

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA DE MINAS**

**“EXPLORACIÓN DE BLOCKS DE MINERAL EN
TAJOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ANILLOS
METÁLICOS EN UNA MINA SUBTERRÁNEA
CONVENCIONAL, TRUJILLO 2023”**

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Fidel Angel Alvaro Cachi

Asesor:

Mag.Ing. Eduardo Manuel Noriega Vidal

<https://orcid.org/0000-0001-7674-7125>

Trujillo - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Wilson Gómez Hurtado	18900541
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 2	Ronald Antonio Alvarado Obeso	44562630
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 3	Jorge Omar Gonzales Torres	43703713
	Nombre y Apellidos	N° DNI



DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la vida

A mi familia por su amor apoyo y comprensión en todo momento de mi vida.

A mis docentes, compañeros y asesor por acompañarnos y brindando su apoyo en

nuestra vida universitaria

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme guiado por un buen camino.

A la Universidad Privada del Norte, en especial a todos los docentes, asesor por los
conocimientos compartidos en mi vida universitaria.

TABLA DE CONTENIDOS

JURADO EVALUADOR.....	2
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO.....	5
TABLA DE CONTENIDOS	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURA	8
RESUMEN	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad problemática.....	11
1.2. Formulación del problema	20
1.3. Objetivos	21
1.4. Hipótesis.....	21
CAPITULO II: METODOLOGÍA	22
CAPITULO III: RESULTADOS	26
CAPITULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	27
REFERENCIAS	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Costo Total de estructura de echadero de madera y anillo metálico	26
Tabla 2 Resumen del costo total de instalación de anillo metálico	27
Tabla 3 Indicadores operativos.....	28
Tabla 4 Comparación de indicadores operacionales con método sin anillo metálico y con anillo metálico	29
Tabla 5 Datos para el análisis ANOVA.....	29
Tabla 6 Resumen de ANOVA.....	30
Tabla 7 Análisis de varianza.....	30
Tabla 8 Características de un echadero de madera.....	40
Tabla 9 Costo de Madera.....	40
Tabla 10 Análisis de precios unitarios de: Entablado, Enrejado y Parrilla	41
Tabla 11 Costos de implementos de seguridad.....	42
Tabla 12 Costos de mano de obra.....	43
Tabla 13 Análisis de precios unitarios de: posteo, encostillado y topeado.....	44
Tabla 14 Costos de EPPS de seguridad	45
Tabla 15 Costos de mano de obra de operación	46
Tabla 16 Análisis de precios unitarios de: puntal de línea y posteo	47
Tabla 17 Costos de equipos de protección personal EPPS.....	48

Tabla 18 Costos de mano de obra.....	49
Tabla 19 Resumen de costo de Instalación de parada cuadro de madera.....	50
Tabla 20 Resumen de costo total de Instalación de parada de cuadro de madera.....	51
Tabla 21 Tiempo de instalación de echadero de madera. Ciclo de Operaciones Unitarias Primer día	52
Tabla 22 Tiempo de instalación de echadero de madera. Ciclo de Oper. Unitarias segundo día	54
Tabla 23 Resumen del costo de materiales por mantenimiento de parada de echadero.....	55
Tabla 24 Resumen del costo total de reparación y mantenimiento de echadero de madera	56
Tabla 25 Características del echadero con anillos metálicos.....	57
Tabla 26 Costo de Materiales de anillo metálicos	58
Tabla 27 Costo de Herramientas Utilizadas	59
Tabla 28 Costo de Epps de Seguridad	60
Tabla 29 Costo de mano de obra	61
Tabla 30 Costo de mantenimiento de anillo metálico	62
Tabla 31 Resumen del costo Total de instalación de anillo metálico.....	63
Tabla 32 Control de reporte de operación mensual.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Vista isométrica de echadero de madera.....	67
Figura 2 Modelo de Planchas de anillos metálicos	68
Figura 3 Uso de accesorios y explosivos en la voladura en tajeos sin dejar pilares.....	69
Figura 4 Capacitaciones de voladura masiva y breasting con utilización de faneles sin dejar pilares	70
Figura 5 Instalación del primer anillo metálico en tajos	71
Figura 6 Vista en planta del anillo metálico.....	71
Figura 7 Anillo metálico ya como echadero de mineral.....	72
Figura 8 Cumplimiento de programa de capacitación de anillos metálicos.....	72
Figura 9 Capacitaciones a diferentes guardias	73

RESUMEN

El objetivo general de esta investigación fue analizar la explotación de blocks de mineral en tajos mediante la aplicación de anillos metálicos en una mina subterránea convencional, Trujillo 2023. La metodología que se utilizó fue cuantitativa de diseño no experimental, de tipo descriptiva. La población se conformó por todas las labores subterráneas de la mina convencional y la muestra por el nivel 2520 de la veta Guadalupe. Los resultados mostraron una disminución en los costos operativos de 9181,39 soles a 2 soles con la aplicación de anillos metálicos. Adicionalmente, el costo de instalación de anillos metálicos fue de 2067.37 soles. Los indicadores operativos mejoraron notablemente con la implementación de anillos metálicos, el factor de potencia disminuyó en 0,22 Kg/TM, la perforación disminuyó 2,35 PP/TM, la producción mensual incrementó en 798,83 TM, el rendimiento por tarea incrementó en 0,26 TM, la recuperación del blocks incrementó en 3,97% y el costo de producción disminuyó en 11,9 US\$TM. Finalmente se llegó a la conclusión que se puede realizar la explotación de blocks de mineral en tajos mediante la aplicación de anillos metálicos en una mina subterránea convencional.

PALABRAS CLAVES: Producción, rendimiento, anillos metálicos, costo de producción.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La importancia de la explotación del block de mineral mediante anillos metálicos en tajos en minería subterránea es reconocido y valorada por diversas instituciones internacionales, nacionales y locales. De acuerdo con la organización de las naciones unidas para el desarrollo industrial (ONUDI) la importancia de la explotación minera es parte del desarrollo sostenible, mejorar la eficiencia en la extracción de minerales permite maximizar la producción y minimizar impactos negativos en medio ambiente (ONUDI, 2021). De acuerdo con Ministerio de energía y minas, indica que la implementación de tecnología y practicas eficientes en la extracción de minerales es fundamental para garantizar la competitividad y crecimiento sostenible del sector minero en el país (MINEM, 2020). El gobierno regional de la Libertad (2020) indicó que la eficiencia de la extracción de minerales contribuye al desarrollo económico de la región y a la generación de empleo local, mejorando la calidad de vida de las comunidades cercanas a las operaciones mineras.

De acuerdo con estudios internacionales, los anillos metálicos son utilizados en la explotación de bloques de mineral en la minería subterránea debido a su capacidad para proporcionar soporte estructural y estabilidad en los tajos mineros (Paz, 2023). Asimismo, los anillos metálicos han demostrado ser eficiente y seguro en diversas minas del país, donde estos anillos contribuyen a mejorar la productividad y a reducir los riesgos para los trabajadores en la extracción de minerales en tajos subterráneos (Pari, 2016).

En la mina subterránea convencional, se utiliza el método de breasting en la explotación de mineral. Sin embargo, se ha decidido implementar voladuras masivas y breasting sin dejar pilares, así como reemplazar la madera por anillos metálicos en los echaderos. Estos cambios buscan incrementar la producción y mejorar la recuperación del mineral, al mismo tiempo que reducen el impacto ambiental. La compañía enfrenta el desafío de optimizar las operaciones mineras, considerando los métodos de explotación, la infraestructura y el aspecto ambiental. El objetivo es lograr una mayor eficiencia y sostenibilidad en la operación minera.

Para el presente estudio de investigación se ha recopilado antecedentes, los cuales se detallan a continuación:

Según Choquecota (2019) en su investigación tuvo como objetivo principal optimizar los costos de instalación de tolvas de madera mediante buzones y anillos metálicos en la Unidad Minera Esperanza – Arequipa. La metodología que utilizó consistió en evaluar todos los procesos y costos de instalación de las tolvas de madera, volumen del mineral, tamaño de la tolva, tiempo de duración y la incidencia del acarreo del mineral, posteriormente se ha diseñado buzones metálicos en donde se consideró costos de materiales, costos de instalación, tamaño del buzón, volumen del material y finalmente se realizó un análisis comparativo de costos de instalación de las tolvas de madera y costos de instalación de los buzones metálicos. Los resultados obtenidos fueron que los costos de instalación de las tolvas de madera se han optimizado de 684,24 US\$/unidad a 637,50 US\$/unidad, utilizando las tolvas metálicas con una diferencia de 46,74 US\$, en la Unidad Minera Esperanza. Su enfoque en la optimización de costos y la eficiencia de instalación de estructuras metálicas

en un entorno minero informa directamente mi enfoque de reducir costos y aumentar eficiencia en la explotación de blocks de mineral.

Paye (2018) en su tesis tuvo como objetivo principal reducir los costos de tolvas de madera mediante la comparación con los costos de buzones y anillos metálicos en la Unidad de producción Chaluane de la empresa Minera Soledad SAC en Arequipa. La metodología utilizada fue básica, en razón que se utilizaron los conocimientos de las ciencias económicas y mineras. Los resultados obtenidos fueron que el costo en tolvas de madera más el mantenimiento fue de US\$ 803,2 y el costo de buzones y anillos metálicos fue de US\$ 502,3 haciendo una diferencia total de US\$ 300,7. Asimismo, los costos de instalación de las tolvas de madera ascienden a US\$ 604,9 con un porcentaje de 54,6% y los costos de instalación de los buzones y anillos metálicos ascienden a US\$ 502,3 con un porcentaje de 45,4%, el total de porcentaje de costos en la instalación de buzones y anillos metálicos redujo en 9,2%. lo que significa que su ejecución reduce costos, por consiguiente, incrementa la productividad. Esto ofrece una contribución relevante para mi investigación al demostrar una reducción significativa en costos al reemplazar tolvas de madera con estructuras metálicas en un contexto minero.

