

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



Tesis

Optimización de costos operativos mediante el diseño y construcción de la rampa Jerusalén en
la empresa minera FIDAMI S.A. Ayacucho, 2024

Presentado por:

Odaliz Flor Mallco Cruz
Maily Negume Aiquipa Arbieta

Para optar el título de Ingeniero de Minas

Abancay, Perú
2025



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



TESIS

**Optimización de costos operativos mediante el diseño y construcción de la rampa
Jerusalén en la empresa minera FIDAMI S.A. Ayacucho, 2024**

Presentado por **Odaliz Flor Mallco Cruz** y **Maily Negume Aiquipa Arbieto**,
para optar el título profesional de Ingeniero de Minas.

Sustentado y aprobado el 23 de octubre de 2025 ante el jurado evaluador:

Presidente:



Dr. Crisólogo Conza Ancaypuro

Primer miembro:



Dr. German Rafael Espinoza Rivas

Segundo miembro:



Ing. Jhon Decok Valenzuela Elguera

Asesor:



Ing. José Adolfo Cárdenas Catalán




"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD
N° 216-2025

La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, a través de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería declara que, la tesis titulada: **Optimización de costos operativos mediante el diseño y construcción de la rampa Jerusalén en la empresa minera FIDAMI S.A. Ayacucho, 2024**, Presentado por las bachilleres: **ODALIZ FLOR MALLCO CRUZ y MAILY NEGUME AIQUIPA ARBIETO**; para optar el Título de **Ingeniero de Minas**; ha sido sometido a un mecanismo de evaluación y verificación de similitud, a través del Software Turnitin, siendo el índice de similitud **ACEPTABLE de (8%)** por lo que, cumple con los criterios de originalidad establecidos por la Universidad.

Abancay, 02 de septiembre del 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA

Dra. Hesméralda Rojas Enriquez
DIRECTORA DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA

C. c.
Archivo
REG. N° 721



Agradecimiento

Agradecemos en primer lugar, a Dios, por la oportunidad de poder realizar el trabajo de investigación en una empresa minera líder en minería de pequeña escala y permitirnos terminar dicho periodo exitosamente.

A nuestros padres, por su constante apoyo desinteresado, buscando siempre nuestro desarrollo personal en el proceso de elaboración de esta investigación. De igual manera a nuestros familiares que con sus consejos lograron que nuestra etapa universitaria culmine exitosamente.

La gratitud al Gerente de operaciones de la Minera FIDAMI S.A. – Ayacucho, por dar las facilidades y la oportunidad de realizar el presente estudio de investigación.



Dedicatoria

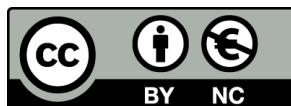
Dedicamos la presente tesis a nuestra familia, quienes con su paciencia y constante motivación han logrado animarnos a concluir esta etapa de formación que emprendimos.



Optimización de costos operativos mediante el diseño y construcción de la rampa Jerusalén en la empresa minera FIDAMI S.A. Ayacucho, 2024

Línea de investigación: Minería, procesamiento de minerales.

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Descripción del problema	4
1.2 Enunciado del problema	5
1.2.1 Problema general	5
1.2.2 Problemas específicos	5
1.3 Justificación de la investigación	6
CAPÍTULO II	7
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	7
2.1 Objetivos de la investigación	7
2.1.1 Objetivo general	7
2.1.2 Objetivos específicos	7
2.2 Hipótesis de la investigación	7
2.2.1 Hipótesis general	7
2.2.2 Hipótesis específicas	8
2.3 Operacionalización de variables	8
2.3.1 Variables	8
2.3.2 Definición operacional	8
CAPÍTULO III	10
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	10
3.1 Antecedentes	10
3.1.1 Antecedentes internacionales	10
3.1.2 Antecedentes nacionales	11
3.1.3 Antecedentes locales	13
3.2 Marco teórico	15
3.2.1 Fundamentos teóricos	15
3.3 Marco conceptual	28
CAPÍTULO IV	30



METODOLOGÍA	30
4.1 Tipo y nivel de investigación	30
4.1.1 Tipo	30
4.2 Diseño de la investigación	30
4.3 Población y muestra	30
4.4 Procedimiento	31
4.5 Técnica e instrumentos	31
4.6 Análisis estadístico	32
CAPÍTULO V	33
RESULTADOS Y DISCUSIONES	33
5.1 Análisis de resultados	33
5.2 Discusiones	73
CAPÍTULO VI	80
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80
6.1 Conclusiones	80
6.2 Recomendaciones	81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
ANEXOS	85



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 — Operacionalización de las variables	9
Tabla 2 — Rutas de acceso a la empresa minera FIDAMI S.A.	20
Tabla 3 — Ubicación de la cuenca hidrográfica del proyecto	23
Tabla 4 — Operaciones relacionadas a la rampa Jerusalén	36
Tabla 5 — Equipos que intervienen en las operaciones de la unidad minera	37
Tabla 6 — Recurso y potencial veta Ana	41
Tabla 7 — Recurso y potencial veta Perica	42
Tabla 8 — Recurso y potencial veta Escorpión	44
Tabla 9 — Recurso y potencial veta María	45
Tabla 10 — Sección y gradiente	48
Tabla 11 — Factores para el diseño de las pozas de bombeo	52
Tabla 12 — Distribución de infraestructura en la rampa Jerusalén	53
Tabla 13 — Características del sistema de ventilación	55
Tabla 14 — Sistemas de sostenimiento implementados	56
Tabla 15 — Parámetros de limpieza y acarreo	57
Tabla 16 — Especificaciones del diseño de perforación	58
Tabla 17 — Estructura de precios unitarios perforación con maquina Jack Leg y	60
Tabla 18 — Precios unitarios para roca media	61
Tabla 19 — Precios unitarios de instalación de perno helicoidal de 7' x 19 mm	65
Tabla 20 — Precios unitarios de instalación de malla electrosoldada de 4" x 4"	67
Tabla 21 — Programación de avance 2023	69
Tabla 22 — Costos operativos antes del diseño optimizado (Mar 2022 – May 2023)	71
Tabla 23 — Costos operativos optimizados tras el diseño – rampa Jerusalén	72
Tabla 24 — Promedio, máximo, mínimo y desviación estándar de los costos operativos	73
Tabla 25 — Resumen de reducción por componente	73
Tabla 26 — Estimación total	74
Tabla 27 — Flujo de caja económico	76
Tabla 28 — Matriz de consistencia	86



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 — Ubicación de la unidad minera	19
Figura 2 — Vías de acceso ruta Abancay – Yauca	20
Figura 3 — Vías de acceso ruta Ayacucho – Yauca	21
Figura 4 — Vías de acceso ruta Yauca – Proyecto	21
Figura 5 — Explotación de mineral en vetas angostas	26
Figura 6 — Organigrama de la empresa minera FIDAMI S.A.	28
Figura 7 — Costos actuales asociados a la rampa Jerusalén	40
Figura 8 — Jumbo Sanvik	50
Figura 9 — Scoop Cat 4 YD3	51
Figura 10 — Cuadrilla de trabajo para la rampa	54
Figura 11 — Malla de perforación en frente de (4x4 m) con EMULEX - rampa Jerusalén	59
Figura 12 — Reducción porcentual por componente	74
Figura 13 — Plano de conceciones	87
Figura 14 — Plano de rampa Jerusalén	88
Figura 15 — Malla de perforación en roca mala sección 2.40 m x 2.40 m	89
Figura 16 — Malla de perforación en roca regular sección 2.40 m x 2.40 m	90
Figura 17 — Malla de perforación en roca buena sección 2.40 m x 2.40 m	91
Figura 18 — Malla de perforación en roca buena sección 2.70 m x 2.70 m	92
Figura 19 — Malla de perforación en roca mala sección 2.70 m x 2.70 m	93

INTRODUCCIÓN

La optimización de costos operativos en proyectos mineros es esencial para mejorar la competitividad y sostenibilidad en un sector caracterizado por sus elevados gastos y alta complejidad técnica. En este marco, el diseño y construcción de rampas de acceso se vuelve un aspecto clave, ya que permite una circulación más rápida y segura de maquinaria y materiales, disminuyendo los tiempos de traslado y, con ello, el consumo de combustible y el desgaste de los equipos. Esta investigación tiene como objetivo analizar cómo el diseño de la rampa Jerusalén, ubicada en la empresa minera FIDAMI SA, en Ayacucho, Perú, puede contribuir a disminuir los costos operativos del proyecto.

En el ámbito de la minería, el diseño de las vías internas de transporte impacta directamente en la productividad, especialmente en operaciones subterráneas. Las rampas bien estructuradas no solo optimizan los tiempos de traslado, sino también mejoran el flujo continuo de las actividades diarias. Una rampa eficiente incrementa la seguridad, mejora la operatividad y contribuye al cuidado de los equipos, extendiendo su vida útil y reduciendo gastos a largo plazo. En este sentido, FIDAMI SA se enfrenta al reto de aprovechar mejor sus recursos y mantener una mejora constante, lo que convierte este análisis en una oportunidad para aportar soluciones estructurales con enfoque sostenible.

Para desarrollar este estudio, se utilizó un enfoque no experimental que permitió evaluar los beneficios del diseño de la rampa en la disminución de costos operativos. Se tomaron en cuenta variables como los tiempos de desplazamiento, costos de mantenimiento de equipos y consumo de combustible. Además del análisis técnico realizado, el estudio ofrece sugerencias útiles para el diseño de futuras infraestructuras dentro de la empresa, aportando también al conocimiento general de la industria minera en relación con prácticas más eficientes.

RESUMEN

La presente investigación abordó como problemática principal los altos costos operativos vinculados a la rampa Jerusalén de la mina FIDAMI S.A., los cuales afectaban de forma directa tanto la rentabilidad como la eficiencia de las operaciones mineras. El objetivo fue optimizar los costos operativos mediante el diseño y construcción de la rampa Jerusalén en la empresa minera FIDAMI S.A. Para ello, se aplicó una metodología de tipo aplicada, con nivel explicativo y diseño no experimental. Esta comprendió el análisis de los costos actuales, la formulación del diseño de la rampa y una evaluación económica de la inversión requerida, todo ello sustentado en información técnica y operativa de la unidad minera. Los resultados revelaron que la mina tiene una capacidad de tratamiento de 124,300.049 toneladas métricas (TM) con una recuperación del 80% y una ley promedio de oro de 0.668 onzas por TM. El diseño propuesto para la rampa Jerusalén contempló una sección de 4 metros por 4 metros, una pendiente de 12% y una longitud de 1,050 metros, lo que permitió una mejor circulación de equipos y una disminución significativa en los tiempos improductivos. Asimismo, el análisis económico estimó un costo por metro excavado de S/ 1,447.69, con un gasto operativo mensual de S/ 60,745.86, reduciendo el costo promedio mensual en S/ 17,840.32, equivalente a una disminución del 21.3%, con una inversión total proyectada de S/ 1,278,957.75. Se concluyó que la implementación de esta infraestructura optimiza la eficiencia en el acarreo, reduce costos de transporte y mejora la rentabilidad de la mina.

Palabras clave: *Construcción, costos, diseño, proceso minero, rampa.*

ABSTRACT

The main problem of this research was the high operating costs associated with the Jerusalem ramp at the FIDAMI S.A. mine, which directly affected both the profitability and efficiency of mining operations. The objective was to optimize operating costs through the design and construction of the Jerusalem ramp at empresa minera FIDAMI S.A. For this purpose, an applied methodology was applied, with explanatory level and non-experimental design. This included the analysis of current costs, the formulation of the ramp design and an economic evaluation of the required investment, all supported by technical and operational information of the mining unit. The results revealed that the mine has a treatment capacity of 124,300.049 metric tons (MT) with a recovery of 80% and an average gold grade of 0.668 ounces per MT. The proposed design for the 300 NE Ramp contemplated a section of 4 meters by 4 meters, a slope of 12% and a length of 1,050 meters, which allowed a better circulation of equipment and a significant decrease in non-productive times. Likewise, the economic analysis estimated a cost per excavated meter of S/ 1,447.69, with a monthly operating expense of S/ 60,745.86, and a total projected investment of S/ 1,278,957.75. It was concluded that the implementation of this infrastructure optimizes hauling efficiency, reduces transportation costs and improves the mine's profitability.

