocoso, aplicación de sostenimiento, control de riesgos.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cuáles son los riesgos críticos presentes en la construcción de las chimeneas de traspaso de los niveles 710 al 720 en la Mina Yauricocha - 2025?

1.2.2. Problemas específicos

¿Qué riesgos operativos se presentan en las operaciones unitarias durante la construcción de las chimeneas de traspaso de los niveles 710 al 720 en la Mina Yauricocha - 2025?

¿Qué factores geomecánicos influyen en la inestabilidad del macizo rocoso durante la construcción de las chimeneas de traspaso de los niveles 710 al 720 en la Mina Yauricocha – 2025?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Identificar los riesgos críticos presentes en la construcción de las chimeneas de traspaso de los niveles 710 al 720 en la Mina Yauricocha - 2025

1.3.2. Objetivos específicos

Identificar los riesgos operativos que se presentan en las operaciones unitarias durante la construcción de las chimeneas de traspaso de los niveles 710 al 720 en la Mina Yauricocha – 2025

Evaluar los factores geomecánicos que influyen en la inestabilidad del macizo rocoso durante la construcción de las chimeneas de traspaso de los niveles 710 al 720 en la Mina Yauricocha – 2025

1.4 HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis general

La Identificación de los riesgos críticos controla las actividades operativas en la construcción de las chimeneas de traspaso de mineral de los niveles 720 al 710 en la Mina Yauricocha - 2025

1.4.2. Hipótesis específica

La identificación de riesgos operativos mejora las operaciones unitarias durante la construcción de las chimeneas de traspaso de mineral de los niveles 720 al 710 en la Mina Yauricocha - 2025

La identificación de factores geomecánicos influyen en la inestabilidad del macizo rocoso durante la construcción de las chimeneas de traspaso de mineral de los niveles 720 al 710 en la Mina Yauricocha – 2025

1.5 VARIABLE E INDICADOR

1.5.1. Variable principal

V1 = Riesgos críticos

Indicador

- Evaluación geomecánica
- N.º Peligros operativos

1.5.2. Matriz de operacionalización

La matriz de operacionalización es un proceso metodológico que desagrega las variables de investigación para el diseño y elaboración de los instrumentos de medición. Arias (2022) define

operacionalización de variable como las técnicas, métodos o actividades que realizará el investigador para medir la o las variables de estudio de una investigación.

Tabla 1

Matriz de operacionalización

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Riesgos críticos	Conjunto de condiciones y factores de alta severidad que pueden afectar la seguridad durante el proceso de excavación y sostenimiento de una chimenea minera. Implica la identificación, evaluación y control de peligros que podrían generar accidentes graves o fatales, considerando tanto las características del macizo rocoso como los aspectos operativos del trabajo subterráneo. (Pérez, 2020)	Para efectos de esta investigación, la variable riesgos críticos se operacionaliza como el conjunto de peligros de alta severidad capaces de generar lesiones graves, fatalidades o daños significativos a la infraestructura que se presentan durante las actividades de construcción de la chimenea de traspaso entre los niveles 710 y 720 en la mina Yauricocha. (Pérez, 2020)	Evaluación geomecánica	- Valor promedio del índice RMR del macizo. -Clasificación geomecánica (buena, regular, mala) -Frecuencia de discontinuidades, humedad o alteración.
			Peligros operativos	-Número total de peligros críticos identificados en la construcción de la chimenea -Porcentaje de peligros controlados mediante medidas preventivas -Frecuencia de ocurrencia de incidentes

Fuente: Autor

1.6 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

1.6.1. Justificación

La minería subterránea en el Perú se desarrolla hoy en un escenario cada vez más exigente. A medida que las operaciones avanzan a mayores profundidades, las condiciones del macizo rocoso se vuelven menos predecibles, los espacios de trabajo se reducen y las labores críticas, como la construcción de chimeneas de traspaso, concentran una mayor carga de riesgo. En

unidades como la Mina Yauricocha, estas chimeneas no solo cumplen una función estructural dentro del sistema de explotación, sino que se convierten en ejes que sostienen la continuidad del flujo de mineral y, en consecuencia, de toda la operación. Una forma de entenderlo es que, cuando una chimenea presenta una falla o deja de ser segura, el problema no se queda únicamente en ese punto de trabajo. En realidad, sus consecuencias pueden alcanzar otros niveles de la mina, afectar la producción y generar retrasos en varias actividades que dependen directamente de esa labor.

La justificación de esta investigación nace justamente de esta situación. La construcción de chimeneas de traspaso es una labor donde se juntan varios factores que pueden aumentar el riesgo para los trabajadores. Se realizan trabajos en forma vertical, muchas veces en espacios reducidos, con una ventilación que puede ser limitada y con actividades que se van relacionando unas con otras, como la perforación, la voladura y el sostenimiento. Además, el personal permanece durante bastante tiempo dentro de estas zonas, por lo que la exposición a los peligros puede ser mayor si no existe un buen control durante cada etapa del trabajo. En el trabajo diario, estos problemas suelen dejar algunas señales que no deberían pasarse por alto. Por ejemplo, puede aumentar la cantidad de incidentes, repetirse situaciones que casi terminan en accidente, aparecer días perdidos por lesiones menores o presentarse paradas que no estaban previstas. Aunque muchas veces estos hechos no terminan en algo grave, sí muestran que todavía existen fallas o aspectos por mejorar en la prevención. Podría decirse que, antes de que ocurra un accidente serio, la operación ya va dando ciertas alertas, el problema es que no siempre se reconocen o se toman en cuenta a tiempo. Finalmente, esta investigación busca aportar de manera práctica a la solución del problema. La idea es evaluar los riesgos críticos a partir de lo que realmente ocurre en campo, considerando no solo los datos de seguridad, sino también las condiciones de la roca y la forma en que se desarrollan las actividades durante la operación. Con todo ello se espera plantear criterios

que puedan aplicarse de manera útil en Yauricocha y que, además, sirvan como referencia para otras operaciones mineras que tengan condiciones parecidas. La importancia radica en transformar datos dispersos y observaciones cotidianas en conocimiento estructurado, capaz de orientar decisiones, optimizar recursos y, sobre todo, reducir la probabilidad de que un evento crítico termine marcando la historia de una chimenea que, en condiciones normales, debería facilitar y no comprometer la extracción de mineral.

1.6.2. Importancia

Desde el aspecto técnico, esta investigación es importante porque permite revisar los riesgos críticos de una manera más cercana a lo que realmente ocurre durante el trabajo. Muchas veces la evaluación de riesgos termina quedándose solo en el llenado o cumplimiento del IPERC, pero no siempre se relaciona con las condiciones reales de la roca ni con los cambios que van apareciendo conforme avanza la excavación. Justamente ahí está uno de los puntos que este estudio busca revisar, tratando de unir la información de seguridad con el comportamiento del macizo rocoso y con lo que sucede día a día en la operación. Esto puede generar una situación un poco contradictoria, porque en los registros todo puede parecer correcto, pero en el trabajo diario el riesgo todavía sigue presente. Por ejemplo, una lista de verificación puede mostrar más del 90 % de cumplimiento y aun así seguir apareciendo desprendimientos pequeños de roca cada semana. Algo parecido ocurre con la ventilación, ya que el control puede estar considerado en el procedimiento, pero no siempre se ajusta a la longitud que realmente va alcanzando la chimenea. Esa diferencia entre lo que aparece en los documentos y lo que pasa en campo es justamente uno de los puntos que hace necesario desarrollar esta investigación. La importancia de este estudio también está relacionada con la seguridad y la salud de los trabajadores. En el país existen normas que obligan a prevenir los riesgos y proteger a las personas durante sus labores, pero en la práctica

no basta solamente con conocerlas o cumplirlas en el papel. También es necesario saber cómo aplicarlas según las condiciones reales de cada trabajo. En una chimenea de traspaso, donde un error puede tener consecuencias serias, una evaluación mal realizada puede terminar aumentando la cantidad de incidentes o generando más días perdidos por lesiones que, con una mejor prevención, posiblemente se pudieron evitar. Analizar estos riesgos de una manera más cercana a la realidad permite no solo disminuir la cantidad de accidentes, sino también hacer que los trabajadores participen más en la identificación de los peligros que aparecen durante sus labores. Al mismo tiempo, ayuda a que los controles más importantes no se vean solo como una obligación, sino como medidas que realmente deben cumplirse.

1.7 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.7.1. Alcances

Definir los alcances y las limitaciones de esta investigación no debería verse solamente como una parte obligatoria de la metodología. En realidad, también ayuda a dejar claro desde qué punto se está analizando el problema y hasta dónde se puede llegar con la información, el tiempo y los recursos que se tienen disponibles. Esto permite entender mejor qué aspectos serán estudiados con mayor profundidad y cuáles, por las propias condiciones de la investigación, quedarán fuera o solo podrán ser revisados de manera parcial. Evaluar los riesgos críticos durante la construcción de una chimenea de traspaso también significa definir bien qué aspectos se van a estudiar. No se puede abarcar todo al mismo tiempo, por eso es necesario centrar el análisis en los puntos que realmente influyen en la seguridad y en el desarrollo de la labor. De esta manera, el estudio puede mantenerse dentro de un alcance que sea manejable y, al mismo tiempo, útil para comprender mejor lo que ocurre en la operación de la Mina Yauricocha.

1.7.1.1. Temporal. La investigación se desarrolla tomando como referencia el año 2025, periodo en el que se vienen realizando trabajos de construcción de chimeneas de traspaso dentro de la Mina Yauricocha. Este tiempo permite observar los riesgos dentro de una situación concreta, considerando las condiciones de la roca, la forma de trabajo y las necesidades de producción que se presentan durante ese año. La intención no es revisar toda la historia de la mina, sino enfocarse en una etapa específica del avance, porque es justamente ahí donde muchas decisiones tomadas en campo pueden tener efectos casi inmediatos sobre la seguridad de los trabajadores y sobre el proceso de extracción del mineral.

1.7.1.2. Espacial. En cuanto al espacio donde se realiza el estudio, la investigación se centra únicamente en la Mina Yauricocha, específicamente en las zonas donde se vienen construyendo chimeneas de traspaso para facilitar el movimiento del mineral entre distintos niveles. Por esta razón, no se consideran otras labores subterráneas de la mina ni tampoco actividades que se desarrollan en superficie, ya que el interés está puesto solamente en este tipo de excavación y en los riesgos que aparecen durante su ejecución. Esta delimitación permite concentrar el análisis en trabajos verticales, ambientes confinados y condiciones reales de ventilación, sostenimiento y acceso, que son propias de este tipo de estructuras y que no siempre se replican en otros frentes de la mina.

1.7.1.3. Conceptual. Desde el punto de vista conceptual, esta investigación se enfoca principalmente en los riesgos críticos, es decir, en aquellos que pueden llegar a causar consecuencias serias para los trabajadores, afectar la estabilidad de la excavación o incluso detener parte de la operación. Para entender mejor estos riesgos se consideran temas relacionados con la seguridad, la gestión de riesgos y también con las condiciones que presenta el macizo rocoso durante el avance. En cambio, no se profundiza en aspectos como la optimización de costos, el

diseño detallado de equipos o los procesos metalúrgicos, porque son temas que se alejan del propósito principal de este estudio.

1.7.2. Limitaciones

Como ocurre en toda investigación aplicada, este estudio también tiene algunas limitaciones que es importante mencionar. Una de ellas tiene que ver con la información disponible, ya que algunos registros operativos o históricos pueden estar incompletos o haber sido elaborados de manera diferente según el periodo o el responsable. También está el tema del tiempo destinado al trabajo de campo, porque no siempre es posible observar directamente todas las actividades que se realizan durante el avance de la chimenea. A esto se suma que existen zonas a las que no se puede ingresar de manera continua por razones de seguridad. Todo esto limita, en cierta forma, la cantidad de información que se puede recoger directamente. Sin embargo, estas dificultades no hacen que el estudio pierda valor, más bien obligan a trabajar con mayor cuidado, utilizando la información disponible de manera responsable y tratando de interpretarla siempre dentro de la realidad de la operación.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

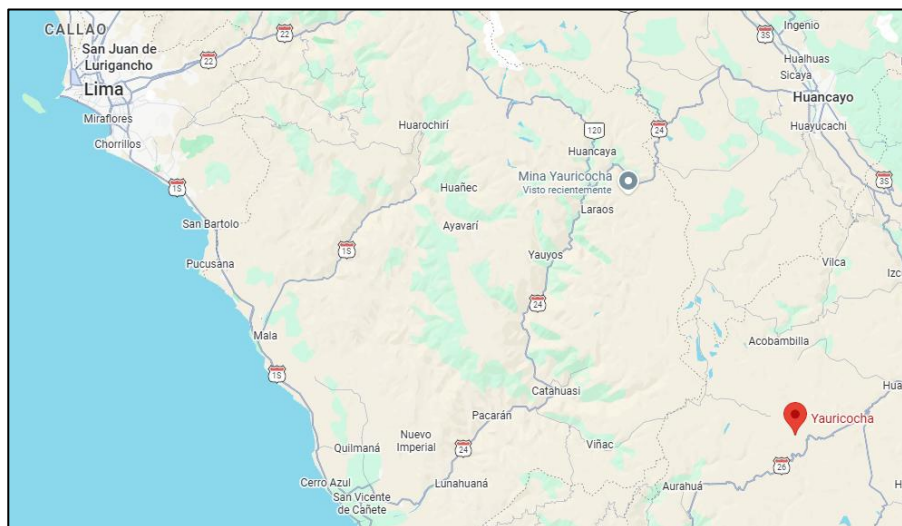
2.1 GENERALIDADES

2.1.1 Ubicación y accesos

El área de estudio se ubica políticamente en la República del Perú, dentro del departamento de Lima, provincia de Yauyos y distrito de Alis. La investigación se desarrolla específicamente en la Unidad Minera Yauricocha, operada por la Sociedad Minera Corona S.A., una operación polimetálica de larga data en la sierra central del país. La mina se emplaza en un sector altoandino, próximo a la divisoria continental, condición que influye tanto en el contexto geológico como en las condiciones operativas de la minería subterránea.

Ilustración 1

Ubicación



Nota. Ubicación de la mina Yaurioccha. Fuente: Melo F. (2018).

2.1.2. Ubicación geográfica

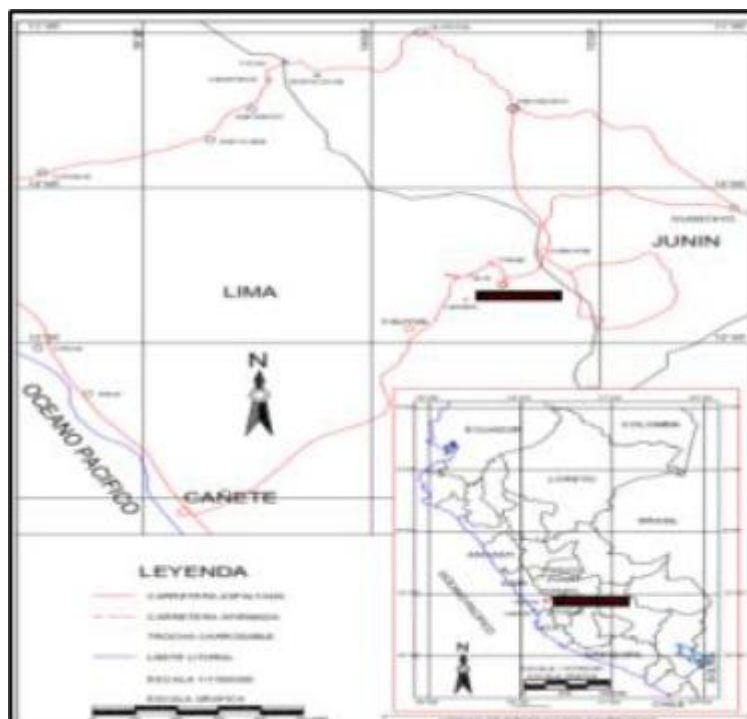
Desde el punto de vista geográfico, la Mina Yauricocha se localiza aproximadamente en las coordenadas:

- UTM E 422 000 m
- N 8 639 000 m

Con una altitud promedio cercana a los 4 600 m s. n. m. El área se encuentra en la cabecera de cuenca de afluentes del río Cañete, que drenan hacia el océano Pacífico, y forma parte del relieve abrupto de la cordillera Occidental.

Ilustración 2

Ubicación geográfica



Nota. Ubicación geográfica de la mina Yauricocha. Fuente: Jara A. (2023).

2.1.3. Accesibilidad

El acceso a la unidad minera se realiza principalmente por dos rutas.

Vía Lima–Huancayo–Yauricocha, con una longitud aproximada de 420 km; este trayecto presenta carretera asfaltada hasta el sector Huancayo–Chupaca y carretera afirmada en el tramo final hacia la mina.

Vía Lima–Cañete–Yauricocha, siguiendo el valle del río Cañete, con una distancia aproximada de 370 km, asfaltada hasta Pacarán y afirmada desde este punto hasta la operación minera.

Ilustración 3

Mina Yauricocha



Nota. Fotografía del campamento de la mina Yauricocha. Fuente: Jara A. (2023).

2.1.4. Clima y vegetación

El documento analizado no desarrolla de manera específica una caracterización climática ni una descripción detallada de la vegetación del área de Yauricocha. No obstante, el propio emplazamiento de la unidad minera por encima de los 4 500 m s. n. m. permite inferir, de forma general, un ambiente altoandino.

2.1.5. Geología

La geología del área de Yauricocha comprende una secuencia estratigráfica que abarca desde el Cretáceo Inferior hasta el Cuaternario. Las unidades más antiguas corresponden a la

Formación Goyllarisquiza, constituida por areniscas gruesas con intercalaciones de lutitas carbonáceas y mantos de carbón, con un espesor aproximado de 300 m. Sobre esta se dispone concordantemente la Formación Jumasha, compuesta por calizas masivas de color gris claro, con un espesor promedio cercano a los 700 m.

Sobreyaciendo a esta unidad se encuentra la Formación Celendín, también conocida localmente como France Chert, formada por lutitas silicificadas y calizas recrystalizadas, con un espesor aproximado de 400 m.

Finalmente, se reconocen las Capas Rojas Casapalca, asignadas al Cretáceo Superior–Terciario Inferior, compuestas por lutitas rojas, calizas y niveles volcánicos locales. Además, el área presenta intrusivos granodioríticos y cuarzo-monzoníticos de edad miocénica.

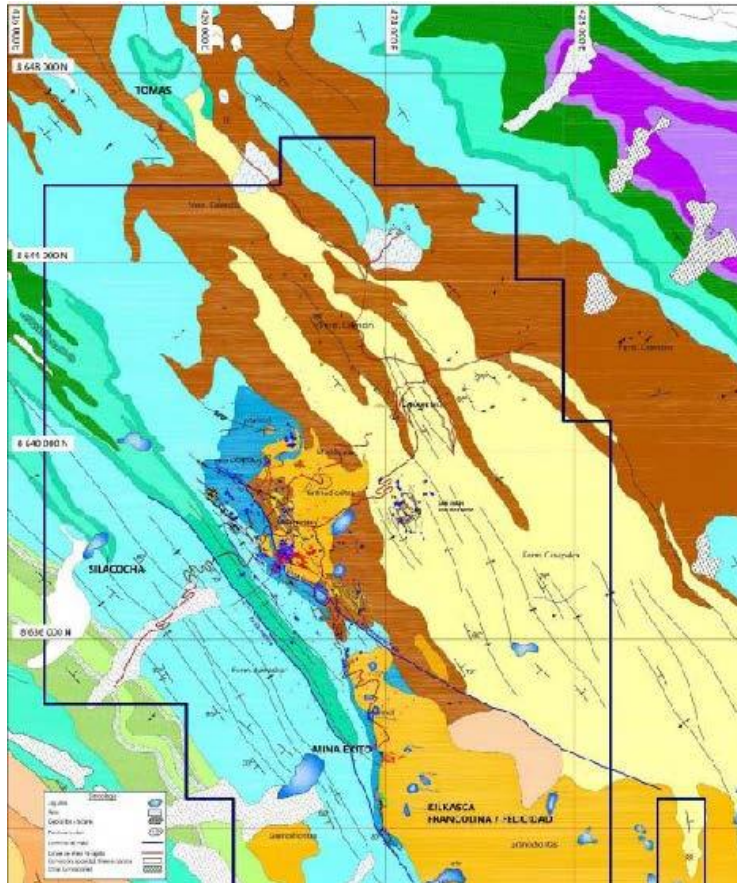
2.1.6. Geología regional

Desde una perspectiva regional, la mina se inserta dentro del Distrito Minero de Casapalca, caracterizado por una compleja evolución tectónica asociada al levantamiento andino. La secuencia sedimentaria ha sido intensamente plegada y fallada, con rumbos predominantes NW–SE, paralelos al eje de la cordillera. El 16

Anticlinorio Casapalca es una de las estructuras más importantes de esta zona, ya que influye directamente en la forma en que se encuentran distribuidas las unidades geológicas y también en la configuración general del yacimiento (Departamento de Geología – Sociedad Minera Corona S.A., 2019). En cierta forma, los procesos tectónicos que ocurrieron a nivel regional ayudan a entender por qué, a mayor profundidad, la estructura del macizo rocoso se vuelve más compleja y presenta mayores variaciones.

Ilustración 4

Mapa regional



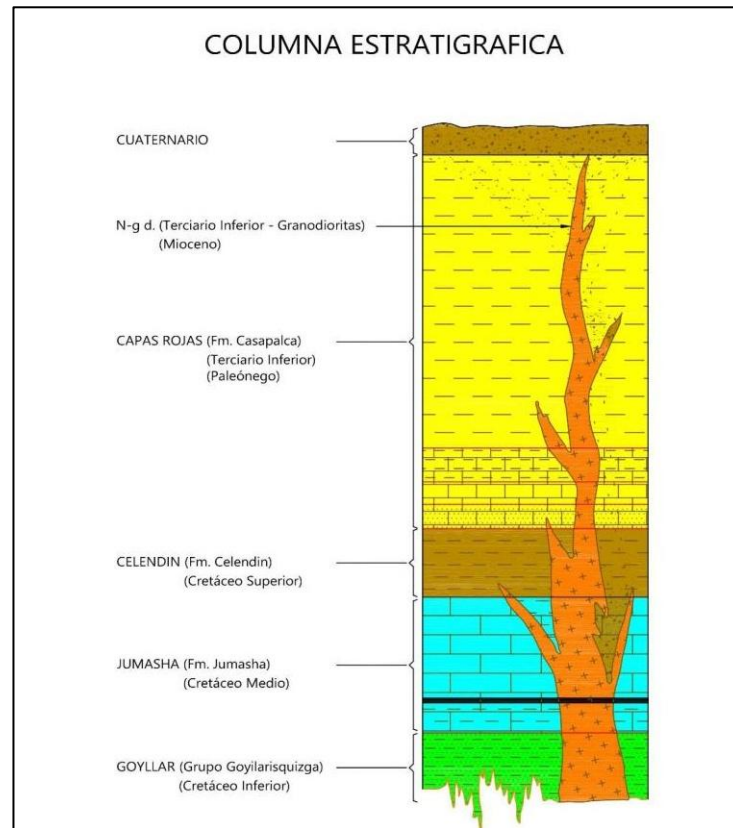
Nota. Mapa regional de la mina Yauricocha. Fuente: Melo F. (2018).

2.1.7. Geología estructural

La geología estructural de la zona está marcada principalmente por la presencia de pliegues y fallas inversas, algunas de alcance regional y otras más locales. Entre las más conocidas se encuentran las fallas Infiernillo, Rosaura, Americana y Río Blanco, las cuales presentan diferentes direcciones y buzamientos bastante pronunciados. También destaca el Anticlinal Rosaura, con una orientación aproximada N 30° W, debido a la influencia que tiene sobre la forma y distribución del yacimiento. Además, en la zona se reconocen varios sistemas de fracturas con direcciones NW–SE, WNW–ESE y NE–SW. Estas fracturas dividen el macizo rocoso en bloques y hacen que su comportamiento no sea uniforme.

Ilustración 5

Geología local



Nota. Geología local de la mina Yauricocha. Fuente: Melo F. (2018).

2.1.8. Mineralización

La mineralización de Yauricocha corresponde a un yacimiento polimetálico, es decir, en una misma zona se encuentran varios tipos de minerales metálicos.

En este caso predominan principalmente el cobre, el plomo y el zinc, aunque también existen contenidos de plata y oro. Entre los minerales más representativos se encuentran la pirita, enargita, calcopirita, bornita, covelita, galena y esfalerita.