Paz (2023) en su investigación tuvo como objetivo principal optimizar los costos de instalación y mantenimiento de los buzones o echaderos de mineral mediante el uso de anillos metálicos para el levantamiento de estos ductos en la unidad Minera de pórfidos de Cobre – Arequipa. La metodología utilizada fue evaluar todos los procesos, costos y tiempos implicados en la instalación y mantenimiento de los buzones de madera, posteriormente se implementó una opción para disminuir la problemática en temas de seguridad, ambiente y

costos, finalmente se realizó la comparativa en un análisis de los costos y tiempos de instalación y mantenimiento de buzones de madera con anillos metálicos. Los resultados obtenidos fueron que los costos de instalación total de armado de parada de buzón se han optimizado de 2515,45 US\$/unidad a 686,59 US\$/unidad, con la aplicación de buzones con anillos metálicos con una diferencia por parada de 1828,26 US\$. Esta investigación es un recurso crucial para mi estudio, ya que demuestra cómo el uso de anillos metálicos en la industria minera puede reducir significativamente los costos de instalación y mantenimiento.

Hurtado y Ramos (2021) en su investigación tuvo como objetivo elaborar el diseño de una tolva de descarga, la cual beneficiará a la Unidad Operativa “El Santo” – Grupo Brexia Goldplata S.A.C. con el incremento de las toneladas movidas por guardia. La metodología que utilizó fue de tipo no experimental de nivel descriptivo-relacional. Finalmente llegó a la conclusión que la elaboración de la tolva de descarga es viable, ya que fue aprobada por las áreas de mina, planeamiento y geomecánica, respetando los parámetros técnicos del macizo rocoso y los estándares de construcción de tolvas. En el tema económico la elaboración de la tolva generó una disminución de costos de acarreo los cuales pasaron de 0,92 US\$/ton a 0,44 US\$/ton movido, también el ciclo de acarreo disminuyó de 9 a 7 minutos/viaje. La investigación de Hurtado y Ramos (2021) es fundamental para mi estudio, al demostrar cómo el diseño de una tolva de descarga resultó en incremento de toneladas movidas y disminución de costos y tiempo de acarreo en una unidad minera.

Cerrón, Inga, y Lifonso (2021) en su tesis tuvo como objetivo principal determinar la optimización del uso de madera en el sostenimiento de los tajeos para la reducción de costos de minado en la unidad minera Poderosa. La metodología utilizada fue aplicada de diseño

experimental. Los resultados obtenidos fueron que el cambio de puntales de seguridad redondos de 7” de diámetro y de 2,5 metros de longitud, se pudo reducir el costo de minado en 15,84 US\$ respectivamente para el año 2021, el cambio en el consumo de puntales de seguridad redondos de 7” de diámetro y de 2,5 metros de longitud, se pudo reducir el costo por tonelada en 0,47 US\$ respectivamente para el año 2021. La tesis de Cerrón, Inga, y Lifonso (2021) ofrece un valioso antecedente para mi investigación, mostrando cómo la optimización del uso de materiales en la minería puede resultar en una significativa reducción de costos. Sus hallazgos respaldan mi enfoque de emplear anillos metálicos para mejorar la eficiencia y disminuir los costos en la explotación de blocks de mineral en minas subterráneas.

A continuación, se muestra las bases teóricas que sustentan la presente investigación.

(Paz, 2023) indica que el eucalipto es ampliamente utilizado en las minas subterráneas debido a sus numerosas ventajas. Es liviano, flexible, fácil de transportar y versátil, lo que facilita su uso en diferentes trabajos. Además, su rápido crecimiento y resistencia lo convierten en la principal fuente de madera en Perú para las actividades mineras. Según, la madera puede ser utilizada en forma cuadrada o redonda. En el caso de utilizarla en forma redonda, es recomendable quitar la corteza para minimizar en gran medida el riesgo de pudrición. La madera es un material utilizado comúnmente en el sostenimiento de rocas debido a su accesibilidad y sus propiedades de alta resistencia mecánica, elasticidad y versatilidad. Los principales factores que pueden debilitar un puntal o una tabla son: el fracturamiento causado por la exposición al sol y un secado rápido, la podredumbre y las deformaciones causadas por parásitos, y las fibras torcidas (Fouler, 2002).

La ubicación de los buzones y tolvas, en las galerías principales de explotación, se instalan buzones y tolvas en puntos estratégicos, tanto en lugares intermedios como en los extremos de los tajos. Normalmente, se colocan cada 20 a 40 metros. Las tolvas simples se utilizan exclusivamente para almacenar mineral o desmonte. Por otro lado, las tolvas de doble compartimento cumplen dos funciones: proporcionar un camino de acceso para el personal y servir como conducto para el mineral o desmonte. La construcción de tolvas se determina en función de las condiciones de transporte durante el desarrollo de los subniveles, así como del método de explotación y la producción mensual necesaria. (Paz, 2023)

En los tajeos de explotación, la ubicación de las tolvas se determina considerando el método de explotación utilizado y los movimientos adicionales de los materiales hacia los echaderos, que son los puntos de descarga hacia las tolvas. Por lo general, las tolvas se colocan cada 30 metros, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones según (Bravo, 2005). Las tolvas desempeñan un papel fundamental al almacenar y descargar el mineral hacia diversos medios de transporte. Estas tolvas están conectadas directamente a los echaderos, donde el material cae por gravedad hacia niveles inferiores y se recibe en las tolvas. Desde allí, el mineral se descarga hacia otro sistema de transporte de manera rápida, eficiente y segura, según (Paz, 2023).

El diseño de buzones y tolvas en los tajeos de explotación se basa en términos de seguridad, este método proporciona una sólida protección para los trabajadores contra posibles desprendimientos de rocas tanto del techo como de las paredes. En cuanto a la recuperación, en general es satisfactoria, siempre y cuando se tomen precauciones para evitar la pérdida de mineral en el proceso de relleno. Es importante destacar que este método

permite detectar y seguir cualquier irregularidad en la mineralización. Durante la carga de los últimos fragmentos de mineral extraído que entran en contacto con el relleno, puede ocurrir una ligera dilución de la ley. Esta situación se puede evitar estableciendo una separación artificial entre el mineral y el relleno, aunque en casos excepcionales, especialmente cuando el mineral es de alta ley, esta solución puede resultar poco económica. Por lo tanto, es necesario aceptar que una pequeña cantidad de mineral se mezcle con el relleno (Paz, 2023).

Las condiciones de diseño de los buzones y tolvas en tajeos de explotación se basa en que este método puede ser utilizado en yacimientos que cumplen con las siguientes características: a) poseen buzamientos pronunciados, b) se encuentran en cualquier tipo de depósito y terreno, c) presentan cajas medianamente competentes, d) las cajas del yacimiento pueden ser irregulares y no competentes, e) el mineral debe tener una buena ley, y f) se requiere disponibilidad de material de relleno (Paz, 2023).

El ciclo de explotación inicia con la perforación y voladura, la perforación se lleva a cabo de manera horizontal y vertical, siguiendo la orientación del buzamiento de la estructura mineralizada, con el objetivo de evitar la sobre perforación y minimizar la dilución del mineral. El diseño de la malla de perforación tiene un impacto en la fragmentación del mineral, así como en la densidad de carga explosiva, la secuencia de iniciación y otros parámetros, que se determinan mediante experiencias y teorías existentes. En la actualidad, existen diversos programas informáticos en el mercado para calcular los parámetros de voladura. En cuanto a los explosivos, se utilizan dinamitas de diferentes fabricantes, así como

ANFO, emulsiones, entre otros. Para los accesorios de voladura se emplean elementos como fanel, nonel, mecha lenta, cordón detonante, fulminantes, conectores, entre otros (Paz, 2023).

El transporte en el método de corte y relleno es una de las operaciones más cruciales. La configuración del tajeo determina la eficiencia en las labores de limpieza. Por lo general, las distancias se establecen en función del rendimiento de cada equipo de transporte, en este caso, el winche de arrastre eléctrico de 15 Hp. Es fundamental extraer completamente y de manera uniforme el mineral arrancado del tajeo. Para ello, se utilizan equipos scooptram, los cuales transportan el mineral que cae por los echaderos hasta un bolsillo principal desde donde se volcará el mineral para ser transportado por camiones volquetes. El uso de soporte en labores vacías es esencial y se ha vuelto común en todo el mundo. Su objetivo principal es prevenir el hundimiento y otros efectos tectónicos que podrían afectar a otras áreas de trabajo. Además, proporciona seguridad en la explotación, especialmente a medida que se profundizan las labores y las presiones aumentan (Paz, 2023).

El uso de anillos metálicos en la explotación de minerales en minas subterráneas ofrece diversos beneficios y ventajas. Estos incluyen: Mayor seguridad y estabilidad: Los anillos metálicos proporcionan un soporte estructural robusto, lo que contribuye a la seguridad de las labores mineras subterráneas y ayuda a prevenir el colapso de las galerías. Según Smith (2018), los anillos metálicos brindan una mayor estabilidad a las excavaciones subterráneas y reducen los riesgos asociados con el hundimiento y la deformación de la roca (Paz, 2023).

Eficiencia en la explotación: La utilización de anillos metálicos puede mejorar la eficiencia en la explotación de minerales. Los anillos metálicos facilitan la excavación y

extracción de minerales al proporcionar un soporte adecuado para las galerías y permitir una mayor velocidad en los procesos mineros. Según Brown et al. (2020), los anillos metálicos agilizan las operaciones mineras al reducir los tiempos de preparación y mejorar la productividad (Paz, 2023).

Reducción de costos: La implementación de anillos metálicos puede resultar en una disminución de los costos de mantenimiento y reemplazo en comparación con los sistemas de soporte tradicionales. Jones (2019) destaca que los anillos metálicos son altamente resistentes y duraderos, lo que reduce la necesidad de mantenimiento constante y minimiza los gastos asociados. **Flexibilidad y adaptabilidad:** Los anillos metálicos ofrecen flexibilidad y adaptabilidad en la construcción de galerías subterráneas. Estos pueden ajustarse y modificarse según las necesidades específicas de cada sitio minero. Según Miller (2017), los anillos metálicos permiten una fácil instalación y desmontaje, lo que facilita la adaptación a cambios en la geología y las condiciones de explotación.

En la selección y diseño de anillos metálicos para su implementación en la explotación de minerales en minas subterráneas, es crucial tener en cuenta diversos factores que pueden influir en su desempeño y eficacia. Estos factores incluyen: **Propiedades mecánicas del material:** La elección del material adecuado para los anillos metálicos es esencial. Según García et al. (2019), las propiedades mecánicas del material, como la resistencia a la tracción, la ductilidad y la tenacidad, deben ser consideradas para garantizar la adecuada resistencia y estabilidad del sistema de soporte.