Keywords: *Construction, costs, design, mining process, ramp.*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

A nivel internacional, un desafío en el ámbito de la minería es la construcción y diseño de rampas en las minas. Una rampa se define como un camino inclinado que conecta diferentes niveles, donde un nivel se refiere a un conjunto de bloques que se encuentran a la misma altura o profundidad. En este contexto, se puede conceptualizar una rampa como una serie de bloques adyacentes que inicia en un nivel y finaliza en otro más bajo (Molina, 2019).

A nivel nacional se llevó a cabo un estudio técnico-económico para evaluar la viabilidad de construir una nueva rampa en el proyecto Yumpag, con el objetivo de continuar las exploraciones del Cuerpo Tomasa y extraer minerales del cuerpo Camila. La rampa existente tiene dimensiones de 3.0 m x 3.0 m y 100 metros de longitud, pero se decidió ampliarla a 4.5 m x 4.5 m y 2350 metros de longitud, denominada rampa Yumpag, con una pendiente del 12%.

La excavación se realizó mediante el método de sección completa, utilizando un equipo de perforación específico, y se diseñará la malla de perforación con un enfoque matemático. Se estudió el sostenimiento adecuado, que incluirá Shotcrete con fibra metálica y pernos helicoidales. También se simuló el circuito de ventilación para cumplir con los requerimientos de aire. La viabilidad del proyecto se determinó mediante un análisis de costo-beneficio que abarcó diversos costos operativos, concluyendo que el proyecto es factible (Gomez Mendoza, 2021).

Tomando en consideración los antecedentes revisados, la presente investigación se desarrolla en la empresa minera FIDAMI S.A., ubicada en la región Ayacucho, donde se ha identificado una problemática asociada al diseño de la rampa Jerusalén, infraestructura clave para el transporte de mineral, desmonte y materiales. El diseño actual de esta rampa,



concebido bajo condiciones operativas distintas a las vigentes, no responde de manera eficiente a las exigencias actuales del sistema de transporte interno.

Las deficiencias del diseño, principalmente relacionadas con el trazo y la pendiente, afectan el desempeño de los equipos de transporte, reducen las velocidades de acarreo e incrementan los tiempos de operación, lo que se traduce en mayores costos por tonelada transportada, desgaste acelerado de la infraestructura y aumento de los riesgos operacionales.

Ante esta situación, se hace necesario desarrollar un diseño de rampa optimizado que permita mejorar la eficiencia del transporte interno, reducir los costos operativos y fortalecer las condiciones de seguridad, contribuyendo a la sostenibilidad y competitividad de la empresa minera FIDAMI S.A.

1.2 Enunciado del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo se optimizarán los costos operativos mediante el diseño y construcción de la rampa Jerusalén en la empresa minera FIDAMI S.A.?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo afectan los costos operativos actuales asociados a la rampa Jerusalén en la rentabilidad de la empresa minera FIDAMI S.A.?
- ¿Cómo puede el diseño optimizado de la rampa mejorar la eficiencia operativa?
- ¿Qué impacto tendría la construcción de la rampa en la reducción de costos y tiempos operativos en la empresa minera FIDAMI S.A.?

1.3 Justificación de la investigación

La continuidad operativa de la empresa minera Fidami S.A. depende directamente de la expansión en profundidad de sus labores subterráneas, lo cual requiere el desarrollo constante de nuevas infraestructuras mineras, tales como cruceros, chimeneas, galerías, cámaras de acumulación, refugios, rampas y by passes. Por ello, surge la investigación, cuyo objetivo central es facilitar el acceso a los recursos minerales ubicados por debajo del Nivel -1945 de la mina Veta Ana, mediante un plan de minado que considere las leyes del mineral, los volúmenes de extracción y los precios de mercado.

Para lograr dicho acceso, se plantea la continuidad de la rampa Jerusalén, la cual permitirá conectar los niveles inferiores comprendidos entre -2220 y -1945. Esta labor minera será clave en el Proyecto de Profundización de la rampa Jerusalén, ya que facilitará el transporte eficiente del mineral y del desmonte hacia la superficie.

La ejecución de esta rampa resulta estratégica para asegurar el desarrollo sostenido de las operaciones subterráneas, al permitir una extracción más eficiente y mecanizada. Con ello, se espera optimizar los procesos de minado, incrementar los niveles de producción y mejorar significativamente la productividad general de la unidad operativa.



CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.1.1 Objetivo general

Optimizar los costos operativos mediante el diseño y construcción de la rampa Jerusalén en la empresa minera FIDAMI S.A.

2.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar los costos operativos actuales asociados a la rampa Jerusalén en la rentabilidad de la empresa minera FIDAMI S.A.
- Diseñar una rampa optimizada para mejorar la eficiencia en las operaciones mineras.
- Estimar el impacto de la construcción de la rampa en la reducción de los costos y tiempos operativos en la empresa minera FIDAMI S.A.

2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.1 Hipótesis general

- Hipótesis alterna: El diseño y construcción de la rampa Jerusalén de la empresa minera FIDAMI S.A, optimizará los costos operativos.
- Hipótesis nula: La reducción de tiempos y costos de operación en el diseño y construcción de la rampa Jerusalén no optimizará los costos operativos de la empresa minera FIDAMI S.A.

2.1.1 Hipótesis específicas

- La evaluación de los costos actuales asociados a la rampa Jerusalén permitirá identificar ineficiencias que afectan negativamente la rentabilidad de la empresa minera FIDAMI S.A.
- El diseño optimizado de la rampa mejorará la eficiencia en las operaciones mineras.
- La construcción de la rampa Jerusalén tiene un impacto positivo en la reducción de costos y tiempos operativos en la empresa minera FIDAMI S.A.

2.3 Operacionalización de variables

2.3.1 Variables

- Independiente: Diseño y construcción de la rampa Jerusalén.
- Dependiente: Optimización de costos operativos.

2.3.2 Definición operacional

- **Variable independiente:** Se refiere a las características estructurales, dimensiones y métodos de excavación de la rampa, que se espera que impacten en la eficiencia operativa y los costos.
- **Variable dependiente:** Se refiere a Incluir todos los costos asociados al transporte de materiales, como los costos de perforación, voladura, mantenimiento, limpieza y energía. Se espera que una rampa optimizada reduzca estos costos.



Tabla 1 — Operacionalización de las variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidades
Variable independiente: Diseño y construcción de la rampa Jerusalén	Fase de diseño	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de diseño • Presupuesto de diseño 	Días Soles
	Fase de construcción	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de construcción • Costo de materiales • Porcentaje de avance 	Días Soles %
	Fase de operación	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad operativa de la rampa • Incremento en la productividad • Tiempo de vida útil 	t/día % Años
Variable dependiente: Optimización de costos operativos	Costos y mantenimiento de la rampa	<ul style="list-style-type: none"> • Costos anuales • Frecuencia de mantenimiento • Costo por reparación 	Soles N° intervenciones Soles
	Reducción de tiempos operativos	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo promedio de traslado • Porcentaje de reducción de tiempo 	Minutos %
	Características del terreno	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia del terreno • Pendiente de rampa • Espesor de materiales 	KPa Grados Metros



CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

a) Antecedentes internacionales

Sanhueza (2024), en Chile, abordó por objetivo desarrollar dos algoritmos heurísticos para optimizar la ubicación de redes de caminos o rampas en minas a cielo abierto, con la finalidad de minimizar los costos de construcción y excavación. El estudio se desarrolló bajo una metodología de diseño experimental aplicado sobre dos modelos de bloques públicos: Marvin con 53,271 bloques y Mclaughlin con 270,919 bloques, donde se realizaron 3 experimentos por modelo variando la ubicación de terminales. Como técnica de análisis se implementaron algoritmos en Python basados en heurísticas: Minimum Spanning Tree Heuristic (MSTH) y Shortest Path Heuristic (SPH), considerando restricciones de pendiente y precedencia vertical. Se utilizaron indicadores de costo (en millones de dólares) y tiempo de ejecución (segundos). En los resultados, se evidenció que el algoritmo SPH permitió construir redes 45% más económicas que el MSTH (ej. experimento 3 modelo Marvin: SPH = 163 MUSD vs MSTH = 237 MUSD), aunque con tiempos mayores (1,432 s vs 699 s), mientras que en el modelo Mclaughlin, SPH logró una red con 34% menos costo (16 MUSD vs 22 MUSD en Set 1), aunque con 28% más tiempo. Además, ambos algoritmos resolvieron modelos de decenas de miles de bloques en menos de 30 minutos, destacando la robustez del SPH frente a la rapidez del MSTH. Se concluye que el diseño automatizado de rampas mediante heurísticas reduce significativamente los costos operativos y mejora la eficiencia en la planificación minera.

Trigo (2024), en Chile, estableció por objetivo optimizar los costos operativos en el proyecto de construcción de la rampa de conectividad del Nodo 3500 mediante el análisis e implementación de mejoras en el ciclo de carguío y transporte en la División Andina de Codelco, ubicada en Los Andes. La metodología empleada se centró en evaluar el ciclo minero a través de parámetros como material transportado

por hora, costos operativos y costo por tonelada. La población estuvo constituida por los registros operacionales del frente 2 de la galería subterránea, y la muestra se enfocó en los turnos que evidenciaron excesos de marina. En los resultados, se identificó una mejora significativa al implementar un scooptram en lugar del equipo dumper, lo cual redujo los costos operativos en un 17%, pasando de \$15,000 a \$12,450 USD mensuales, y aumentó la eficiencia del ciclo de carguío en un 23%. Además, se logró recuperar el ciclo operativo acordado de 6 horas, reduciendo el tiempo promedio a 5.4 horas por ciclo. La correlación de Spearman entre el tipo de equipo y la eficiencia del ciclo arrojó un rho de 0.81, evidenciando una fuerte relación positiva. Finalmente, se concluye que la propuesta de mejora optimiza de forma efectiva los recursos humanos y económicos, asegurando la continuidad del proyecto sin afectar su sostenibilidad.

Noboa (2021), en Ecuador, abordó por objetivo optimizar los costos operativos mediante el diseño y construcción de una rampa de acceso para la explotación del dominio este del depósito VMS “El Domo”, ubicado en el cantón Las Naves. La metodología fue de carácter aplicada, sustentada en análisis de laboratorio, logeos geomecánicos y modelamiento 3D, con base en clasificaciones RMR y Q, empleando software especializado para análisis tenso-deformacionales. La población considerada fue el entorno geológico del trazado de la rampa y la muestra incluyó estaciones geomecánicas a lo largo del recorrido. En cuanto a los resultados, se determinó que al aplicar el sostenimiento adecuado se garantizó un 100% de estabilidad física durante la construcción, reduciendo el riesgo operativo y aumentando la eficiencia operativa en un 65%. Se registró una clasificación RMR promedio de 55 puntos, equivalente a calidad de roca “Regular” y un índice Q de 10,2; además, el análisis mostró una mejora de hasta 48% en la vida útil del sostenimiento con reducción de costos estimada en 9.500 USD por jornada de operación. Se concluye que el diseño del sostenimiento optimizado impacta significativamente en la reducción de costos y mejora la seguridad operativa minera.

b) Antecedentes nacionales

Valeriano (2024), en su tesis abordó por objetivo diseñar y construir la rampa (-)8524 para acceder a la zona mineralizada Mercedes en la unidad minera San Juan de



Chorunga, ubicada en Perú. El estudio se desarrolló bajo una metodología de diseño no experimental, donde se implementó un sistema de semi-mecanización minera. La población comprendió la zona Mercedes y la muestra estuvo representada por el proyecto de construcción de la rampa de 1160 metros de longitud y 4x4 metros de sección. Se utilizaron como instrumentos los costos reales y proyecciones económicas. Entre los resultados más significativos se evidencia un incremento de producción mensual a 900 toneladas, representando una mejora del 69% respecto al sistema convencional. El costo total de ejecución de la rampa fue de US\$ 2,097,888.42. Desde el punto de vista económico, se alcanzó un Valor Actual Neto (VAN) positivo de S/ 8,679,783.93, una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 51.60%, y una relación Beneficio/Costo (B/C) de 1.82, lo cual indica una rentabilidad significativa. Además, el costo de limpieza por metro fue de \$214.95 y el costo por hora de operación fue de \$731.05. En conclusión, la implementación de la rampa optimizó considerablemente los costos operativos, mejoró las condiciones de trabajo y permitió una mayor eficiencia en la producción minera.