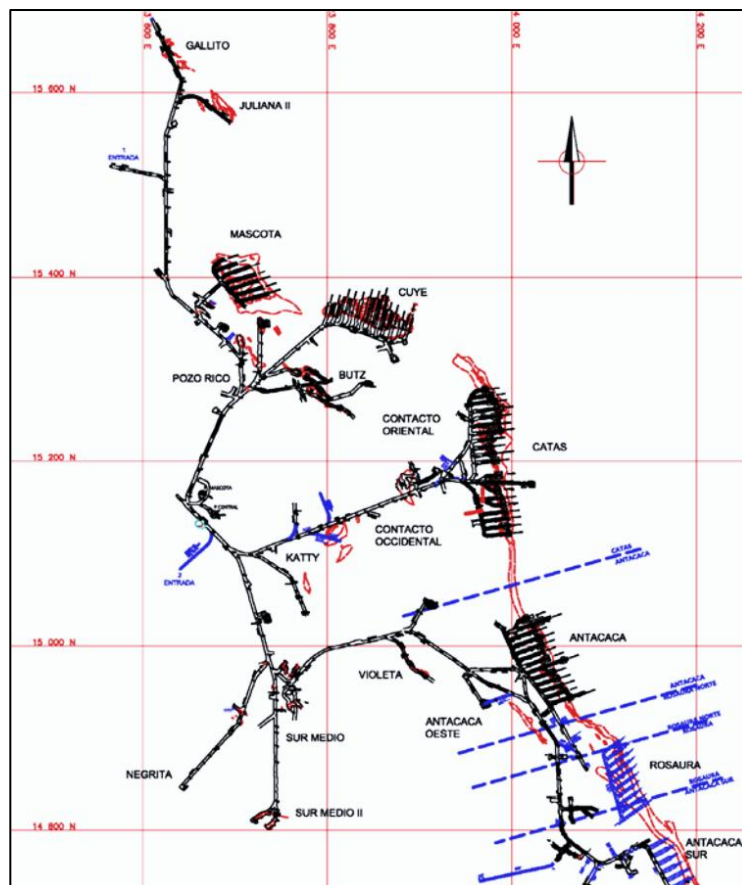
Por otro lado, también se encuentran materiales que acompañan a la mineralización, como el cuarzo, las calizas, las arcillas y algunos carbonatos, los cuales forman parte de la ganga del yacimiento.

La mineralización en Yauricocha aparece en forma de cuerpos, vetas y brechas, y su distribución está bastante relacionada con las estructuras geológicas de la zona.

Esto se nota sobre todo en sectores donde existen zonas de cizallamiento y en los contactos entre las calizas Jumasha, las lutitas Celendín y los intrusivos del Mioceno. Esta relación entre la geología, las estructuras y la mineralización es importante porque ayuda a entender mejor el comportamiento del macizo rocoso.

Ilustración 6

Mineralización



Nota. Tajos de extracción de mineral de la mina Yauricocha Fuente: Melo F. (2018).

2.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.2.1. Antecedentes Internacionales

Mejía R. y Navarro M. (2021), en su tesis *“Diseño y prefactibilidad de un pique en la concesión minera San Sebastián II, Camilo Ponce Enríquez”*.

El estudio surgió de la necesidad de diseñar un nuevo pique vertical que garantizara la continuidad de las operaciones en profundidad, considerando las condiciones geológicas irregulares y el comportamiento variable del macizo rocoso.

El propósito principal del trabajo fue determinar la prefactibilidad técnica y económica de la construcción de dicho pique, evaluando su estabilidad y viabilidad bajo los criterios de sostenimiento y costos propios de la minería subterránea moderna, metodológicamente, la investigación se abordó desde un enfoque aplicado y descriptivo, incorporando ensayos geomecánicos, clasificación RMR y Q de Barton, así como el cálculo de mallas de perforación basadas en el método de Langefors y Kilhström, a su vez, se realizaron simulaciones de sostenimiento con pernos Split Set, malla electrosoldada y shotcrete lanzado.

Los resultados indicaron que el macizo presentaba una calidad “buena” (RMR entre 54 y 62), lo que permitió diseñar un pique de 142,38 metros de longitud con un avance promedio de 2,5 metros diarios.

El modelo técnico redujo los costos unitarios en un 12 %, mejorando los indicadores de eficiencia y alcanzando un coeficiente de seguridad de 1,8, lo que validó la estabilidad general de la excavación, en su conclusión, los autores señalaron que la integración de la ingeniería geomecánica con el diseño estructural y la evaluación económica constituye la base de un proyecto minero seguro y sostenible, pues permite anticipar los riesgos inherentes al proceso constructivo. Esta investigación se vincula estrechamente con la tesis “Evaluación de riesgos en la construcción

de chimeneas de traspaso de mineral Nv. 710 al Nv. 720, Mina Yauricocha – 2025”, ya que demuestra que una planificación vertical precisa, sustentada en el análisis geotécnico, puede reducir significativamente los peligros asociados a la excavación y sostenimiento de chimeneas profundas.

En suma, el antecedente refuerza el principio de que la estabilidad no solo se construye con acero o concreto, sino con conocimiento técnico anticipado y gestión del riesgo desde el diseño.

Pauta D., & Ramírez L. (2022), en su tesis *“Evaluación técnica de estabilidad en la construcción de piques y chimeneas mediante métodos geomecánicos aplicados en minería subterránea del sur ecuatoriano”*.

El estudio se llevó a cabo en distintas minas subterráneas del sur ecuatoriano, un entorno geológico complejo donde las estructuras verticales piques y chimeneas presentaban frecuentes fallas de estabilidad debido a la fracturación del macizo.

La investigación se planteó como una respuesta técnica a esta problemática, con el propósito de evaluar el comportamiento estructural de las excavaciones verticales mediante la aplicación de metodologías geomecánicas reconocidas, como RMR, Q-Barton y GSI, y proponer soluciones de sostenimiento que garantizaran la seguridad del personal y la continuidad de la producción, su metodología se sustentó en un diseño descriptivo, que combinó observación directa, mapeo estructural, análisis de testigos de perforación y ensayos de laboratorio para determinar la resistencia de la roca. Los resultados fueron integrados en modelos numéricos que simulaban la distribución de esfuerzos y deformaciones a lo largo de las chimeneas evaluadas.

De los datos obtenidos se concluyó que el 63 % de las estructuras analizadas presentaban condiciones de estabilidad moderada, con valores de RMR entre 38 y 48. La aplicación de sostenimientos combinados pernos Split Set, mallas metálicas y shotcrete de 5 cm permitió mejorar

el comportamiento mecánico del macizo, reduciendo el riesgo estructural en un 40 % y alcanzando un nivel de cumplimiento de seguridad del 92 %, los autores sostuvieron que la estabilidad en obras verticales subterráneas depende directamente del monitoreo continuo del macizo y de la adecuada elección del sistema de fortificación, pues solo mediante un seguimiento sistemático es posible anticipar las fallas estructurales y prevenir colapsos.

Este antecedente complementa el enfoque de la tesis sobre la evaluación de riesgos en la construcción de chimeneas de traspaso en Yauricocha, al destacar la importancia del análisis geomecánico como herramienta predictiva.

Aporta además una visión integral de cómo los métodos de clasificación y el control del sostenimiento contribuyen a reducir la exposición a peligros en ambientes confinados, reforzando la premisa de que la seguridad y la estabilidad estructural son el resultado de decisiones técnicas bien fundamentadas.

2.2.2. Antecedentes Nacionales

Tafur, W., & Rabanal, E. (2021), en su tesis “*Diseño de estabilidad para las chimeneas CHSB01, CHSB02, CHSB03 y CHSB03-1 en el cierre de una unidad minera, Huancavelica – 2020*”. En el estudio que desarrolló en una unidad minera de Huancavelica con el propósito de diseñar la estabilidad estructural de cuatro chimeneas en etapa de cierre. La investigación abordó la necesidad de asegurar la estabilidad física y geoquímica mediante la aplicación de metodologías de cierre progresivo con vigas de concreto armado y cobertura impermeable. Se trató de un estudio de tipo aplicado y descriptivo, basado en el análisis geomecánico de campo (RMR, GSI y Q de Barton), obteniéndose valores que clasificaron los macizos como de calidad regular, los resultados demostraron que el uso de losas estructurales y material inerte permitió alcanzar una estabilidad del 95 % en el control de filtraciones y colapsos, reduciendo potenciales riesgos de subsidencia y

drenaje ácido. El indicador de efectividad del cierre físico se mantuvo dentro de un rango de riesgo menor a 10, según la matriz IPERC aplicada, en conclusión, la investigación confirmó que una adecuada caracterización geomecánica y la aplicación de cierres estructurales integrales pueden mitigar significativamente los riesgos de inestabilidad post-operacional, este antecedente contribuye al presente proyecto al mostrar cómo la ingeniería de estabilidad es esencial no solo en el cierre de minas, sino también durante la fase activa de construcción de chimeneas, donde la integridad del macizo define la seguridad del personal y la continuidad operativa.

Chuquitaype C. (2018). En su tesis “*Gestión de seguridad en la construcción de la chimenea Raise Boring 01 y sostenimiento de la columna para servicio de ventilación, Empresa IESA S.A. – U.O. Pallancata*”, esta investigación fue desarrollada en la Unidad Operativa Pallancata, en Ayacucho, donde se evaluó la gestión de seguridad en la construcción de una chimenea Raise Boring de 365 metros de longitud y 3,10 metros de diámetro. Se aplicó un enfoque descriptivo y técnico, con observación directa, IPERC continuo y análisis estadístico de incidentes. El estudio identificó que las principales causas de riesgo estaban relacionadas con la perforación piloto, el rimado y el sostenimiento con pernos hidrabolt y shotcrete. Los indicadores de seguridad 2017 arrojaron un índice de frecuencia de 4,9 y un índice de severidad de 448, valores por encima de las metas corporativas (<3 y ≤ 120 respectivamente). Sin embargo, la implementación de controles específicos y el rediseño de procedimientos PETS lograron reducir en un 37 % los incidentes críticos al cierre del periodo operativo. El autor concluyó que una gestión preventiva basada en capacitación continua y supervisión operativa directa constituye el pilar para reducir los eventos de alto potencial en la construcción de chimeneas. Este antecedente respalda el proyecto en Yauricocha al evidenciar la relación directa entre la gestión de riesgos y el desempeño seguro

en trabajos verticales, donde la planificación y control del sostenimiento son determinantes en la reducción de accidentes.

Morales C. (2019). En su trabajo de investigación “*Diseño y construcción de chimeneas en terreno fracturado con Raise Boring en Minera Bateas S.A.C.*”, que el autor desarrollo en la minera Bateas abordó el reto de construir chimeneas de ventilación y servicio en un macizo fracturado, aplicando el método Raise Boring. Su objetivo fue reducir los riesgos estructurales y personales derivados de la inestabilidad del terreno. En este estudio se trabajó con un diseño aplicado, realizando pruebas de inyección de lechada y colocando anclajes metálicos como parte del sostenimiento. En realidad, se combinaron dos formas de refuerzo, una mecánica y otra química, buscando darle mayor estabilidad al macizo rocoso. Los resultados mostraron que el uso de anillos metálicos junto con la inyección de cemento, colocada en un espesor de 135 mm entre la pared de la excavación y el anillo, permitió reducir el paso del agua y mejorar la consolidación de la roca hasta en un 90 %. A partir de esta mejora, el nivel de riesgo de colapso bajó de 0,25 a 0,05, de acuerdo con el modelo RMR-Q. El estudio llegó a la conclusión de que combinar un buen análisis geotécnico con controles adecuados durante la operación puede ayudar bastante a mantener condiciones seguras, incluso cuando se trabaja en zonas donde la roca se encuentra muy fracturada. Este antecedente es importante para la presente investigación porque muestra, de una manera práctica, que la inyección controlada de cemento puede mejorar la estabilidad del terreno y reducir los riesgos durante la construcción de chimeneas de traspaso profundas.

Quispe C. (2019), en su trabajo de tesis titulado “*Evaluación del sistema de seguridad y sus impactos en la perforación de chimeneas con Raise Boring – U.P. San Cristóbal – Volcán*”. Este estudio analizó la efectividad del sistema SSOMAC en la Unidad San Cristóbal, enfocándose en la reducción de riesgos en perforaciones Raise Boring. Se aplicó un diseño descriptivo,

empleando indicadores de cumplimiento del plan anual de seguridad, IPERC base y observaciones de campo, los resultados reflejaron una disminución del 45 % en accidentes leves y la reducción de incidentes incapacitantes de 8 a 3 casos anuales. El sistema aplicado logró cumplir aproximadamente el 91 % de los objetivos que se habían planteado, sobre todo en aspectos relacionados con el control de riesgos y la forma en que se desarrollaban las actividades diarias. A partir de estos resultados, el autor señaló que una cultura de seguridad acompañada de evaluaciones constantes puede ayudar de manera real a reducir los accidentes en espacios verticales y confinados. Este antecedente resulta útil para la presente investigación porque muestra que el control de riesgos en chimeneas no depende de una sola medida, sino de varios elementos que deben trabajar de manera conjunta, como la disciplina en las labores, el cumplimiento de los controles y el liderazgo preventivo dentro de la operación.

Aquino L. (2023), en su tesis “*Análisis de riesgos en la construcción de la chimenea Alimak 6800B en la Unidad Minera Inmaculada – 2023*”, describe que al evaluar los riesgos presentes en la construcción de una chimenea Alimak, integrando parámetros de proyecto, equipos y organización. Se aplicó un enfoque aplicado, analizando 148 reportes operativos con herramientas estadísticas y red neuronal para priorización de riesgos, los hallazgos indicaron que los factores más influyentes fueron los equipos y materiales (34 %), seguidos por los parámetros de diseño (28,5 %). Los riesgos críticos incluyeron exposición a humos de óxido férrico $>5 \text{ mg/m}^3$, caída de objetos y ruido $>85 \text{ dB}$. El modelo utilizado logró una precisión de 93,4 % al momento de anticipar posibles eventos, lo que mostró que podía funcionar de manera bastante confiable dentro de la operación. A partir de estos resultados, el autor concluyó que trabajar de forma preventiva, apoyándose en el análisis de datos y en controles técnicos adecuados, puede reducir hasta en 40 % la posibilidad de que ocurran eventos de mayor impacto. Este antecedente se relaciona

directamente con la investigación desarrollada en Yauricocha, porque aporta una forma más actual de evaluar los riesgos y que podría adaptarse también a trabajos verticales con características parecidas.

Tafur, W., & Alva, D. (2021), en su trabajo de investigación “*Gestión de riesgos en el cierre de chimeneas subterráneas en Yauliyacu*”, analizó el proceso de cierre y control de riesgos en chimeneas abandonadas de la unidad Yauliyacu, se aplicó un enfoque descriptivo y cuantitativo, empleando matrices IPERC y monitoreo geotécnico. Los resultados mostraron que los riesgos más importantes estaban relacionados con la inestabilidad de la estructura y con la presencia de drenaje ácido. Al inicio, el nivel de riesgo fue de 18, considerado alto, pero luego de aplicar las medidas correctivas este valor bajó a 7, ubicándose en un nivel moderado. Además, el cumplimiento de las medidas de seguridad llegó al 92 %, lo que muestra una mejora importante después de implementar los controles planteados. La investigación concluyó que, para manejar mejor los riesgos en chimeneas, no basta con aplicar controles de manera puntual. Es necesario mantener medidas físicas de seguridad de forma permanente y realizar un seguimiento continuo de las condiciones del terreno. También se deben considerar, de manera conjunta, los aspectos ambientales y estructurales que pueden influir en la estabilidad de la excavación. Este antecedente se relaciona con la presente tesis porque ambos trabajos buscan identificar y ordenar los riesgos según su importancia en excavaciones verticales, ya sean activas o inactivas, especialmente cuando se trabaja en zonas con condiciones geológicas complejas.

Rabanal, E., & Tafur, W. (2020), en su tesis “*Sistema de gestión de seguridad en la construcción de chimeneas subterráneas en zonas de alta pendiente*”. El estudio analizó cómo se venía aplicando el sistema de gestión de seguridad en trabajos verticales, tomando como referencia principal el cumplimiento del D.S. N.º 024-2016-EM. Para recoger la información se realizaron

observaciones directas en campo, se revisaron documentos y también se conversó con parte del personal técnico. Los resultados mostraron que el cumplimiento de los controles operativos llegó al 88 %, mientras que los actos subestándar disminuyeron en 32 %. Estos datos permitieron observar una mejora en la forma de trabajar y en el cumplimiento de las medidas de seguridad dentro de este tipo de labores. Los resultados mostraron que aplicar el IPERC continuo y realizar capacitaciones de manera periódica ayuda a disminuir los eventos leves y moderados que pueden presentarse durante el trabajo. El estudio también señaló que el papel de los supervisores es bastante importante, sobre todo porque de ellos depende en buena parte que los controles críticos se revisen, se cumplan y no queden solo escritos en los procedimientos. En ese sentido, el autor concluyó que una buena supervisión, acompañada de seguimiento constante, puede mejorar de forma importante la seguridad en trabajos de excavación vertical. Este antecedente aporta al presente estudio la evidencia práctica de que la gestión sistemática de la seguridad incide directamente en la mitigación de riesgos en la construcción de chimeneas mineras.

Canchari, J., & Ortiz, L. (2016), en su tesis *“Evaluación técnica del espaciamiento y estabilidad de niveles y chimeneas en minas subterráneas del centro del Perú”*, analizó la influencia del espaciamiento de niveles y la geometría de chimeneas en la estabilidad del macizo rocoso. El estudio trabajó con un enfoque descriptivo y experimental, apoyándose en simulaciones geomecánicas y en la evaluación mediante el sistema RMR. Los resultados mostraron que, al reducir el espaciamiento de 60 m a 40 m, se logró una mejor ventilación y también una disminución de aproximadamente 22 % en la concentración de esfuerzos. Esto permitió observar que pequeños cambios en el diseño pueden influir de manera importante tanto en las condiciones del macizo rocoso como en la seguridad de la labor. Asimismo, se comprobó que un ángulo de inclinación superior a 75° minimiza las tensiones en la zona de contacto, el estudio concluyó que la geometría,

ubicación y secuencia constructiva son variables críticas para la estabilidad global del sistema de chimeneas. Su aporte a la tesis en Yauricocha radica en proporcionar parámetros técnicos de diseño que contribuyen a minimizar riesgos estructurales durante la construcción y operación de chimeneas de traspaso de mineral.

Tejeda Romero, R. C., & Mucha Gómez, F. (2022). En su tesis “Evaluación de las condiciones de ventilación para la actualización del sistema integral de ventilación – Unidad Minera Yauricocha. Universidad Continental”; Este trabajo se realizó en la Unidad Minera Yauricocha, una operación subterránea donde el control del aire es un aspecto bastante importante para poder trabajar de manera segura. Debido a las condiciones propias de la mina, es necesario mantener una ventilación adecuada durante las labores, ya que de ello depende en buena parte que los trabajadores puedan desarrollar sus actividades sin exponerse a condiciones peligrosas. La investigación surgió ante la necesidad de diagnosticar el sistema de ventilación existente y evaluar si su desempeño era suficiente para soportar la creciente demanda operativa; el objetivo del estudio fue el propósito central fue evaluar las condiciones reales de ventilación caudal, presión, temperatura, gases y parámetros ambientales con el fin de plantear mejoras para actualizar el sistema integral de ventilación, El estudio empleó un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental. Se aplicaron mediciones directas en campo, se registraron velocidades entre 20 y 250 m/min y se verificaron concentraciones de gases bajo límites normativos. La población correspondió a los circuitos ventilatorios de las zonas Cachi Cachi y Central. Las mediciones mostraron zonas con insuficiencia de caudal y presencia de concentraciones que requerían una redistribución del flujo. Se identificaron múltiples puntos donde la cobertura de aire no alcanzaba el 100 %, afectando la estabilidad térmica y la dispersión de contaminantes. El estudio determinó que el sistema operaba con resistencia elevada, lo que limitaba la circulación del aire fresco. Se

concluyó que era indispensable optimizar los ventiladores principales y mejorar el balance de aire para elevar la cobertura y reducir los riesgos por gases, alcanzando indicadores de eficiencia superiores al 30 % en zonas críticas.

De la Cruz Calderón, C., & Poccóric Ccanto, L. A. (2023). Malla de perforación y voladura para optimizar costos en la chimenea 184-3 Nv. 120 – Compañía Minera Sierra Metal – Yauricocha. Universidad Nacional de Huancavelica. La investigación se realizó en la chimenea 184-3 del Nivel 120 de Yauricocha, un espacio donde la perforación y voladura influyen directamente en los costos operativos y en la estabilidad de la labor. El estudio se elaboró en un contexto de presión por mejorar la eficiencia económica del ciclo de minado. Se buscó determinar la influencia del diseño de la malla de perforación y voladura bajo el método VCR en la reducción de costos totales de perforación y voladura. El estudio fue aplicado y explicativo, con un diseño preexperimental. Se compararon dos escenarios: malla tradicional y malla VCR, utilizando fichas de precios unitarios y parámetros reales de perforación. La muestra estuvo formada por los diferentes ciclos de avance realizados durante la construcción de la chimenea. Al revisar los costos, se observó una reducción tanto en perforación como en voladura. En el caso de la perforación, el costo pasó de 157.46 USD a 150 USD, mientras que en la voladura disminuyó de 149.39 USD a 104.16 USD. Estos resultados muestran que los cambios aplicados durante la ejecución permitieron reducir los gastos de manera más clara, especialmente en la etapa de voladura. El costo total de la operación bajó de 306.86 USD a 254.17 USD, lo que representa una reducción importante. Esta diferencia fue comprobada mediante la prueba t de Student, obteniéndose un valor de $p = 0.041$, por lo que el cambio observado fue estadísticamente significativo. Con la aplicación del diseño VCR se logró disminuir el costo total en aproximadamente 17 %. Además de este ahorro, también se observó una fragmentación más uniforme de la roca y una mejor estabilidad de

la excavación. Estos resultados muestran que el diseño aplicado no solo permitió reducir costos, sino que también ayudó a mejorar el comportamiento de la chimenea durante su avance.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

VARIABLE 1: RIESGOS CRITICOS

2.3.1. Evaluación de riesgos críticos

En la práctica, esta evaluación se lleva a cabo utilizando herramientas como las matrices de riesgo, el IPERC continuo y la revisión de los controles críticos directamente en campo. Una forma sencilla de entenderlo es que no todos los riesgos tienen la misma importancia. Algunos pueden parecer menores y mantenerse controlados, pero otros necesitan una atención inmediata porque, si llegan a ocurrir, podrían afectar seriamente toda la labor vertical y poner en riesgo tanto al personal como a la continuidad de la operación.

2.3.2. Identificación de peligros en chimeneas

La identificación de peligros en una chimenea de traspaso consiste, básicamente, en reconocer qué situaciones o formas de trabajo pueden generar un riesgo durante actividades como la perforación, la voladura, la limpieza y el sostenimiento. En la práctica, esto se realiza observando y registrando de manera constante los peligros que aparecen en cada jornada, ya sean por las condiciones de la roca, por la forma en que se ejecuta el trabajo o por factores del ambiente que pueden afectar la seguridad del personal. Lo relevante aquí es que la identificación no debe limitarse a listados genéricos, sino adaptarse a la variabilidad del macizo rocoso y a los cambios progresivos del avance, donde un peligro puede aparecer de manera gradual y no necesariamente abrupta.

2.3.3. Análisis del nivel de riesgo

Analizar el nivel de riesgo significa revisar dos cosas al mismo tiempo, qué tan probable es que ocurra un peligro y qué tan graves podrían ser sus consecuencias. En la práctica, esta valoración suele organizarse en niveles como bajo, moderado, alto o crítico, lo que ayuda a tener una idea más clara de qué riesgos necesitan mayor atención. Una forma sencilla de entenderlo es pensar que el análisis no busca asegurar que nada va a pasar, sino ordenar los riesgos para saber dónde se debe actuar primero. Así, los esfuerzos de prevención pueden concentrarse en aquellas situaciones que, si llegan a ocurrir, podrían generar consecuencias serias durante los trabajos verticales.

2.3.4. Riesgo geomecánico crítico

El riesgo geomecánico crítico está relacionado con la posibilidad de que la roca pierda estabilidad mientras se construye la chimenea. Para entender este riesgo se consideran aspectos como la calidad del macizo rocoso, la presencia de fracturas o discontinuidades y los esfuerzos que se van generando durante la excavación. En campo, esto se revisa mediante el mapeo geomecánico, la observación de pequeños desprendimientos y también viendo cómo responde el sostenimiento que ya fue instalado. Lo importante es que este tipo de riesgo no siempre aparece de golpe. Muchas veces empieza con señales pequeñas, casi como advertencias, y si no se reconocen a tiempo pueden terminar convirtiéndose en problemas mucho más serios.

2.3.5. Controles críticos de seguridad

Los controles críticos de seguridad son medidas que se aplican para evitar que un riesgo importante llegue a convertirse en un accidente o en una situación más grave. En una chimenea de traspaso, estos controles pueden verse en acciones como colocar el sostenimiento en el momento adecuado, mantener una buena ventilación y cumplir con procedimientos seguros durante cada

etapa del trabajo. En la práctica, no basta con que estos controles estén escritos en un documento. Lo realmente importante es que funcionen cuando se necesitan y que se cumplan en campo. Una forma sencilla de verlo es que cada control actúa como una barrera de protección y, si esa barrera falla, el riesgo puede aumentar rápidamente, sobre todo cuando las condiciones de trabajo se vuelven más difíciles.