Condiciones geotécnicas del terreno: Las características geotécnicas del terreno, como la resistencia y la deformabilidad de la roca circundante, son determinantes en la

selección y diseño de los anillos metálicos. Según Wang et al. (2017), es importante evaluar la capacidad de carga del terreno y la posibilidad de deformaciones antes de seleccionar el tipo y tamaño adecuados de anillos metálicos. Cargas y esfuerzos esperados: Es necesario considerar las cargas y esfuerzos a los que estarán sometidos los anillos metálicos durante la operación minera. De acuerdo con Zhang y Li (2018), se deben evaluar las cargas estáticas y dinámicas, así como los esfuerzos cíclicos y de impacto, para determinar la capacidad de carga y resistencia requeridas en los anillos metálicos.

Método de excavación y secuencia de instalación: El método de excavación utilizado y la secuencia de instalación de los anillos metálicos también son factores cruciales para considerar. Según Li y Chen (2016), el diseño de los anillos metálicos debe adaptarse al método de excavación, ya sea mediante corte y relleno, hundimiento de bloques o cámara y pilares. Facilidad de instalación y mantenimiento: La facilidad de instalación y mantenimiento de los anillos metálicos también debe ser tomada en cuenta. Según Liu et al. (2019), se deben considerar aspectos como el modularidad, el peso y la compatibilidad con otros sistemas de soporte existentes para garantizar una instalación y mantenimiento eficientes.

La presente investigación se justifica debido a la necesidad de determinar la eficiencia y los beneficios que ofrece la utilización de anillos metálicos en la explotación de bloques de mineral en minas subterráneas. Esta evaluación se vuelve relevante en el contexto actual de la industria minera, donde se busca constantemente mejorar los procesos de extracción y maximizar los rendimientos. Los resultados obtenidos contribuirán al conocimiento

científico y técnico de la industria minera, brindando información valiosa para la toma de decisiones y el mejoramiento de los procesos de extracción subterránea.

1.2. Formulación del problema

¿Se puede realizar la explotación de blocks de mineral en tajos mediante la aplicación de anillos metálicos en una mina subterránea convencional, Trujillo 2023?

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Analizar la explotación de blocks de mineral en tajos mediante la aplicación de anillos metálicos en una mina subterránea convencional, Trujillo 2023.

1.3.2 Objetivos Específicos

a) Determinar los costos operativos de la explotación de blocks de mineral con y sin la utilización de anillos metálicos en tajos en una mina subterránea convencional, Trujillo 2023.

b) Determinar los costos de instalación de anillos metálicos para la explotación de blocks de mineral en una mina subterránea convencional, Trujillo 2023.

c) Analizar detalladamente los indicadores operativos previos y posteriores a la aplicación de anillos metálicos en la explotación de blocks de mineral en tajos en una mina subterránea convencional, Trujillo 2023.

1.4. Hipótesis

H: Mediante la aplicación de anillos metálicos mejora de manera relevante en los indicadores de productividad de la explotación de mineral en tajos en una mina subterránea convencional, Trujillo 2023.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

Este estudio adoptó una metodología cuantitativa, centrándose en la recopilación y análisis de datos numéricos para responder a las cuestiones de investigación, de acuerdo con lo establecido por (Hernández et al., 2014). Su propósito fue de naturaleza aplicada, con el objetivo de utilizar los hallazgos para abordar problemas reales o mejorar condiciones prácticas, según lo sugerido por Vargas (2009). Respecto a su temporalidad, se llevó a cabo un diseño longitudinal, permitiendo el seguimiento y evaluación a lo largo del tiempo para identificar cambios y patrones en las variables de interés (Botía & Jurado, 2018). En términos de alcance, el estudio fue correlacional, examinando las relaciones entre las variables sin manipulación directa (Guillen et al., 2020). Finalmente, se optó por un diseño no experimental y descriptivo para el estudio, con el propósito de describir y analizar los fenómenos y variables en su contorno natural, sin manipulación intencional ni control de variables (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres , 2018).

La población estuvo constituida por todas las labores subterráneas de explotación convencional. La muestra se conformó por el nivel 2520, veta Guadalupe.

En la actual investigación, se empleó la técnica de análisis documental como un recurso primordial para apoyar y dar contexto al estudio. Esta técnica implicó la exhaustiva revisión, selección y citación de información relevante para enriquecer nuestro tema de investigación. Mediante la consulta de una amplia gama de fuentes incluyendo tesis, libros, revistas y archivos, pudimos construir un fundamento sólido y bien informado para nuestro trabajo. Además, se implementó el análisis económico, una técnica que nos permitió

examinar de manera cuantitativa los costos operacionales y de instalación de anillos metálicos para la explotación de blocks de mineral.

Para la presente investigación se utilizó los siguientes instrumentos: Fichas de observación: que nos permitió estructurar y documentar la información recopilada durante nuestras observaciones in situ de los procesos de explotación de blocks de mineral. Las hojas de registro: por otro lado, sirvieron como herramientas efectivas para capturar y organizar los datos cuantitativos relacionados con los costos de instalación y operación, así como los rendimientos de la explotación. Para garantizar la confiabilidad y validez de nuestros instrumentos, estos fueron sometidos a un meticuloso proceso de validación. Este proceso incluyó una revisión por expertos en el campo de la minería para evaluar su idoneidad y relevancia dentro del contexto de nuestra investigación. A través de esta validación, se pudo garantizar que los resultados de nuestro estudio son precisos, confiables y reflejan de manera adecuada las condiciones y operaciones en la mina que fue objeto de estudio.

La presente investigación se ha desarrollado mediante el siguiente procedimiento:

El procedimiento de esta investigación comenzó con una etapa de preparación, que consistió en una extensa revisión bibliográfica para obtener una comprensión sólida del estado actual y las innovaciones recientes en el campo de la explotación minera. Este proceso involucró el análisis meticuloso de publicaciones académicas, tesis, artículos de revistas, informes, libros y otros documentos de relevancia. El objetivo de esta fase era familiarizarnos con el contexto y establecer un marco teórico sólido para nuestra investigación. Una vez completada la revisión bibliográfica, se procedió a recoger los datos primarios utilizando los instrumentos de recolección de datos detallados previamente: las fichas de observación y las

hojas de registro. Esta fase implicó el estudio minucioso de las operaciones diarias de la mina, enfocándonos específicamente en el proceso de explotación de blocks de mineral en los tajos.

Posteriormente, pasamos al análisis de los datos recopilados, con un enfoque particular en el contraste en entre las operaciones antes y después de la implementación de los anillos metálicos. Para ello, se aplicaron técnicas de análisis estadístico, incluyendo el ANOVA, y se empleó el software Excel para realizar los cálculos y generar tablas. Esta fase permitió identificar tendencias significativas y cambios en los costos y la productividad, lo que proporcionó una comprensión más profunda del impacto de los anillos metálicos en la explotación de blocks de mineral.

Una vez analizados los datos, se interpretaron los resultados para comprender las implicancias de la aplicación de anillos metálicos en la explotación de blocks de mineral en tajos. Se evaluaron las ventajas y desventajas, así como las posibles mejoras a la técnica. Finalmente, se redactaron las conclusiones de la investigación, destacando los hallazgos más importantes.

Los aspectos éticos que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de la presente investigación fueron:

La investigación respetó los principios éticos de no causar daño, mantener la autonomía intelectual, ser justo con el personal involucrado y emplear una búsqueda sistemática de información relevante. Los objetivos del estudio se plantearon de manera clara y lógica para permitir el desarrollo adecuado de las variables.

La honestidad se mantuvo al no falsificar o tergiversar datos, mientras que la responsabilidad se tomó en cuenta considerando los aspectos establecidos por la Universidad

Privada del Norte. Todo el proceso se llevó a cabo coordinando y respetando la información brindada por la minera subterránea. sin llegar a malos tratos o desacuerdos con el personal.

Responsabilidad, este estudio se ha desarrollado con los principios éticos considerando todos los aspectos establecidos por la Universidad Privada del Norte.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Determinar los costos operativos de la explotación de blocks de mineral con y sin la utilización de anillos metálicos en tajos en una mina subterránea convencional, Trujillo 2023.

Tabla 1

Costo Total de estructura de echadero de madera y anillo metálico

Tipo de Costo	Echadero de Madera/ Soles	Echadero con anillo Metálico /Soles
Costo total de instalación		
por de echadero (precio de la madera/anillo más el costo de instalación)	1454,30	2,067,37
Costo total por mantenimiento de parada (tiempo de estudio 3 años)	7727,06	161,26
Total	9181,39	2229,00

Nota: Los echaderos de madera posterior a los 6 meses de instalación comienzan a presentar algunos inconvenientes tales como el humedecimiento, la presión de las rocas encajonantes.

3.2. Determinar los costos de instalación de anillos metálicos para la explotación de blocks de mineral en una mina subterránea convencional, Trujillo 2023.

Tabla 2

Resumen del costo total de instalación de anillo metálico

Tipo de costo	P.U / soles
Costo Total de materiales	1783,37
Costo total por instalación	284,37
Costo por mantenimiento 2,8 horas o 1/4 de guardias	161,26
Total	2229,00

Nota: Al optar por el uso de anillos metálicos como ductos o echaderos de mineral, se reduce el uso de madera, ya que, al ser de material metálico, cuenta con una vida útil aproximadamente de 3 años a más.

3.3. Analizar detalladamente los indicadores operativos previos y posteriores a la aplicación de anillos metálicos en la explotación de blocks de mineral en tajos en una mina subterránea convencional, Trujillo 2023.

Tabla 3

Indicadores operativos

Indicador	Unidad de medida	Método sin	Método con Anillo
		Anillo Metálico	Metálico
Factor de potencia	Kg/TM	0,72	0,5
Perforación	PP/TM	6,98	4,63
Producción-Mineral	TM/Mes	1549,97	2348,8
Rendimiento	TM/Tarea	1,46	1,72
Recuperación del block	%	0%	3,97
Producción Costo	USD/TM	47,1	35,20

Nota: En este cuadro se observa, el incremento de la producción de mineral, se reduce los costos de producción, incrementa el índice de productividad. Se reduce el consumo de madera al ser reemplazados por anillos.