Quispe (2024), en su tesis estableció por objetivo determinar la evaluación técnica y económica para establecer la prefactibilidad del diseño y construcción de la rampa 567, destinada a la explotación de las vetas Norita y Mary en la mina Carahuacra, ubicada en Junín, Perú. La metodología fue de tipo aplicada, no experimental, con un nivel descriptivo-explicativo. La población estuvo conformada por minas subterráneas con rampas, y la muestra fue el diseño y construcción específica de la rampa 567. En cuanto a los resultados, se evidenció que el diseño de la rampa permitió una optimización significativa de los costos operativos: el análisis beneficio/costo (B/C) alcanzó un valor de 49.76, lo que demuestra alta rentabilidad del proyecto. Asimismo, se logró determinar que la construcción tendría un tiempo de ejecución de 4 meses y que la capacidad de producción mejoró hasta 1,350,000 TM/año, un incremento del 672.5 % respecto al 2010. En términos económicos, el costo total de ejecución de la rampa ascendió a S/ 7,217,272.64, mientras que el valor estimado de las reservas probadas y probables superó los 2.6 millones de toneladas de mineral con leyes de 2.51 Oz Ag, 5.19% Zn, 0.82% Pb y 0.17% Cu, datos que sustentan la viabilidad técnica y económica del proyecto. Se concluye que la ejecución del diseño de la rampa no solo facilitó el acceso a nuevas vetas, sino que



también permitió un aprovechamiento más rentable y sostenible de los recursos minerales.

Sulca (2024), abordó por objetivo optimizar los costos operativos mediante el diseño y construcción de una rampa negativa en la Unidad Minera Raúl 40, perteneciente a la Empresa Procesadora Costa Sur S.A.C. en Perú. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental y de tipo aplicada; la población estuvo constituida por las operaciones mineras en dicha unidad, y se tomó como muestra el proceso de acarreo en el nivel 1780. En los resultados se evidencia que, con la implementación de la rampa, se logró una disminución del 13.71% en los costos operativos totales (pasando de S/ 366,561.60 a S/ 316,194.40) y se aumentó la producción mensual en un 31.93%, de 3,600 TM a 4,750 TM. Asimismo, el análisis estadístico reportó una correlación de Spearman de 0.877 entre la construcción de la rampa y la reducción de costos, lo cual indica una asociación positiva alta. También se registró una mejora significativa en la eficiencia de transporte, reduciendo el tiempo promedio de acarreo de 45 a 30 minutos. En conclusión, el estudio confirma que la implementación de infraestructura subterránea como la rampa negativa contribuye de manera significativa a la reducción de costos operativos y al incremento de la productividad minera.

c) Antecedentes locales

Buendía (2025), abordó por objetivo determinar la optimización de la perforación y voladura en la construcción de la rampa negativa 7300 en la unidad minera Inmaculada, en Ayacucho. Se aplicó una metodología de tipo aplicada, nivel explicativo y diseño experimental. La muestra estuvo conformada por la labor minera RP(-)7300, y se emplearon como instrumentos hojas de Excel, AutoCAD y ArcGIS para recolectar y analizar datos geomecánicos y de voladura. Entre los resultados más significativos se encontró que la implementación del nuevo diseño de malla de perforación redujo el número de taladros cargados de 43 a 41 y la longitud perforada por disparo de 229.68 m a 221.76 m, logrando un ahorro de 7.92 m. Asimismo, el factor de carga lineal disminuyó de 37.32 kg/m a 32.8 kg/m y la sobrerotura se redujo del 19.70% al 8.30%. La eficiencia del avance por disparo aumentó de 3.10 m a 3.39 m, y el costo unitario se redujo de 359.69 \$/m a 304.72 \$/m, generando un ahorro de 54.97 \$/m. Estos resultados demuestran que la optimización propuesta influyó de

manera positiva en la construcción de la rampa, mejorando tanto la eficiencia operativa como reduciendo significativamente los costos operativos.

Arocutipá (2022), tuvo por objetivo optimizar los costos operativos mediante el diseño y construcción de una rampa para el área de recepción de materiales en la empresa Comersa E.I.R.L., ubicada en Perú. La metodología empleada fue de tipo aplicada con enfoque cuantitativo y diseño no experimental, utilizando como población a los trabajadores de la empresa y como muestra a los operarios del área logística. Los instrumentos fueron fichas de observación y registros de tiempos. En los resultados, se evidenció que la construcción de la rampa generó una reducción significativa en el tiempo de descarga, pasando de 40 a 20 minutos por camión, lo que representa una mejora del 50%. Además, según el análisis estadístico realizado mediante el coeficiente de correlación de Pearson, se obtuvo un valor de $r = 0.913$, indicando una correlación muy fuerte entre la implementación de la rampa y la disminución de los costos operativos. Asimismo, el alfa de Cronbach fue de 0.878, validando la fiabilidad del instrumento utilizado. En cuanto a los costos, se logró una disminución mensual de S/. 2,640.00, representando un ahorro del 35% respecto al costo anterior. En conclusión, el diseño e implementación de la rampa tuvo un impacto positivo en la eficiencia operativa de la empresa, reduciendo tiempos, costos y mejorando el flujo logístico.

Martínez (2021), la investigación tuvo como objetivo optimizar los costos operativos mediante el diseño y construcción de la rampa 524 en la mina Catalina Huanca, ubicada en Canaria, Ayacucho, implementando el sostenimiento mecanizado con perno expansivo Python. Se desarrolló en Perú, con una metodología aplicada de enfoque cuantitativo. En los resultados, se destaca que el perno expansivo alcanzó una capacidad de soporte en pruebas Pull Test de hasta 16 toneladas y frente a fuerzas axiales de cuñas de 3.62 toneladas logró un factor de seguridad de 1.93, superando el estándar de OSINERGMIN (1.5). Además, el uso del perno expansivo permitió un ahorro económico de 1936.20 dólares en comparación con el perno helicoidal, cuya diferencia por unidad fue de 0.84 dólares. Asimismo, la implementación de la empernadora Hammer Bolt Klef agilizó el proceso de instalación, volviéndolo más eficiente. En términos de convergencia, las rampas 185 y 490, al utilizar el perno Split Set, presentaron un riesgo medio, lo cual generó costos adicionales. Finalmente,



se concluye que el uso del perno expansivo Python representa una solución técnica y económica viable para la optimización de los costos operativos en la construcción de rampas subterráneas.

3.2 Marco teórico

3.2.1 Fundamentos teóricos

3.2.1.1 Fase de diseño

Esta fase es fundamental para definir las especificaciones, métodos y estrategias que reduzcan gastos sin comprometer la calidad del proyecto. Diversas investigaciones han explorado cómo esta fase permite detectar ineficiencias y desarrollar estrategias para aumentar la eficiencia en el uso de recursos y en los procesos dentro de proyectos industriales y de infraestructura. Específicamente, las empresas han decidido evaluar, en esta etapa, factores de viabilidad y requisitos de infraestructura que impactan directamente en la gestión de costos y en el rendimiento.

Las investigaciones recientes destacan la importancia de que esta fase incluya un análisis detallado de los materiales, métodos de construcción y tiempos necesarios, dado que las decisiones iniciales influyen significativamente en los costos operativos a largo plazo. Estos esfuerzos de planificación permiten que el diseño sea tanto funcional como económicamente viable, generando un impacto favorable en la sostenibilidad financiera de la organización (BDO Argentina, 2023).

3.2.1.2 Fase de construcción

La etapa de construcción es un momento crucial en el desarrollo de cualquier proyecto de infraestructura, incluyendo la edificación de rampas en empresas mineras. Esta fase consiste en la implementación práctica de los planos y diseños previamente elaborados, garantizando que el proyecto se realice conforme:

a) Planificación y gestión de recursos

Una planificación detallada es esencial para evitar problemas durante la construcción. Esto incluye la correcta asignación de



materiales, mano de obra y equipos, así como la programación de actividades para minimizar tiempos de inactividad y retrasos.

b) Digitalización de mano de obra

La implementación de tecnologías como el Modelado de Información de Construcción (BIM) y la digitalización de procesos pueden mejorar la precisión y eficiencia en la construcción. Estas herramientas permiten la visualización de conflictos antes de la construcción, optimizando así el uso de recursos y reduciendo costos (Schimmer, 2020).

c) Optimización de mano de obra

La capacitación continua del personal y la correcta gestión de horarios son fundamentales para maximizar la productividad y minimizar errores. La subcontratación de ciertas tareas también puede ser una estrategia eficaz para reducir costos.

d) Control y seguimiento

Utilizar software de gestión de proyectos permite un monitoreo constante de los avances y los gastos. Esto facilita la identificación temprana de desviaciones del presupuesto y la toma de decisiones correctivas en tiempo real (Eigo construcciones, 2020).

3.2.1.3 Fase de operación

La fase de operación implica la supervisión de los recursos humanos, el mantenimiento de la infraestructura y la maquinaria, y la implementación de estrategias de optimización, que incluyen el monitoreo del uso de materiales, la reducción de tiempos de inactividad y la mejora continua de los procesos operativos. Las metodologías utilizadas en esta fase incluyen la automatización, el análisis de datos en tiempo real, la mejora de procesos y la asignación eficiente de personal y recursos.



3.2.1.4 Costos y mantenimiento

Los costos y mantenimientos en la minería son componentes críticos para la eficiencia operativa y la rentabilidad de las empresas mineras.

Los costos se refieren a los gastos incurridos durante las operaciones mineras, que incluyen la adquisición de equipos, la mano de obra, el transporte y la energía, así como los costos asociados con el mantenimiento y las reparaciones. Un manejo eficiente de los costos permite a las empresas optimizar sus recursos y maximizar su rentabilidad por otro lado el mantenimiento se refiere a las acciones necesarias para mantener y reparar los equipos y sistemas utilizados en las operaciones mineras. Hay varios tipos de mantenimiento, entre los que se incluyen el mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo.

La implementación de tecnologías avanzadas de mantenimiento puede contribuir significativamente a la reducción de costos operativos al optimizar la utilización de los equipos y minimizar el tiempo de inactividad. Los sistemas de gestión de mantenimiento permiten llevar a cabo un seguimiento de los costos asociados a cada equipo, facilitando la planificación y la toma de decisiones estratégicas sobre la compra y el retiro de activos (Bussines, 2023).

3.2.1.5 Reducción de tiempos operativos

La reducción de tiempos operativos se refiere a la estrategia de disminuir el tiempo necesario para realizar las tareas y procesos dentro de una organización, lo cual puede llevar a una mejora significativa en la eficiencia y en la reducción de costos. En el contexto de la minería y otras industrias, este enfoque es esencial para maximizar la productividad y minimizar los gastos operativos.