2.3.6. IPERC continuo

El IPERC continuo en la construcción de chimeneas sirve para ir revisando los riesgos conforme avanza el trabajo y cambian las condiciones dentro de la excavación. En la práctica, lo importante es que esta evaluación se actualice con frecuencia y que realmente coincida con lo que está pasando en el frente de trabajo. La chimenea no se mantiene igual durante todo el proceso, porque cada metro que se avanza puede cambiar la ventilación, la estabilidad de la roca o la forma en que se realizan las actividades. Por eso, la evaluación de riesgos no debería hacerse solo al inicio, sino mantenerse durante todo el avance de la labor.

2.3.7. Exposición del trabajador al riesgo

La exposición al riesgo tiene que ver con cuánto tiempo y en qué nivel el trabajador permanece cerca de los peligros que pueden presentarse durante la construcción de la chimenea. Para analizarlo se consideran aspectos como la duración de cada tarea, la cercanía al frente de trabajo y si realmente se están usando los controles de protección establecidos. En otras palabras, reducir la exposición no siempre significa hacer desaparecer el peligro. Muchas veces se trata de organizar mejor los tiempos, el orden de las actividades y las condiciones en las que se realiza el trabajo vertical, buscando que el personal permanezca el menor tiempo posible en situaciones de mayor riesgo.

2.3.8. Gestión preventiva en trabajos verticales

La gestión preventiva en las chimeneas de traspaso reúne todas aquellas acciones que se preparan con anticipación para evitar que los riesgos lleguen a convertirse en accidentes. En la práctica, esto se puede observar en la manera en que se organizan las tareas, en la supervisión que se realiza durante el trabajo y también en la capacitación que recibe el personal. La idea es tratar de adelantarse a los problemas, en lugar de actuar recién cuando ya ocurrió una situación peligrosa. Lo relevante aquí es que la prevención efectiva no se basa únicamente en normas, sino en la capacidad de adaptar los procedimientos a situaciones reales, donde el entorno geológico y operativo cambia constantemente.

2.3.9. Incidentes y casi accidentes

Los incidentes y casi accidentes son situaciones que muchas veces no terminan en una lesión grave, pero sí dejan ver que algo no está funcionando bien en el control de los riesgos. En el caso de la construcción de chimeneas, estos eventos sirven como una señal de alerta, porque muestran fallas que podrían llegar a generar consecuencias mayores si no se corrigen a tiempo. En la práctica, se analizan a partir de los registros y reportes de seguridad que se generan durante el desarrollo de estas labores. Una forma de entender su importancia es asumir que cada casi accidente representa una oportunidad de aprendizaje técnico; ignorarlos equivale a aceptar que el siguiente evento puede tener consecuencias más severas.

2.3.10. Eficacia de la evaluación de riesgos

La eficacia de la evaluación de riesgos críticos se refiere al grado en que dicha evaluación logra reducir incidentes, mejorar condiciones de trabajo y mantener la estabilidad operativa de la chimenea. Operacionalmente, se mide a través de indicadores como disminución de incidentes, cumplimiento de controles críticos y continuidad del avance sin paralizaciones por seguridad. En

cierto modo, la eficacia se refleja cuando la evaluación deja de ser un documento y se convierte en una herramienta viva que orienta decisiones técnicas en campo.

CAPÍTULO III

MATERIAL Y METODOS

3.1. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1.1. Tipo de investigación

Es un tipo de investigación Aplicada, Tamayo (2006), menciona que la investigación aplicada denominada también activa, se encuentra íntimamente ligada a la pura ya que depende de sus descubrimientos y aportes teóricos.

3.1.2. Nivel de investigación

Este estudio se clasifica como nivel descriptivo-aplicado, Tamayo (2006), el tipo de investigación descriptiva, comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición o procesos de los fenómenos

3.1.3. Diseño de investigación

Es diseño no experimental, Arias (2021), describe que en este diseño no existen estímulos o condiciones experimentales a las que pudieran someterse las variables estudiadas, las muestras del estudio son evaluadas en su espacio natural sin alteración alguna de las situaciones, ni tampoco manipulando las variables de estudio.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

Está conformada por todos los trabajadores y actividades realizadas en la construcción de chimeneas.

3.2.2. Muestra

La muestra estará conformada por los trabajadores y actividades que se realizan en la construcción de chimenea del Nv 720 al Nv 710.

3.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS E INSTRUMENTOS

Técnica de recolección de datos.

- Observación técnica directa
- Registro documental operativo.
- IPERC histórico

Instrumentos de recolección de datos.

- Guía de observación
- Planos geomecánicos
- Ficha documental

3.4. ANÁLISIS DE DATOS

3.4.1. Técnica de procesamiento

Una vez recopilados los datos, se procederá a su procesamiento utilizando herramientas de análisis estadístico descriptivo y comparativo, el procesamiento incluirá la codificación, tabulación y sistematización de la información cuantitativa recogida en campo.

3.4.2. Análisis de datos

Se utilizarán hojas de cálculo de Excel y software estadístico como SPSS para organizar los datos y calcular promedios, desviaciones estándar, porcentajes de mejora y análisis de tendencias.

3.5. EVALUACION DE RIESGOS CRITICOS

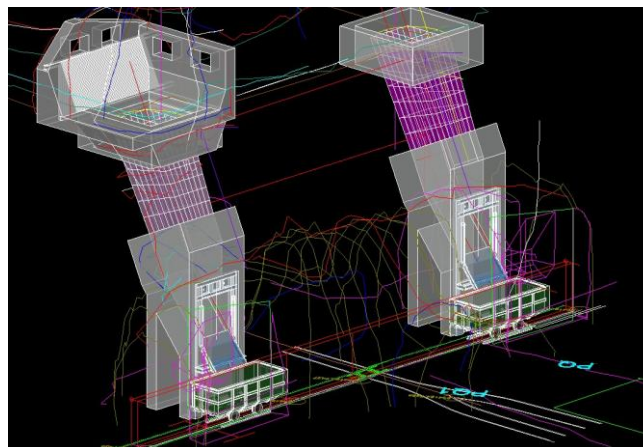
3.5.1. Descripción del proyecto Chimeneas de traspaso

La construcción de dos chimeneas de traspaso de mineral entre los niveles 710 y 720 resulta técnicamente necesaria para asegurar la continuidad operativa, optimizar el flujo gravitacional del mineral y reducir la dependencia de equipos de carguío y acarreo en labores profundas. De acuerdo con el plan de trabajo, contar con dos chimeneas permite repartir mejor la descarga del mineral y evitar que el flujo se concentre en un solo punto. Esto ayuda a disminuir posibles retrasos durante la extracción y también mejora las condiciones de seguridad mientras se desarrolla la operación. Además, facilita trabajos como la ventilación, el sostenimiento y el mantenimiento, porque existe una mejor distribución de las labores.

Esta disposición también puede mejorar el rendimiento de la operación, ya que permite reducir algunos tiempos dentro del ciclo de trabajo y brinda una alternativa en caso una de las chimeneas presente algún problema o tenga que detenerse. De esta manera, la operación puede continuar con menos interrupciones y mantener una extracción más segura y constante del mineral.

Ilustración 7

Diseño CAD 3D de la chimenea

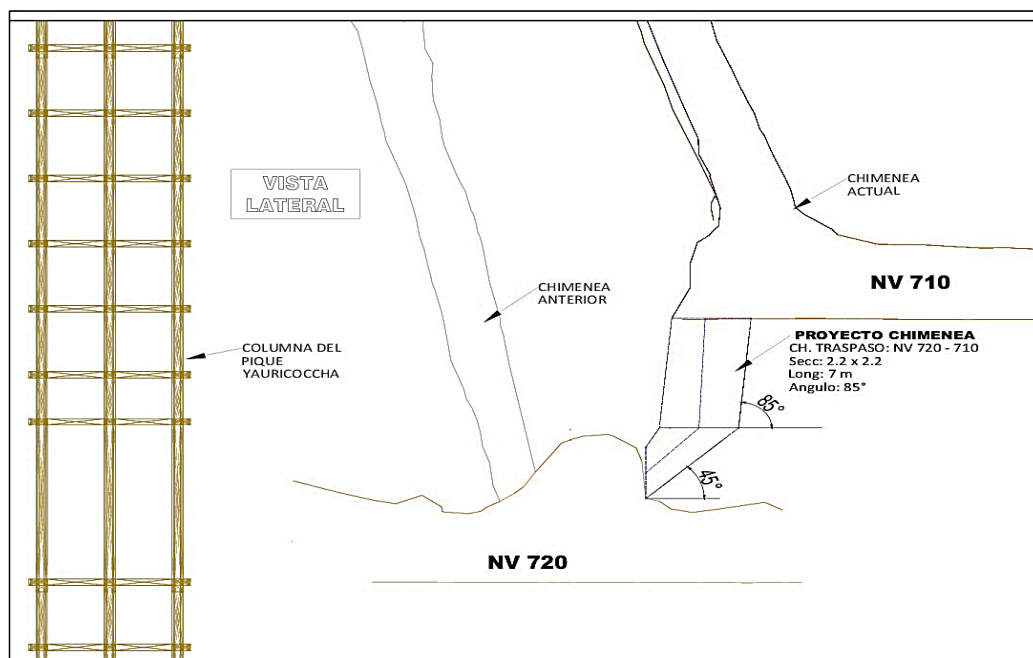


Nota. Diseño CAD de las chimeneas (Ch-1 y Ch-2). Fuente: Planeamiento Los Andes (2025).

La imagen presenta un modelo en tres dimensiones de una infraestructura minera subterránea, elaborado en un entorno CAD. En este modelo se puede observar una chimenea de traspaso de mineral que conecta e integra dos niveles de operación dentro de la mina. Se distinguen claramente la estructura superior de recepción, el conducto inclinado de transferencia y la tolva inferior de descarga, todos alineados con la geometría del macizo rocoso. El diseño considera volúmenes de concreto, refuerzos estructurales y espacios operativos para control y mantenimiento. Las líneas de contorno del entorno evidencian la interacción con la geología circundante, permitiendo evaluar interferencias, estabilidad y funcionalidad del sistema antes de su ejecución en campo.

Ilustración 8

Proyecto Chimenea de Traspaso



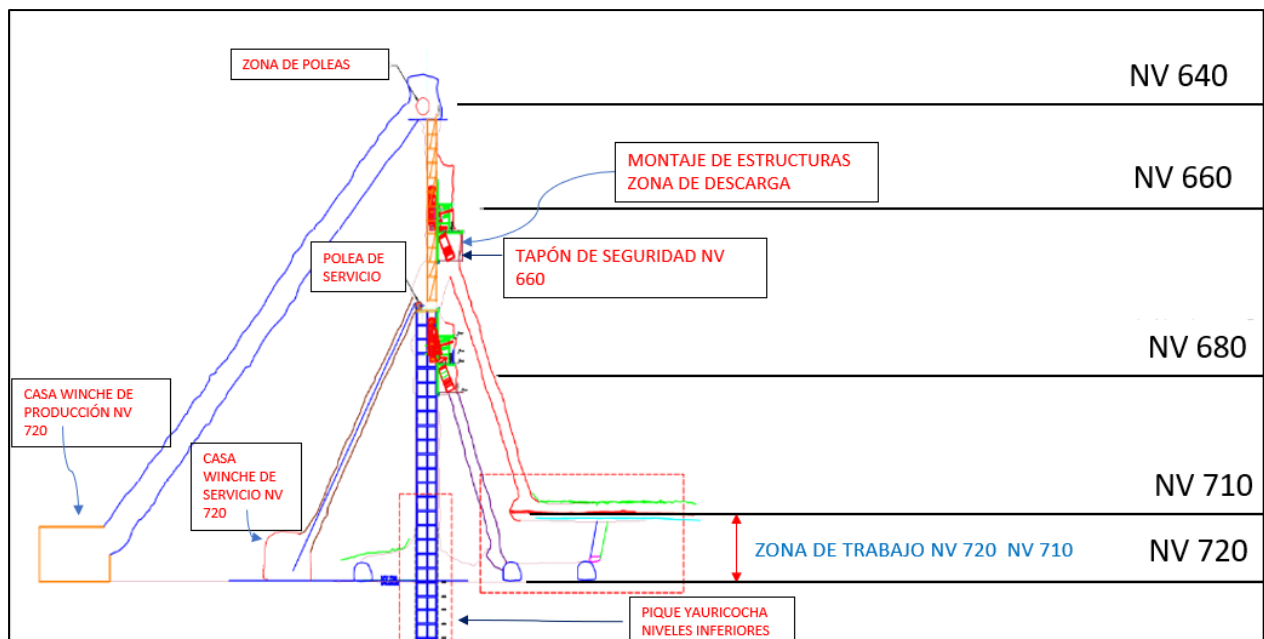
Nota. Vista lateral del proyecto Chimenea. Fuente: Planeamiento Los Andes (2025).

El plano muestra una vista lateral del sistema de chimeneas ubicado en el sector Yauricocha. En él se puede observar cómo se relacionan la chimenea actual, la chimenea anterior

y el proyecto de una nueva chimenea de traspaso. Esta nueva labor está planteada para conectar los niveles NV 710 y NV 720, permitiendo entender de una forma más clara cómo quedará distribuido el sistema dentro de este sector de la mina. El diseño de la chimenea considera una sección de 2.2×2.2 m, una longitud aproximada de 7 m y una inclinación de 85° . Estas características permiten que el mineral pueda desplazarse principalmente por gravedad, facilitando su transferencia entre los niveles. En el plano también se observa la ubicación del pique Yauricocha, lo cual ayuda a revisar si existen posibles interferencias con la nueva estructura. Además, esta distribución permite analizar mejor la estabilidad de la zona y comprobar que la nueva chimenea pueda integrarse sin problemas con las labores que ya existen. Todo esto resulta importante para asegurar que el diseño sea compatible con las condiciones geomecánicas del lugar y con la infraestructura actual de la mina.

Ilustración 9

Plano general de construcción



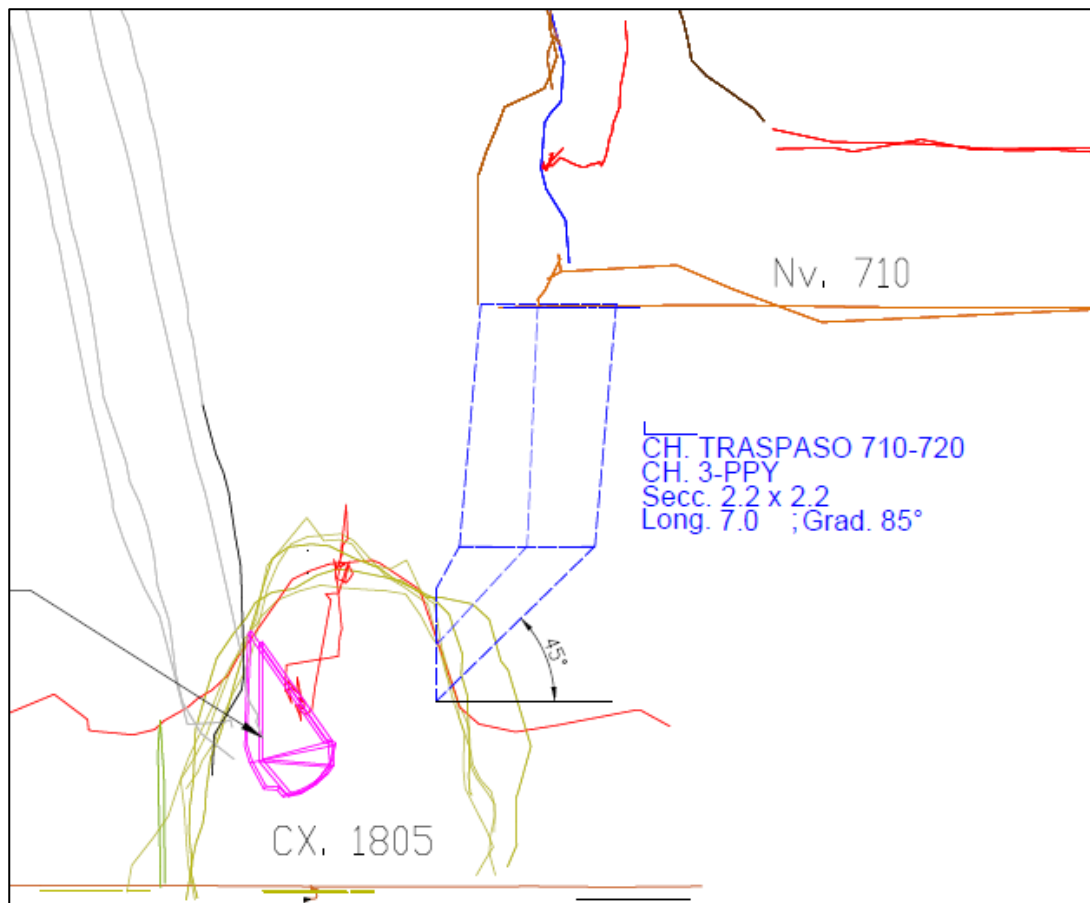
Nota. Vista lateral general del proyecto chimenea. Fuente: Planeamiento Los Andes (2025).

El plano presenta una vista longitudinal del sistema de infraestructura vertical de la mina, donde se observa la conexión entre los niveles NV 660, NV 680 y NV 720. Dentro de esta distribución se puede distinguir el pique principal, algunas chimeneas auxiliares y también las labores de acceso lateral que permiten comunicar y dar servicio a los distintos niveles.

En el plano también se puede reconocer el eje principal del pique, junto con los elementos estructurales y los sistemas de izaje que forman parte de su funcionamiento. Además, se observan conexiones inclinadas que permiten el ingreso del personal y facilitan el traslado de mineral, materiales o servicios entre los diferentes niveles de la mina.

Ilustración 10

Diseño chimenea



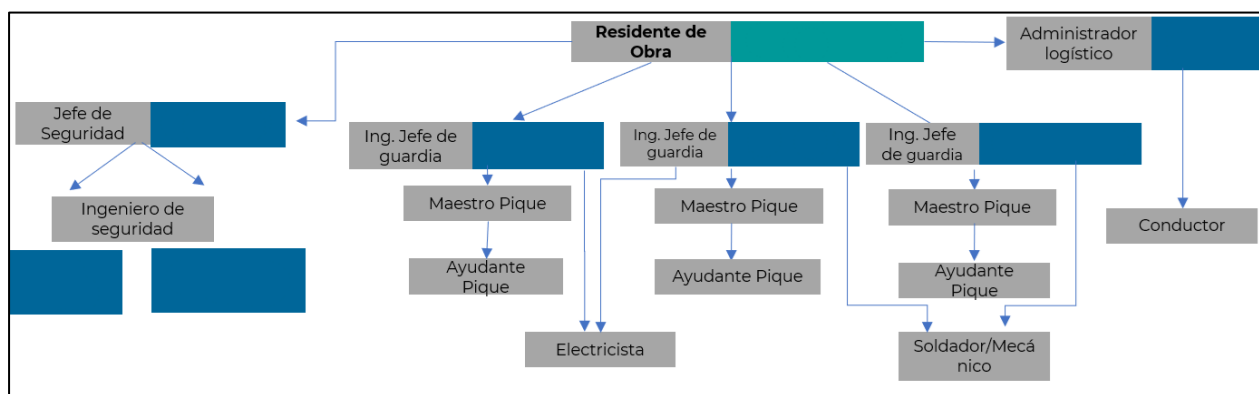
Nota. Vista lateral del diseño de la chimenea. Fuente: Planeamiento Los Andes (2025).

El plano muestra la ubicación y el trazo en planta del proyecto de chimeneas de traspaso de mineral entre los niveles NV 720 y NV 710, y su relación con la infraestructura que ya existe en el pique Yauricocha. En él se pueden distinguir con claridad las chimeneas proyectadas CH-01 y CH-02, las cuales han sido ubicadas de manera estratégica para mejorar el paso del mineral y reducir los recorridos dentro de la operación. El diseño considera una sección de 2.2×2.2 m, una longitud aproximada de 7 m y un ángulo de 85° , favoreciendo el traspaso gravitacional. Asimismo, se muestran los accesos, rutas de circulación, dirección de ventilación y el área de acopio de desmonte, lo que permite evaluar interferencias, logística operativa y seguridad durante la ejecución del proyecto.

3.5.1.1. Responsables del proyecto. Los responsables del proyecto tienen a su cargo la planificación, la ejecución y el seguimiento de la construcción de la chimenea de traspaso. Su trabajo consiste en verificar que las actividades se realicen de acuerdo con lo previsto, cumpliendo las condiciones técnicas, de seguridad y de calidad necesarias. Además, deben mantener una buena coordinación entre las diferentes áreas, revisar los riesgos más importantes y asegurar que el avance de la obra se mantenga dentro de los objetivos establecidos.

Ilustración 12

Organigrama del proyecto

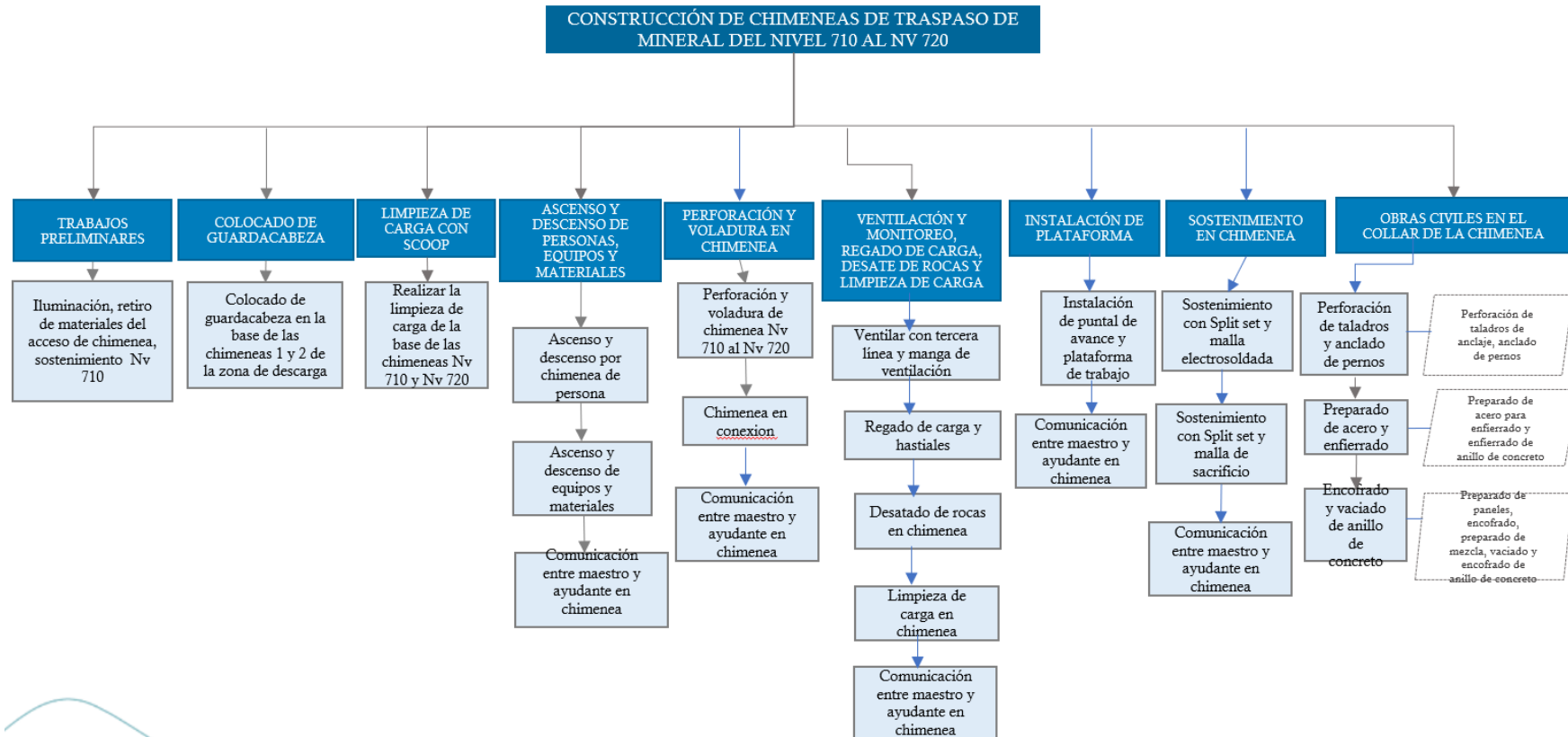


Nota. Distribución del personal en el proyecto. Fuente: Planeamiento Los Andes (2025).

3.5.1.2. Mapeo de actividades. El mapa de actividades muestra, de manera ordenada, cómo se desarrolla la construcción de las chimeneas de traspaso de mineral entre los niveles NV 710 y NV 720. Cada etapa incluye tareas que deben cumplirse antes de pasar a la siguiente, siguiendo una secuencia que busca mantener el trabajo seguro y continuo. El proceso empieza con los trabajos preliminares, donde se acondicionan los accesos, se realiza la limpieza del área y se verifica el sostenimiento inicial. Luego se continúa con la colocación del guardacabeza y con la limpieza de la carga acumulada. Estas actividades son importantes porque permiten preparar mejor la zona antes de continuar con el avance de la chimenea y ayudan a mantener condiciones más seguras para el personal. Luego se detalla el ascenso y descenso de personal, equipos y materiales, estableciendo la comunicación operativa como eje transversal. La fase central corresponde a la perforación y voladura de la chimenea, seguida del control de ventilación, monitoreo y desatado, garantizando la estabilidad y la calidad del frente. Posteriormente se ejecuta la instalación de plataformas y el sostenimiento en chimenea (split set, malla y anillos), para culminar con las obras civiles del collar, asegurando integridad estructural y continuidad operativa. El flujo evidencia control de riesgos, dependencia técnica entre tareas y enfoque en seguridad.