Los resultados reflejan el incremento a una cantidad considerable de los indicadores en un trabajo a menor costo y se demuestra ser sostenible en el tiempo con los resultados reflejados a la actualidad.

Tabla 4

Comparación de indicadores operacionales con método sin anillo metálico y con anillo metálico

Indicador	Unidad de medida	Método sin anillo metálico	Método con anillo metálico	Diferencia
Factor de Potencia	kg / TM	0,72	0,5	0,22
Perforación	PP / TM	6,98	4,63	2,35
Producción	TM/Mes	1549,97	2348,8	798,83
Rendimiento	TM/tarea	1,46	1,72	0,26
Recuperación Block	%	0%	3,97%	3,97
Costo de Producción	USD/TM	47,1	35,20	11,9

Nota: Se realizó un cuadro comparativo entre los resultados obtenidos de los indicadores operacionales con el método sin anillo y con anillo metálico.

Se realizó un ANOVA de la hipótesis de la investigación.

Tabla 5

Datos para el análisis ANOVA

	Producción	Recuperación block	Costo de producción
Sin anillos metálicos	1,46	0%	47,1
Con anillos metálicos	1,72	3,97%	35,2

Tabla 6

Resumen de ANOVA

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Producción	2	3,18	1,59	0,0338
Recuperación de block	2	0,0397	0,01985	0,00078805
Costo de producción	2	82,3	41,15	70,805

Tabla 7

Análisis de varianza

Origen	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de cuadrados	F	Prob.	Valor crítico F
Entre grupos	2172,77	2	1086,38	46,01	0,006	9,55
Dentro de grupos	70.84	3	23,61			
Total	2243.61	5				

Mediante la aplicación del análisis de varianza (ANOVA), se llegó a la conclusión de rechazar la hipótesis nula en favor de la hipótesis alternativa. Esto se debe a que el valor F obtenido se sitúa en el área de rechazo.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

En el presente trabajo de investigación se tuvo como propósito principal analizar la explotación de blocks de mineral en tajos mediante la aplicación de anillos metálicos en una mina subterránea convencional, Trujillo 2023.

-El primer objetivo de este estudio fue determinar los costos operativos de la explotación de block de mineral con y sin la utilización de anillos metálicos en una mina subterránea convencional en Trujillo en 2023. Este objetivo se basó en el trabajo previo de Paz (2023), quien optimizó los costos de instalación y mantenimiento de echaderos de mineral utilizando anillos metálicos. Nuestros resultados indicaron que el costo total de instalación de un echadero con anillos metálicos (1783,37 soles) es superior al costo de instalación de un echadero de madera (1454,30 soles). Sin embargo, cuando se considera el costo total de mantenimiento durante un período de estudio de tres años, los echaderos con anillos metálicos demostraron ser significativamente más económicos (161,26 soles) en comparación con los echaderos de madera (7727,06 soles). En consecuencia, el costo total combinado de instalación y mantenimiento resultó en un ahorro significativo al usar echaderos con anillos metálicos (2229 soles) en comparación con los echaderos de madera (9181,39 soles). Estos resultados son coherentes con las conclusiones de Paz (2023), quien encontró que los anillos metálicos pueden reducir significativamente los costos en la industria minera.

-El segundo objetivo de este estudio fue determinar los costos de instalación de anillos metálicos para la explotación de blocks de mineral en una mina subterránea convencional en

Trujillo en 2023. Nos basamos en los hallazgos de Paz (2023) y Hurtado y Ramos (2021), quienes propusieron mejoras en la infraestructura minera para optimizar costos. De acuerdo con nuestros resultados, el costo total de los materiales para la instalación de anillos metálicos fue de 1783,37 soles. El costo total de instalación se calculó en 284,37 soles y el costo por mantenimiento, considerando 2,8 horas o 1/4 de las guardias fue de 161.26 soles. Por lo tanto, el costo total de instalación de anillos metálicos se elevó a 2229 soles. Al comparar estos costos con los antecedentes, resultan consistentes con la investigación de Paz (2023), donde el uso de anillos metálicos permitió una reducción significativa en los costos. Sin embargo, cabe destacar que estos costos pueden variar dependiendo de las condiciones específicas de cada mina y de los precios actuales de los materiales y la mano de obra. Asimismo, aunque nuestros hallazgos son prometedores, una limitación de este estudio es que no se evaluaron los costos a largo plazo de la implementación de anillos metálicos, incluyendo el reemplazo de los anillos con el tiempo y la necesidad de capacitación adicional para los trabajadores.

-El tercer objetivo de esta investigación fue analizar detalladamente los indicadores operativos previos y posteriores a la aplicación de anillos metálicos en la explotación de block de mineral en tajos en una mina subterránea convencional en Trujillo en 2023. Este análisis se fundamentó en estudios previos como los de Choquecota (2019) y Cerrón, Inga y Lifonso (2021), que destacan la importancia de evaluar continuamente la eficiencia operativa en la industria minera. Tras implementación de los anillos metálicos, observamos una mejora general en todos los indicadores operativos. El factor de potencia disminuyó de 0,72 Kg/TM a 0,5 Kg/TM, lo que indica una mayor eficiencia en el uso de explosivos. La perforación también disminuyó de 6,98 PP/TM a 4,63 PP/TM, lo que representa una disminución en la

cantidad de perforaciones necesarias para extraer cada tonelada de mineral. En términos de producción de mineral, hubo un incremento notable de 1549,97 TM/mes a 2348,8 TM/mes. Adicionalmente, el rendimiento aumentó de 1,46 TM/tarea a 1,72 TM/tarea. Finalmente, el costo de producción se redujo de 47,1 USD/TM a 35,20 USD/TM. Comparando estos resultados con los antecedentes, nuestros hallazgos concuerdan con las observaciones previas de una mejora en la eficiencia operativa tras la implementación de anillos metálicos (Choquecota, 2019) y (Cerrón, Inga y Lifonso, 2021). Sin embargo, cabe señalar que, a pesar de los avances evidentes, el porcentaje de recuperación del block sigue siendo relativamente bajo (3,97%), lo que sugiere la necesidad de más mejoras y optimizaciones. Una limitación de este estudio es que solo se evaluó un conjunto específico de indicadores operativos.

4.2. Conclusiones

La presente tesis logró demostrar que si se puede realizar la explotación de blocks de mineral en tajos mediante la aplicación de anillos metálicos en una mina subterránea convencional en Trujillo 2023.

-Se determinaron y compararon los costos operativos de la explotación de blocks de mineral con y sin la utilización de anillos metálicos en tajos en una mina subterránea, donde el costo total de echadero de madera fue de 9181,39 soles y de echadero con anillos metálico fue de 2229 soles, lo que es un ahorro de 6952,39 soles.

-Se determinó los costos de instalación de anillos metálicos para la explotación de blocks de mineral en una mina subterránea convencional, donde el costo total de materiales fue de 1783,37 soles, por instalación fue de 284,37 soles y el costo por mantenimiento fue de 161,26 soles, generando un costo total de instalación de anillo metálico de 2229 soles.

-Se analizó los indicadores operativos con y sin anillos metálicos en la explotación de block de mineral, en donde al reemplazar el método de anillos metálicos por el método sin anillos metálicos se obtienen resultados como que el factor de potencia disminuyó en 0,22 Kg/TM, en perforación disminuyó 2,35 PP/TM, la producción mensual incrementó en 798,83 TM, el rendimiento por tarea también incrementó en 0,26 TM, la recuperación del block incrementó en 3,97% y el costo de producción disminuyó en 11,9 USD/TM.

REFERENCIAS

- Botía, C., & Jurado, T. (2018). El proceso de una investigación cualitativa longitudinal sobre la transición a la maternidad y paternidad en España. *Revista de Metodología de Ciencias Sociales*(41), 33-56.
- Bravo. (2005). *Diseño de tolvas*. Obtenido de <http://www.pitbabes.es/filtro/19380/procesamiento-de-minerales-en-untolva/>
- Brown, A., Smith, J., & Jones, R. (2020). Benefits of metallic rings in underground mineral exploitation. *Journal of Mining Engineering*, 45(2), 67-81.
- Cerrón, J., Inga, W., & Lifonso, Y. (2021). *Optimización del uso de madera en el sostenimiento de los tajeos para la reducción de costos de minado en la Unidad Minera Poderosa*. Tesis para título profesional, Universidad Continental, Departamento de Ingeniería de Minas, Huancayo.
- Choquecota, B. (2019). *Optimización de costos de instalación de tolvas de madera mediante buzones y anillos metálicos en la Unidad Minera Esperanza - Arequipa*. Tesis para título profesional, Universidad Nacional del Altiplano, Departamento de Ingeniería de Minas, Puno.
- Fouler. (2002). *Madera y sus propiedades físico mecánicas*. México.
- García, A., López, B., & Martínez, C. (2019). Mechanical properties analysis for metallic rings selection in underground mining. *International Journal of Mining Science and Technology*, 29(3), 491-498.
- Gobierno Regional de la Libertad. (2020). *Plan de Desarrollo Regional Concertado de La Libertad al 2030*.