3.2.1.6 Características del terreno

Las características del terreno se refieren a los aspectos físicos y geológicos de una superficie terrestre que pueden influir en el diseño y ejecución de proyectos, especialmente en áreas como la minería, la

construcción y la ingeniería civil. Entre ellas se incluyen la topografía, el tipo de suelo, la geología, la vegetación, las condiciones climáticas y los cuerpos de agua presentes.

En minería, por ejemplo, la calidad del terreno influye directamente en la eficiencia de las operaciones, el manejo de residuos y el impacto ambiental. Un análisis adecuado de las características del terreno es crucial para la implementación de medidas de sostenibilidad y la prevención de riesgos. Por ejemplo, la Fundación Minería Responsable ha destacado la importancia de realizar un monitoreo constante de la calidad del agua y el manejo de materiales peligrosos, que depende en gran medida de las condiciones del terreno en las áreas mineras (RMF, 2020).

3.2.1.7 Desarrollo de la propuesta

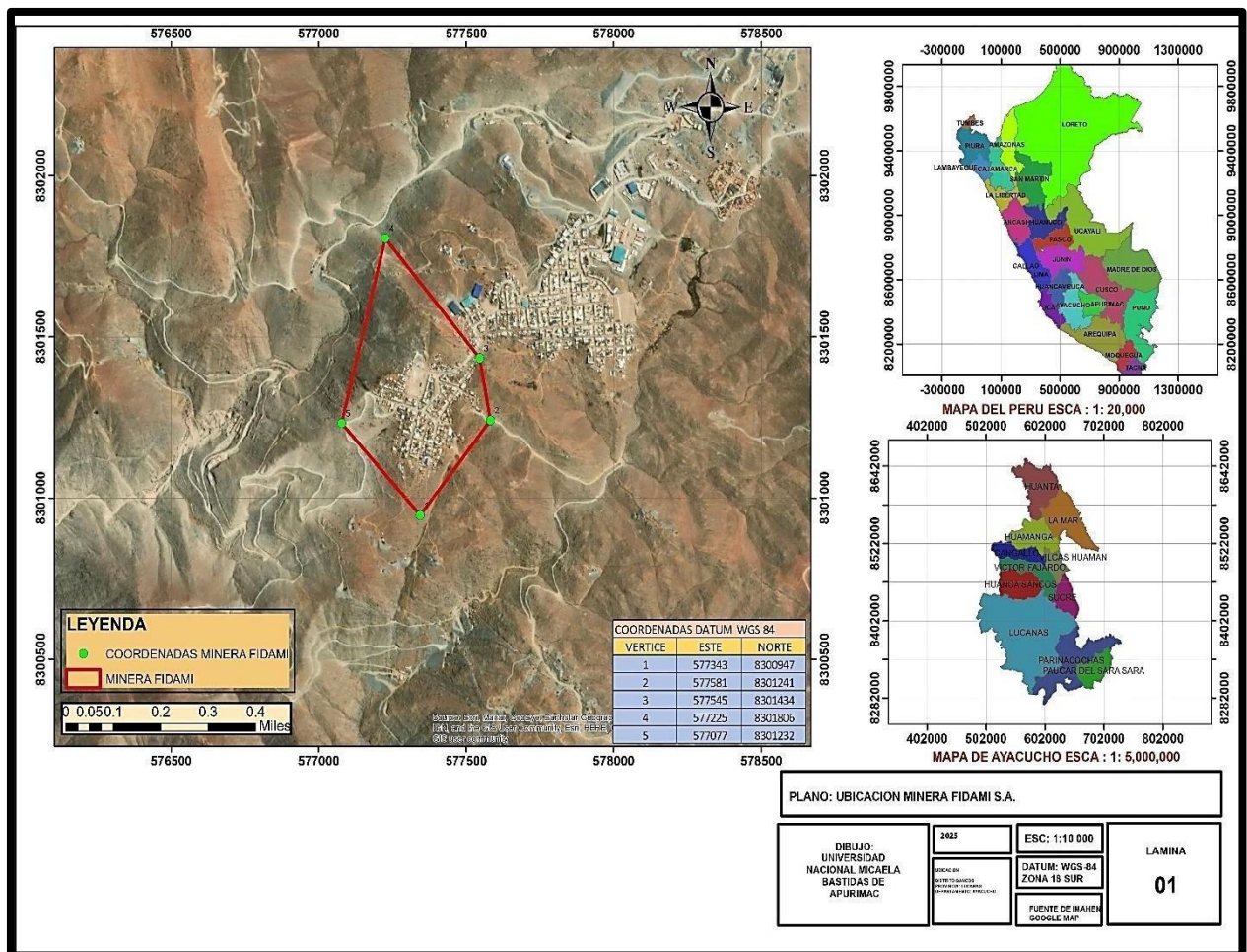
En el contexto de la minería, el desarrollo de una propuesta para proyectos como la construcción de una rampa, debe incorporar varios factores claves: la selección del diseño adecuado, la estimación de costos, los plazos de ejecución, y los recursos técnicos y humanos necesarios. Además, es importante considerar aspectos económicos y de sostenibilidad, alineando los objetivos del proyecto con las normativas locales y la viabilidad técnica y financiera (Richani, 2024).

3.2.2 Rampa Jerusalén en la empresa minera FIDAMI S.A.

3.2.2.1 Ubicación

El yacimiento minero de FIDAMI se ubica en el flanco oeste de la Cordillera Occidental, en la parte meridional de la provincia de Lucanas, Dpto. de Ayacucho, en las cabeceras del río Yauca. Coordenadas centrales UTM 8'300,851N y 577,554E, entre las cotas 2,424 y 2,206 m.s.n.m.





FUENTE: Elaboracion propia.

Figura 1 — Ubicación de la unidad minera

3.2.2.2 Accesibilidad

La empresa minera FIDAMI S.A. cuenta con una ruta de acceso principal a través de la carretera Panamericana Sur. El trayecto inicia en Lima y se extiende hasta el distrito de Yauca, cubriendo una distancia aproximada de 583 kilómetros. Desde Yauca, el recorrido continúa hacia el distrito de Jaqui, sumando 27 kilómetros adicionales sobre carretera asfaltada. Finalmente, desde Jaqui hasta la unidad minera, el acceso se realiza mediante una vía afirmada con una extensión de 33 kilómetros.

Tabla 2 — Rutas de acceso a la empresa minera FIDAMI S.A.

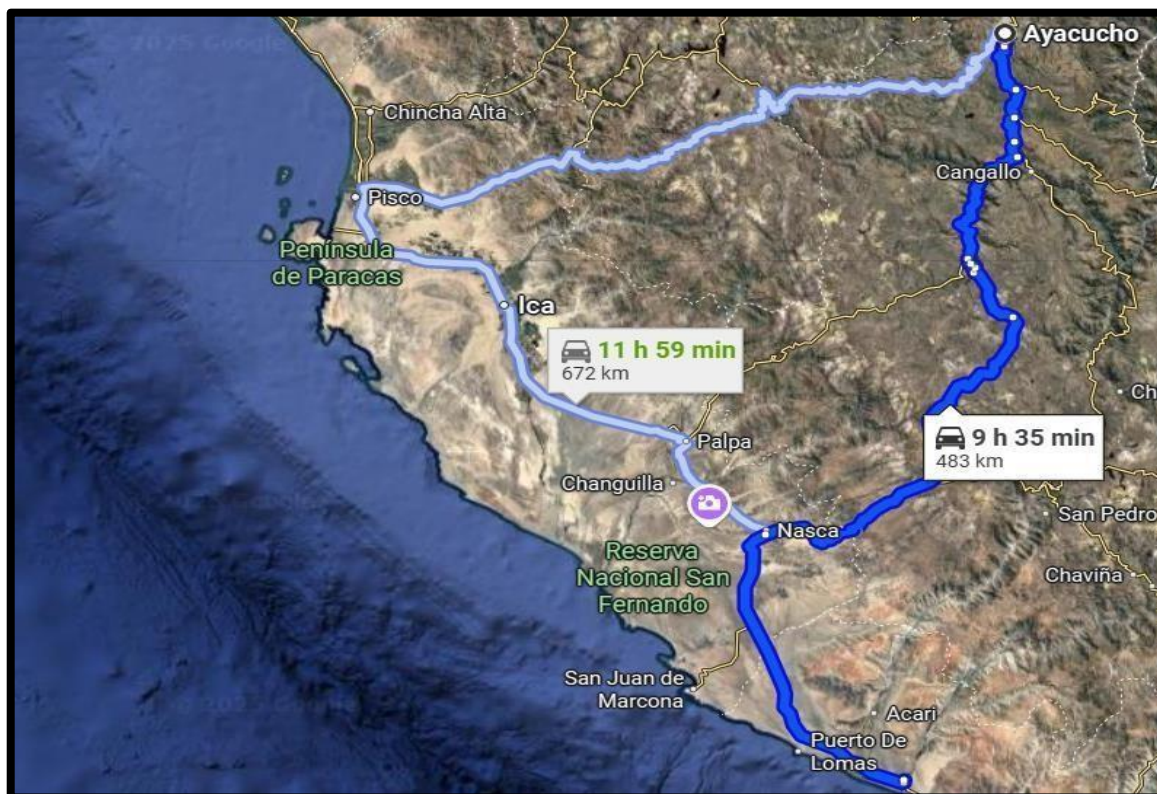
Ruta	Distancia (km)	Tipo de vía	Tiempo estimado	Medio de transporte
Abancay – Yauca	583	Carretera asfaltada	10.5 horas	Camioneta
Ayacucho – Yauca	483	Carretera asfaltada	9.5 horas	Camioneta
Yauca – Jaqui	27	Carretera asfaltada	35 minutos	Camioneta
Jaqui – Mina	33	Vía afirmada	1 hora	Camioneta

FUENTE: Elaboración propia.



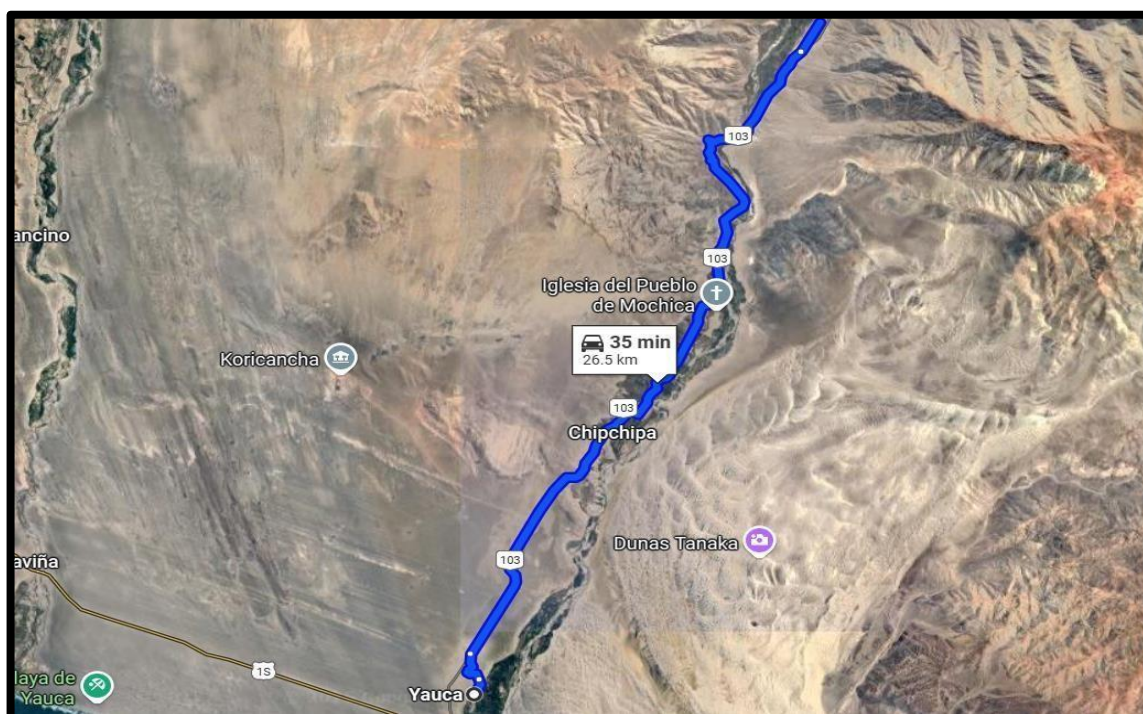
FUENTE: Elaboración propia.