Ilustración 13

Mapeo de actividades



Nota. Mapeo de actividades de la construcción de chimeneas de trapazo de mineral. Fuente: Planeamiento Los Andes (2025).

3.5.1.3. Descripción de actividades. Se describe las actividades del proyecto en las diferentes etapas, los trabajos preliminares.

PROYECTO	ACTIVIDAD	TAREA	IMÁGENES DE REFERENCIA
CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEAS DE TRASPASO DE MINERAL DEL NIVEL 710 AL NV 720	TRABAJOS PRELIMINARES	- Inspección de área de trabajo y accesos - Delimitar el área de trabajo con barricadas en los accesos Nv 720 (XC 1805, RP 6140) - Instalar la iluminación de accesos RP 6140, Chimenea 1 y 2 Nv 710 - Retirar tuberías, materiales en desuso del XC 1804 - Retiro de línea trolley acceso XC 1805 Y 1804 NV 720 - Retiro de instalaciones eléctricas entre el XC 1805 y XC 1804 - Limpieza de carga de la Cámara de carguío entre el XC 1805 y XC 1804 NV 720 - Cerrar las válvulas y colocar el bloqueo en las válvulas de agua y aire para realizar las instalaciones - Realizar las instalaciones de servicios para agua y aire para la perforación - Instalar sistema de ventilación en el Nv 720 - Proteger tuberías en el XC 1805 - Colocar barricada rígida tipo II en la RP 6140, XC 1804, XC 1805 - Ordenar y limpiar al final de turno	 

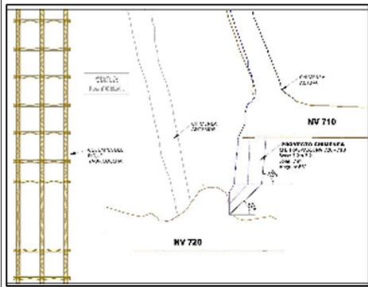
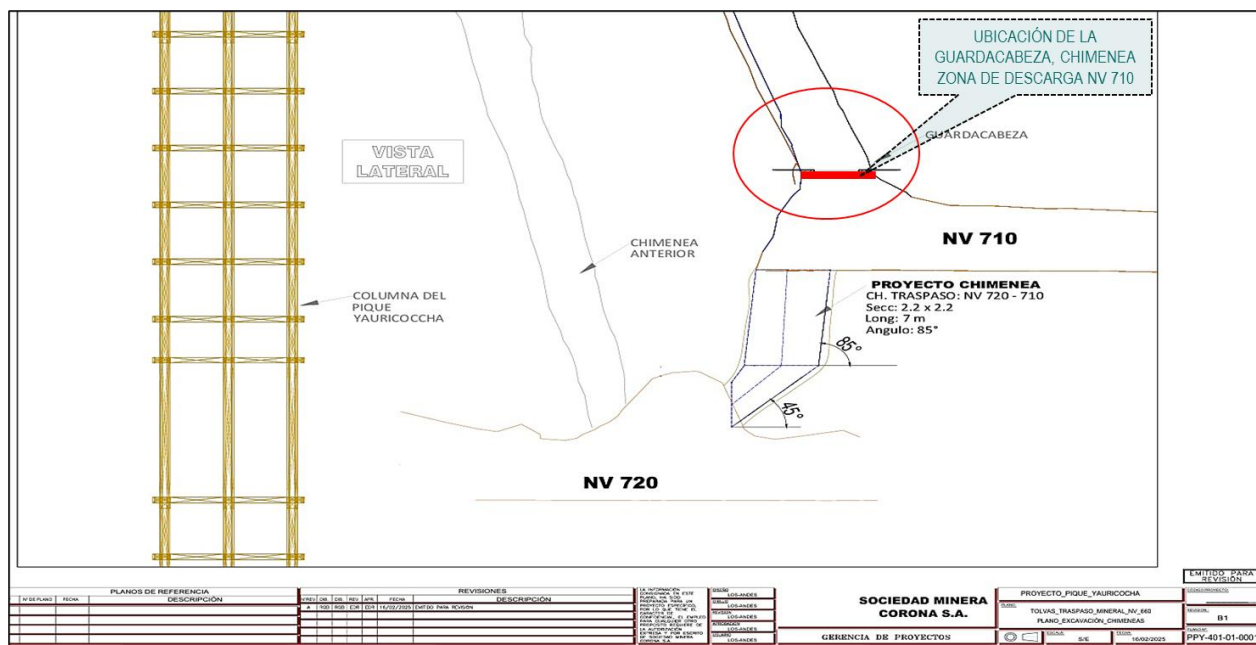
PROYECTO	ACTIVIDAD	TAREA	IMÁGENES DE REFERENCIA
CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEAS DE TRASPASO DE MINERAL DEL NIVEL 710 AL NV 720	COLOCADO DE GUARDACABEZA	- Inspección de área de trabajo y accesos - Delimitar el área de trabajo con barricadas - Verificar la guardacabeza del Nv 660 - Trasladar puntales de 8 pulg, tablas de 2"x7"x7pies hasta el Nv 710 - Traslado de Máquina perforadora Jack leg y aceros de perforación de la bodega al Nv 710 - Realizar las instalaciones de agua y aire - La instalación de la guardacabeza será sobrecarga - Colocar línea de vida en cáncamos y estar anclados en todo momento. - Realizar el redesate de la chimenea en el Nv 710. - Realizar la perforación de taladros para cacho de toro en la Chimenea 2 - Colocar los cachos de toro en la Chimenea 2 - Colocar los puntales de 8 pulg en los cachos de toro - Una vez colocado los puntales, colocar las tablas en forma ordenado de acuerdo a la sección de la chimenea - El entablado será doble camada con tablas de 2 pulg. nuevas, asegurar con claves de 4 pulg. - Ordenar y limpiar el área de trabajo	
	LIMPIEZA DE CARGA CON SCOOP	- Inspección de área de trabajo y accesos - Coordinar con el operador de scoop para la limpieza de carga - Delimitar el área de trabajo con barricadas - Seccionar línea trolley en el cruce 1805 Nv 720 - Colocar lock out y tag out - Retirar materiales y herramientas de la zona de trabajo de scoop - Hacer limpiar la carga con scoop cantoneando los hastiales de labor - Acarreo de carga con scoop a la Cámara del Xc 1805 - Carguío de desmonte a los carros mineros - Ordenar y limpiar al final de turno	

Ilustración 14

Guardacabeza



Nota. Ubicación de la guardacabeza. Fuente: Planeamiento Los Andes (2025).

El plano corresponde a una vista lateral de la chimenea de traspaso proyectada entre los niveles NV 710 y NV 720, integrada al entorno del pique Yauricocha.

Se identifica claramente la ubicación del guardacabeza en el nivel 710, señalado como punto crítico de descarga y control, cuya función es proteger la labor y regular el flujo de material hacia la chimenea.

El diseño de la chimenea considera una sección de 2.2×2.2 m, una longitud aproximada de 7 m y un ángulo de inclinación de 85° , condiciones que favorecen el traspaso gravitacional del mineral.

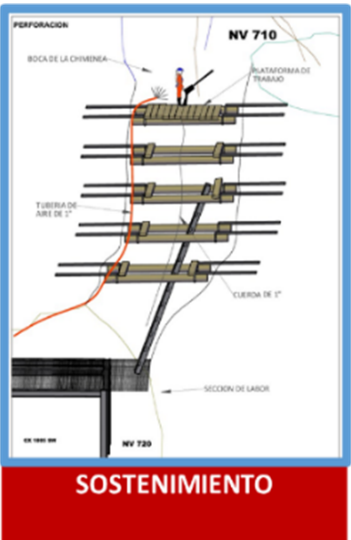
Asimismo, se aprecia la relación espacial con la chimenea anterior y la columna del pique, lo que permite evaluar interferencias, estabilidad geomecánica y compatibilidad estructural.

El conjunto refleja una solución técnica orientada a garantizar seguridad operativa, continuidad del proceso y eficiencia en la extracción.

PROYECTO	ACTIVIDAD	TAREA
CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEAS DE TRASPASO DE MINERAL DEL NIVEL 710 AL NV 720	ASCENSO Y DESCENSO DE PERSONAS POR CHIMENEA	- Inspección de área de trabajo y accesos - Delimitar el área de trabajo con barricadas tipo III - El supervisor deberá realizar el monitoreo de gases y una vez verificado Que se encuentran los gases estén dentro de los límites máximos permisibles se dará pase para que el personal ingrese a la chimenea. ASCENSO - Mover la sogá para hacer caer los bancos de la columna de la chimenea y tironear la sogá para asegurar que se encuentra en buenas condiciones . - Inspeccionar, colocar la escalera y asegurar con clavo al primer puntal de avance para ascender a la chimenea. - Ascender a la chimenea usando los tres puntos de apoyo de puntal en puntal verificando la condición de los puntales, tener como punto de apoyo permanente la sogá de 1 pulgada ya anteriormente instalada en el último puntal. DESCENSO - Verificar el amarre de 1 pulg. y que sogá esté en buenas condiciones - Usando la sogá de 1 pulg descender hacia el penúltimo puntal de avance posicionar los pies en los puntales y así hasta descender hasta el primer puntal de avance. - Una vez posicionado en el último puntal de avance bajar por la escalera hasta el nivel 720

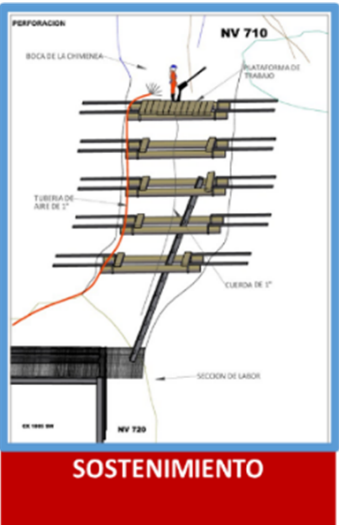
PROYECTO	ACTIVIDAD	TAREA
CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEAS DE TRASPASO DE MINERAL DEL NIVEL 710 AL NV 720	ASCENSO Y DESCENSO DE EQUIPOS Y MATERIALES POR CHIMENEA	- Inspección de área de trabajo y accesos - Delimitar el área de trabajo con barricadas tipo III - El supervisor deberá realizar el monitoreo de gases y una vez verificado se dará pase para que el personal ingrese a la chimenea. ASCENSO DE MATERIALES Y EQUIPOS - Acercar el material o equipo a subir a la chimenea dejar ordenado al pie de la chimenea - Asegurar con la sogá de ½ el material o equipo a subir por la chimenea. - El maestro se deberá subir hasta el primer puntal de avance y colocar la sogá como punto de sujeción en el segundo puntal de avance - Subir lentamente el material o equipo a subir a la chimenea, mientras que el ayudante subirá guiando con un viento el material o equipo a subir a la chimenea, siempre se debe ubicar el ayudante por encima de material o equipo a subir hasta llegar al nivel de trabajo. DESCENSO DE MATERIALES Y EQUIPOS - Verificar que la sogá de ½ pulg esté en buenas condiciones. - Realizar el amarre con sogá de material o equipo a descender. - El maestro soltará la sogá poco a poco, mientras que el ayudante guiará con una cuerda auxiliar para que no se atasque en los puntales. - Una vez llegado al Nv 720 dejar el material o equipo en un lugar segura y ordenado

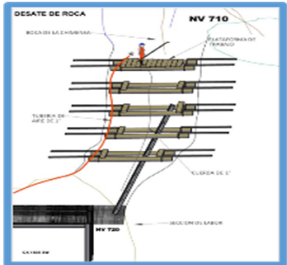
PROYECTO	ACTIVIDAD	TAREA	IMÁGENES DEREFERENCIA
CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEAS DE TRASPASO DE MINERAL DEL NIVEL 710 AL NV 720	VENTILACIÓN Y MONITOREO, REGADO DE CARGA, DESATE DE ROCAS Y LIMPIEZA DE CARGA	- Delimitar los accesos de la chimenea en el Nv 720 con barricadas - Ordenar área de trabajo - Verificar que la ventiladora esté en funcionamiento, ventilar 1 hora. - Verificar que la tercera línea esté abierta, esté asegurado Y como máximo a 2m del tope y que esté ventilando el tope de la chimenea - El supervisor realizará el monitoreo de gases en la chimenea - El supervisor una vez comprobado con el monitor de gases que la chimenea se encuentra ventilado, dará el pase al personal para que ingrese a realizar los trabajos, registrando y firmando en el formato de liberación de frente. - El personal verificará las condiciones de la escalera y accesos para poder subir a la chimenea. - Antes de subir a la chimenea mover las sogas para hacer caer la carga. - El maestro chimenero hará caer la carga del camino y ubicarse en un lugar seguro en el tope de la chimenea. - El personal deberá estar anclado en todo momento - El maestro inspeccionará el techo de labor e identificará un lugar para ubicarse - Una vez que se haya ubicado en un lugar seguro realizar el regado de carga. - Una vez terminado el regado de carga realizar el desate de rocas. - Realizar el desate de rocas del techo hacia los hastiales con una barretilla adecuada de acuerdo a la sección (barretillas de 4, 6 y 8 pies). - Debajo de la chimenea no debe haber ningún personal - El ayudante de la chimenea se ubicará cerca a la chimenea en un lugar seguro atento a cualquier comunicación de acuerdo al protocolo de comunicación en chimenea. - Bajar desatando y haciendo caer la carga hasta la última plataforma - Una vez terminado el desate de rocas limpiar el acceso y pie de la chimenea.	 

PROYECTO	ACTIVIDAD	TAREA	IMÁGENES DEREFERENCIA
CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEAS DE TRASPASO DE MINERAL DEL NIVEL 710 AL NV 720	SOSTENIMIENTO EN CHIMENEA	- Delimitar los accesos de la chimenea en el Nv 720 con barricadas - Ordenar área de trabajo - Verificar que la ventiladora esté en funcionamiento - Realizar el monitoreo de gases - Verificar que la tercera línea esté abierta y ventilando el tope de la chimenea máximo a 2m del tope asegurado. - Una vez comprobado con el monitor de gases que la ventilación esté dentro de los parámetros el supervisor de Los Andes dará el pase al personal para que ingrese a realizar los trabajos - El personal verificará las condiciones de la escalera y accesos para poder subir a la escalera. - Realizar el redesate de rocas sueltas. - Hacer caer carga del camino y ubicarse en un lugar seguro - Subir la malla y Split set al piso de trabajo - Realiza la instalación de agua y aire a la máquina perforadora - Colocar la malla al contorno de la chimenea y pegar con Split set de 5 pies - La malla deberá quedar pegado a los hastiales - Una terminado el sostenimiento, desinstalar agua y aire - Realizar orden y limpieza de la zona de trabajo	

La imagen presenta una **matriz operativa de sostenimiento en chimenea**, donde se detallan actividades y tareas secuenciales para asegurar condiciones seguras de trabajo. Incluye

controles de ventilación, monitoreo de gases, desatado de rocas, instalación de malla y pernos Split Set, así como orden y limpieza, respaldados por un esquema técnico de referencia.

PROYECTO	ACTIVIDAD	TAREA	IMÁGENES DEREFERENCIA
CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEAS DE TRASPASO DE MINERAL DEL NIVEL 710 AL NV 720	SOSTENIMIENTO CON SPILT SET Y MALLA DE SACRIFICIO	- Delimitar los accesos de la chimenea en el Nv 720 con barricadas - Ordenar área de trabajo - Verificar que la ventiladora esté en funcionamiento - El supervisor realizará el monitoreo de gases - Verificar que la tercera línea esté abierta y ventilando el tope de la chimenea máximo a 2m del tope asegurado. - Una vez comprobado con el monitor de gases que la ventilación esté dentro de los parámetros el supervisor de Los Andes dará el pase al personal para que ingrese a realizar los trabajos - El personal verificará las condiciones de la escalera y accesos para poder subir a la escalera. - El personal debe de anclarse en todo momento - Realizar el redesate de rocas sueltas. - Hacer caer carga del camino y ubicarse en un lugar seguro - Subir la malla y Split set al piso de trabajo - Realiza la instalación de agua y aire a la máquina perforadora - Colocar la malla de sacrificio de 4x4 de cocada al tope de labor y pegar con Split set de 5 pies - La malla deberá quedar pegado al tope de la chimenea - Una terminado el sostenimiento, desinstalar agua y aire - Realizar orden y limpieza de la zona de trabajo	 SOSTENIMIENTO

PROYECTO	ACTIVIDAD	TAREA	IMÁGENES DEREFERENCIA
CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEAS DE TRASPASO DE MINERAL DEL NIVEL 710 AL NV 720	INSTALACIÓN DE PUNTAL DE AVANCE	- Delimitar los accesos de la chimenea en el Nv 720 con barricadas - Ordenar área de trabajo - Verificar que la ventiladora esté en funcionamiento - El supervisor deberá realizar el monitoreo de gases con equipo Altair 5X - Verificar que la tercera línea esté abierta y ventilando el tope de la chimenea(máximo a 2m del tope) - Una vez comprobado con el monitor de gases el supervisor dará el pase al personal para que ingrese al personal para que realice los trabajos - El personal verificará las condiciones de la escalera y accesos para poder subir a la chimenea. - El personal deberá anclarse en todo momento - Realizar la limpieza del camino, asegurar plataforma de trabajo en el puntal de avance ya anteriormente instalado. - Una vez que se haya posicionado en la plataforma de trabajo, deberá realizar el redesate de rocas, después continuar con la perforación de taladros para cacho de toro. - Subir los cachos de toro con soga hasta la plataforma de trabajo e instalar en los taladros. - Preparar los puntales y subir hasta la plataforma de trabajo - Instalar los puntales de avance espaciados a 1 m de eje a eje en los cachos de toro. - Realizar el entablado con tabla de 2"x7"x7' sobre los puntales de avance - Mantener la comunicación de acuerdo al protocolo de comunicación. - Una vez terminado la actividad limpiar el acceso y pie de la chimenea	 VENTILACION  REGADO Y DESATADO DE ROCAS

3.5.1.4. Cálculo de factor de seguridad. Este cálculo se realiza para verificar la estabilidad y capacidad portante de los puntales de madera utilizados como sostenimiento temporal o auxiliar en labores mineras.

Permite comprobar que la resistencia a la compresión del material supera adecuadamente las cargas reales de trabajo, incorporando un margen de seguridad frente a variaciones del macizo, defectos del material o sobrecargas imprevistas. De esta manera, se reduce el riesgo de fallas estructurales, colapsos o accidentes, asegurando que el sostenimiento cumpla con los criterios técnicos y de seguridad exigidos antes de su instalación en campo.

Tabla 2

Parámetros de diseño

PARAMETROS DE DISEÑO:		
Número máximo de personas en la plataforma:	2	
Peso promedio por persona:	90	kg
Tipo de madera:	Eucalipto	
Diametro de puntal:	5	pulgadas
Longitud de puntal:	2.1	metros
Cantidad de puntales por piso:	2	unidades

Fuente: Autor

Tabla 3

Cálculo de factor de seguridad de puntales de madera

CÁLCULO DE FACTOR DE SEGURIDAD DE PUNTALES DE MADERA			
PESO DE UNA PERSONA:		90	Kg
N° MAXIMO DE PERSONAS EN LA PLATAFORMA:		2	
CARGA VIVA ADICIONAL:		20%	
DIMENSIÓN DE PUNTALE:	$L =$	2.1	m
		210	cm
DIAMETRO DE PUNTALE:	$D =$	5	pulgadas
		12.7	cm
RELACIÓN DE ESBELTEZ (MADERA REDONDA EN LONGITUD):	$\lambda = \frac{L}{D}$	16.54	
RESISTENCIA A LA CARGA MÁXIMO (COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA):	$Q_m =$	920	Kg/cm ²
RESISTENCIA RESTANDO % FACTOR ESBELTEZ:	$Q_{mf} =$	903.46	
CARGA DE TRABAJO:	$P_u = (1 + CV) * W * N_p$	216	Kg
FUERZA ACTUANTE EN CADA PUNTALE:	$F_1 = \frac{P_u}{N_p}$	108	Kg
FACTOR DE SEGURIDAD:	$\frac{Q_{mf}}{F_1} \geq 7$	8.37	CUMPLE

Nota. Factor de seguridad ≥ 7 exigido por la compañía. Fuente: Autor

La tabla presenta el cálculo del factor de seguridad de puntales de madera sometidos a compresión paralela a la fibra, considerando la resistencia máxima admisible del material y las condiciones geométricas del elemento. Se emplea un valor de resistencia a la compresión de 920 kg/cm², el cual se contrasta con la carga actuante obtenida del análisis estructural. A partir de esta relación se determina el factor de seguridad, cuyo valor calculado es 8,37, superando el mínimo exigido de 7. El resultado indica que el elemento estructural cumple con los criterios de estabilidad y capacidad portante establecidos para su uso seguro en labores mineras subterráneas.

La tabla desarrolla el cálculo del factor de seguridad de pernos tipo cacho de toro (Bull Horn), evaluando su comportamiento tanto al esfuerzo de corte como al esfuerzo de tracción. Se

consideran las propiedades geométricas del perno, el peso del puntal de madera asociado, la carga de trabajo y la distribución de fuerzas en cada anclaje. Asimismo, se incorporan las características mecánicas del acero ASTM A615 Grado 60 y la adherencia del perno a la roca. Los resultados muestran factores de seguridad ampliamente superiores al valor mínimo exigido, confirmando que el sistema de anclaje cumple adecuadamente con los criterios de estabilidad y seguridad estructural requeridos para su aplicación en labores mineras subterráneas.

Tabla 4

Calculo de factor de seguridad (Bull Horn)

CÁLCULO DE FACTOR DE SEGURIDAD DE CACHO DE TORO (BULL HORN)			
ESFUERZO AL CORTE DE LOS PERNOS BULL - HORN			
PESO DE PUNTAL DE MADERA: 5"x2.1m	DIAMETRO:	12.7	cm
	LONGITUD:	2.1	m
	DENSIDAD EUCALIPTO:	0.797	g/cm3
	VOLUMEN	26601.35809	cm3
	PESO:	21.2	Kg
CARGA DE TRABAJO	$P_u=1.25*(90*2)+21.2$	246.2	kg
FUERZA ACTUANTE EN CADA ANCLAJE	$F_1=P_u/8$	30.775	kg
RESISTENCIA AL CORTE	T	268.185	kg
FACTOR DE SEGURIDAD	$T/F_1 \geq 7$	871.43	CUMPLE
ESFUERZO DE TRACCION DE LOS PERNOS BULL - HORN			
TIPO DE MATERIAL DE ACERO PERNO BULL-HORN		ASTM A615 - GRADO 60	
DIÁMETRO DE ACERO	d	25	mm
LONGITUD DE ANCLAJE A ROCA:	l	6	pies
		1.83	m
AREA DE ACERO	A	4.91	cm2
CIRCUNFERENCIA DEL PERNO	U	7.85	cm
ADHERENCIA DEL PERNO A LA ROCA	$t=0.25*R_c*d/l$	21.98	kg/cm2
CAPACIDAD DE APOYO AL PERNO	$p=t*U*l$	31575.37	kg
FACTOR DE SEGURIDAD	$(p/F_1) \geq 7$	1026.01	CUMPLE

Nota. Factor de seguridad ≥ 7 exigido por la compañía. Fuente: Autor

3.5.1.5. Perforación de taladros y chimeneas. La

La actividad se inicia con la inspección integral de los accesos y del área de trabajo, procediendo a la delimitación de las chimeneas de traspaso en el nivel 720 mediante barricadas de clase III, así como a la instalación de barricadas de clase II en la rampa 6140, correspondiente al

acceso del nivel 710. Previo al inicio de labores, el supervisor efectúa el monitoreo de gases con equipo Altair 5X, registrando los valores obtenidos en la pizarra de control. Durante toda la operación, el personal permanece anclado de manera permanente y se ejecuta el redesatado de rocas sueltas en la chimenea. Posteriormente, se realiza la perforación de taladros para cachos de toro, destinados a la instalación de puntales de avance de la plataforma de perforación, los cuales se colocan a un espaciamiento de 1 m eje a eje.

El topógrafo define y marca el punto de dirección de la chimenea conforme al diseño del proyecto, procediéndose al pintado de la sección $2,0 \times 2,0$ m, la malla de perforación y los taladros para puntos de anclaje. Se instala el suministro de agua y aire a la máquina perforadora, y el maestro perforista junto con su ayudante adoptan la posición operativa adecuada.

La perforación se ejecuta con máquina Jack Leg, respetando la secuencia de barrenos patero y seguidor de 4 pies, manteniendo el paralelismo requerido para asegurar una voladura eficiente. Concluida la perforación, se retiran las líneas de aire y agua, se traslada el equipo a la bodega del nivel 720 y se finaliza con el orden y limpieza del área de trabajo.