- Gonzales. (2003). *Madera y conservación*. Lima: UNI.
- Guillen, O., Sánchez, M., & Begazo, L. (2020). *Pasos para elaborar una tesis de tipo correlacional*. Lima.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: Mc Graw Hill Education.
- Herrera, J. (2018). *Métodos de minería hidráulica*. Madrid: Escuela técnica superior de ingeniería de minas y energía.
- Huaman, L. B. (2007). *Manual para cuadro, puntales y tolvas*.
- Hurtado, M., & Ramos, L. (2021). *Diseño de una tolva de descarga para una mayor rentabilidad en el ciclo de acarreo en la galería 666 (nivel - 95 en la U.O. El Santo - Grupo BREXIA GOLDPLATA S.A.C.)*. Tesis para título profesional, Universidad Tecnológica del Perú, Departamento de Ingeniería de Minas, Arequipa.
- Jones, R. (2019). Metallic rings: A cost-effective solution for underground support systems. *Mining Technology Review*, 25(3), 112-128.
- Li, J., & Chen, Y. (2016). Design and construction of metal rings for underground mining support. *Geomechanics and Engineering*, 11.
- Miller, T. (2017). Flexibility and adaptability of metallic rings in underground mining. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 94, 123-138.
- MINEM. (2020). *Plan Nacional de Energía 2020-2040*.
- ONUDI. (2021). *Sustainable Development Goals in Action: SDG Industry Matrix for Industrialization and Innovation*. Recuperado el 20 de Mayo de 2023, de <https://agenda2030lac.org/es/organizaciones/onudi>

- Pari, D. (2016). *Optimización de costos unitarios en la explotación de la veta la Raja -
Minera El Solitario S.A.C. Vitor - Arequipa*. Tesis para título profesional,
Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Departamento de Ingeniería de
Minas, Arequipa.
- Paye, V. (2018). *Reducción de costos de tolvas de madera mediante buzones y anillos
metálicos en la unidad de producción Chalhuane de la empresa minera Soledad
S.A.C.-Arequipa*. Tesis para título profesional, Universidad Nacional del Altiplano,
Departamento de Ingeniería de Minas, Puno.
- Paz, C. (2023). *Reducción de uso de madera y costos en ductos de mineral mediante
buzones con anillos metálicos en unidad de producción de pórfidos de Cobre -
Arequipa*. Tesis de Postgrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa,
Departamento de Ingeniería de Minas, Arequipa.
- Smith, J. (2018). Enhancing safety in underground mineral exploitation with metallic rings.
Journal of Occupational Safety and Health, 36(4).
- Vargas, Z. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con
evidencia científica. *Revista Educación*, 33(1), 155-165.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: “EXPLOTACIÓN DE BLOCKS DE MINERAL EN TAJOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ANILLOS METÁLICOS EN UNA MINA SUBTERRÁNEA CONVENCIONAL, TRUJILLO 2023”.						
PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVO GENERAL	VARIABLE	METODOLOGÍA	POBLACIÓN	
¿Se puede realizar la explotación de blocks de mineral en tajos mediante la aplicación de anillos metálicos en una mina subterránea convencional, Trujillo 2023?	Mediante la aplicación de anillos metálicos mejora de manera relevante en los indicadores de productividad de la explotación de mineral en tajos en una mina subterránea convencional, Trujillo 2023.	Analizar la explotación de blocks de mineral en tajos mediante la aplicación de anillos metálicos en una mina subterránea convencional, Trujillo 2023.	X: Anillos metálicos	TIPO DE INVESTIGACIÓN N: Descriptiva DISEÑO DE INVESTIGACIÓN N: No experimental de tipo descriptivo TÉCNICA: Análisis documental y económico INSTRUMENTO: Fichas de observación y hojas de registro	Todas las labores subterráneas de la mina convencional.	
		OBJETIVOS ESPECÍFICOS			Y: Explotación del block de mineral	MUESTRA
		Determinar los costos operativos de la explotación de blocks de mineral con y sin la utilización de anillos metálicos en tajos en una mina subterránea convencional, Trujillo 2023. Determinar los costos de instalación de anillos metálicos para la explotación de blocks de mineral en una mina subterránea convencional, Trujillo 2023. Analizar detalladamente los indicadores operativos previos y posteriores a la aplicación de anillos metálicos en la explotación de blocks de mineral en tajos en una mina subterránea convencional, Trujillo 2023.	El nivel 2520. Veta Guadalupe.			

ANEXO 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TÍTULO: “EXPLOTACIÓN DE BLOCKS DE MINERAL EN TAJOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ANILLOS METÁLICOS EN UNA MINA SUBTERRÁNEA CONVENCIONAL, TRUJILLO 2023”.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTO
VARIABLE					
X: Anillos metálicos	Anillos metálicos son estructuras circulares de metal que se utilizan en la minería para proporcionar soporte o refuerzo a la roca o el suelo circundante. Estos anillos pueden ser utilizados en diferentes tipos de minería, incluyendo la minería metalúrgica para la extracción de minerales como el cobre, el oro, la plata, el estaño, el wolframio, el diamante, el titanio y otros minerales (Herrera, 2018).	La eficiencia de la explotación del block de mineral mediante anillos metálicos se basa en los indicadores operacionales, como la perforación, factor de potencia, productividad y costos de producción.	Costos de anillos Mano de obra Insumos Materiales Herramientas	S/ S/ S/ S/	Control de reporte de operaciones mensuales
Y: Explotación de block de mineral	La explotación de bloques de mineral se refiere al proceso de extracción de minerales valiosos de la tierra en forma de bloques o masas compactas (Choquecota, 2019)	La explotación de block de mineral se relaciona con los anillos metálicos.	Perforación Producción Rendimiento Costos de producción	PP/TM TM/mes TM/tarea USD/TM	Control de reporte de operaciones mensuales

ANEXOS 3: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS


	<p align="center">INSTRUMENTO N° 01: FORMATO DE COSTO DE INSTALACIÓN DEL ECHADERO DE TAJO (MADERA)</p>
	<p>TÍTULO: “EXPLOTACIÓN DE BLOCKS DE MINERAL EN TAJOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ANILLOS METÁLICOS EN UNA MINA SUBTERRÁNEA CONVENCIONAL, TRUJILLO 2023”.</p>
<p>OBJETIVO: Este instrumento tiene como objetivo determinar los costos de instalación del primer anillo metálico y los que siguen.</p>	

Tabla 8

Características de un echadero de madera

Dimensiones de echaderos de madera por parada	Materiales requeridos(unidades)	Tiempo de instalación N° de días.	Vida útil promedio de parada de echadero
Largo: 160 cm	9 tablas de 3m	N° de guardias 2	6 meses a partir del día de la instalación
Ancho: 150 cm	8 puntales de 8 pulga.	N° de guardias 2	
Alto: 150 cm	4 puntales de 7 pulga.	N° de guardias 2	

Tabla 9

Costo de Madera

Madera	P.U soles/unidad	N° de unidades usadas	Total soles
Puntales de 6”	28	-	
Puntales de 7”	30	4	120
Puntales de 8”	32	8	256
Tablas	25	9	225
Total			601

Se detalla los materiales y precios en la instalación del cuadro de madera.

Tabla 10

Análisis de precios unitarios de: Entablado, Enrejado y Parrilla

Descripción	Unidad	Cantidad	P.U Soles	Vida útil/Guardias	Costo por Guardia s/
Herramientas					
Combo de 6 y 8 lb	Unid.	1	75	150	0,50
Arco de cierra	Unid.	1	11	160	0,07
Hoja de cierra	Unid.	1	6	14	0,43
Corvina	Unid.	1	42	76	0,55
Flexómetro	Unid.	1	8.5	120	0,07
Alicate	Unid.	1	13	280	0,05
Pico	Unid.	1	32	100	0,32
Lampa	Unid.	1	37	100	0,37
Barretilla para desatar	Unid.	1	64	100	0,64
Punta de diamantes	Unid.	1	40	200	0,20
Formón	Unid.	1	15	150	0,10
Azuela	Unid.	1	23	100	0,23
Clavos de 4 y 5”	Unid.	96	0,35	1	33,60

Tabla 11

Costos de implementos de seguridad

Materiales	Unidad	Cantidad	P. U Soles	Vida útil/ guardias	Costo por guardia
Guantes de Cuero	Unid.	2	10	20	1,00
Botas de Jebe	Unid.	2	59	50	2,36
Mameluco	Unid.	2	65	50	2,6
Casco de Seguridad	Unid.	2	11	365	0,06
Correa porta Lampara	Unid.	2	9	700	0,03
Respirador y Filtro	Unid.	2	55	20	5,50
Tapón Auditivo	Unid.	2	5	20	0,50
Anteojos de Seguridad	Unid.	2	8	20	0,80
Barbiquejo	Unid.	2	5	350	0,03
Lampara a batería	Unid.	2	150	700	0,43

Tabla 12

Costos de mano de obra

Mano de obra				
Maestro	-	1	90	90
Ayudante	-	1	75	75
Sub Total				215,43
Gastos generales y supervisión	17%			36,62
Utilidades	10%			21,54
Imprevistos	5%			10,77
Total				284,37

Tabla 13

Análisis de precios unitarios de: posteado, encostillado y topeado

Descripción	Unidad	Cantidad	P.U Soles	Vida útil/Guardias	Costo por Guardia s/
Herramientas					
Combo de 6 y 8 lb	Unid.	1	75	150	0,50
Arco de cierra	Unid.	1	11	160	0,07
Hoja de cierra	Unid.	1	6	14	0,43
Corvina	Unid.	1	42	76	0,55
Flexómetro	Unid.	1	8,5	120	0,07
Alicate	Unid.	1	13	280	0,05
Pico	Unid.	1	32	100	0,32
Lampa	Unid.	1	37	100	0,37
Barretilla para desatar	Unid.	1	64	100	0,64
Punta de diamantes	Unid.	1	40	200	0,20
Formón	Unid.	1	15	150	0,10
Azuela	Unid.	1	23	100	0,23
Clavos de 4 y 5”	Unid.	96	0,35	1	33,60

Tabla 14

Costos de EPPS de seguridad

Materiales	Cantidad	P. U	Vida útil/	Costo por	
Unidad		Soles	guardias	guardia	
Guantes de Cuero	Unid.	2	10	20	1,00
Botas de Jebe	Unid.	2	59	50	2,36
Mameluco	Unid.	2	65	50	2,6
Casco de Seguridad	Unid.	2	11	365	0,06
Correa porta Lampara	Unid.	2	9	700	0,03
Respirador y Filtro	Unid.	2	55	20	5,50
Tapón Auditivo	Unid.	2	5	20	0,50
Anteojos de Seguridad	Unid.	2	8	20	0,80
Barbiquejo	Unid.	2	5	350	0,03
Lampara a batería	Unid.	2	150	700	0,43

Tabla 15

Costos de mano de obra de operación

Mano de obra				
Maestro	-	1	90	90
Ayudante	-	1	75	75
Sub Total				215,43
Gastos generales y supervisión	17%			36,62
Utilidades	10%			21,54
Imprevistos	5%			10,77
Total				284,37

Tabla 16

Análisis de precios unitarios de: puntal de línea y posteado

Descripción	Unidad	Cantidad	P.U Soles	Vida útil/Guardias	Costo por Guardia s/
Herramientas					
Combo de 6 y 8 lb	Unid.	1	75	150	0,50
Arco de cierra	Unid.	1	11	160	0,07
Hoja de cierra	Unid.	1	6	14	0,43
Corvina	Unid.	1	42	76	0,55
Flexómetro	Unid.	1	8,5	120	0,07
Alicate	Unid.	1	13	280	0,05
Pico	Unid.	1	32	100	0,32
Lampa	Unid.	1	37	100	0,37
Barretilla para desatar	Unid.	1	64	100	0,64
Punta de diamantes	Unid.	1	40	200	0,20
Formón	Unid.	1	15	150	0,10
Azuela	Unid.	1	23	100	0,23
Clavos de 4 y 5”	Unid.	96	0,35	1	33,60