Figura 2 — Vías de acceso ruta Abancay – Yauca



FUENTE: Elaboración propia.

Figura 3 — Vías de acceso ruta Ayacucho – Yauca



FUENTE: Elaboración propia.

Figura 4 — Vías de acceso ruta Yauca – Proyecto

3.2.2.3 Geografía

El área de estudio se encuentra dentro de una unidad geomorfológica que forma parte de la región Subandina, caracterizada por una topografía suavemente ondulada producto de procesos de erosión prolongados. Se presume que la formación de estas superficies comenzó en el Terciario Medio, a una altitud considerablemente menor a la actual, en un contexto de influencia marina. Con el tiempo, la actividad tectónica y la intensa erosión exhumaron afloramientos del Batolito de la Costa, los cuales hoy se encuentran parcialmente cubiertos por depósitos cuaternarios en sectores restringidos.

En términos altitudinales, el relieve presenta una cota mínima de 1,305 msnm, correspondiente al lecho del río en la localidad de Laytaruma, y una cota máxima de 2,452 msnm, ubicada en el sector denominado San Luis, al noreste del área de operación minera de la empresa minera FIDAMI S.A., según registros topográficos regionales.

3.2.2.4 Hidrografía

Los principales ríos de la zona son el Acarí y el Yauca. El río Acarí nace en Puquio y recorre aproximadamente 32 km dentro del área de estudio, aunque presenta un caudal reducido. Por su parte, el río Yauca se origina en la laguna de Ancascocha, en el distrito de Chaviña, y a lo largo de su trayecto adopta distintos nombres: Sangarara en su curso superior, Lampalla en el tramo medio y Yauca en su curso inferior hasta su desembocadura. Entre sus afluentes destacan, por la margen derecha, los ríos Puchcoyaco, Huilcane, Para, Sancos y Pararmayo; mientras que por la margen izquierda recibe a los ríos Tastamayo, Acros, Tampa y Acaville, este último con caudal únicamente en temporada de lluvias.

El proyecto se ubica en la cuenca hidrográfica detallada en el siguiente cuadro:



Tabla 3 — Ubicación de la cuenca hidrográfica del proyecto

Región hidrográfica	Cuenca hidrográfica	Subcuenca hidrográfica
Pacifico	Yauca	Acaville
FUENTE: Elaboración propia.		

3.2.2.5 Clima y vegetación

El clima que presenta la zona es seco y cálido, similar al de las zonas desérticas de la costa peruana con escasas precipitaciones pluviales se ha determinado que en los meses de invierno (julio a setiembre) debido al descenso de la temperatura se presenta una densa neblina, ocasionalmente una luminosidad muy baja a diferencia de la mayoría de los otros meses del año en que existe muy buena luminosidad.

Según el estudio de ONERN considera como clima de la zona baja, influenciado por nubes de origen marino con un índice hídrico negativo y precipitaciones reducidas, que no alcanzan para satisfacer las necesidades agrícolas, asimismo presenta temperaturas elevadas con grandes fluctuaciones y baja concentración durante toda la época estival.

De acuerdo al comportamiento térmico se ha establecido que el verano se extiende de diciembre a abril, en períodos normales son superiores de 21° C y de mayo a noviembre 16° C, de temperatura media del 2016 en la localidad de Santa Filomena (SENAMHI).

La clasificación climática de la zona es seco y cálido, similar al de las zonas desérticas de la costa peruana, con temperaturas medias anuales que tienen un máximo de 24 a 27° C y un mínimo de 16 a 17° C. La precipitación pluvial es nula de abril a diciembre y esporádica durante los meses de enero a marzo. Las escasas precipitaciones que eventualmente ocurren se deben al trasvase de las nubes desde la Cordillera Occidental y a la condensación de la humedad del Pacífico.



Según la estación meteorológica de Acarí (zona similar al área del proyecto), la precipitación anual es de 2,1 mm.

Según el estudio de ONERN considera como clima de la zona baja, influenciado por nubes de origen marino con un índice hídrico negativo y precipitaciones reducidas, que no alcanzan para satisfacer las necesidades agrícolas, asimismo presenta temperaturas elevadas con grandes fluctuaciones y baja concentración durante toda la época estival.

Es importante mencionar que en la región ocurren sequías prolongadas y que esporádicamente se presentan lluvias inesperadas que sólo duran algunas horas.

3.2.2.6 Geología regional

La zona presenta rocas metamórficas, sedimentarias, intrusivas y volcánicas desde el Paleozoico hasta el Reciente. Destacan los metasedimentos del Precámbrico, rocas sedimentarias del Mesozoico y el Batolito de la Costa, con unidades litoestratigráficas desde el Jurásico al Cuaternario.

3.2.2.7 Geología local

El área del proyecto se ubica dentro de los cuadrángulos geológicos de Lucanas (30-s) y Coracora (31-s), según la cartografía oficial del INGEMMET. Regionalmente, la zona comprendida desde el litoral hasta la Cordillera Occidental presenta una geología variada, caracterizada por la presencia de unidades metamórficas, ígneas, sedimentarias y volcánicas, cuya cronología abarca desde el Paleozoico Inferior hasta el Reciente. Las formaciones más antiguas corresponden a metasedimentos y secuencias de anfibolitas y gneises del Precámbrico, sobre las cuales se sobreponen en discordancia angular depósitos sedimentarios mesozoicos y secuencias marino-continuales del Terciario.



Estas unidades están intruidas por cuerpos ígneos pertenecientes al Batolito de la Costa, que forman parte fundamental de la estructura geológica regional.

3.2.2.8 Geología económica

Desde el punto de vista de la geología económica, el yacimiento FIDAMI corresponde a un sistema de vetas filonianas con comportamiento lenticular en forma de “rosario”, tanto en sentido horizontal como vertical. Las estructuras mineralizadas se presentan como fallas vetiformes con extensiones de hasta varios centenares de metros, dentro de las cuales se desarrollan “clavos” de mineralización que alcanzan entre 20 y 30 metros de longitud y profundidades de 200 a 300 metros, aunque la continuidad de la mineralización en niveles más profundos aún requiere confirmación geológica.

Las potencias de las vetas varían desde 0.10 a 0.15 m en la Veta Ana, y entre 0.10 a 0.30 m en las zonas más profundas de las vetas Ana y Perica. Se ha identificado una alteración argílica (cuarzo-sericita) caracterizada por su tonalidad blanquecina persistente, la cual constituye un indicador geológico relevante para localizar zonas con valores auríferos. Asimismo, la presencia de alteración propilítica, con una coloración verdosa, sugiere actividad hidrotermal asociada a los conductos de mineralización.

En cuanto a la mineralogía, se han reconocido como minerales de mena: oro, pirita y óxidos de hierro como hematita y limonita; mientras que los minerales de ganga están representados principalmente por cuarzo y carbonatos, incluyendo presencia ocasional de rodonita.



FUENTE: Área de operaciones minera FIDAMI S.A., 2024.

Figura 5 — Explotación de mineral en vetas angostas

El yacimiento aurífero de minera FIDAMI comprende:

- **Formación guaneros (Mesozoico):** Lavas andesíticas, areniscas cuarzosas y diques de pórfido diorítico.
- **Gabros:** Afloramientos en el NE con plagioclasas y hornblendas.
- **Depósitos recientes:** Aluviales y coluviales cubriendo estructuras mineralizadas.
- **Rocas intrusivas:** Destacan la Súper Unidad Linga (monzodioritas) y la Súper Unidad Tiabaya (granodioritas hospedadoras de vetas auríferas).

El yacimiento es filoniano, con vetas lenticulares de oro y pirita. Presenta alteraciones argílicas y propilíticas.

3.2.2.9 Operación mina

a) Métodos de explotación

Minera FIDAMI emplea corte y relleno ascendente con relleno detrítico y circado. En el primer método, el mineral se extrae por

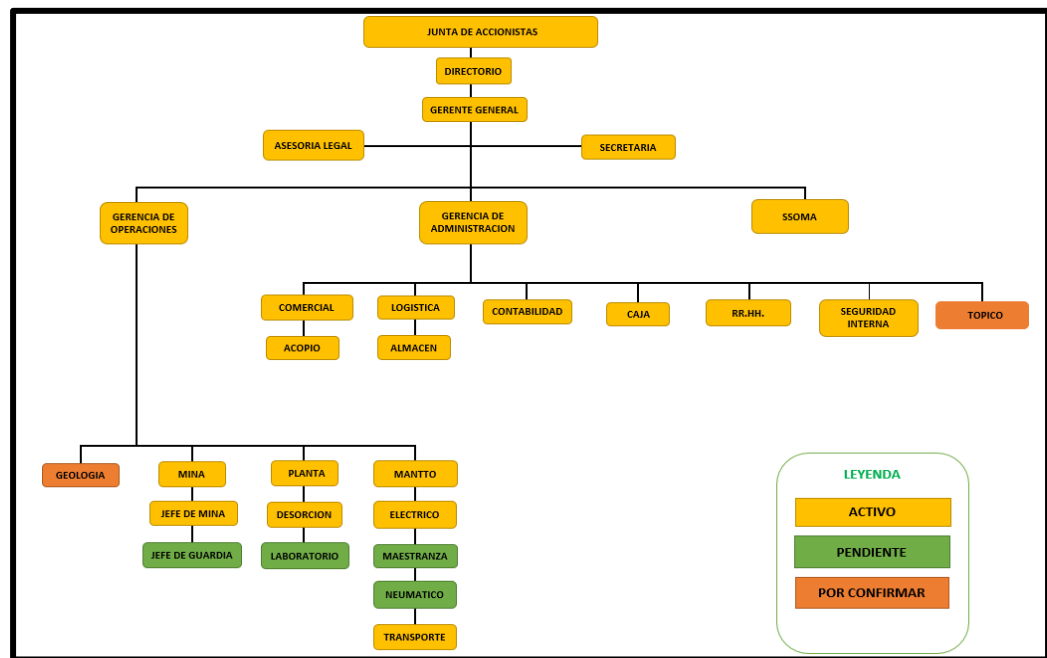
frangas horizontales y se rellena con material estéril. El circado se usa en vetas angostas, asegurando mayor pureza del mineral.

b) Ciclo de minado

Incluye:

- **Preparación:** Desarrollo de galerías y subniveles.
- **Perforación:** Uso de Jackleg y rotomartillos Makita.
- **Voladura:** Uso de explosivos semigelatinosos.
- **Desate de rocas:** Eliminación de fragmentos sueltos.
- **Ventilación:** Garantiza aire limpio.
- **Limpieza:** Extracción manual o semimecanizada.
- **Extracción:** Uso de carros mineros y dumpers.
- **Sostenimiento:** Cuadros de madera y puntales en chimeneas.
- **Acarreo y transporte:** Dependiendo del rendimiento de los equipos.

3.2.2.10 Organigrama de la empresa



FUENTE: Área de administración minera FIDAMI S.A., 2024.

Figura 6 — Organigrama de la empresa minera FIDAMI S.A.