3.5.1.6. Voladura. La malla de perforación diseñada para una chimenea de sección $2,0 \times 2,0$ m, donde se aprecia la distribución geométrica y secuencial de los taladros necesarios para garantizar un avance controlado y una voladura eficiente.

El esquema diferencia claramente los taladros con carga y los taladros sin carga, lo que permite controlar la fragmentación y proteger el contorno de la chimenea.

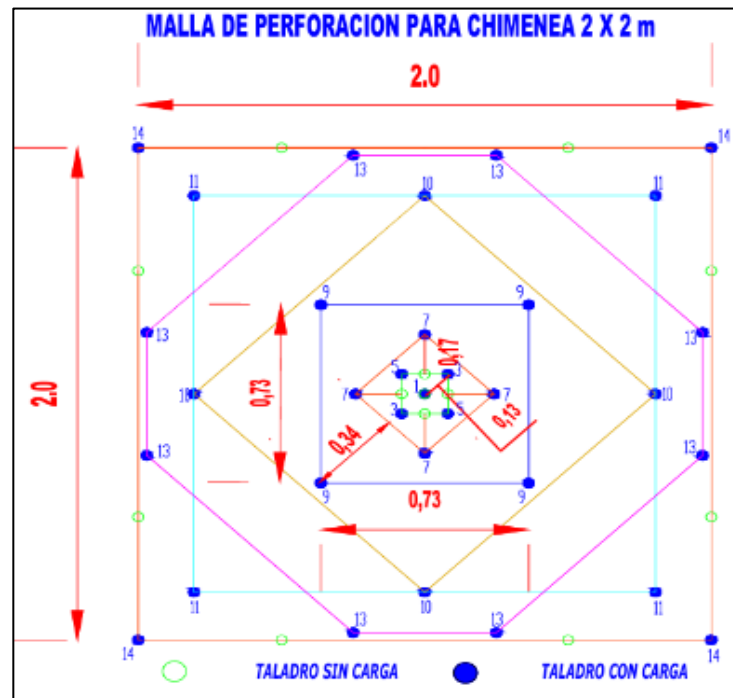
En la zona central se observa el núcleo de arranque, con espaciamientos y burden reducidos, destinado a generar el vacío inicial.

Hacia el perímetro, los taladros de contorno mantienen distancias regulares para asegurar la estabilidad de las paredes y conservar la sección proyectada.

Las cotas indicadas reflejan una malla balanceada, adecuada para condiciones de excavación vertical y control de sobrerotura.

Ilustración 15

Malla de perforación



Nota. Diseño de la malla de perforación. Fuente: Planeamiento Los Andes (2025).

La imagen desarrolla el diseño de carga explosiva para una chimenea de $2,0 \times 2,0$ m, integrando la distribución de taladros, la cantidad de explosivo por tipo de barreno y los parámetros de control de voladura.

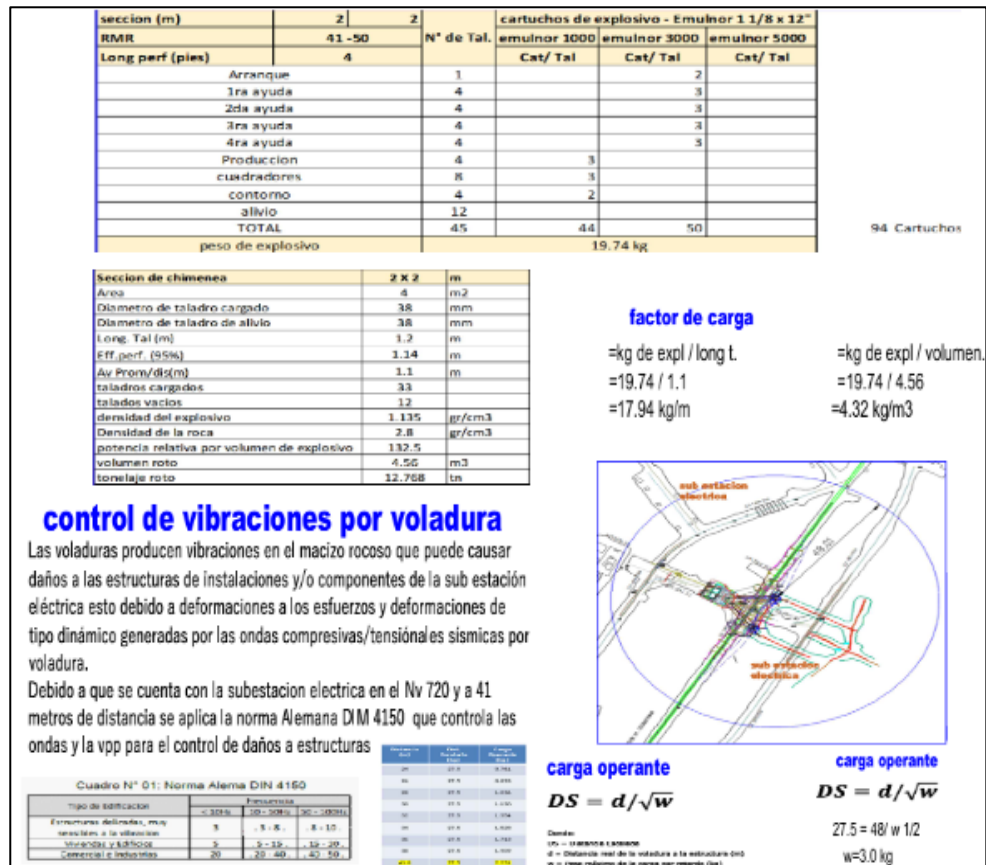
Se detallan longitudes de perforación, diámetros, número de taladros y consumo total de explosivo, permitiendo estimar el factor de carga tanto por longitud como por volumen excavado.

Asimismo, se incorpora el análisis de control de vibraciones, considerando la proximidad de infraestructura sensible y la aplicación de criterios normativos para limitar daños estructurales.

El esquema complementa el diseño técnico de voladura con criterios de seguridad, eficiencia y control ambiental durante la excavación de la chimenea.

Ilustración 16

Cantidad de explosivo



Fuente: Planeamiento Los Andes (2025).

La lámina desarrolla de manera integral el diseño de voladura para la excavación de una chimenea de sección 2 × 2 m, incorporando criterios técnicos de perforación, carga explosiva y control de efectos inducidos. Se presenta la clasificación de los taladros en función de su rol dentro de la malla, distinguiéndose barrenos de arranque, ayudas, producción, contorno y alivio, cada uno con longitudes de perforación definidas y cantidades específicas de explosivo. A partir de estos parámetros se determina el consumo total de explosivo, así como el factor de carga, expresado tanto en kilogramos por metro perforado como en kilogramos por volumen excavado, lo que permite evaluar la eficiencia energética de la voladura.

Adicionalmente, el documento incorpora un análisis orientado al control de vibraciones, considerando la cercanía de infraestructuras sensibles, como instalaciones eléctricas, y la necesidad de limitar los efectos dinámicos generados por la detonación. Para ello, se emplean relaciones empíricas que vinculan la carga operante con la distancia, permitiendo estimar niveles admisibles de vibración y ajustar la carga máxima instantánea. Este enfoque asegura que la voladura no solo cumpla con los objetivos de fragmentación y avance, sino que también mantenga condiciones de seguridad estructural y operativa, reduciendo el riesgo de daños al macizo rocoso y a las obras existentes.

Tabla 5

Carga operante

carga operante

$$DS = d/\sqrt{w}$$

$$27.5 = 48/\sqrt{w}$$

$$w=3.0 \text{ kg}$$

CARGA OPERANTE				
FANEL LP				
NUMERO	CANTIDAD TAL.	CART. POR TAL.	PESO POR CART. DE 1 1/8 X 12" (Kg)	CARGA OPER. (KG)
1	1	3	0.21	0.63
3	2	3	0.21	1.26
5	2	3	0.21	1.26
7	4	3	0.21	2.52
9	4	3	0.21	2.52
10	4	3	0.21	2.52
11	4	3	0.21	2.52
13	6	2	0.21	2.52
14	4	3	0.21	2.52

Nota. Cálculo para el control de vibraciones. Fuente: Planeamiento Los Andes (2025)

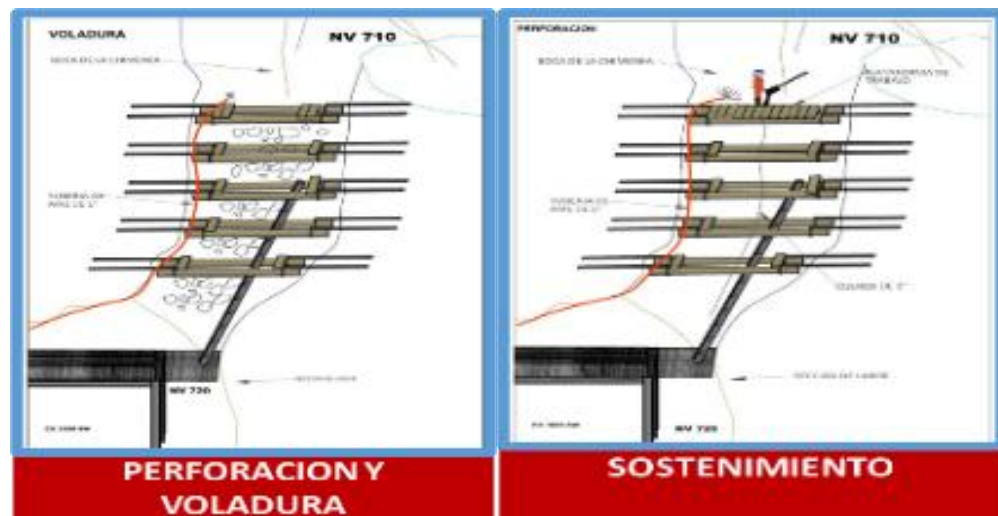
3.5.1.7. Carguío y voladura en chimenea. Las actividades se inician con la participación en la reunión de Campo Nivel II al inicio de la guardia, donde se comunica formalmente la voladura programada en la chimenea del Pique Yauricocha, nivel 720, asegurando que todo el personal involucrado tenga conocimiento del alcance y condiciones de la operación. Posteriormente, se procede a la delimitación de los accesos a la chimenea mediante barricadas,

garantizando el control del tránsito y la seguridad del área, así como al ordenamiento del frente de trabajo. El supervisor realiza el monitoreo de gases con equipo Altair 5X, registrando los valores en la pizarra de control, mientras que el personal mantiene anclaje permanente durante la ejecución de labores y se efectúa el redesado de rocas sueltas. Asimismo, se retiran las instalaciones eléctricas ubicadas dentro de la zona de influencia de la voladura.

En interior mina, se asiste a la reunión de media guardia para ratificar la ejecución de la voladura. El traslado de explosivos y accesorios se realiza de manera separada, manteniendo una distancia mínima de 10 metros, utilizando mochilas de lona adecuadas. En el nivel 720 se lleva a cabo el encebado de la carga y el carguío de los taladros, empleando atacador de madera. Previo al chispeo, se designa un vigía en el Crucero 1805 y se instala una barricada de voladura tipo III con 30 minutos de anticipación. Finalmente, el supervisor de Los Andes coordina el retiro del personal no involucrado, verificando la salida de las empresas JRC, Maxvill, Ingeniería y Arquitectura, y dejando constancia mediante la firma del protocolo de voladura en el nivel 720.

Ilustración 17

Perforación, voladura y sostenimiento



Nota. Imagen representativa de la Perforación, voladura y sostenimiento en el proyecto chimenea. Fuente: Planeamiento Los Andes (2025)

La secuencia operativa se inicia con la instalación de la barricada de voladura en el ingreso de la estación del Pique Yauricocha, nivel 1170, como medida preventiva para restringir el acceso durante el proceso. El supervisor de Los Andes verifica previamente la salida del timbrero y del winchero del área del pique, asegurando que no permanezca personal expuesto. A continuación, se establece la comunicación formal con el supervisor de turno de SMC, quien confirma las condiciones y autoriza el inicio de la voladura. Una vez obtenida dicha conformidad, el supervisor instruye al líder de labor para ejecutar el chispeo, programado a las 6:40 a. m. o 6:40 p. m., según la guardia correspondiente. Durante este periodo, el vigía y el supervisor se posicionan estratégicamente en el acceso al túnel Yauricocha y en el acceso al Pique Central nivel 720, manteniéndose en dichos puntos hasta la salida total de la voladura.

Concluida la detonación, el supervisor permanece junto al vigía hasta el arribo del supervisor de la guardia entrante, quien asume formalmente la responsabilidad del área. El supervisor saliente informa de manera detallada sobre la voladura ejecutada en la chimenea del Pique Yauricocha. Posteriormente, el supervisor entrante realiza la verificación de las condiciones de ventilación y de las instalaciones de la estación del pique, autorizando el reingreso del winchero y timbrero para la prueba en vacío del winche y del sistema de izaje. Finalmente, se procede al retiro de la barricada del nivel 1170, habilitándose nuevamente el izaje de personal hacia los diferentes niveles, bajo condiciones seguras y controladas.

3.5.1.8. Chimenea en conexión. La actividad se inicia con la inspección de los accesos y del área de trabajo, procediendo a la delimitación de las chimeneas de traspaso en el nivel 720 mediante barricadas de clase III, con el fin de restringir el tránsito no autorizado. El supervisor ejecuta el monitoreo de gases utilizando el equipo Altair 5X, registrando los resultados en la pizarra de control, mientras que el personal mantiene anclaje permanente durante toda la intervención.

Previamente al avance, se realiza el redesatado de rocas sueltas en la chimenea y se marca la zona de conexión, colocando un letrero visible que indique “Chimenea en comunicación”. Asimismo, se instala una barricada de clase II en la rampa 6140, correspondiente al acceso a las chimeneas en el nivel 710.

Una vez alcanzado un avance lineal aproximado de seis metros, se planifica el sondeo de verificación de conexión hacia el nivel 710. Para ello, se introduce un barreno de 8 pies, procediéndose a la instalación de agua y aire a la máquina perforadora. La perforación se ejecuta con taladros en diferentes direcciones, manteniendo control sobre la orientación. En caso de no evidenciar comunicación, se continúa con el ciclo normal de trabajo en la chimenea; si se confirma la conexión, se marca el punto de referencia correspondiente. Posteriormente, se perforan los taladros dejando un puente de un pie respecto a la longitud de comunicación y se dispara únicamente el arranque, con el objetivo de asegurar una voladura controlada. Concluida esta etapa, la perforación para el cuadrado de la sección se desarrolla de arriba hacia abajo, garantizando estabilidad y control geométrico del avance.

3.5.1.9. Personal del proyecto. La imagen muestra un formato utilizado para organizar y llevar el control del personal que participa en las labores mineras. En este cuadro se registra de manera ordenada quién interviene en cada actividad, a qué empresa pertenece, qué cargo ocupa y cuál es la función que cumple dentro del proceso. Esto permite tener más claro qué responsabilidad corresponde a cada persona y facilita la coordinación durante el desarrollo de los trabajos. Además, el formato incluye información sobre el nivel donde se realiza el trabajo y la cantidad de personas asignadas a cada labor. Estos datos son importantes porque ayudan a organizar mejor las actividades, controlar el ingreso del personal y mantener un seguimiento más claro de las condiciones de seguridad durante la jornada. Este tipo de registro facilita la coordinación entre

supervisión y operación, asegurando trazabilidad, orden operativo y cumplimiento de los procedimientos establecidos en campo.

Tabla 6

Personal del proyecto

	LOS ANDES			CÓDIGO:	REG-SMC-
				REVISIÓN:	0
	LISTA DE PERSONAL INVOLUCRADO EN EL PROCESO DE CHISPEO Y VOLADURA			ÁREA:	MINA
				PÁGINAS:	1
SUPERVISOR		ZONA	II	NIVEL	720
	RESIDENTE	TURNO	DIA/NOCHE	N° DE PERSONAS	4
ITEM	EMPRESA	CARGO	FUNCION EN EL PROCESO	LABOR	
1	LOS ANDES	MAESTRO PIQUERO	CARGADOR/CHISPERO	CX 1805 CHIMENEA NV 720 –NV 710	
2	LOS ANDES	MAESTRO PIQUERO	ENCEBADOR/CARGADOR	CX 1805 CHIMENEA NV 720 –NV 710	
3	LOS ANDES	AYUDANTE PIQUERO	ENCEBADOR	CX 1805 CHIMENEA NV 720 –NV 710	
4	LOS ANDES	SUPERVISOR	VIGIA	CX 1805 CHIMENEA NV 720 –NV 710	
5	LOS ANDES	MAESTRO PIQUERO	CARGADOR/CHISPERO	CX 1805 CHIMENEA NV 720 –NV 710	
6	LOS ANDES	MAESTRO PIQUERO	ENCEBADOR/CARGADOR	CX 1805 CHIMENEA NV 720 –NV 710	
7	LOS ANDES	AYUDANTE PIQUERO	ENCEBADOR	CX 1805 CHIMENEA NV 720 –NV 710	
8	LOS ANDES	SUPERVISOR	VIGIA	CX 1805 CHIMENEA NV 720 –NV 710	
9	LOS ANDES	MAESTRO PIQUERO	CARGADOR/CHISPERO	CX 1805 CHIMENEA NV 720 –NV 710	
10	LOS ANDES	MAESTRO PIQUERO	ENCEBADOR/CARGADOR	CX 1805 CHIMENEA NV 720 –NV 710	
11	LOS ANDES	AYUDANTE PIQUERO	ENCEBADOR	CX 1805 CHIMENEA NV 720 –NV 710	
12	LOS ANDES	SUPERVISOR	VIGIA	CX 1805 CHIMENEA NV 720 –NV 710	

Fuente: Planeamiento Los Andes (2025)

3.5.2. Identificación de riesgo críticos

Paso 1. Delimitar el alcance por etapas de trabajo

Se recomienda levantar el IPERC:

- Preparación y habilitación (accesos, collar, guardacabeza, plataforma)

- Saneamiento y escalamiento
- Perforación (manual o mecanizada)
- Carguío y voladura
- Ventilación post-voladura y reingreso
- Desquinche/limpieza
- Sostenimiento (pernos, malla, shotcrete, marcos/anillos si aplica)
- Izaje/transporte de materiales y herramientas
- Inspecciones, monitoreo geomecánico y control operativo

Paso 2. Identificación de peligros (3 fuentes combinadas)

Observación directa (checklist por etapa)

- Revisión documental (ATS/PETS, IPERC, reportes de campo, incidentes)
- Análisis geomecánico (RMR / áreas débiles / humedad / estructuras)

Paso 3. Definir “Riesgo Crítico” con criterio de consecuencia

En chimeneas, se considera riesgo crítico aquel con potencial de fatalidad/lesión grave o evento mayor (colapso, intoxicación, caída a distinto nivel, atrapamiento). La probabilidad puede ser baja, pero la consecuencia es alta.

Paso 4. Evaluar el riesgo: $R = P \times C$

- P (Probabilidad)
- C (Consecuencia)

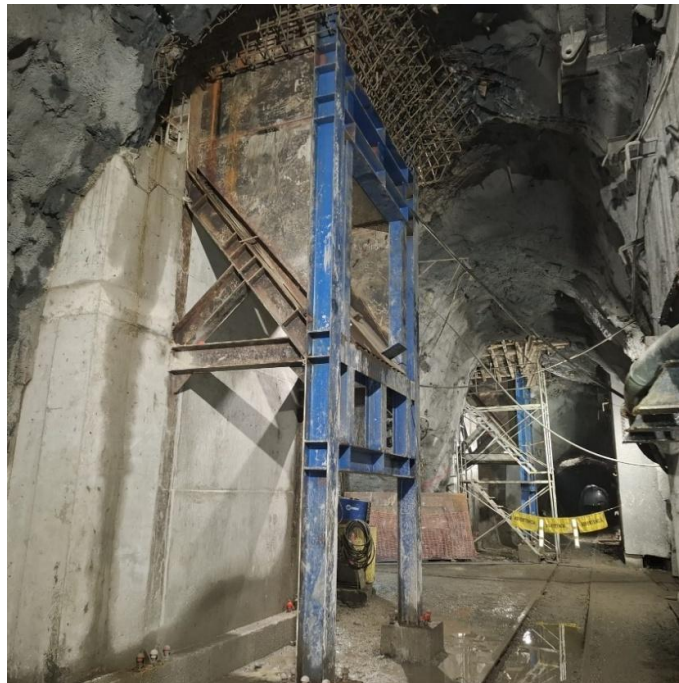
Criterio práctico:

- $R \geq 15 \rightarrow$ Riesgo Crítico/No aceptable (requiere CCR sí o sí)
- $R 8-14 \rightarrow$ Riesgo Alto (control estricto)
- $R \leq 7 \rightarrow$ Moderado/Bajo (control estándar)

El objetivo es identificar los peligros, evaluar los riesgos para prevenir eventos y enfermedades no deseados aplicando los controles críticos establecidos en cada actividad a desarrollarse para el proyecto: “CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEA DE TRASPASO DEL NV 710 AL NV 720”, También se tiene como objetivo promover la concientización y el cambio de cultura en materia de seguridad de seguridad de todos nuestros colaboradores. Con el cumplimiento del sistema de gestión de seguridad, la disciplina operativa y las practicas adecuadas estamos seguros que se logrará evitar daños a la persona, la propiedad, equipos, medio ambiente y al término del proyecto la meta de CERO ACCIDENTES será cumplida.

Ilustración 18

Echadero



Nota. Construcción de las chimeneas (Ch-1 y Ch-2) en 80% de avance.

3.5.3. Mapeo de actividades

La imagen muestra el diagrama secuencial del proceso constructivo de chimeneas de traspaso de mineral entre los niveles 710 y 720, estructurado por etapas operativas claramente definidas. El flujo inicia con los trabajos preliminares, que incluyen la habilitación de accesos y el sostenimiento inicial, seguido de la colocación del guardacabeza y la limpieza de carga. Posteriormente, se desarrollan las actividades de ascenso y descenso de personal, equipos y materiales, manteniendo comunicación permanente. El núcleo del proceso corresponde a la perforación y voladura de la chimenea, complementada con ventilación, desatado y limpieza. Finalmente, se ejecuta la instalación de plataformas, el sostenimiento en chimenea y las obras civiles del collar, garantizando estabilidad, seguridad y continuidad operativa del sistema.

3.5.4. Identificación de peligros y riesgos (preliminar)

Se elaboro el cuadro de identificación de peligros y riesgos por actividades en los trabajos preliminares.

Tabla 7

Trabajos preliminares

ACTIVIDAD 1: TRABAJOS PRELIMINARES	Peligros	Riesgos
1.- Inspección de área de trabajo y accesos	Trabajo en altura	Caída distinto nivel
2.- Delimitar el área de trabajo con barricadas en los accesos Nv 720 (XC 1805, RP 6140)	Línea Trolley	Contacto directo e indirecto Descarga eléctrica
3.- Instalar la iluminación de accesos RP 6140, Chimenea 1 y 2 Nv 710	Cables energizados	Contacto con energía eléctrica (Shock eléctrico)
4.- Retirar tuberías, materiales en desuso del XC 1804	Manipulación de materiales	Aprisionamiento, golpes contusiones
5.- Retiro de línea trolley acceso XC 1805 Y 1804 NV 720	Fluidos con energía	Contacto a fluidos con energías,
6.-Retiro de instalaciones eléctricas entre el XC 1805 y XC 1804		
7.-Limpieza de carga de la Cámara de carguío entre el XC 1805 y XC 1804 NV 720		

ACTIVIDAD 1: TRABAJOS PRELIMINARES	Peligros	Riesgos
8.-Cerrar y colocar el bloqueo en las válvulas de agua y aire para realizar las instalaciones de servicio		neumáticas e hidráulicas
9.-Realizar las instalaciones de servicios de agua y aire para la perforación	Manipulación de herramientas manuales	Golpes, contusiones
10.-Instalar sistema de ventilación en el Nv 720		
11.-Proteger tuberías en el XC 1805	Posturas repetitivas, disergonómicas	Exposición a enfermedades ocupacionales
12.-Colocar barricada rígida tipo II en la RP 6140, XC 1804, XC 1805		
13.- Ordenar y limpiar al final de turno		

3.5.5. Identificación de peligros y riesgos (Guarda cabeza)

Se elaboro el cuadro de identificación de peligros y riesgos por actividades en colocación guardacabeza.

Tabla 8

Trabajo de colocación guardacabeza

ACTIVIDAD 2: COLOCACION DE GUARDA CABEZA	Peligros	Riesgos
1.- Participación de reunión campo nivel III.	Trabajo en altura	Caída distinto nivel
2.-Ingreso de personal a mina.		
3.-Inspección de área de trabajo, rellenar herramientas de gestión.	Rocas sueltas	Golpe por caída de roca, aplastamiento
4.-Inspección de área de trabajo y accesos		
5.-Coordinar con el operador de scoop para la limpieza de carga	Espacios abiertos	Caída a distinto nivel
6.-Delimitar el área de trabajo con barricadas	Manipulación de materiales	Aprisionamiento, golpes contusiones
7.-Seccionar línea trolley en el crucero 1805 Nv 720	Presencia de gases por encima de LMP	Exposición a gaseamiento, asfixia
8.-Colocar lock out y tag out		
9.-Retirar materiales y herramientas de la zona de trabajo de scoop	Manipulación de herramientas manuales	Golpes, contusiones
10.-Hacer limpiar la carga con scoop cantoneando los hastiales de labor		
11.-Acarreo de carga con scoop a la Cámara del Xc 1805		
12.-Carguío de desmonte a los carros mineros		
13.-Ordenar y limpiar al final de turno14.-Ordenar y limpiar el área de trabajo	Manipulación de herramientas de poder	Contacto con energía eléctrica

Ilustración 19

Instalación de guardacabeza



Nota. Guardacabeza en chimenea existente del Nv. 710.