Tabla 17

Costos de equipos de protección personal EPPS

Materiales	Cantidad	P. U	Vida útil/	Costo por	
Unidad		Soles	guardias	guardia	
Guantes de Cuero	Unid.	2	10	20	1,00
Botas de Jebe	Unid.	2	59	50	2,36
Mameluco	Unid.	2	65	50	2,6
Casco de Seguridad	Unid.	2	11	365	0,06
Correa porta Lampara	Unid.	2	9	700	0,03
Respirador y Filtro	Unid.	2	55	20	5,50
Tapón Auditivo	Unid.	2	5	20	0,50
Anteojos de Seguridad	Unid.	2	8	20	0,80
Barbiquejo	Unid.	2	5	350	0,03
Lampara a batería	Unid.	2	150	700	0,43

Tabla 18

Costos de mano de obra

Mano de obra				
Maestro	-	1	90	90
Ayudante	-	1	75	75
Sub Total				215,43
Gastos generales y supervisión	17%			36,62
Utilidades	10%			21,54
Imprevistos	5%			10,77
Total				284,37

Tabla 19

Resumen de costo de Instalación de parada cuadro de madera

Madera	P.U.	N° De
	Soles/Unidad	Unidades
		Instaladas
Entablado/Enrejado y	284,37	2 puntales / 2
Parrilla		Postes
Posteado/Encostillado	284,37	2 postes / 2
y Topeado		caras
Puntal de Línea y	284,37	2 caras / 2
Posteado		caras
Total	853,11	

Se realiza todo el análisis de instalación del echadero de madera donde se suman todos los pasos de su respectiva instalación tales como:

- Entablado/enrejado y parrilla
- Posteado/encostillado y topeado
- Puntal de línea/Posteado

Tabla 20*Resumen de costo total de Instalación de parada de cuadro de madera*

Tipo de Costo	P.U soles
Costo de madera	601
Costo total por instalación	853,11
sumando las 3 paradas	
Total	1454,11

Tabla 21

Tiempo de instalación de echadero de madera. Ciclo de Operaciones Unitarias Primer día

Operación	Tiempo de	Unida de	Cantidad de	Total
Primera guardia	Instalación	media	madera	
		Horas		
Ventilación	0,5	horas		0,5
Llenado de herramientas de gestión	0,25	horas		0,25
Regado y desatado de rocas sueltas	0,5	horas		0,5
Instalación de maquina perforadora	0,5	horas		0,5
Colocado de puntal de 8”	3	horas	2	6
Colocado de postes de madera 7”	1	horas	2	2
Descanso/refrigerio	1,5	horas		1,5
Orden/limpieza	0,25	horas		0,25
Tiempo Total/ Hora				11,5

Operación	Tiempo de	Unida de	Cantidad de	Total
Segunda guardia	Instalación	media	madera	
		Horas		
Ventilación	0,5	horas		0,5
Llenado de herramientas de gestión	0,25	horas		0,25
Regado y desatado de rocas sueltas	0,5	horas		0,5
Fabricación y traslado de rajadas de madera	1,75	horas	12 rajadas	3,5
Colocado de encostillado/topeado	1,5	horas	2 caras	3
Colocado de postes de madera 7”	1	horas	2	2
Descanso/refrigerio	1,5	horas		1,5
Orden/limpieza	0,25	horas		0,25
Tiempo Total/ H				11,5

Tabla 22

Tiempo de instalación de echadero de madera. Ciclo de Oper. Unitarias segundo día

Operación	Tiempo de	Unidad de	Cantidad de	Total
Primera guardia	Instalación	medida	madera	
		Horas		
Ventilación	0,5	horas		0,5
Llenado de				
herramientas de	0,25	horas		0,25
gestión				
Regado y desatado				
de rocas sueltas	0,5	horas		0,5
Fabricación y				
traslado de rajadas de	1,75	horas	12 rajadas	3,5
madera				
Colocado de	1,5	horas	2 caras	3
enrejado				
Colocado de		horas	2 caras y 1	2
entablado y parrilla	1		parrilla	
Descanso/refrigerio	1,5	horas		1,5
Orden/limpieza	0,25	horas		0,25
Tiempo Total/ H				11,5
Tiempo Total de				
Instalación			3 guardias	34,5

Tabla 23

Resumen del costo de materiales por mantenimiento de parada de echadero

Madera	P. U/Soles Unidad	N° de unidades usadas	Subtotal S/
Puntales de 6”	28	-	-
Puntales de 7”	30	4	120
Puntales de 8”	32	8	256
Tablas	25	9	225
Total, S/	Resumen del costo		
	Total de materiales		601
	Costo por		
Total, S/	mantenimiento por		420
(70%)	parada de echadero		
	en 6 meses		
		Se darán 6	
Tiempo de estudio	3 años	mantenimientos de	2520
		echadero	

Se concluye que una parada de echadero de madera tiene un tiempo de vida útil de 6 meses en promedio, esto implicara, costos por materiales, costos directos e indirectos por guardia y costos por parada operativa. De este total de materiales, algunos no sufren fatiga estos puntales, tablas y rajadas que se encuentran en buen estado representan el 30%, por el que

consideramos el 70% del costo total de materiales involucrados en la instalación de parada de echadero, como el costo por mantenimiento de echadero es 420 soles, este costo se considera cada 6 meses, este tiempo representa el tiempo de vida útil en la zona de estudio, durante un periodo de 3 años.

Tabla 24

Resumen del costo total de reparación y mantenimiento de echadero de madera

Tipo de costo	P. U
Costo de materiales por mantenimiento	2520
Costo mano de obra, Herramientas, parada de echadero etc., los 284.91 x las 12 guardias	3418,90
Subtotal	5938,9
Costo por para operativa (30%)	1781,67
Costo Total	7727,06

Según los datos tomados en los últimos 6 meses, la reparación de echaderos se realiza durante 1 guardia o hasta 5 guardias por lo que se tomara un promedio de 2 guardias para la reparación del echadero por cada 6 meses. Por lo que en 3 años se destinaran 12 guardias para la reparación del echadero.

ANEXOS 4: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS


	INSTRUMENTO N° 02: FORMATO DE COSTO DE INSTALACIÓN DEL ANILLO METÁLICO
	TÍTULO: “EXPLOTACIÓN DE BLOCKS DE MINERAL EN TAJOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ANILLOS METÁLICOS EN UNA MINA SUBTERRÁNEA CONVENCIONAL, TRUJILLO 2023”.
OBJETIVO: Este instrumento tiene como objetivo determinar los costos de instalación del primer anillo metálico y los que siguen.	

Tabla 25

Características del echadero con anillos metálicos

Dimensiones de echaderos	Materiales Requeridos	Tiempo de instalación N° de días $\frac{3}{4}$ de día
Diámetro 100 cm Alto 150 cm	3 segmentos de planchas de acero $\frac{1}{4}$ "	Numero de Guardias :1 Guardia y media

La fabricación de anillo metálico en 100cm metro de diámetro x 150 cm de altura (3 segmentos de plancha de acero de $\frac{1}{4}$ de espesor, ángulo de $\frac{3}{16}$ " x 2 y con pernos de $\frac{1}{2}$ " x $\frac{1}{2}$ " se tiene un precio unitario de 1323.37 soles.

Tabla 26

Costo de Materiales de anillo metálicos

Materiales	Precio	Unidades	P. U
	Soles/unidad	Usadas	Soles
Anillo metálico			
(3planchas y pernos de ½” x 1 ½”	1323.37	1	1323.37
Rieles	230	2	460
Total			1783.37

Tabla 27

Costo de Herramientas Utilizadas

Materiales	Unidad	Cantidad	P. U Soles	Vida útil/ guardias	Costo por guardia
Combo de 6 y 8 lb	Unid.	1	75,00	150	0,50
Arco de cierra	Unid.	1	11,00	160	0,07
Hoja de cierra	Unid.	1	6,00	14	0,43
Corvina	Unid.	1	42,00	76	0,55
Flexómetro	Unid.	1	8,50	120	0,07
Alicate	Unid.	1	13,00	280	0,05
Pico	Unid.	1	32,00	100	0,32
Lampa	Unid.	1	37,00	100	0,37
Barretilla para desatar	Unid.	1	64,00	100	0,64
Punta de diamante	Unid.	1	40,00	200	0,20
Formón	Unid.	1	15,00	150	0,10
Azuela	Unid.	1	0,23	100	0,23
Clavos de 4 y 5 pulgadas	Unid.	96	0,35	1	33,60

Tabla 28

Costo de Epps de Seguridad

Materiales	Unidad	Cantidad	P. U Soles	Vida útil/ guardias	Costo por guardia
Guante de cuero	Unid.	1	75,00	150	0,50
Botas e jebe	Unid.	1	11,00	160	0,07
Mameluco	Unid.	1	6,00	14	0,43
Casco de seguridad	Unid.	1	42,00	76	0,55
Correa porta lampara	Unid.	1	8,50	120	0,07
Respirador y filtro	Unid.	1	13,00	280	0,05
Tapón auditivo	Unid.	1	32,00	100	0,32
Anteojos de seguridad	Unid.	1	37,00	100	0,37
Barbiquejo	Unid.	1	64,00	100	0,64
Lampara de batería	Unid.	1	40,00	200	0,20

Tabla 29

Costo de mano de obra

Mano de obra				
Maestro	-	1	90	90
Ayudante	-	1	75	75
Sub Total por				215,43
guardia				
Gastos generales y supervisión	17%			36,62
Utilidades	10%			21,54
Imprevistos	5%			10,77
Total				284,37

Tabla 30

Costo de mantenimiento de anillo metálico

Tipo de Costo	P.U Soles
Costo de materiales por mantenimiento de anillo metálico	59.51
Costo por mano de obra	101.75
Costo total	161.26

Tabla 31*Resumen del costo Total de instalación de anillo metálico*

Tipo de costo	P.U / soles
Costo Total de materiales	1783.37
Costo total de por instalación	284,37
Costo por materiales- mantenimiento 2.8 horas o 1/4 de guardias	161,26
Costo total	2229,00

Así mismo, no se considera un costo por parada operativa porque el mantenimiento o reparación solo toma un máximo de 2,8 horas o 1/4 de guardia.