3.3 Marco conceptual

- Avance:** Indicador que mide el progreso de la construcción en relación con el total planificado, expresado en términos porcentuales (Moreno, 2021).
- Construcción:** Periodo en el que se ejecutan las actividades de obra, incluyendo la preparación del terreno, ensamblaje de estructuras y aplicación de materiales (Schimmer, 2020).
- Diseño:** Etapa inicial del proyecto donde se establecen los planos, especificaciones técnicas y requerimientos estructurales antes de la ejecución (Richani, 2024).
- Espesor de materiales:** Dimensión de los elementos constructivos utilizados en la rampa, determinado según los requisitos de carga y durabilidad (Moreno, 2021).
- Frecuencia de mantenimiento:** Periodicidad con la que se realizan inspecciones y acciones de conservación para asegurar el buen estado de la rampa (Richani, 2024).

- f) **Operación:** Etapa en la que la rampa entra en funcionamiento y es utilizada según su propósito diseñado (RMF, 2020).
- g) **Pendiente de rampa:** Inclinación de la superficie de la rampa, expresada en porcentaje o relación de altura y longitud (Moreno, 2021).
- h) **Presupuesto:** Estimación financiera destinada a cubrir los costos asociados con la planificación, estudios previos y desarrollo de los planos del proyecto (Schimmer, 2020).
- i) **Tiempo:** Duración estimada para completar el proceso de planificación y elaboración de los documentos técnicos del proyecto (Richani, 2024).
- j) **Vida útil:** Período estimado en el que la rampa puede mantenerse funcional sin necesidad de una reconstrucción mayor (Cordova, 2021).



CAPÍTULO IV METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

4.1.1 Tipo

La investigación fue de tipo aplicada, ya que los resultados obtenidos permitirán desarrollar un diseño óptimo de la rampa de acceso. Este tipo de investigación se centra en resolver problemas prácticos y específicos mediante la aplicación del conocimiento (Arias et al., 2022).

4.1.2 Nivel

El nivel de investigación es explicativo, porque pretende identificar y analizar la relación causa-efecto entre el diseño y construcción de la rampa y la optimización de los costos operativos. Este nivel permite comprender cómo la intervención técnica sobre una infraestructura minera influye directamente en variables económicas y de eficiencia operativa (Mentes analytics, 2024).

4.2 Diseño de la investigación

El diseño adoptado fue de tipo no experimental es una metodología de investigación utilizada cuando no es posible o práctico realizar un diseño experimental con asignación aleatoria. A diferencia de un experimento tradicional, los diseños no experimentales, no manipulan las variables de estudio (Mentes analytics, 2024).

4.3 Población y muestra

En el presente estudio, la población está constituida por el proyecto en etapa de construcción de la Rampa Jerusalén, localizada en dirección sureste (SE) respecto a la Mina FIDAMI S.A. formando parte del mismo entorno minero operativo.

La muestra está conformada específicamente por el yacimiento aurífero intervenido mediante la rampa Jerusalén, el cual es objeto de análisis para evaluar su influencia en la optimización de los costos operativos.



4.4 Procedimiento

El procedimiento se puede resumir en:

- **Objetivos de la investigación:** Principales y variables.
- **Selección del lugar:** En el diseño, los "grupos" pueden referirse a los lugares con diferentes configuraciones de rampas existentes (antes de la optimización) y aquellos que se optimizarán (después de la intervención).
- **Diseño de la intervención:** Construcción de la rampa
- **Construcción de la rampa:** Desarrollo de una vía inclinada que se ejecuta mediante excavación, generalmente en forma de galería o túnel con una pendiente previamente diseñada.
- **Recopilación de datos para la intervención:** Después de completar la construcción de la rampa, se continúa midiendo los mismos indicadores operativos. Esta recopilación de datos se realiza durante un período establecido para obtener comparaciones necesarias con los datos anteriores.
- **Análisis de datos:** Compare los costos operativos y el desempeño antes y después de la construcción de la rampa. Se puede utilizar un análisis estadístico de las diferencias en los tiempos y costos para determinar si ha habido mejoras significativas.
- **Recomendaciones:** Basado en el análisis, se realizan recomendaciones sobre ajustes en el diseño de la rampa o en las técnicas operativas. Si los resultados son satisfactorios, estas recomendaciones pueden ser escaladas a otras áreas de la mina
- Evaluación de impacto a largo plazo (Mentes analyticas, 2024).

4.5 Técnica e instrumentos

La investigación se basó en el uso de dos técnicas principales: análisis documental y observación directa. El análisis documental se aplicó para recopilar información técnica



relevante vinculada al diseño, construcción y operación de la rampa Jerusalén, a partir de planos, informes geotécnicos, memorias descriptivas, manuales de ingeniería minera y normativa especializada. Asimismo, se empleó la observación directa en gabinete y campo, enfocada en el estudio de condiciones estructurales del yacimiento y en la evaluación técnica de las características operativas de la rampa, permitiendo complementar el análisis con una perspectiva práctica propia del entorno minero.

4.6 Análisis estadístico

En el ámbito de la ingeniería, el uso de la estadística en la comprobación de hipótesis es menos frecuente, ya que el enfoque investigativo suele basarse en el análisis inductivo. Por esta razón, se optó por emplear la estadística descriptiva para la exposición de los resultados, mientras que la representación gráfica de los resultados se llevó a cabo mediante MS Excel.



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados

La aceptación del proyecto rampa Jerusalén dependió principalmente de los beneficios futuros que este pudo generar y de la tasa de interés con la que se realizó la evaluación. Para analizar las ventajas y desventajas económicas de un proyecto, se emplearon varias herramientas y métodos, entre los más importantes se encontraron:

- Valor Actual Neto (VAN)

- Tasa Interna de Retorno (TIR)

- Relación Beneficio costo (B/C)

- Flujo de caja

Cada herramienta empleada en el análisis matemático financiero tiene como finalidad apoyar la toma de decisiones económicas.

La diferencia entre ellas no radica en el objetivo, sino en el procedimiento utilizado para llegar al resultado final, razón por la cual resulta fundamental comprender los principios matemáticos que respaldan su uso. En determinadas situaciones, la aplicación de un método puede favorecer una decisión específica, mientras que otro enfoque puede conducir a una conclusión distinta; cuando esto ocurre, se evidencia que el indicador seleccionado no es el más adecuado.

5.1.1 Valor Actual Neto (VAN)

En la evaluación de proyectos de inversión, se analiza si los flujos de caja esperados permiten cubrir la inversión inicial y generar rentabilidad suficiente para justificar la asignación de capital. El análisis se realiza tomando como referencia el período cero, utilizando el criterio del valor actual neto (VAN) para comparar el valor presente de los ingresos y egresos del proyecto.

El VAN, ampliamente empleado en la evaluación financiera, se define como la diferencia entre los beneficios y costos actualizados; generalmente, este indicador disminuye conforme aumenta la tasa de descuento.

En este sentido, para un mismo proyecto de inversión, la selección de una tasa de descuento determinada puede inducir variaciones en el valor presente neto que resulten decisivas para la evaluación del proyecto, proporcionando criterios sólidos para su aprobación o rechazo desde una perspectiva financiera.

5.1.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno (TIR) se define como el porcentaje de rendimiento que un proyecto genera sobre los recursos que permanecen invertidos durante su ciclo de vida.

Se obtiene al determinar la tasa de interés que hace que el valor presente de los flujos de efectivo futuros sea igual a la inversión inicial, es decir, donde el valor presente neto es cero. Este indicador permite a la empresa evaluar la rentabilidad esperada de un proyecto y decidir si resulta conveniente su ejecución o aprobación, ajustándose a los objetivos financieros previamente establecidos.

5.1.3 Relación Beneficio Costo(B/C)

La relación beneficio/costo (B/C) se utiliza para evaluar la viabilidad de un proyecto al comparar los ingresos generados con los egresos incurridos, considerando que ambos se calculan en términos de flujo de efectivo mediante el método de Valor Actual Neto (VAN)



En este análisis, un valor ($>$) a 1 indica que los beneficios superan los costos y que el proyecto resulta rentable; un valor ($=$) a 1 refleja equilibrio entre ingresos y egresos, lo que hace al proyecto neutral; mientras que un valor ($<$) a 1 señala que los costos exceden a los beneficios, por lo que el proyecto no es recomendable.

Es esencial, además, definir claramente qué partidas se consideran ingresos y cuáles constituyen costos, para garantizar que la evaluación sea precisa y confiable.

5.1.4 Evaluación de los costos operativos actuales en la mina FIDAMI S.A. relacionados con la rampa Jerusalén

La mina FIDAMI S.A. utiliza como principal vía de acceso y operación subterránea la rampa Jerusalén, desempeñando un papel esencial en el desarrollo de las actividades de explotación. Para comprender los costos operativos actuales vinculados a esta infraestructura, se evaluó la naturaleza de las operaciones, los equipos utilizados, así como los componentes de costo involucrados.

Respecto a las operaciones relacionadas con la rampa Jerusalén, el método de explotación adoptado en la mina es Corte y Relleno Ascendente, un esquema que permite optimizar la recuperación del mineral en condiciones geomecánicas variables. Dentro de este método, la rampa Jerusalén cumple funciones vitales, al permitir:

- Transporte de personal y equipos hacia los diferentes niveles de trabajo.
- Acarreo de mineral extraído desde los tajos hacia tolvas o zonas de acopio.
- Apoyo en operaciones de perforación y voladura, al facilitar la movilidad de perforadoras y explosivos.
- Movilización de materiales de sostenimiento (madera, Split Set, etc.) hacia los frentes de trabajo.



- Facilitación de operaciones de relleno, permitiendo el transporte de material encajonante para formar pisos de trabajo.
- Conducción de aire en el sistema de ventilación natural y forzada, garantizando ambientes seguros.

Tabla 4 — Operaciones relacionadas a la rampa Jerusalén

Operación	Descripción
Acarreo de mineral	Transporte desde los frentes hasta tolvas o piques, utilizando winches y carretillas.
Perforación y voladura	Perforación de mallas con Jack Legs y posterior voladura para avance de labores.
Sostenimiento	Instalación de elementos de soporte (puntales, cuadros de madera, Split Set).
Relleno	Transporte de material para rellenar tajos y estabilizar labores.
Ventilación	Circulación de aire fresco mediante chimeneas y ventiladores.
FUENTE: Elaboración propia.	

Las operaciones en la rampa Jerusalén emplean una combinación de maquinaria ligera y equipos de apoyo eléctrico y manual. Los principales equipos son:

- Máquinas perforadoras neumáticas tipo Jack Leg, utilizadas para ejecutar los patrones de perforación en realces.
- Carretillas tipo buggy, destinadas al transporte manual del mineral en labores de limpieza.
- Winches de arrastre de 15 HP, empleados en labores de limpieza para trasladar mineral hacia las tolvas.



- Ventiladores eléctricos principales y secundarios, que garantizan la circulación de aire en labores subterráneas más alejadas.
- Sistema de sostenimiento compuesto por puntales de seguridad, cuadros de madera y anclajes Split Set.
- Líneas cauville, que apoyan el movimiento de cargas livianas en zonas de difícil acceso.

El siguiente cuadro resume los equipos más representativos:

Tabla 5 — Equipos que intervienen en las operaciones de la unidad minera

Equipo	Uso principal
Jack Leg	Perforación de mallas de voladura.
Carretillas tipo buggy	Transporte manual de mineral.
Winches de arrastre de 15 HP	Limpieza y acarreo de mineral hacia tolvas.
Ventiladores principales y secundarios	Insuflación de aire limpio hacia frentes de trabajo.
Sistema de sostenimiento (madera, Split Set)	Estabilidad de labores cercanas a la rampa.
Líneas cauville	Transporte de herramientas y materiales.
FUENTE: Elaboración propia.	