3.5.6. Identificación de peligros y riesgos (Limpieza de carga con SCOOP)

Se elaboro el cuadro de identificación de peligros y riesgos por actividades en Limpieza de carga con SCOOP.

Tabla 9

Trabajo de limpieza de carga con Scoop

ACTIVIDAD: LIMPIEZA DE CARGA CON SCOOP	Peligros	Riesgos
1.-Participación de reunión de campo nivel III 2.-Ingreso de personal a mina 3.-Inspección de área de trabajo y accesos 4.-Delimitar el área de trabajo con barricadas 5.-Verificar la Guardacabeza del Nv 660	Línea Trolley	Descarga eléctrica
	Equipo en movimiento	Atropello, muerte
	Rocas sueltas	Golpe por caída de roca, aplastamiento

ACTIVIDAD: LIMPIEZA DE CARGA CON SCOOP	Peligros	Riesgos
6.-Trasladar puntales de 8 pulg, tablas de 2”X7”X7pies hasta el Nv 710	Posturas repetitivas/inadecuadas	Lumbalgia, lesión muscular
7.-Traslado de Máquina perforadora y aceros de perforación de la bodega al Nv 710	Carros Mineros	Aprisionamiento, atrapamiento
8.-Realizar las instalaciones de agua y aire		
9.-Realizar la perforación de taladros para cacho de toro en la Chimenea 2		
10.-Colocar los cachos de toro en la Chimenea 2		
11.-Colocar los puntales de 8 pulg en los cachos de toro		
12.-Una vez colocado los puntales, colocar las tablas en forma ordenado de acuerdo a la sección de la chimenea		
13.-El entablado será doble camada con tablas de 2 pulg. nuevas.		
14.-Ordenar y limpiar el área de trabajo	Retiro de vigas H10 y estructuras del crucero 1805	Golpe, aprisionamiento, aplastamiento

Ilustración 20

Limpieza de carga con Scoop



Nota. Limpieza de carga y carguío a gramby para el retiro de carga.

3.5.7. Identificación de peligros y riesgos (Ascenso y descenso de personas)

Se elaboro el cuadro de identificación de peligros y riesgos por actividades en Ascenso y descenso de personas.

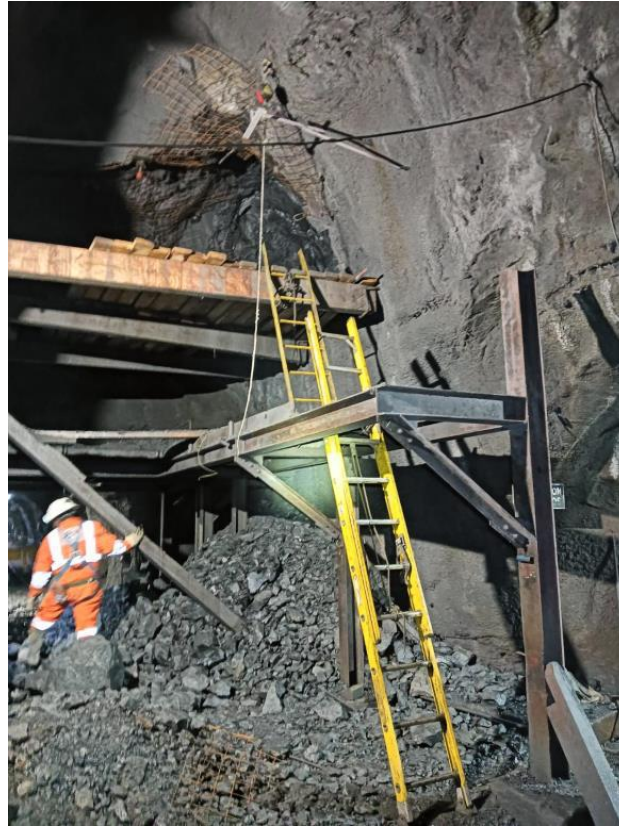
Tabla 10

Ascenso y descenso

ACTIVIDAD 2: ASCENSO Y DESCENSO DE PERSONAS, EQUIPOS Y MATERIALES	Peligros	Riesgos
1.-Inspección de área de trabajo y accesos	Trabajo en altura	Caída distinto nivel
2.-Delimitar el área de trabajo con barricadas tipo III		
3.-El supervisor deberá realizar el monitoreo de gases y una vez verificado se dará pase para que el personal ingrese a la chimenea.	Rocas sueltas	Golpe por caída de roca, aplastamiento
ASCENSO DE MATERIALES Y EQUIPOS	Espacios abiertos	Caída a distinto nivel
4.-Acercar el material o equipo a subir a la chimenea dejar ordenado al pie de la chimenea	Manipulación de materiales	Aprisionamiento, golpes contusiones
5.-Asegurar con la sogá de ½ el material o equipo a subir por la chimenea.	Presencia de gases por encima de LMP	Exposición a gaseamiento, asfixia
6.-El maestro se deberá subir hasta el primer puntal de avance y colocar la sogá como punto de sujeción en el segundo puntal de avance		
7.-Subir lentamente el material o equipo a subir a la chimenea, mientras que el ayudante subirá guiando con un viento el material o equipo a subir a la chimenea, siempre se debe ubicar el ayudante por encima de material o equipo a subir hasta llegar al nivel de trabajo.	Manipulación de herramientas manuales	Golpes, contusiones
DESCENSO DE MATERIALES Y EQUIPOS		
8.-Verificar que la sogá de ½ pulg esté en buenas condiciones.		
9.-Realizar el amarre con sogá de material o equipo a descender.		
10.-El maestro soltará la sogá poco a poco, mientras que el ayudante guiará con una cuerda auxiliar para que no se atasque en los puntales.	Manipulación de herramientas de poder	Contacto con energía eléctrica
11.-Una vez llegado al Nv 720 dejar el material o equipo en un lugar segura y ordenado		

Ilustración 21

Asenso a la chimenea



Nota. Asenso mediante escaleras y plataformas para la perforación y voladura de las chimeneas.

3.5.8. Identificación de peligros y riesgos (Ventilación)

Se elaboro el cuadro de identificación de peligros y riesgos por actividades en Ventilación, regado, desate y limpieza.

Tabla 11

Ventilación, regado, desate y limpieza

ACTIVIDAD: VENTILACION, REGADO DE CARGA, DESATE DE ROCA Y LIMPIEZA DE CARGA	Peligros	Riesgos
1.-Delimitar los accesos de la chimenea en el Nv 720 con barricas 2.-Ordenar área de trabajo 3.-Verificar que la ventiladora esté en funcionamiento	Presencia de gases por encima de LMP	Exposición a gaseamiento, asfixia

ACTIVIDAD: VENTILACION, REGADO DE CARGA, DESATE DE ROCA Y LIMPIEZA DE CARGA	Peligros	Riesgos
4.-Realizar el monitoreo de gases 5.-Verificar que la tercera línea esté abierta y ventilando la chimenea (verificar tercera línea a 2m del tope) 6.-Una vez comprobado con el monitor de gases el supervisor dará el pase al personal para que ingrese al personal para que realice los trabajos 7.-Hacer caer carga del camino y ubicarse en un lugar seguro 8.-Una vez que se haya ubicado en un lugar seguro realizar el regado de carga con manguera 9.-Una vez terminado el regado de carga realizar el desate de rocas 10.-Realizar el desate de rocas con una barretilla adecuado ubicando en un lugar seguro 11.-El desate se realizará del techo hacia los hastiales 12.-Debajo de la chimenea no debe haber ningún personal 13.-El ayudante de la chimenea se ubicará cerca a la chimenea en un lugar seguro atento a cualquier comunicación. 14.-Una vez terminado el desate de rocas limpiar la columna de la chimenea y acceso	Trabajos en altura	Caída de personas a distinto nivel
	Rocas sueltas	Caída de roca, aplastamiento
	Instalaciones eléctricas	Contacto con energía eléctrica/shock eléctrico
	Proyección de partículas de roca	Proyección de partículas de roca
	Manipulación de barretillas	Impacto por barretillas

Ilustración 22

Limpieza de carga



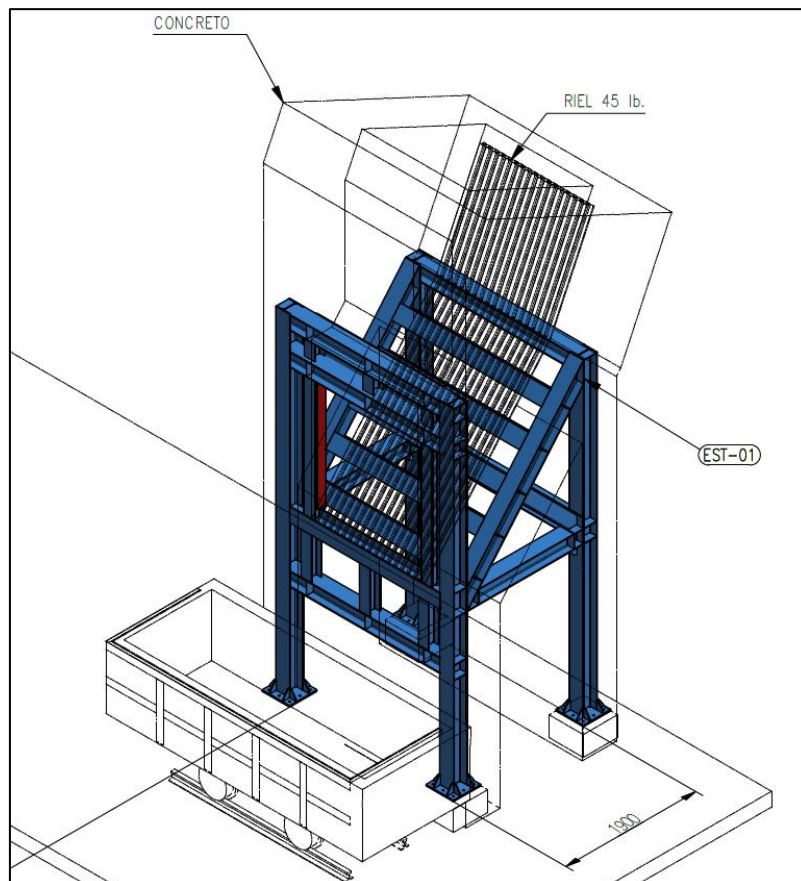
Nota. Limpieza de carga residual mediante sopleteo con aire comprimido en la Ch-2.

3.5.9. Identificación de peligros y riesgos (Sostenimiento con split y malla)

Se elaboro el cuadro de identificación de peligros y riesgos por actividades sostenimiento con Split y mallas.

Ilustración 23

Diseño 3D echadero



Nota. Diseño 3d de echadero de la Ch-2. Fuente: Planeamiento Los Andes (2025).

Tabla 12

Split set y malla

ACTIVIDAD: SOSTENIMIENTO CON SPLIT SET Y MALLA	Peligros	Riesgos
A. Delimitar los accesos de la chimenea en el Nv 720 con barricas B. Ordenar área de trabajo	Trabajos en altura	Caída de personas a distinto nivel

ACTIVIDAD: SOSTENIMIENTO CON SPLIT SET Y MALLA	Peligros	Riesgos
C. Verificar que la ventiladora esté en funcionamiento	Rocas sueltas	Caída de roca, aplastamiento
D. Realizar el monitoreo de gases		
E. Verificar que la tercera línea esté abierta y ventilando el tope de la chimenea	Manguera con fluidos a alta presión (Desempalme)	Golpeado por mangueras a alta presión
F. Una vez comprobado con el monitor de gases el supervisor dará el pase al personal para que ingrese al personal para que realice los trabajos	Ruido por encima de los LMP	Exposición al ruido fuera de los LMPN.
G. El personal verificará las condiciones de la escalera y accesos para poder subir a la escalera.	Presencia de gases por encima de LMP en espacio confinado	Exposición a gases (gaseamiento), asfixia
H. Realizar el redesate de rocas sueltas		
I. Hacer caer carga del camino y ubicarse en un lugar seguro		
J. Subir la malla y Split set al piso de trabajo		
K. Realiza la instalación de agua y aire a la máquina perforadora		
L. Colocar la malla al contorno de la chimenea y pegar con Split set de 5 pies	Manipulación de Malla electrosoldada	Golpes, cortes
M. La malla deberá quedar pegado a los hastiales		
N. Una terminado el sostenimiento, desinstalar agua y aire		
O. Realizar orden y limpieza de la zona de trabajo		

3.5.10. Identificación de peligros y riesgos (Perforación e instalación de pernos)

Se elaboro el cuadro de identificación de peligros y riesgos por actividades en Perforación e instalación de pernos.

Tabla 13

Perforación e instalación de pernos

ACTIVIDAD: PERFORACION DE TALADROS E INSTALACIÓN DE PERNOS DE ANCLAJE	Peligros	Riesgos
1.-Inspección de accesos y área de trabajo	Trabajo en altura	Caída distinto nivel
2.-Delimitar accesos al a las chimeneas de traspaso en el Nv 720 con barricadas de clase III.	Rocas sueltas	Golpe por caída de roca, aplastamiento
3.-Colocar barricada de clase II en la rampa acceso a las chimeneas en el Nv 710	Mangueras con fluidos a alta	Golpeado por mangueras a alta presión
4.-Monitoreo de gases con equipo Altair 5X y registrar en la pizarra		

ACTIVIDAD: PERFORACION DE TALADROS E INSTALACIÓN DE PERNOS DE ANCLAJE	Peligros	Riesgos
5.-Hacer la plataforma de perforación para tener una altura de trabajo adecuado.	presión (Desempalme)	
6.-Sacar punto de dirección, marcar el eje y sección de la chimenea 7.-Realizar el pintado de taladros a ser perforados en el contorno de la chimenea	Ruido por encima de los LMP	Exposición al ruido fuera de los LMP
8.-Realizar la instalación de agua y aire a la máquina de perforación 9.-El maestro perforista y el ayudante se posicionará correctamente para la perforación de taladros	Manipulación de pernos de anclaje	golpes, cortes
10.-Realizar la perforación de taladros ligeramente negativo 11.-Una vez terminado la perforación de taladros inyectar los pernos de anclaje.	Manipulación de herramientas manuales	Golpes, contusiones
11.-Una vez llegado al Nv 720 dejar el material o equipo en un lugar segura y ordenado 12.-Realizar orden y limpieza de la zona de trabajo.	Presencia de gases por encima del LMP en espacio confinado	Exposición a gases (gaseamiento), asfixia

Ilustración 24

Pernos de anclaje en el collar de la chimenea



Nota. Pernos de anclaje para el enfierrado en el collar de la Ch-1

3.5.11. Identificación de peligros y riesgos (*Perforación y voladura en chimenea*)

Se elaboro el cuadro de identificación de peligros y riesgos por actividades en perforación y voladura en chimeneas.

Tabla 14

Perforación y voladura en chimeneas

ACTIVIDAD: PERFORACIÓN Y VOLADURA EN CHIMENEA	Peligros	Riesgos
1.-Participación de reunión campo nivel III. 2.-Ingreso de personal a mina. 3.-Inspección de área de trabajo. 4.-Llenado de herramientas de gestión de seguridad. 5.-Verificar la ventilación / registrar en la pizarra. 6.-Hacer la plataforma de perforación para tener una altura de trabajo adecuado 7.-Colocar el punto de direccion 8.-El personal pintará la sección de la chimenea 9.-Comunicar en la reunión de media guardia en interior mina sobre la voladura 10.-Luego se pintará la malla de perforación 11.-Preparar los explosivos en la zona de descarga 12.-Realizar el carguío de taladros 13.-Realizar el amarre de los taladros 14.-Colocar vigía en el acceso XC 1805 15.-Realizar el chispeo de taladros	Perforación de taladros	Golpe, atrapamiento, Enfermedades muscoesqueliticas
	Proyección de partículas	Contacto con cuerpos extrañas
	Rocas fracturadas	Desprendimiento de roca
	Instalaciones presurizadas	Desempalme, golpeado por manguera
	Trabajo en altura	Caída a distinto nivel
	Traslado de explosivos	Explosión, muerte
	Encebado de cartuchos	Explosión, muerte
	Carguío de taladros	Explosión, muerte
	Chispeo de taladros	Explosión, muerte

Ilustración 25

Perforación de chimenea



Nota. Inicio de la perforación en la Ch-2

3.5.12. Identificación de peligros y riesgos (Habilitación de acero y enfierrado)

Se elaboro el cuadro de identificación de peligros y riesgos por actividades en Habilitación de acero y enfierrado.

Tabla 15

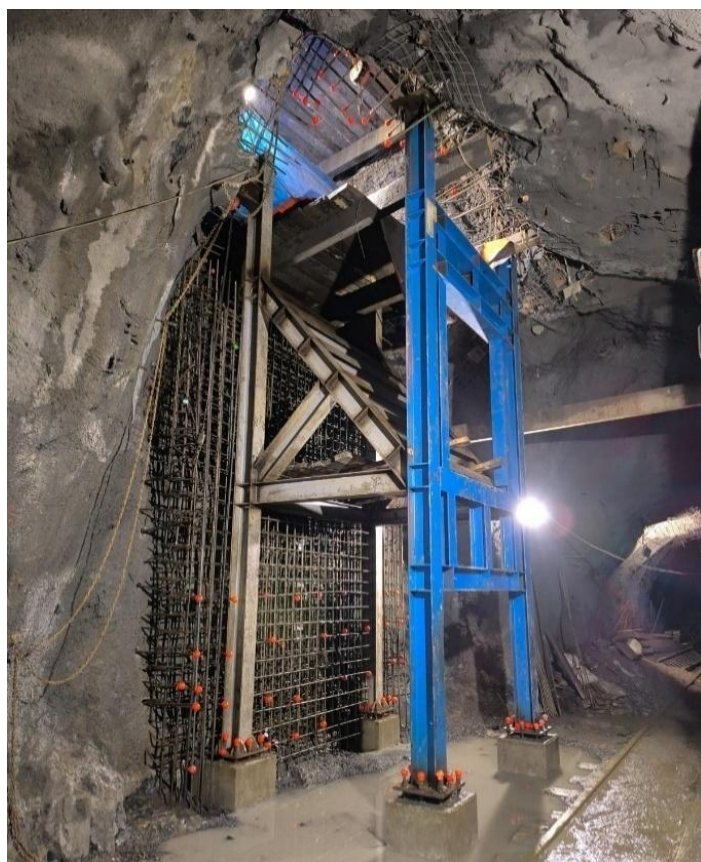
Habilitación de acero y enfierrado

ACTIVIDAD: HABILITACIÓN DE ACERO Y ENFIERRADO DE ANILLO DE CONCRETO EN CHIMENEA	Peligros	Riesgos
1.-Inspección de accesos y área de trabajo 2.-Delimitar accesos al a las chimeneas de traspaso en el Nv 720 con barricadas de clase III. 3.-Colocar barricada de clase II en la rampa acceso a las chimeneas en el Nv 710 4.-Monitoreo de gases con equipo Altair 5X y registrar en la pizarra 5.-Cortar los fierros con trozadora, amoladora 6.-Hacer los dobleces de los fierros de acuerdo al diseño 7.-Trasladar los fierros preparados a la chimenea, Colocar los fierros preparados en C, luego proceder a colocar los estribos	Puntos filosos y punzo cortantes	Contacto con puntos filosos, cortes
	Corte de acero con amoladora	Cortés, mutilaciones
	Fierros expuestos	Cortés, incrustaciones
	Presencia de gases por encima del LMP en espacio confinado	Exposición a gases (gaseamiento), asfixia

ACTIVIDAD: HABILITACIÓN DE ACERO Y ENFIERRADO DE ANILLO DE CONCRETO EN CHIMENEA	Peligros	Riesgos
8.-Realizar el amarre de los estribos	Trabajo en altura	Caída de personal a distinto nivel
9.-Una vez amarrado los estribos alinear y asegurar a los pernos de anclaje ya anteriormente instalado	Alambres expuestos	Cortés, incrustaciones
10.-No dejar puntas sobresalidos cortar o colocar capuchones		

Ilustración 26

Enfierrado de chimenea



Nota. Enfierrado de la Ch-2 para el refuerzo de la estructura del echadero.

3.5.13. Identificación de peligros y riesgos (Encofrado y vaciado)

Se elaboro el cuadro de identificación de peligros y riesgos por actividades en encofrado y vaciado.

Ilustración 27

Vaciado de anillo de concreto



Nota. Vaciado de concreto en el anillo de la Ch-2 Nv. 710.

Tabla 16

Encofrado y vaciado

ACTIVIDAD: ENCOFRADO Y VACIADO DE ANILLO DE CONCRETO	Peligros	Riesgos
1.-Inspección de accesos y área de trabajo 2.-Delimitar accesos a las chimeneas de traspaso en el Nv 720 con barricadas de clase III. 3.-Colocar barricada de clase II en la rampa acceso a las chimeneas en el Nv 710 4.-Monitoreo de gases con equipo Altair 5X y registrar en la pizarra 5.-Preparar paneles con los fenólicos para el encofrado de anillo de concreto 6.-Realizar el encofrado de anillo de concreto 7.-Asegurar el encofrado con puntales y madera pino 8.-Una vez encofrado preparar mezcla con equipo de 11pies3 9.-Abastecer mezcla con tubería hasta terminar el vaciado 10.-Una vez terminado el vaciado lavar el equipo mezclador de concreto y ordenar el área. 11.-Curar el vaciado de concreto con agua 12.-Una vez fraguado el concreto desencofrar el anillo de concreto 13.-Trasladar los paneles, dejar limpio y ordenado	Partes móviles	Atrapamiento/ Aprisionamiento
	Polvo de cemento	Exposición / inhalación de polvo / irritaciones en la piel
	Trabajos en Altura	Caída de personas a diferente nivel
	Ruido por encima de los LMP	Exposición al ruido fuera de los LMP
	Proyección de concreto	Lesiones a la vista, Lava ojos
	Posturas repetitivas	Lumbalgia

3.5.14. Evaluación de riesgos críticos

Se realizará la evaluación de los peligros encontrados para identificar los riesgos críticos, aplicando la matriz IPERC línea de base.

Tabla 17

Matriz de evaluación

SEVERIDAD

Catastrófico

Mortalidad

Permanente

Temporal

Menor

1

2

3

4

5

1

3

6

10

15

2

5

9

14

19

4

8

13

18

22

7

12

17

21

24

11

16

20

23

25

A

Común

B

Ha sucedido

C

Podría suceder

D

Raro que suceda

E

Prácticamente imposible que suceda

FRECUENCIA

NIVEL DE RIESGO

ALTO

MEDIO

BAJO

Riesgo intolerable, requiere controles inmediatos. Si no se puede controlar el PELIGRO se paralizan los trabajos operacionales en la labor.

Iniciar medidas para eliminar/reducir el riesgo. Evaluar si la acción se puede ejecutar de manera inmediata

Este riesgo puede ser tolerable.

0-24 HORAS

0-72HORAS

1 MES

SEVERIDAD

Catastrófico

Mortalidad (Pérdida mayor)

Pérdida permanente

Pérdida temporal

Pérdida menor

Varias fatalidades. Varias personas con lesiones permanentes.

Una mortalidad. Estado vegetal.

Lesiones que incapacitan a la persona para su actividad normal de por vida. Enfermedades ocupacionales avanzadas.

Lesiones que incapacitan a la persona temporalmente. Lesiones por posicion ergonómica

Lesión que no incapacita a la persona. Lesiones leves.

Pérdidas por un monto mayor a US\$ 100,000

Pérdidas por un monto entre US\$ 10,001 y US\$ 100,000

Pérdida por un monto entre US\$ 5,001 y US\$ 10,000

Pérdida por monto mayor o igual a US\$ 1,000 y menor a US\$ 5,000

Pérdida por monto menor a US\$ 1,000

Paralización del proceso de más de 1 mes o paralización definitiva.

Paralización del proceso de más de 1 semana y menos de 1 mes

Paralización del proceso de más de 1 día hasta 1 semana.

Paralización de 1 día.

Paralización menor de 1 día.

PROBABILIDAD

Común (muy probable)

Ha sucedido (probable)

Podría suceder (posible)

Raro que suceda (poco probable)

Prácticamente imposible que suceda.

Sucede con demasiada frecuencia.

Sucede con frecuencia.

Sucede ocasionalmente.

Rara vez ocurre. No es muy probable que ocurra.

Muy rara vez ocurre. Imposible que ocurra.

Muchas (6 o más) personas expuestas. Varias veces al día.

Moderado (3 a 5) personas expuestas varias veces al día.

Pocas (1 a 2) personas expuestas varias veces al día. Muchas personas expuestas ocasionalmente.