ANEXOS 5: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS


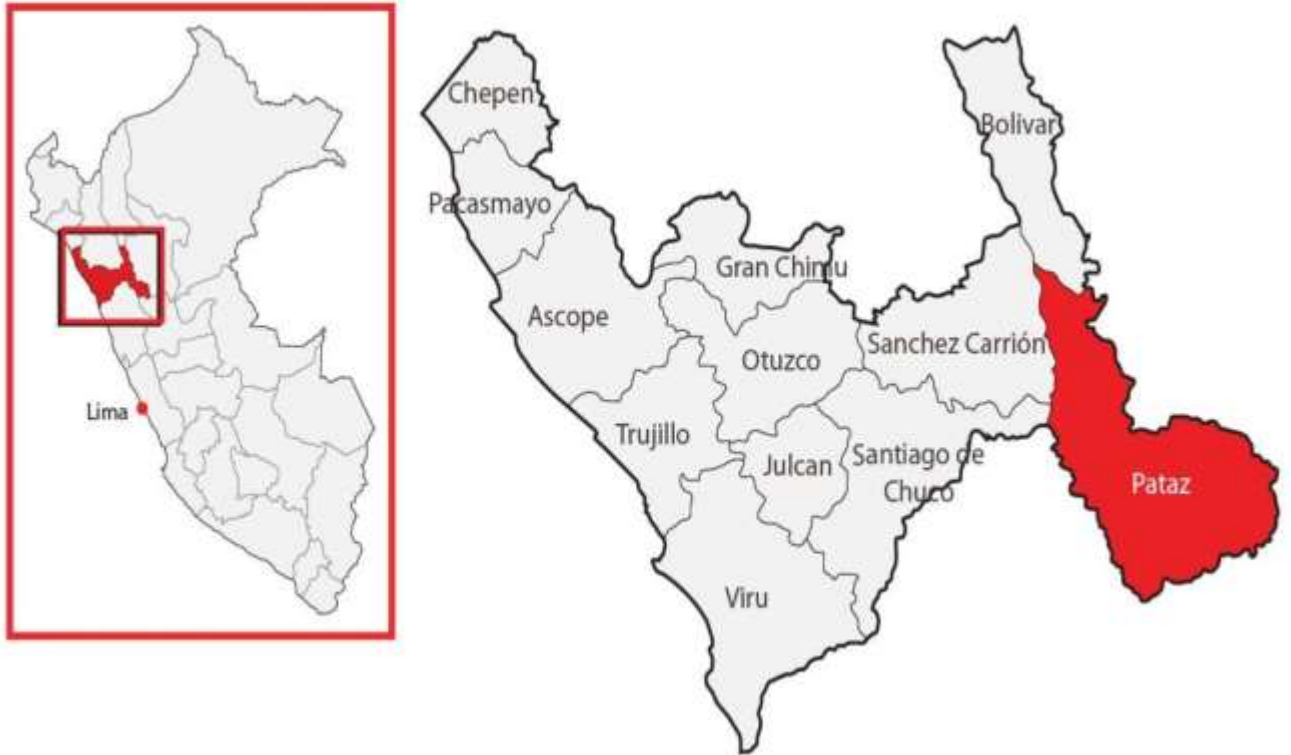
	<p>INSTRUMENTO N° 03: REGISTRO DE CONTROL DE REPORTE DE OPERACIÓN MENSUAL</p>
	<p>TÍTULO: “EXPLOTACIÓN DE BLOCKS DE MINERAL EN TAJOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ANILLOS METÁLICOS EN UNA MINA SUBTERRÁNEA CONVENCIONAL, TRUJILLO 2023”.</p>
<p>OBJETIVO: Este instrumento tiene como objetivo recopilar información de los reportes mensuales de la operación en mina subterránea.</p>	

Tabla 32

Control de reporte de operación mensual

Labor	Sección	Programado / Realizado	Dia - Mes	
			Noche	Dia

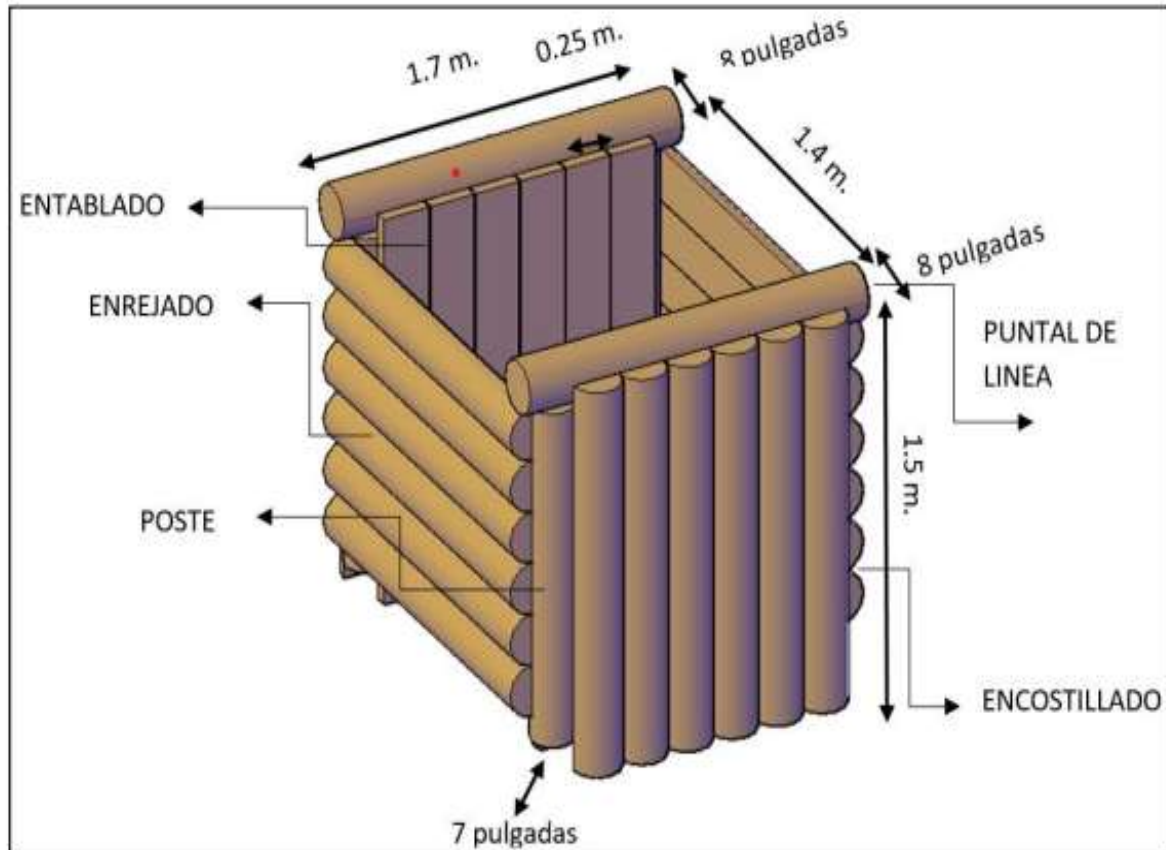
ANEXO 6: UBICACIÓN DE PATAZ



ANEXOS 7: FIGURAS

Figura 1

Vista isométrica de echadero de madera



Fuente: (Huaman, 2007)

Figura 3

Uso de accesorios y explosivos en la voladura en tajeos sin dejar pilares



Figura 4

Capacitaciones de voladura masiva y breasting con utilización de faneles sin dejar pilares



Figura 5

Instalación del primer anillo metálico en tajos



Figura 6

Vista en planta del anillo metálico



Figura 7

Anillo metálico ya como echadero de mineral



Figura 8

Cumplimiento de programa de capacitación de anillos metálicos

Figura 9

Capacitaciones a diferentes guardias



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Yo, Wilbert Lenin Risco Julca, con CIP N° 143756, ostento el grado de ingeniero y ejerzo la carrera profesional en ingeniería de minas. Por medio de la presente hago constar que he revisado, con fines de validación, el instrumento **“FORMATO DE COSTO DE INSTALACIÓN DEL ANILLO METÁLICO”** que será aplicado en la investigación **“Explotación de blocks de mineral en tajos mediante la aplicación de anillos metálicos en una mina subterránea convencional, Trujillo 2023”** del alumno Bach. Fidel Angel Alvaro Cachi.

Luego de hacer las verificaciones permitentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO

N°	INDICADORES	VALORES			
		1	2	3	4
1	El instrumento presenta coherencia con el problema de investigación.				x
2	El instrumento evidencia el problema a solucionar.				x
3	El instrumento guarda relación con los objetivos propuestos en la investigación.			x	
4	El instrumento facilita la comprobación de la hipótesis que se plantea en la investigación.				x
5	Los indicadores son los correctos para cada dimensión.			x	
6	La redacción de los ítems es clara y apropiada para cada dimensión.				x
7	En general, el instrumento permite un manejo ágil de la información			x	

1: Deficiente 2: Regular 3: Bueno 4: Excelente

Trujillo, 31 de julio de 2023



Wilbert Lenin Risco Julca
CIP. 143756

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Yo, Juan Antonio Vega Gonzalez, con D.N.I. N° 18212091, ostento el grado de doctor y ejerzo la carrera profesional en ingeniería metalúrgica. Por medio de la presente hago constar que he revisado, con fines de validación, el instrumento **“REGISTRO DE CONTROL DE REPORTE DE OPERACIÓN MENSUAL”** que será aplicado en la investigación “Explotación de blocks de mineral en tajos mediante la aplicación de anillos metálicos en una mina subterránea convencional, Trujillo 2023” del alumno Bach. Fidel Angel Alvaro Cachi.