El análisis de costos relacionados con la operación de la rampa Jerusalén comprende diversos componentes. A continuación, se presentan los principales rubros de costos identificados:



a) Costos de perforación y voladura:

- Consumo de brocas y barrenos.
- Operación y mantenimiento de Jack Legs.
- Uso de explosivos en voladuras masivas o por tramos.

b) Costos de sostenimiento:

- Adquisición de puntales de madera, Split Set y cuadros de refuerzo.
- Mano de obra especializada para instalación de sostenimientos.

c) Costos de acarreo y limpieza:

- Operación de carretillas y winches de arrastre.
- Consumo energético de winches.
- Mano de obra para actividades de limpieza y transporte de mineral.

d) Costos de ventilación:

- Consumo eléctrico de ventiladores principales y secundarios.
- Costos de mantenimiento de ventiladores y del sistema de ventilación.
- Licencia y actualización del software VENTSIM para modelado y evaluación de la red de ventilación.

e) Costos indirectos asociados:

- Mantenimiento periódico de la rampa (rehabilitación, sostenimiento).
- Costos derivados de tiempos improductivos por deficiencias en la rampa (retrasos en acarreo, demoras en avance de frentes).

Los costos actuales evidencian que la operación minera en la rampa Jerusalén incurre en elevados gastos de perforación, voladura, acarreo y sostenimiento. La optimización de la rampa, mediante el diseño y construcción más eficiente de una nueva rampa, se presenta como una estrategia clave para mejorar la productividad y reducir costos, particularmente en el acarreo de mineral y los tiempos asociados a la limpieza de labores.

Con base en la estructura de precios unitarios proporcionada por parte de la unidad minera, se detalla a continuación el desglose de los costos asociados a las principales actividades vinculadas con la rampa Jerusalén:

a) Costos de perforación y voladura

- **Subnivel (0.90 m x 1.80 m):**

Costo total: S/ **625.93** por metro lineal.

Principales consumos: mano de obra, brocas, barras de perforación, dinamita, nitrato y accesorios de voladura.

- **Galería (1.50 m x 1.80 m):**

Costo total: S/ **986.02** por metro lineal.

Incremento de costos debido a mayores dimensiones de labor, mayor número de taladros y volumen de explosivos.

- **Tajo de explotación (limpieza con winche):**

Costo total: S/ **63.82** por tonelada movilizada.

b) Costos de sostenimiento de labores

- **Armado de cuadros (madera en galerías):**

Costo total: S/ **223.57** por unidad instalada (incluye materiales, herramientas, e implementos de seguridad).

- **Instalación de puntales de seguridad:**

Costo total: S/ **48.24** por puntal (incluyendo plantilla, mano de obra y herramientas).

c) Costos de limpieza y acarreo

El acarreo de mineral fragmentado desde los tajos hasta las tolvas mediante carretillas y winches representa un costo operacional de:

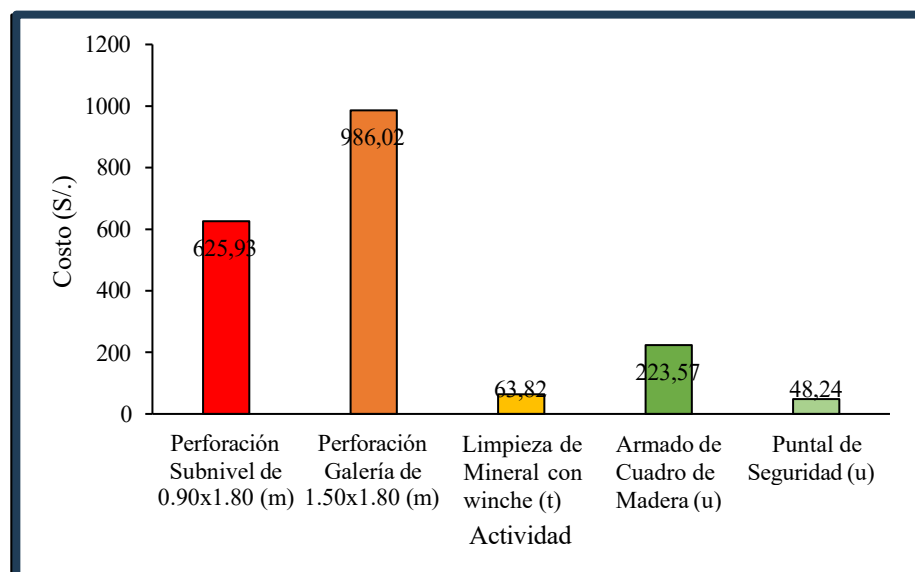
S/ 63.82 por tonelada (correspondiente a limpieza de mineral con winche).

Este costo incluye el salario de operarios, el desgaste de equipos de arrastre, herramientas de apoyo y medidas de seguridad (EPPS y lámparas mineras).

d) Costos de ventilación

Si bien los costos de ventilación no se encuentran desglosados directamente en los precios unitarios, las operaciones de ventilación forzada (uso de ventiladores) generan costos adicionales asociados a:

- Consumo eléctrico de ventiladores principales y secundarios.
- Mantenimiento de equipos de ventilación.
- Software VENTSIM utilizado para el modelado y evaluación del circuito de ventilación.



FUENTE: Elaboración propia.

Figura 7 — Costos actuales asociados a la rampa Jerusalén



La mina FIDAMI S.A. es un yacimiento filoniano con comportamiento lenticular, caracterizado por vetas falla de considerable extensión, en particular, la rampa Jerusalén juega un papel clave en la explotación y acceso a los recursos mineros, lo que conlleva costos operativos que deben ser evaluados para optimizar la rentabilidad y sostenibilidad de la operación.

Desde el punto de vista geológico, la mina presenta estructuras controladas por los movimientos tectónicos del ciclo andino, con sistemas de fallas E-W y NW-SE que han influenciado la mineralización. La explotación de la rampa Jerusalén involucra la extracción de minerales como oro, pirita y hematita, junto con una ganga compuesta por cuarzo y carbonatos.

En cuanto a los recursos disponibles, se han cuantificado reservas en distintas vetas que forman parte de la operación de la rampa Jerusalén

Tabla 6 — Recurso y potencial veta Ana

Blocks	Nivel	Área	AV	Volumen	Pe	TM 100%	TM 80%	Ley Au oz/TM	LD 0.30	Tipo Reserva-Recurso
Block 36	1910E	10500.550	0.15	1575.083	2.8	4410.231	3528.185	0.57	0.10	Probable inaccesible
Block 12	1910E	10503.670	0.30	3151.101	2.8	8823.083	7058.466	0.98	0.36	Probable inaccesible
Block 13	1985E	3403.350	0.15	510.503	2.8	1429.407	1143.526	0.98	0.36	Probable inaccesible
Block 6	1910E	10503.670	0.30	3151.101	2.8	8823.083	6176.158	0.70	0.19	Recurso inferido inaccesible



Block 7	1910E	10503.670	0.30	3151.101	2.8	8823.083	6176.158	0.70	0.19	Recurso inferido inaccesible
Block 8	1910E	10503.670	0.30	3151.101	2.8	8823.083	6176.158	0.70	0.19	Recurso inferido inaccesible
Block 9	1910E	10503.670	0.30	3151.101	2.8	8823.083	6176.158	0.70	0.19	Recurso inferido inaccesible
Total						98,377.923	72,088.570	0.668		
FUENTE: Área de geología minera FIDAMI S.A., 2024.										

La Tabla 6 muestra que la veta Ana cuenta con una capacidad total de 98,377.923 toneladas métricas (TM) al 100% de recuperación y 72,088.570 TM al 80% de recuperación, con una ley promedio de oro de 0.668 oz/TM. Este recurso, clasificado como probable e inferido inaccesible, no puede ser explotado sin una infraestructura adecuada. Por ello, la construcción de la rampa Jerusalén incide directamente en la optimización de los costos operativos, al permitir el acceso a estos bloques mineralizados sin necesidad de abrir nuevos frentes, lo cual reduce tiempos de acarreo, consumo de energía, desgaste de maquinaria y costos de desarrollo, incrementando así la eficiencia y rentabilidad de la operación minera.

Tabla 7— Recurso y potencial veta Perica

Blocks	Nivel	Área	AV	Volumen	Pe	TM 100%	TM 80%	Ley Au oz/TM	LD 0.30	Tipo Reserva-Recurso
Block 1	2010	4064.680	0.12	487.762	2.80	1365.732	1092.586	0.39	0.09	Reserva probable inaccesible



Block 2	1960W	2163.880	0.12	259.666	2.80	727.064	581.651	0.86	0.23	Reserva probable inaccesible
Block 16	1945	2500.000	0.15	375.000	2.80	1050.000	840.000	0.50	0.25	Recurso inferido
Block 17	1945	2500.000	0.15	375.000	2.80	1050.000	840.000	0.50	0.25	Recurso inferido
Block 18	1945	2500.000	0.15	375.000	2.80	1050.000	840.000	0.50	0.25	Recurso inferido
Block 19	1945	2500.000	0.15	375.000	2.80	1050.000	840.000	0.50	0.25	Recurso inferido
Block 20	1945	2500.000	0.30	750.000	2.80	2100.000	1680.000	0.50	0.25	Recurso inferido
Block 21	1945	2500.000	0.30	750.000	2.80	2100.000	1680.000	0.50	0.25	Recurso inferido
Block 22	1945	2500.000	0.30	750.000	2.80	2100.000	1680.000	0.50	0.25	Recurso inferido
Total						48,586.385	37,114.824	0.51	0.22	
FUENTE: Área de geología minera FIDAMI S.A., 2024.										

La Tabla 7 revela que la veta Perica evidencia una capacidad total de 48,586.385 TM al 100% de recuperación, además de una capacidad de 37,114.824 TM al 80% de recuperación y una ley de oro de 0.51 oz/TM.

La ley de las vetas incide directamente en el diseño y ejecución de la rampa en la ubicación, orientación, seguridad, economía y eficiencia, maximizando la recuperación del mineral y minimizando los costos y riesgos durante las operaciones.



Tabla 8 — Recurso y potencial veta Escorpión

Blocks	Nive	Área	AV	Volumen	Pe	TM 100%	TM 80%	Ley Au oz/TM	LD 0.30	Tipo reserva-recurso
Block 1	1995	952.264	0.06	57.136	2.80	159.980	127.984	0.45	0.12	Reserva probable inaccesible
Block 2	1995	2700.556	0.06	162.033	2.80	453.693	272.216	0.45	0.12	Reserva probable inaccesible
Block 3	1995	1904.527	0.06	114.272	2.80	319.961	255.968	0.45	0.12	Recurso medido inaccesible
Block 4	1995	5401.111	0.06	324.067	2.80	907.387	544.432	0.45	0.12	Recurso medido inaccesible
Block 3	2010	3498.118	0.09	314.831	2.80	881.526	705.221	0.84	0.34	Recurso medido inaccesible
Block 4	2010	3498.118	0.09	314.831	2.80	881.526	705.221	0.84	0.34	Recurso medido inaccesible
Block 5	2000	3483.35	0.09	313.502	2.80	877.804	705.221	0.84	0.34	Recurso medido inaccesible



Block 6	2000	27407.724	0.09	2466.695	2.80	6906.746	5525.397	0.84	0.34	Recurso inferido inaccesible
Total						5,700.868	4,019.886	0.68	0.23	
FUENTE: Área de geología minera FIDAMI S.A., 2024.										

La Tabla 8 revela que la veta Escorpión evidencia una capacidad total de 5,700.868 TM al 100% de recuperación, además de una capacidad de 4,019.886 TM al 80% de recuperación y una ley de oro de 0.68 oz/TM.

Tabla 9 — Recurso y potencial veta María

Blocks	Nive	Área	AV	Volumen	Pe	TM 100%	TM 80%	Ley Au oz/TM	LD 0.30	Tipo reserva-recurso
Block 1	2220	743.572	0.15	111.536	2.80	312.300	249.840	0.50	0.17	Reserva probable inaccesible
Block 2	2220	743.572	0.15	0.17	2.80	312.300	249.840	0.50	0.17	Reserva probable inaccesible
Block 3	2220	743.572	0.15	0.17	2.80	312.300	249.840	0.50	0.17	Recurso medido inaccesible
Block 4	2130	743.572	0.15	0.17	2.80	312.300	249.840	0.50	0.17	Recurso medido inaccesible



Block 5	2130	743.572	0.15	0.17	2.80	312.300	249.840	0.50	0.17	Recurso inferido inaccesible
Block 13	2110	20644.300	0.15	0.17	2.80	8670.606	5202.364	0.50	0.17	Recurso inferido
Block 14	2110	9588.271	0.15	0.17	2.80	4027.074	2416.244	0.50	0.17	Recurso inferido
Total						17,020.382	11,076.770	0.50	0.17	
FUENTE: Área de geología minera FIDAMI S.A., 2024.										