Moderado (3 a 5) personas expuestas ocasionalmente.

Pocas (1 a 2) personas expuestas ocasionalmente.

MATRIZ BÁSICA DE EVALUACIÓN DE RIESGOS

Fuente: Anexos - DS-024-2016-EM

La imagen corresponde a una matriz básica de evaluación de riesgos, estructurada bajo el enfoque Probabilidad $\times$ Severidad, utilizada en procesos IPERC y gestión de riesgos críticos. En la parte superior se presenta la matriz 5 $\times$ 5, donde los valores numéricos resultan de la combinación de la frecuencia de ocurrencia (clasificada de A a E) y la severidad del daño (niveles 1 a 5). La codificación por colores permite identificar de forma visual los niveles de riesgo: bajo, moderado, alto y crítico, facilitando la priorización de controles.

Tabla 18

Identificación de riesgos críticos

Peligros	Riesgos	Evaluación de Riesgo Inicial (Sin Controles)	
		Nivel de riesgo inicial (P x S)	Nivel de riesgo inicial
Equipos en movimiento (locomotoras, scoop)	Atropello (fatalidad)	8	ALTO
Cable eléctrico energizado	Contacto con energía eléctrica / electrocución	8	ALTO
Línea Trolley energizada	Contacto con energía eléctrica	8	ALTO
Roca suelta	Caída de rocas	8	ALTO
Soldadura con arco eléctrico	Shock eléctrico, Exposición a quemadura	8	ALTO
Equipo de oxicorte	Exposición a altas temperaturas / Explosión, muerte	8	ALTO
Cables energizados	Contacto indirecto con energía eléctrica	8	ALTO
Contacto con energía eléctrica	Electrocución	8	ALTO
Presencia de gases por encima del LMP en espacio confinado	Exposición a gases (gaseamiento)	8	ALTO
Partes móviles	Atrapamiento / Aprisionamiento	8	ALTO
Tránsito por escalera	Caída de personal a diferente nivel	8	ALTO
Espacios abiertos	Caída de persona a diferente nivel	8	ALTO
Aire comprimido	Contacto con aire comprimido / Golpeado por las mangueras de aire	8	ALTO
Elementos de izaje en mal estado	Caída de materiales y equipos a diferente nivel	8	ALTO
Tránsito de personas por la vía	Atropello (fatalidad)	8	ALTO

Peligros	Riesgos	Evaluación de Riesgo Inicial (Sin Controles)	
		Nivel de riesgo inicial (P x S)	Nivel de riesgo inicial
Izaje de carga suspendida	Caída de carga / aplastamiento	8	ALTO
Escaleras deterioradas	Caída a distinto nivel	8	ALTO
Manipulación de explosivos	Explosión, muerte	8	ALTO
Transporte de explosivos	Explosión, muerte	8	ALTO
Personas ajenas a la voladura	Muerte, retraso en el proceso	8	ALTO
Herramientas manuales eléctricas	Contacto indirecto con energía eléctrica, shock eléctrico	8	ALTO
Trabajo en altura	Caída de personas a diferente nivel	8	ALTO
Manipulación de equipos de poder	Cortés, mutilaciones	8	ALTO
Acumulación de gases en la columna de la chimenea	Exposición a gases tóxicos / poco aire (oxígeno) dentro de la chimenea	8	ALTO
Exceso de carga	Caída de materiales	8	ALTO
Fallas en los sistemas de comunicación	Aplastamiento por caída de equipo / material	8	ALTO

La imagen corresponde a una matriz de evaluación de riesgo inicial, aplicada a la identificación de riesgos críticos en actividades operativas, previa a la implementación de controles. En el cuadro se relacionan los peligros identificados con los riesgos asociados, destacando la asignación de un nivel de riesgo inicial alto, obtenido a partir del producto de la probabilidad y la severidad ($P \times S$). Los valores reiterados reflejan la exposición significativa del personal a eventos como la caída de materiales y equipos a diferente nivel, considerados de alto potencial de daño. Este análisis inicial permite priorizar la aplicación de controles críticos, orientar la toma de decisiones operativas y establecer medidas preventivas que reduzcan el riesgo a niveles aceptables antes del inicio de las labores.

Se tiene un total de 26 riesgos críticos identificados a los cuales se implementó los controles de seguridad y se reevaluó para considerar el riesgo residual.

Tabla 19

Evaluación de riesgos críticos

Ítem	Peligros	Riesgos	Evaluación de Riesgo Inicial (Sin controles)		Jerarquía de Control					Evolución de Riesgo Residual	
			Nivel de riesgo inicial (P x S)	Nivel de riesgo inicial	Eliminación	Sustitución	Controles de Ingeniería	Control Administrativo	EPP	Nivel de riesgo residual (P x S)	Nivel de riesgo residual
1	Equipos en movimiento (locomotoras, scoop)	Atropello (fatalidad)	8	ALTO			Refugios	Delimitación, bloqueo de área de trabajo. Estándar de barricada, supervisión permanente, barra luminosa	Uso de EPP (Lampara minera, guante seguridad, botas con punta de acero, protector de cabeza, overol con cinta reflectivas, lentes claros, respirador)	12	MEDIO
2	Cable eléctrico energizado	Contacto con energía eléctrica / electrocución	8	ALTO			Verificación de energía con revelador de energía	Inspección de instalaciones eléctricas, personal autorizado, rotulación de sistema, supervisión permanente	Uso de EPP completo, uso de guantes y zapatos dieléctricos	12	MEDIO
3	Línea Trolley energizada	Contacto con energía eléctrica	8	ALTO			Seccionador de línea Trolley, utilizar revelador de energía,	Bloqueo de energía (LOCKUT - TAGOUT), personal autorizado para bloqueo de energía	Uso de EPP completo, uso de guantes y zapatos dieléctricos	16	BAJO
4	Roca suelta	Caída de rocas	8	ALTO	Desate de rocas sueltas		Sostenimiento de rocas de acuerdo a la recomendación geomecánica	Contar con juego de barretillas, capacitación en desate de rocas sueltas	Uso de EPP (Lampara minera, guante seguridad, botas con punta de acero, protector de cabeza, overol con cinta reflectivas, lentes claros, respirador)	12	MEDIO
5	Soldadura con arco eléctrico	Shock eléctrico, Exposición a quemadura	8	ALTO			Inspeccionar y relleno de check list de pre uso Delimitar el área de trabajo.	Contar con autorización para manipulación de herramientas de poder, capacitación en herramientas de poder	Uso de EPP completo, uso de guantes y zapatos dieléctricos	16	BAJO
6	Equipo de oxicorte	Exposición a altas temperaturas / Explosión, muerte	8	ALTO			Mangueras de oxicorte en prefecto estado, Biombos	Contar con autorización para manipulación de equipo oxicorte, capacitación	Uso de EPP (Lampara minera, guante seguridad, botas con punta de acero, protector de cabeza, overol con cinta reflectivas, lentes claros, respirador)	12	MEDIO
7	Cables energizados	Contacto indirecto con energía eléctrica	8	ALTO			Uso de Alcayatas	Capacitación en el Estándar de estandarización de labor. PETS de inspección de instalaciones eléctricas.	Uso de EPP completo, uso de guantes y zapatos dieléctricos	16	BAJO

Ítem	Peligros	Riesgos	Evaluación de Riesgo Inicial (Sin controles)		Jerarquía de Control					Evolución de Riesgo Residual	
			Nivel de riesgo inicial (P x S)	Nivel de riesgo inicial	Eliminación	Sustitución	Controles de Ingeniería	Control Administrativo	EPP	Nivel de riesgo residual (P x S)	Nivel de riesgo residual
8	Contacto con energía eléctrica	Electrocución	8	ALTO				Solo personal calificado y autorizado realizaría trabajos en sistemas de energía eléctrica	Uso de EPP (Lampara minera, guante seguridad, botas con punta de acero, protector de cabeza, overol con cinta reflectivas, lentes claros, respirador)	12	MEDIO
9	Presencia de gases por encima del LMP en espacio confinado	Exposición a gases (gaseamiento)	8	ALTO			Ventilación, manga de ventilación, Equipo de monitoreo de gases, manguera de aire como tercera línea	Capacitación en ventilación, señalización, pizarra de ventilación, monitoreo de gases	Uso de EPP (Lampara minera, guante seguridad, botas con punta de acero, protector de cabeza, overol con cinta reflectivas, lentes claros, respirador)	12	MEDIO
10	Partes móviles	Atrapamiento / Aprisionamiento	8	ALTO			Guarda de protección para la catalina de mezcladora	Capacitación en partes móviles, delimitación de área y señalización	Uso de EPP (Lampara minera, guante seguridad, botas con punta de acero, protector de cabeza, overol con cinta reflectivas, lentes claros, respirador)	12	MEDIO
11	Tránsito por escalera	Caída de personal a diferente nivel	8	ALTO				Capacitación de trabajo en altura, uso de 3 puntos de apoyo al usar escalera, Enumerar escaleras, Descansos de escalera completos, no dejar espacios abiertos	Uso de EPP (Lampara minera, guante seguridad, botas con punta de acero, protector de cabeza, overol con cinta reflectivas, lentes claros, respirador)	16	BAJO
12	Espacios abiertos	Caída de persona a diferente nivel	8	ALTO	Cerrar los espacios abiertos		Cerrar los tapones en los descansos	Personal entrenado, capacitado y autorizado. Capacitación en PETS trabajo en altura. EMO para altura	Uso de EPP (Lampara minera, guante seguridad, botas con punta de acero, protector de cabeza, overol con cinta reflectivas, lentes claros, respirador)	12	MEDIO
13	Aire comprimido	Contacto con aire comprimido / Golpeado por las mangueras de aire	8	ALTO			Uso de WHIP Check. Cadenas, abrazaderas	Capacitación en instalación de aire y agua, inspección de las tuberías y accesorios	Uso de EPP (Lampara minera, guante seguridad, botas con punta de acero, protector de cabeza, overol con cinta reflectivas, lentes claros, respirador)	12	MEDIO
14	Elementos de izaje en mal estado	Caída de materiales y equipos a diferente nivel	8	ALTO			Accesorios de izaje certificados	PETS y Estándar, Capacitación en izaje, delimitación de área de trabajo, check list de elementos de izaje	Uso de EPP (Lampara minera, guante seguridad, botas con punta de acero, protector de cabeza, overol con cinta reflectivas, lentes claros, respirador)	12	MEDIO

Ítem	Peligros	Riesgos	Evaluación de Riesgo Inicial (Sin controles)		Jerarquía de Control					Evolución de Riesgo Residual	
			Nivel de riesgo inicial (P x S)	Nivel de riesgo inicial	Eliminación	Sustitución	Controles de Ingeniería	Control Administrativo	EPP	Nivel de riesgo residual (P x S)	Nivel de riesgo residual
15	Tránsito de personas por la vía	Atropello (fatalidad)	8	ALTO			Barricadas con baston luminoso, letrero de advertencia e informativa	PETS limpieza de carga con Scoop, Chek List de pre uso del equipo, Mantenimiento programado del equipo	Uso de EPP (Lampara minera, guante seguridad, botas con punta de acero, protector de cabeza, overol con cinta reflectivas, lentes claros, respirador)	12	MEDIO
16	Izaje de carga suspendida	Caída de carga / aplastamiento	8	ALTO			Sogas de nylon	PETS y Estándar, Capacitación en uso de elementos de izaje e inspección preliminar, personal autorizado, capacitación en equipos de comunicación personal	Uso de EPP (Lampara minera, guante seguridad, botas con punta de acero, protector de cabeza, overol con cinta reflectivas, lentes claros, respirador)	12	MEDIO
17	Escaleras deterioradas	Caída a distinto nivel	8	ALTO		Cambio de escaleras deterioradas		Capacitación de PETS tránsito por escaleras, uso de tres puntos de apoyo	Uso de EPP (Lampara minera, guante seguridad, botas con punta de acero, protector de cabeza, overol con cinta reflectivas, lentes claros, respirador)	16	BAJO
18	Manipulación de explosivos	Explosión, muerte	8	ALTO				Capacitación en manejo de explosivos, contar con SUCAMEC	Uso de EPP (Lampara minera, guante seguridad, botas con punta de acero, protector de cabeza, overol con cinta reflectivas, lentes claros, respirador)	12	MEDIO
19	Transporte de explosivos	Explosión, muerte	8	ALTO			Mochilas para transporte de explosivos	Capacitación en estándar chispero y voladura, no transportar juntos los accesorios con los explosivos, distancia a la hora de transportar explosivos	Uso de EPP (Lampara minera, guante seguridad, botas con punta de acero, protector de cabeza, overol con cinta reflectivas, lentes claros, respirador)	16	BAJO
20	Personas ajenas a la voladura	Muerte, retraso en el proceso	8	ALTO			Bloqueo rígido	Capacitación en estándar de bloqueo, señalizaciones de voladura, vigías	Uso de EPP (Lampara minera, guante seguridad, botas con punta de acero, protector de cabeza, overol con cinta reflectivas, lentes claros, respirador)	12	MEDIO
21	Herramientas manuales eléctricas	Contacto indirecto con energía eléctrica, shock eléctrico	8	ALTO			Cable con doble aislamiento	Contar con autorización para manipulación de herramientas de poder, capacitación en herramientas de poder	Uso de EPP (Lampara minera, guante seguridad, botas con punta de acero, protector de cabeza, overol con cinta reflectivas, lentes claros, respirador)	12	MEDIO

Ítem	Peligros	Riesgos	Evaluación de Riesgo Inicial (Sin controles)		Jerarquía de Control					Evolución de Riesgo Residual	
			Nivel de riesgo inicial (P x S)	Nivel de riesgo inicial	Eliminación	Sustitución	Controles de Ingeniería	Control Administrativo	EPP	Nivel de riesgo residual (P x S)	Nivel de riesgo residual
22	Trabajo en altura	Caída de personas a diferente nivel	8	ALTO			Emplear puntos de anclaje, emplear plataforma, baranda de seguridad, cubrir espacios abiertos	Solo personal entrenado, capacitado y autorizado realiza trabajos especializados en altura	Uso de EPP (Lampara minera, guante seguridad, botas con punta de acero, protector de cabeza, overol con cinta reflectivas, lentes claros, respirador)	12	MEDIO
23	Manipulación de equipos de poder	Cortés, mutilaciones	8	ALTO			Inspección de equipos de poder y accesorios,	Capacitación en PETS de uso de amoladora, cierra circular, motosierra, PETAR para trabajos en caliente, Check list de pre uso del equipo	Uso de EPP (Lampara minera, guante seguridad, botas con punta de acero, protector de cabeza, overol con cinta reflectivas, lentes claros, respirador)	12	MEDIO
24	Acumulación de gases en la columna de la chimenea	Exposición a gases tóxicos / poco aire (oxígeno) dentro de la chimenea	8	ALTO			Detector de gases Uso de ventiladores / extractores	PETS de vaciado de concreto en zona de descarga, PETAR para trabajos en espacios confinados, Check List de pre uso del equipo ventiladores / extractor	Uso de EPP (Lampara minera, guante seguridad, botas con punta de acero, protector de cabeza, overol con cinta reflectivas, lentes claros, respirador)	12	MEDIO
25	Exceso de carga	Caída de materiales	8	ALTO				Memoria e calculo, PETS, inspección de componentes de izaje, Capacitación en izaje de carga	Uso de EPP (Lampara minera, guante seguridad, botas con punta de acero, protector de cabeza, overol con cinta reflectivas, lentes claros, respirador)	12	MEDIO
26	Fallas en los sistemas de comunicación (timbres, radios)	Aplastamiento por caída de equipo / material	8	ALTO				Inspección y prueba de los equipos de comunicación, Check list, capacitación en sistemas de comunicación	Uso de EPP (Lampara minera, guante seguridad, botas con punta de acero, protector de cabeza, overol con cinta reflectivas, lentes claros, respirador)	12	MEDIO

3.5.15. Evaluación del riesgo critico

El cuadro muestra de manera clara el cambio que se produce en el nivel de exposición al riesgo tras la aplicación de controles durante la construcción de la chimenea. En la evaluación inicial se identificaron 26 riesgos clasificados como altos, lo que reflejaba una condición operativa crítica, con elevada probabilidad de ocurrencia y consecuencias severas para el personal. Sin embargo, luego de implementar las medidas de control establecidas, ese escenario se modifica de forma significativa.

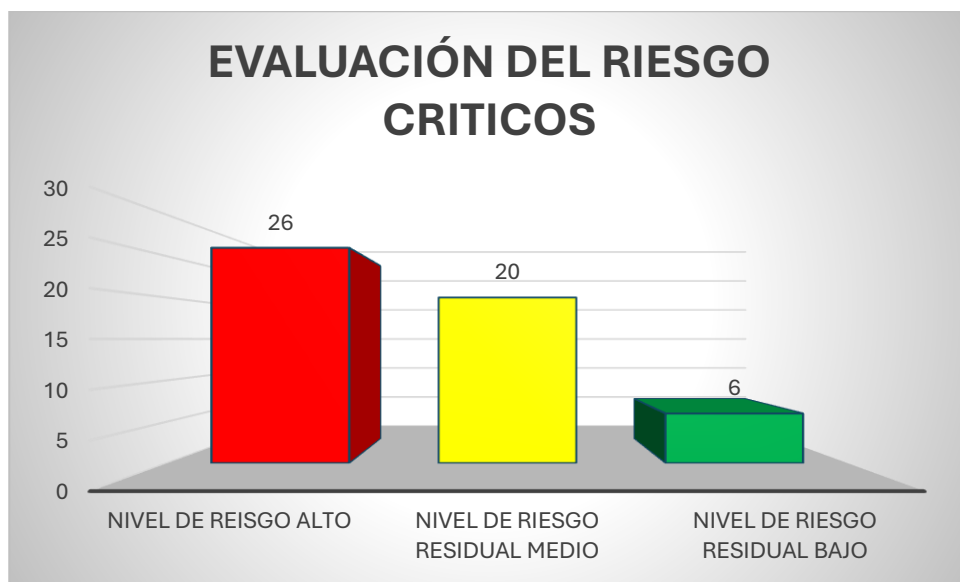
Tabla 20

Evaluación del riesgo critico

NIVEL DE RIESGO ALTO	NIVEL RIESGO RESIDUAL MEDIO	NIVEL RIESGO RESIDUAL BAJO
26	20	6

Ilustración 28

Evaluación riesgo critico



Los riesgos que inicialmente eran altos se redistribuyen hacia niveles residuales, observándose 20 riesgos en nivel medio y solo 6 riesgos en nivel bajo. Este comportamiento indica que los controles aplicados lograron reducir principalmente la severidad y la frecuencia de los eventos más críticos. En la práctica, esto se traduce en un entorno de trabajo más controlado, donde el riesgo no desaparece, pero se mantiene dentro de márgenes manejables, permitiendo la continuidad de las operaciones con mayor seguridad y previsibilidad.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. RESULTADOS

Los resultados obtenidos corresponden al análisis de los riesgos críticos encontrados durante la construcción de las chimeneas de traspaso entre los niveles 710 y 720 de la Mina Yauricocha. Para ello se tomaron en cuenta las condiciones geomecánicas del terreno, los peligros que aparecen durante las actividades y también qué tan efectivos fueron los controles aplicados en campo. La información se obtuvo mediante observaciones directas, revisión de documentos y análisis de las matrices IPERC utilizadas en las diferentes etapas de construcción de las chimeneas.

En total se llegaron a identificar 26 riesgos críticos durante las actividades de preparación, perforación, voladura, ventilación, sostenimiento y obras civiles. Al hacer la primera evaluación, todos estos riesgos se ubicaron en un nivel alto, con valores que estuvieron entre $R = 8$ y $R = 18$. Esto se debió principalmente a que varios de los peligros tenían una posibilidad frecuente de ocurrencia y, al mismo tiempo, podían generar consecuencias graves.

Entre los riesgos que más resaltaron estuvieron la caída de rocas, la presencia o exposición a gases, la caída de materiales desde diferentes niveles y los posibles problemas en el sostenimiento. En conjunto, estos resultados muestran que antes de aplicar los controles existía una exposición importante para el personal que participaba en la construcción de las chimeneas.

Desde el punto de vista geomecánico, los resultados del mapeo estructural y la clasificación del macizo rocoso indicaron valores de RMR entre 41 y 50 (IIIB), clasificando el macizo como de calidad regular B a media inestable. Esto quiere decir que, si no se aplican los controles necesarios en el momento adecuado, puede existir una mayor posibilidad de desprendimientos durante el avance de la chimenea. Además, se encontró que cerca del 62 % de los riesgos críticos estaban

relacionados directamente con las condiciones de la roca, principalmente por la presencia de discontinuidades, humedad y zonas alteradas. Estos resultados muestran que el comportamiento geomecánico tiene un peso importante dentro de la seguridad de este tipo de labor.

En relación con los peligros operativos, se determinó que el 38 % de los riesgos críticos se originó en deficiencias operativas, tales como inadecuada delimitación de accesos, fallas en la comunicación durante ascenso y descenso, y exposición prolongada del personal en zonas confinadas. Antes de la implementación de controles, la frecuencia de incidentes menores asociados a estas actividades se estimó en 4,2 eventos por mes, valor superior al promedio aceptable para labores verticales.

Después de aplicar los controles críticos, como las barricadas, el sostenimiento colocado a tiempo, la ventilación forzada, el monitoreo constante de gases, los anclajes permanentes y los procedimientos de trabajo, se volvió a evaluar el nivel de riesgo. Los resultados mostraron una mejora importante, ya que el 85 % de los riesgos críticos pasó a un nivel moderado, con valores residuales entre $R = 6$ y $R = 7$.

Sin embargo, todavía quedó un 15 % de riesgos que se mantuvo en nivel alto. Esto quiere decir que, aunque los controles ayudaron bastante, todavía existen situaciones que necesitan medidas adicionales y una vigilancia más constante para evitar que puedan convertirse en eventos de mayor gravedad.

Asimismo, el cumplimiento de los controles críticos llegó al 92 %, lo que muestra una mejora importante en la forma de trabajar y en el respeto de las medidas de seguridad establecidas. También se observó una reducción de aproximadamente 35 % en la frecuencia de incidentes, pasando de 4,2 a 2,7 eventos por mes. Esta disminución se presentó principalmente en las

actividades de perforación y sostenimiento, donde los controles aplicados tuvieron un efecto más visible.

En conjunto, los resultados demuestran que la identificación sistemática de riesgos críticos y la aplicación de controles técnicos adecuados permiten reducir de manera significativa la exposición del personal y mejorar las condiciones de seguridad durante la construcción de chimeneas de traspaso, validando el enfoque preventivo planteado en la investigación.

4.2. DISCUSION

A partir de los resultados obtenidos en la tesis “Evaluación de riesgos críticos en la construcción de chimenea de traspaso para facilitar la extracción de mineral, Mina Yauricocha-2025”, se puede afirmar que la identificación sistemática de riesgos críticos tuvo un impacto directo en la mejora de las prácticas de seguridad durante la ejecución de la chimenea entre los niveles 710 y 720. En la evaluación inicial, los indicadores mostraron que cerca del 70 % de los peligros identificados presentaban un nivel de riesgo alto, con valores de riesgo entre $R = 12$ y $R = 18$, especialmente en las etapas de perforación, sostenimiento y ventilación. Este resultado mostraba que los trabajadores se encontraban bastante expuestos a situaciones de riesgo, sobre todo en actividades donde podía presentarse caída de rocas, trabajos en zonas verticales o fallas en la aplicación de algunos controles operativos. En esas condiciones, cualquier descuido podía aumentar la posibilidad de que ocurriera un incidente de mayor gravedad.

Con la aplicación de un IPERC más específico y el refuerzo de los controles críticos, se fue observando una mejora en los resultados. Los riesgos que al inicio se encontraban en nivel alto bajaron hasta representar aproximadamente el 25 % del total evaluado. Por otro lado, los riesgos que pasaron a una condición moderada o controlada superaron el 60 %. Esto muestra que las medidas aplicadas ayudaron a reducir de manera importante la exposición inicial y a tener un mejor

control de las situaciones más peligrosas durante el desarrollo de la chimenea. En la práctica, esta mejora también se notó en el cumplimiento de los estándares de seguridad. Durante las inspecciones y verificaciones realizadas en campo se alcanzaron valores cercanos al 90 %, lo que muestra una mejor aplicación de los controles establecidos. Al mismo tiempo, se observó una disminución de las desviaciones operativas, es decir, menos situaciones donde las actividades se alejaban de lo previsto o de la forma segura de trabajar. Lo cierto es que la mejora no estuvo solamente en llenar formatos o cumplir con los documentos establecidos. También hubo un cambio en la manera en que los trabajadores y la supervisión comenzaron a ver los controles de seguridad. Poco a poco, estos dejaron de sentirse como una obligación más y empezaron a asumirse como parte necesaria del trabajo diario para evitar incidentes y mantener una operación más segura.