Luego de hacer las verificaciones permitentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO

N°	INDICADORES	VALORES			
		1	2	3	4
1	El instrumento presenta coherencia con el problema de investigación.				x
2	El instrumento evidencia el problema a solucionar.				x
3	El instrumento guarda relación con los objetivos propuestos en la investigación.				x
4	El instrumento facilita la comprobación de la hipótesis que se plantea en la investigación.			x	
5	Los indicadores son los correctos para cada dimensión.			x	
6	La redacción de los ítems es clara y apropiada para cada dimensión.			x	
7	En general, el instrumento permite un manejo ágil de la información				x

1: Deficiente 2: Regular 3: Bueno 4: Excelente

Trujillo, 31 de julio de 2023



Juan Antonio Vega Gonzalez
DNI. 18212091

FICHA TÉCNICA DEL ACERO INOXIDABLE

AISI 304

COMPOSICIÓN QUÍMICA		Si ≤ 1.00% Mn ≤ 2.00% Cr 18% - 20%*
Ni 8% – 10,5%*		
PESO ESPECÍFICO A 20 C (DENSIDAD)	(g/cm ³)	7.9
MÓDULO DE ELASTICIDAD	(N/mm ²)	193,000
PROPIEDADES	ESTRUCTURA	AUSTENÍTICO
CALOR ESPECÍFICO A 20 C	(J/Kg K)	500
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA A 20 C / 100 C	(W/m K)	15 / 16
COEFICIENTE DE DILATACIÓN A 100 C	(x 10 ⁶ C-1)	16.0 – 17.30
INTERVALO DE FUSIÓN	(C)	13981454
PROPIEDADES ELÉCTRICAS	PERMEABILIDAD ELÉCTRICA EN ESTADO SOLUBLE RECOCIDO	AMAGNÉTICO 1.008
CAPACIDAD DE RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20 C	(μΩm)	0.72 – 0.73
DUREZA BRINELL RECOCIDO HRB/ CON	130150 / 180330	
DUREZA ROCKWELL RECOCIDO HRB/ CON	7088 / 1035	
PROPIEDADES MECÁNICAS A 20C		
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN RECOCIDO / DEFORMACIÓN EN FRÍO	Rm (N/mm ²)	520 - 720 / 540 - 750
ELASTICIDAD RECOCIDO / CON	Rp	210 / 230
DEFORMACIÓN EN FRÍO		
ELONGACIÓN (A₅) MIN	(%)	
RESILIENCIA KCUL / KVL	(J/cm ²)	160 / 180
PROPIEDADES MECÁNICAS EN CALIENTE	ELASTICIDAD	RP(0 . 2) A 300 C/ 400 C/ 500 C (N/mm ²)
RP (1) A 300 C/ 400 C/ 500 C	(N/mm ²)	147 / 127 / 107
L ÍMITE DE FLUENCIA A 500 C/ 600 C/ 700 C/ 800 C	σ _{1/10s/t} (N/mm ²)	68 / 42 / 14.5 / 4.9
TRATAMIENT. TÉRMICOS	RECOCIDO COMPLETO RECOCIDO INDUSTRIAL	(OC)
TEMPLADO		
INTERVALO DE FORJA INICIAL / F INAL	(C)	NO ES POSIBLE
FORMACIÓN DE CASCARILLA, SERVICIO CONTINUO / SERVICIO INTERMITENTE	925 / 840	
OTRAS PROPIEDADES	SOLDABILIDAD	MUY BUENA
MAQUINABILIDAD COMPARADO CON UN ACERO BESSEMER PARA a. B 1112	45%	
EMBUTICIÓN	MUY BUENA	

PROPIEDADES DEL ACERO INOXIDABLE AISI 304

APLICACIONES

Debido a su buena resistencia a la corrosión, conformado en frío y soldabilidad, este acero es usado extensivamente para arquitectura, industria automotriz y para la fabricación de utensilios domésticos. Además, es utilizado en la construcción de estructuras y/o contenedores para las industrias procesadoras de alimentación y para la industria química de producción del nitrógeno.

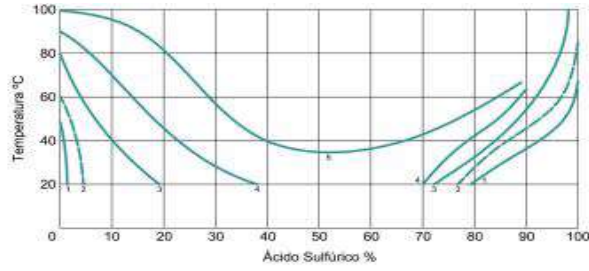
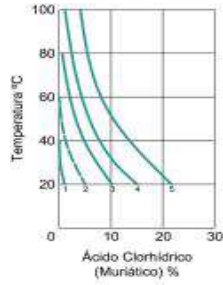
CARACTERÍSTICAS DEL ACERO AISI 304

Acero inoxidable austenítico, aleado con cromo, níquel y bajo contenido de carbono que presenta una buena resistencia a la corrosión. No requiere un tratamiento posterior al proceso de soldadura; tiene propiedades para embutido profundo, no es templable ni magnético. Puede ser fácilmente trabajado en frío (por ejemplo, doblado, cilindrado, embutido profundo, etc.) Sin embargo, el alto grado de endurecimiento que alcanza por trabajo en frío, comparado con aceros de baja aleación, hacen requerir de mayores esfuerzos para su proceso de conformado.

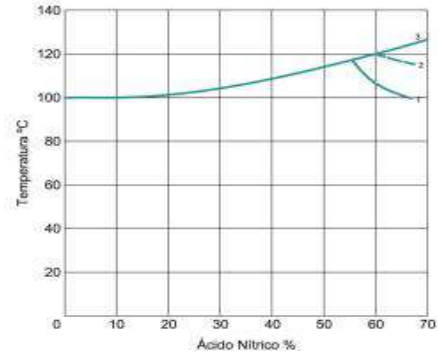
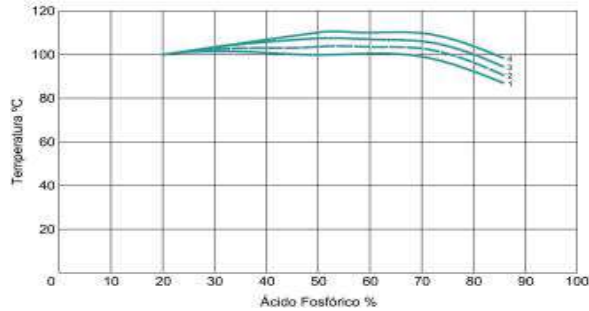
Resistencia a la corrosión

En los diagramas se observan las pérdidas de peso, determinadas experimentalmente para diferentes probetas atacadas con concentraciones variables para distintos ácidos en función de la temperatura. Las curvas representan la pérdida de peso de 0.1, 0.3, 1.0, 3.0 y 10.0 gr/m²·hr. Generalmente, una pérdida de peso de 0.3 gr/m²·hr (línea segmentada) se considera en el límite tolerable de un acero inoxidable.

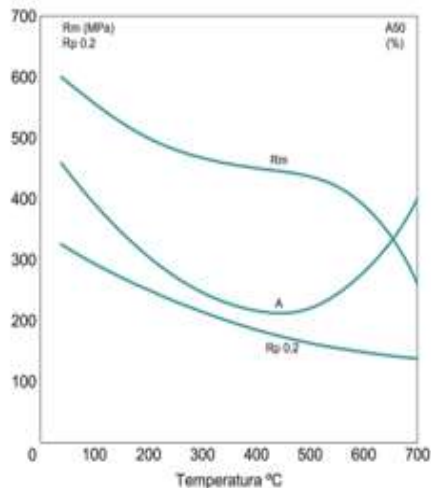
“EXPLORACIÓN DE BLOCKS DE MINERAL EN TAJOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ANILLOS METÁLICOS EN UNA MINA SUBTERRÁNEA CONVENCIONAL, TRUJILLO 2023”



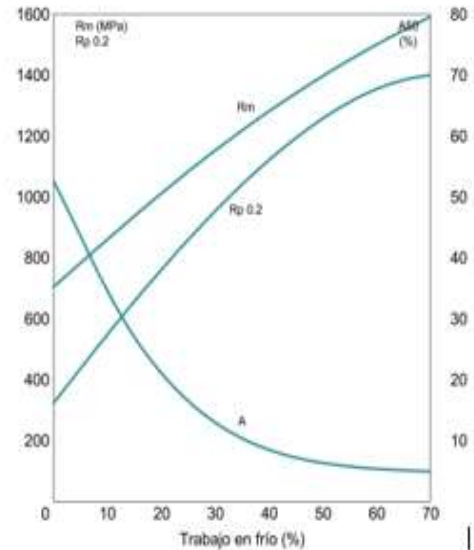
Curva	Pérdida de Peso
1	0.1 gr/m ² -hr
2	0.3 gr/m ² -hr
3	1.0 gr/m ² -hr
4	3.0 gr/m ² -hr
5	10.0 gr/m ² -hr



Efecto de la temperatura en las propiedades mecánicas



Efecto del trabajo en frío en las propiedades mecánicas



RECOMENDACIONES PARA TRABAJAR ACERO AISI 304

TRATAMIENTO TERMICO

Trabajo en caliente (°C)	Enfriamiento	Tratamiento térmico (°C)	Enfriamiento	Estructura
1150 – 850	Aire	1000 – 1100	Agua, aire forzado	Austenítica con un contenido

RECOMENDACIONES SOBRE MECANIZADO

Los parámetros de corte que se encuentran a continuación deben ser considerados como valores guía.

Estos valores deberán adaptarse a las condiciones locales

Taladro con broca HSS

	20	30	40
Velocidad de corte (vc) m/min	200	200	200
Avance (f) mm/r	0.01	0.12	0.15

TORNEADO

Parámetros de corte	Torneado con metal duro		Torneado con acero rápido
Torneado de desbaste	Torneado fino		Torneado fino
Velocidad de corte (vc) m/min	170 – 145	160 – 210	25 – 45
Avance (f) mm/r	0.2 – 0.4	0.1 – 0.2	0.1 – 0.5
Profundidad de corte (ap) mm.	1 – 4	0.5 – 1	0.5 -3
Mecanizado grupo ISO	M20 – M30	M10	-

FRESADO CON METAL DURO

Parámetros de corte	Fresado con metal duro	
Fresado de desbaste	Fresado fino	
Velocidad de corte (vc) m/min	60 – 120	100 – 155
Avance (f) mm/r	0.2 – 0.3	0.2
Profundidad de corte (ap) mm.	≤ 4	≤ 0.6
Mecanizado grupo ISO	M20 – M30	M10