Al comparar estos resultados con la tesis titulada “Análisis de riesgos en la construcción de la chimenea Alimak 6800B en la Unidad Minera Inmaculada 2023”, se puede notar una coincidencia importante en cuanto al uso del IPERC como herramienta para prevenir riesgos. En ese estudio, el autor señala que los riesgos altos se redujeron alrededor de un 30 %, un resultado bastante cercano al que se obtuvo en Yauricocha. Esto permite ver que, cuando el IPERC se aplica de manera más constante y relacionado con las condiciones reales del trabajo, puede ayudar de forma importante a disminuir los riesgos durante la construcción de chimeneas. Sin embargo, también existe una diferencia importante entre ambos casos. En la tesis tomada como referencia, las chimeneas presentan una menor interacción entre niveles, mientras que en Yauricocha la conexión vertical es más directa y eso hace que el trabajo sea un poco más complejo. Esta condición aumenta la posibilidad de que materiales o fragmentos de roca puedan caer hacia niveles inferiores, por lo que el control de este tipo de riesgo necesita mayor atención durante toda la construcción de la chimenea.

Por otro lado, al revisar la tesis “Evaluación del sistema de seguridad y sus impactos, en la Perforación de Chimeneas Con Raise Boring – U.P. San Cristóbal – Volcán”, se aprecia una similitud en el enfoque de seguridad basada en el comportamiento. En ese estudio, el autor señala que la mejora de la conducta operativa permitió reducir incidentes en un 28 %, aunque identifica como principal barrera la resistencia inicial del personal. En Yauricocha ocurre algo parecido: al inicio, el cumplimiento no era uniforme, pero con supervisión constante y retroalimentación, los indicadores mejoraron de forma sostenida.

En conclusión, las tres investigaciones coinciden en que la gestión de riesgos críticos y la seguridad basada en el comportamiento son efectivas cuando se aplican de manera contextualizada. En la práctica, esto se traduce en menos exposición, mayor control y una operación más predecible. La diferencia está en cómo cada contexto minero exige ajustes específicos, especialmente cuando las condiciones geomecánicas y operativas se vuelven más exigentes, como ocurre en la construcción de chimeneas profundas.

CONCLUSIONES

1. La investigación permitió identificar y evaluar de manera ordenada los riesgos críticos que se presentaron durante la construcción de las chimeneas de traspaso entre los niveles 710 y 720. Para ello se utilizaron matrices IPERC, con las cuales se observó que, al inicio, el 100 % de los riesgos evaluados se encontraba en un nivel alto, con valores entre $R = 12$ y $R = 18$. Esta situación mostraba una exposición importante del personal, sobre todo durante las actividades de perforación, voladura, sostenimiento y trabajos en altura. Luego de aplicar los controles críticos, se logró reducir el nivel de riesgo en aproximadamente el 75 % de los casos. En ese sentido, los resultados muestran que las medidas preventivas aplicadas fueron efectivas y ayudaron a mejorar las condiciones de seguridad durante la ejecución de las chimeneas.
2. En cuanto a los riesgos operativos, se encontró que las actividades de perforación, voladura y sostenimiento fueron las que concentraron la mayor cantidad de riesgos críticos, llegando a representar aproximadamente el 62 % del total identificado. Entre las situaciones que se presentaron con mayor frecuencia estuvieron la caída de rocas, la caída de materiales desde diferentes niveles, la exposición a gases y los trabajos realizados en zonas verticales. Estos resultados muestran que son justamente estas actividades las que necesitan una mayor atención durante la planificación y ejecución de los trabajos.
3. Respecto a la evaluación de los factores geomecánicos, los resultados mostraron valores de RMR entre 41 y 50 (IIIB), lo que permitió clasificar al macizo rocoso entre regular a media inestable. Esta condición hace que exista una mayor posibilidad de desprendimientos o pequeñas fallas durante el avance de la chimenea, sobre todo si el sostenimiento no se coloca en el momento adecuado. Además, se determinó que cerca del

60 % de los riesgos críticos estaban relacionados directamente con estas condiciones de la roca. Esto confirma que el estado del macizo rocoso tiene una influencia importante en la estabilidad de la chimenea y, por lo tanto, debe ser revisado de manera constante durante todo el proceso de construcción.

RECOMENDACIONES

1. Implementar de manera permanente un IPERC específico para chimeneas de traspaso, actualizado por etapa constructiva, que permita identificar oportunamente los riesgos críticos y ajustar los controles en función del avance y de las condiciones geomecánicas reales.
2. Fortalecer el control geomecánico continuo, incorporando evaluaciones periódicas del RMR y mapeo estructural en los frentes de avance, a fin de anticipar zonas inestables y definir sostenimientos preventivos antes de la exposición del personal.
3. Priorizar la aplicación de controles de ingeniería en actividades críticas, tales como guardacabezas, plataformas certificadas, sistemas de sostenimiento mecanizado y ventilación auxiliar dedicada, reduciendo la dependencia exclusiva de controles administrativos.
4. Reforzar la capacitación operativa del personal en trabajos verticales, manejo de riesgos críticos y seguridad basada en el comportamiento, con énfasis en el cumplimiento del anclaje permanente y la comunicación efectiva durante las labores.
5. Establecer indicadores de seguimiento, como el porcentaje de riesgos críticos controlados y la reducción del nivel de riesgo residual, que permitan evaluar de forma periódica la efectividad del sistema de gestión de seguridad durante la construcción de chimeneas.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Aquino, L. (2023). *Análisis de riesgos en la construcción de la chimenea Alimak 6800B en la Unidad Minera Inmaculada – 2023* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
- Arias, F. (2021). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica (8.ª ed.)*. Editorial Episteme.
- Calderón, P., & Gamarra, A. (2020). *Diseño geomecánico y sostenimiento de chimeneas en minería subterránea*. *Revista de Ingeniería Minera del Perú*, 6(1), 25–37.
- Canchari, J., & Ortiz, L. (2016). *Evaluación técnica del espaciamiento y estabilidad de niveles y chimeneas en minas subterráneas del centro del Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú].
- Chuquitaype, C. (2018). *Gestión de seguridad en la construcción de la chimenea Raise Boring 01 y sostenimiento de la columna para servicio de ventilación, Empresa IESA S.A. – U.O. Pallancata* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga].
- Congreso de la República del Perú. (2011). Ley N.º 29783, *Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo*. Diario Oficial El Peruano.
- International Labour Organization. (2001). *Guidelines on occupational safety and health management systems* (ILO-OSH 2001). OIT.
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use*. ISO.
- Mejía, R., & Navarro, M. (2021). *Diseño y prefactibilidad de un pique en la concesión minera San Sebastián II, Camilo Ponce Enríquez* [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca].

- Meliá, J. (2007). *Condiciones para el comportamiento seguro: Modelo tricondicional del trabajador*. Revista de Psicología del Trabajo y de las Organizaciones, 23(3), 189–204.
- Ministerio de Energía y Minas. (2016). Decreto Supremo N.º 024-2016-EM, *Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería*. Diario Oficial El Peruano.
- Ministerio de Energía y Minas. (2016). *Guía para la identificación de peligros y evaluación de riesgos (IPERC) en actividades mineras*. MINEM.
- Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. (2019). *Lineamientos para la implementación del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo*. MTPE.
- Morales, C. (2019). *Diseño y construcción de chimeneas en terreno fracturado con Raise Boring en Minera Bateas S.A.C.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería].
- Palacios, J. (2019). *Análisis de riesgos e IPERC en la construcción de chimeneas en minería subterránea* [Tesis de licenciatura]. Universidad Nacional.
- Pauta, D., & Ramírez, L. (2022). *Evaluación técnica de estabilidad en la construcción de piques y chimeneas mediante métodos geomecánicos aplicados en minería subterránea del sur ecuatoriano* [Tesis de maestría, Universidad Técnica de Machala].
- Poma, R. (2020). *Gestión de la seguridad y control de riesgos críticos en labores verticales mineras* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional.
- Quispe, C. (2019). *Evaluación del sistema de seguridad y sus impactos en la perforación de chimeneas con Raise Boring – U.P. San Cristóbal – Volcán* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
- Rabanal, E., & Tafur, W. (2020). *Sistema de gestión de seguridad en la construcción de chimeneas subterráneas en zonas de alta pendiente* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería].

Tamayo, M. (2006). *El proceso de la investigación científica* (4.^a ed.). Editorial Limusa.

Trujillo, J. (2018). *Análisis de estabilidad de chimeneas en minería subterránea mediante los métodos RMR y Q de Barton* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería].

Vargas, L., & López, J. (2021). *Aplicación del método IPERC en la evaluación de riesgos en minería subterránea*. *Revista Peruana de Seguridad y Minería*, 12(4), 45–53.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

1. Chimenea de traspaso: Excavación vertical o subvertical destinada a permitir el flujo gravitacional del mineral entre niveles operativos.
2. Riesgo crítico: Condición o evento con alta probabilidad y consecuencias severas o catastróficas para las personas, equipos o la operación.
3. IPERC: Metodología sistemática para la Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y determinación de Controles en actividades mineras.
4. Matriz 5×5: Herramienta de evaluación que combina probabilidad y severidad en una escala de cinco niveles para determinar el nivel de riesgo.
5. Peligro: Fuente, situación o acto con potencial de causar daño a la salud, seguridad o infraestructura.
6. Control crítico: Medida esencial cuya falla puede derivar directamente en un evento grave o fatal.
7. Riesgo residual: Nivel de riesgo que permanece después de aplicar los controles establecidos.
8. Probabilidad: Frecuencia estimada con la que un evento peligroso puede ocurrir durante una actividad.
9. Severidad: Magnitud del daño potencial asociado a un evento peligroso, considerando impacto humano y operativo.
10. Evaluación geomecánica: Análisis del comportamiento del macizo rocoso para determinar su estabilidad y necesidad de sostenimiento.
11. RMR: Sistema de clasificación geomecánica que evalúa la calidad del macizo rocoso a partir de parámetros estructurales y mecánicos.

12. Desate de rocas: Procedimiento de eliminación de rocas sueltas para prevenir desprendimientos.
13. Trabajo en altura: Actividad realizada en niveles elevados con riesgo de caída a distinto nivel.
14. Espacio confinado: Área con ventilación limitada que puede presentar acumulación de gases o deficiencia de oxígeno.
15. Ventilación forzada: Sistema mecánico destinado a asegurar el suministro de aire fresco y la evacuación de gases.
16. Barricada de seguridad: Elemento físico que restringe el acceso a zonas de riesgo durante operaciones críticas.
17. Sostenimiento: Conjunto de elementos estructurales instalados para asegurar la estabilidad de excavaciones subterráneas.
18. Voladura controlada: Técnica de uso de explosivos orientada a lograr fragmentación adecuada minimizando daños colaterales.
19. Índice de riesgo: Valor numérico resultante de la evaluación del riesgo, utilizado para priorizar acciones de control.
20. Gestión de seguridad: Proceso continuo de planificación, implementación y seguimiento de medidas destinadas a prevenir accidentes.

ANEXOS

Anexo 1 Matriz de Consistencia

TÍTULO: Evaluación de riesgos críticos en la construcción de chimeneas de traspaso para facilitar la extracción de mineral, Mina Yauricocha-2025

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	METODOLOGIA
General: ¿Cuáles son los riesgos críticos presentes en la construcción de las chimeneas de traspaso de los niveles 720 al 710 en la Mina Yauricocha - 2025? Específicos: ¿Qué riesgos operativos se presentan en las operaciones unitarias durante la construcción de las chimeneas de traspaso de los niveles 720 al 710 en la Mina Yauricocha - 2025? ¿Qué factores geomecánicos influyen en la inestabilidad del macizo rocoso durante la construcción de las chimeneas de traspaso de los niveles 720 al 710 en la Mina Yauricocha – 2025?	General: Identificar los riesgos críticos presentes en la construcción de las chimeneas de traspaso de los niveles 720 al 710 en la Mina Yauricocha - 2025 Específicos: Identificar los riesgos operativos que se presentan en las operaciones unitarias durante la construcción de las chimeneas de traspaso de los niveles 720 al 710 en la Mina Yauricocha – 2025 Evaluar los factores geomecánicos que influyen en la inestabilidad del macizo rocoso durante la construcción de las chimeneas de traspaso de los niveles 720 al 710 en la Mina Yauricocha – 2025	General La identificación de riesgos operativos mejora las operaciones unitarias durante la construcción de las chimeneas de traspaso de los niveles 720 al 710 en la Mina Yauricocha – 2025 Específicos La identificación de riesgos operativos mejora las operaciones unitarias durante la construcción de las chimeneas de traspaso de los niveles 720 al 710 en la Mina Yauricocha – 2025 La identificación de factores geomecánicos influyen en la inestabilidad del macizo rocoso durante la construcción de las chimeneas de traspaso de los niveles 720 al 710 en la Mina Yauricocha – 2025	VARIABLE 1: Riesgos críticos Indicadores: • Evaluación geomecánica • N° Peligros operativos	Enfoque de Investigación: Cuantitativo Tipo de Investigación: Aplicada Nivel de Investigación: Descriptivo-Aplicado Diseño de investigación: No experimental Población: Trabajadores y actividades en la construcción de la chimenea Muestra: La muestra estará conformada por los trabajadores y actividades que se realizan en la construcción de chimenea del Nv 720 al Nv 710 Técnicas e instrumentos de recolección de datos: ○ Observación técnica directa ○ Registro documental operativo. ○ IPERC histórico

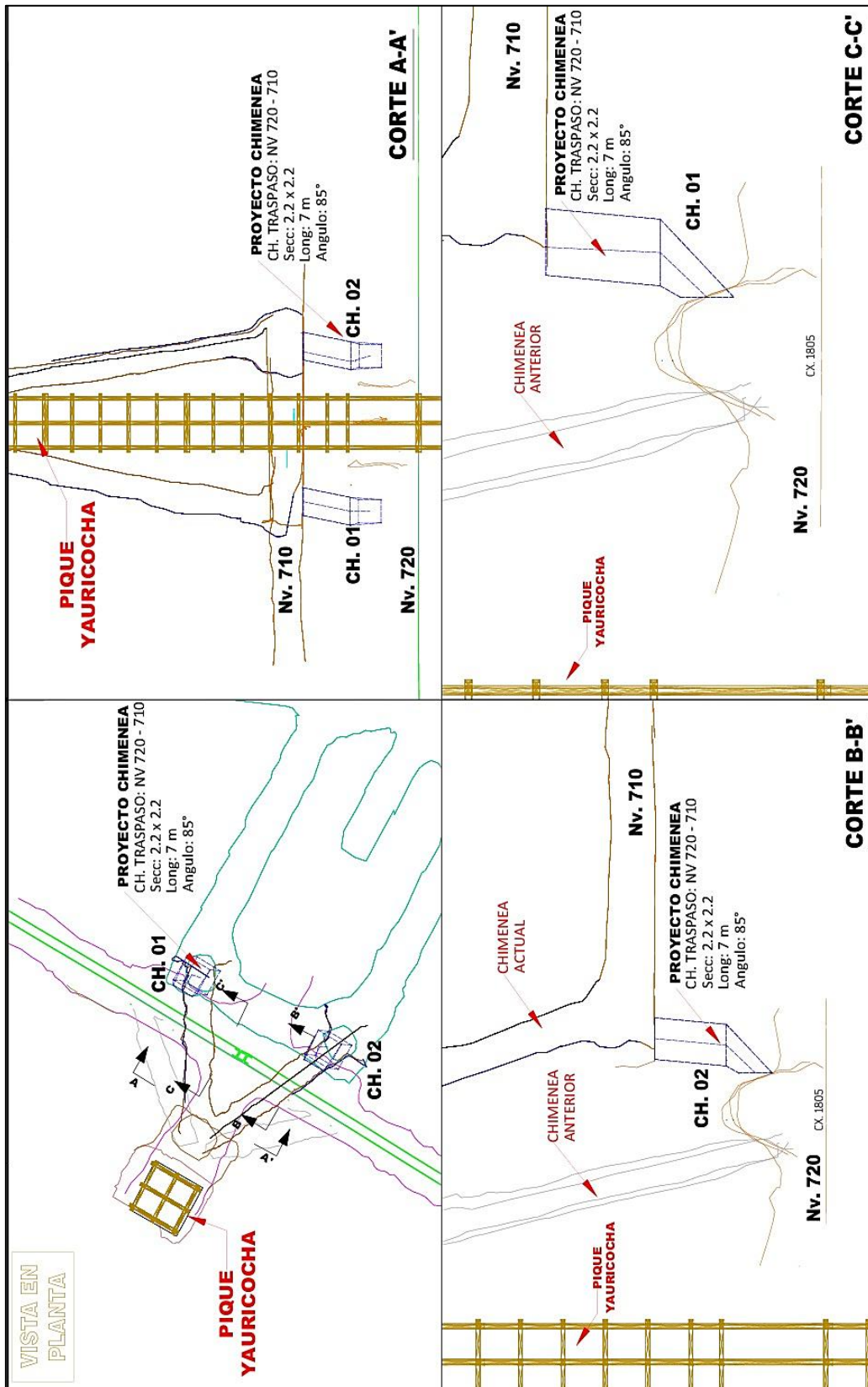
Anexo 2 Fotografías

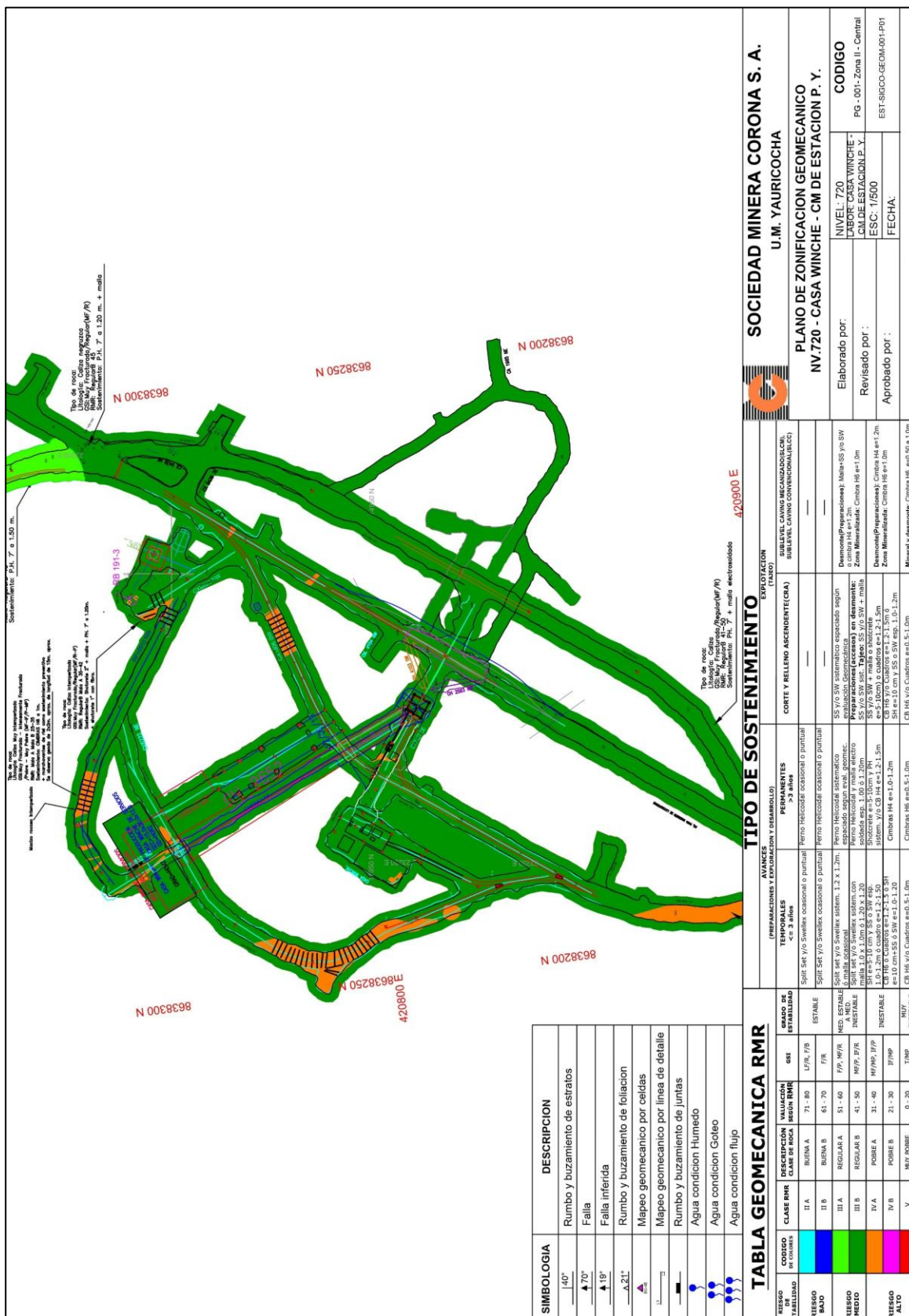






Anexo 3 Plano de proyecto chimenea de traspaso





ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 13-2026-FIMGC

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS

En la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, en la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **Resolución Decanal No 094-2026-FIMGC-D**, a los **veintidós días del mes de mayo de 2026**, siendo las **10:20 a.m.**, reunidos en el **Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas**, bajo la presidencia del **MSc. José Ernesto ESTRADA CARDENAS**, y los miembros: **Ing. Leonil Fernando QUISPE ARONES**, **Ing. Roberto Juan GUTIERREZ PALOMINO** y **Ing. Carlos Alberto QUISPE HUAROTO**, actuando como secretario docente el **Ing. Saul Walter RETAMOZO FERNANDEZ**, para proceder a la sustentación de tesis para optar el **Título Profesional de Ingeniero de Minas**, del **Bachiller en Ciencias de la Ingeniería de Minas**:

ALDAYR ANDERSON FLORES DÍAZ

Quien presentó la tesis denominada:

Evaluación de riesgos críticos en la construcción de chimenea de traspaso para facilitar la extracción de mineral, Mina Yauricocha-2025

Los señores miembros del jurado luego de expuesta la tesis y absueltas las preguntas, deliberaron y declararon:

Aprobado con 16 (dieciséis)

Siendo las **11:05 a.m.** del día **22 de mayo del 2026**, culmina el acto de sustentación de tesis, y en conformidad de lo actuado los miembros del jurado firmamos al pie del presente.



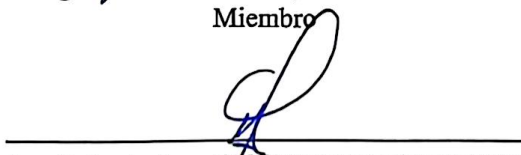
MSc. José Ernesto ESTRADA CARDENAS
Presidente



Ing. Leonil Fernando QUISPE ARONES
Miembro



Ing. Carlos Alberto QUISPE HUAROTO
Miembro



Ing. Roberto Juan GUTIERREZ PALOMINO
Miembro - Asesor



Ing. Saul Walter RETAMOZO FERNANDEZ
Secretario docente de la FIMGC



UNSCH

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El que suscribe; en mi calidad de Instructor de Originalidad de Trabajos de Investigación y encargado de certificar la originalidad de la tesis abajo indicado y por lo tanto responsable verificador de originalidad de trabajo de tesis de pregrado en primera instancia, en cumplimiento a la Resolución de Consejo Universitario N°039-2021-UNSCH-CU, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación UNSCH, deja constancia que:

- Apellidos y Nombres del Bach. : FLORES DIAZ, Aldayr Anderson
- Escuela Profesional : Ingeniería de Minas
- Título de la Tesis : Evaluación de riesgos críticos en la construcción de chimeneas de traspaso para facilitar la extracción de mineral, Mina Yauricocha - 2025
- Evaluación de la originalidad : 07% de similitud

Por tanto, según los artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, **es procedente la constancia de originalidad** para los fines que crea conveniente.

Ayacucho, 28 de setiembre de 2026

.....
MBA Ing° Leonil Fernando Quispe Aronés
Instructor de Originalidad de Trabajos de Investigación

Evaluación de riesgos críticos en la construcción de chimeneas de traspaso para facilitar la extracción de mineral, Mina Yauricocha - 2025

por Aldayr Anderson FLORES DIAZ

Fecha de entrega: 28-sept-2026 09:49p. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 3045245094

Nombre del archivo: TESIS_Aldayr_Anderson_FLORES_DIAZ_.pdf (5.85M)

Total de palabras: 23807

Total de caracteres: 143630

Evaluación de riesgos críticos en la construcción de chimeneas de traspaso para facilitar la extracción de mineral, Mina Yauricocha - 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

7%	6%	4%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsch.edu.pe	2%
	Fuente de Internet	
2	Submitted to Universidad Continental	1%
	Trabajo del estudiante	
3	hdl.handle.net	1%
	Fuente de Internet	
4	Submitted to Universidad Europea de Madrid	1%
	Trabajo del estudiante	
5	repositorio.uncp.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
6	Maynas Condori, Oswaldo Luzver. "Propuesta e implementación del sistema de seguridad y salud ocupacional en la planta concentradora de Tiquillaca - Puno", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru)	<1%
	Publicación	
7	cybertesis.unmsm.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
8	repositorio.undac.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
9	Choque Alejo, Pablo Alfredo. "Implementación de un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional para reducir los riesgos y peligros en la Minera Choque, UEA Ana Maria", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru)	<1%
	Publicación	
10	repositorio.unap.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
11	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru	<1%
	Trabajo del estudiante	
12	redi.unjbg.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
13	repositorio.uide.edu.ec	<1%
	Fuente de Internet	