La Tabla 9 muestra que la veta María presenta una capacidad total de 17,020.382 toneladas métricas (TM) al 100% de recuperación, lo cual se traduce en 11,076.770 TM efectivas al aplicar una tasa operativa del 80% de recuperación, con una ley promedio de oro de 0.50 onzas por tonelada (oz/TM).

En conjunto, considerando todas las vetas evaluadas en la empresa minera FIDAMI S.A., la capacidad global estimada asciende a 124,300.049 TM al 80% de recuperación, siendo esta cifra la base operativa sobre la cual se proyectan los costos asociados a la rampa Jerusalén.

Desde el enfoque geomecánico, la estabilidad de las labores subterráneas relacionadas con dicha rampa ha sido analizada mediante mapeo estructural y simulaciones con software especializado, lo que ha permitido identificar zonas potencialmente inestables y definir el sistema de sostenimiento más adecuado según el tipo de cuña generada por la geometría de las discontinuidades.

Los tipos de sostenimiento aplicados en la rampa incluyen:

- **Pernos y malla electrosoldada:** Se emplean pernos de 7 pies y mallas electrosoldadas en galerías y cruceros, brindando un sostenimiento activo para garantizar la seguridad y estabilidad de la infraestructura minera.



- **Cimbras:** Utilizadas en zonas críticas con roca fracturada, contactos con agua o materiales fluyentes. Este sostenimiento pasivo se implementa con estructuras metálicas y rellenos de bolsacretos para soportar esfuerzos adicionales.

La evaluación de costos operativos asociados a la rampa Jerusalén toma en consideración los gastos en sostenimiento, excavación y gestión de recursos, donde la aplicación de estrategias geomecánicas y de optimización en la recuperación del mineral ha influido directamente en la rentabilidad de la operación minera.

5.1.5 Diseño de rampa optimizada para mejorar la eficiencia en las operaciones mineras

El diseño de la rampa Jerusalén se efectuó considerando diversos parámetros clave, tales como la sección transversal, gradiente, radio de curvatura, cámaras de carguío y acumulación, pozas de bombeo y la longitud total del trazado.

a) Sección y gradiente

El diseño optimizado de la rampa tiene como objetivo mejorar la eficiencia en las operaciones mineras, asegurando condiciones adecuadas para el tránsito de los equipos y optimizando el espacio disponible. Se ha considerado la funcionalidad y seguridad para garantizar un flujo operativo continuo y sin restricciones.

Tabla 10 — Sección y gradiente

Parámetro	Valor	Observaciones
Capacidad de carga	25 toneladas métricas	Adaptada para volquetes
Sección transversal	4 x 4 metros	Espacio para tránsito seguro
Pendiente	12%	Mantiene eficiencia operativa
FUENTE: Elaboración propia.		

La sección transversal de 4x4 metros proporciona el espacio necesario para el tránsito seguro de volquetes, evitando restricciones operativas. A su vez, la inclinación del 12% ha demostrado ser funcional, permitiendo el desplazamiento fluido de los equipos sin afectar la productividad ni la seguridad de las operaciones mineras.

b) Radio de curvatura

Para optimizar la operatividad y seguridad de la rampa, se prioriza un diseño lo más recto posible. En caso de requerir curvas, estas deben contar con un radio de curvatura amplio, determinado en función de los equipos a utilizar. Existen dos referencias principales proporcionadas en los catálogos técnicos. Para este caso, se tomó como base el radio interno del equipo de mayor longitud, en este caso, el volquete. El radio de curvatura promedio considerado es de 12 metros, el cual se determinó a través de la aplicación de la fórmula correspondiente.



$$Rp = 2.5 * \frac{RI + RE}{2}$$

donde

RE Radio externo.

RI Radio interno.

Rp Radio promedio.

- Jumbo Sanvik

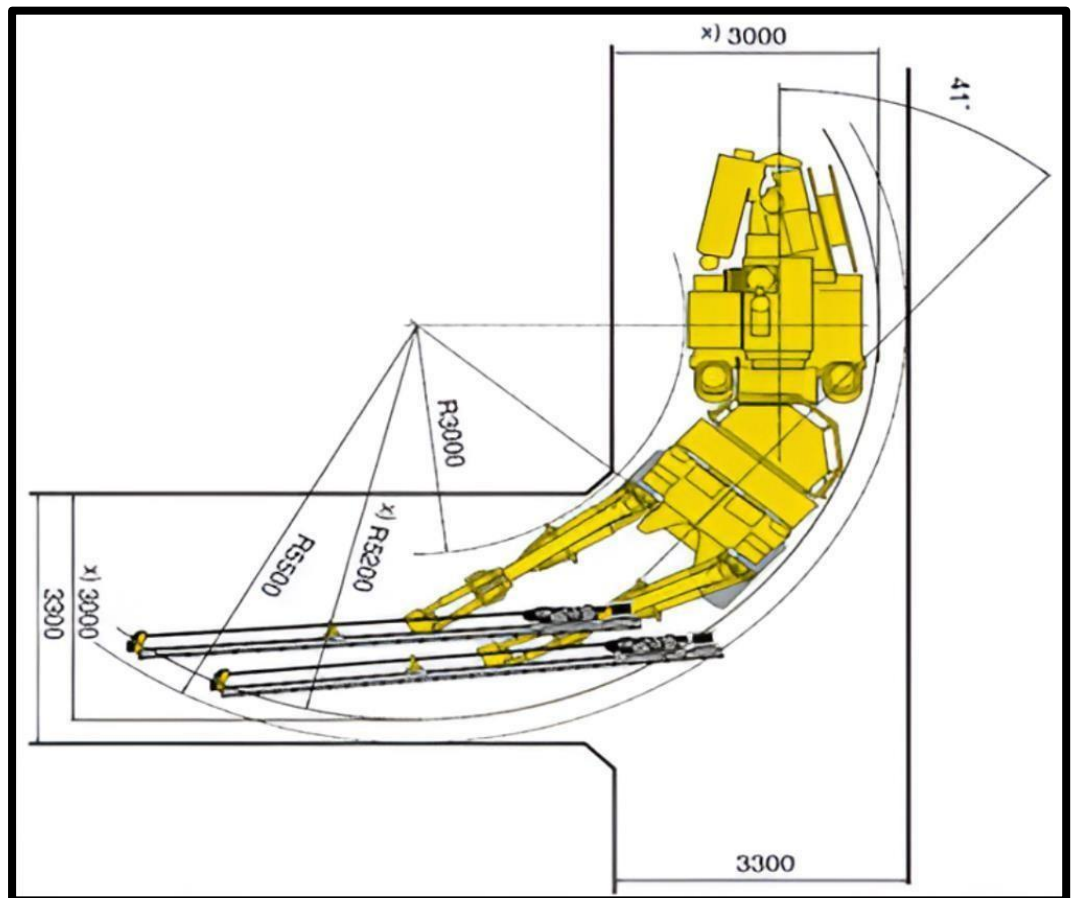
$$RE = 5.5 \text{ m}$$

$$RI = 3 \text{ m.}$$

$$Rp = 10.65 \text{ m}$$

$$Rcurva = \frac{Rp}{(RE - RI)}$$

$$Rcurva = 4.2$$



FUENTE: Área de planeamiento de minera FIDAMI S.A., 2024.

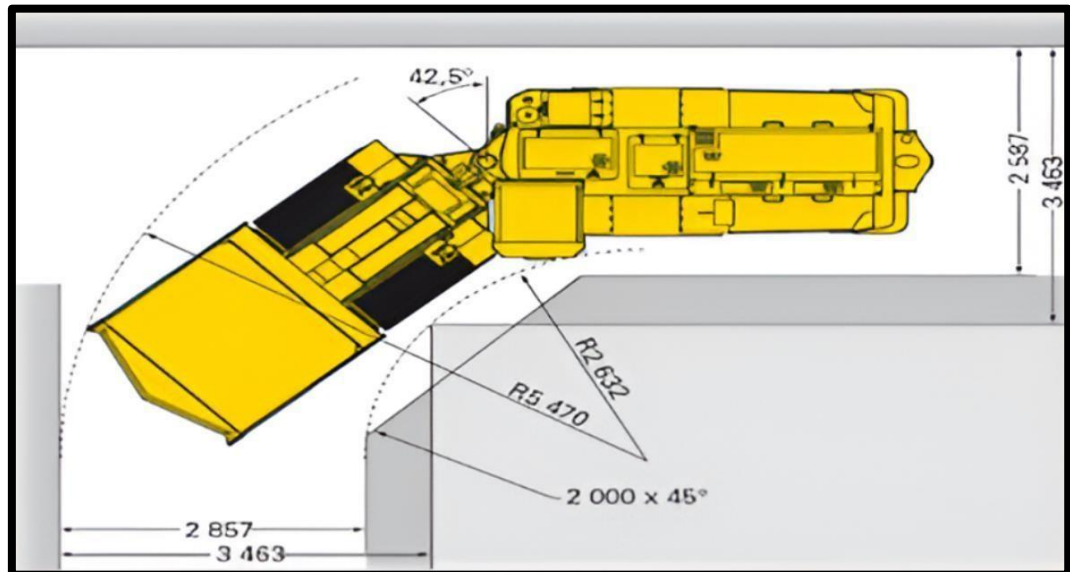
Figura 8 — Jumbo Sanvik

- Scoop Cat 4 YD3

RE = 5.47 m

RI = 2.63 m.

Rp = 10.12 m



FUENTE: Área de planeamiento minera FIDAMI S.A., 2024.

Figura 9 — Scoop Cat 4 YD3

c) Extensión y componentes de la rampa Jerusalén

La rampa Jerusalén fue diseñada y construida con una longitud total de 1,050 metros lineales, partiendo desde el punto de corte hasta alcanzar una cota inferior a 1,945 metros sobre el nivel del mar. Su trazado fue proyectado para mejorar la eficiencia en la extracción y el transporte de material, garantizando un acceso operativo adecuado a los niveles profundos del yacimiento.

d) Cámaras de acumulación

Las cámaras de acumulación desempeñan un papel clave en la eficiencia de la rampa, ya que facilitan las labores de limpieza y evacuación del material de desmonte generado durante el avance de la excavación. Su ubicación estratégica permite mejorar los tiempos de operación y garantizar la continuidad del trabajo.

e) Pozas de bombeo

Dentro de los factores considerados en el diseño de las pozas de bombeo se encuentra:



Tabla 11 — Factores para el diseño de las pozas de bombeo

Factor	Descripción
Condiciones y dirección del flujo de agua	Determina la ubicación y disposición de la poza para un flujo eficiente.
Concentración de sólidos en el líquido	Influye en la selección de equipos y medidas de filtración.
Selección del tipo de bomba	Depende del caudal, altura de bombeo y composición del líquido.
Diseño y configuración de la tubería de succión	Optimiza la captación del agua y reduce pérdidas de carga.
Especificaciones de tubería de impulsión y accesorios	Garantiza un transporte eficiente y minimiza obstrucciones.
FUENTE: Área de operación mina FIDAMI S.A., 2024.	

La correcta implementación de las pozas de bombeo requiere evaluar las condiciones del flujo de agua y la presencia de sólidos, ya que estos factores determinan la selección de la bomba y el diseño de las tuberías.

f) Profundización de la rampa Jerusalén

El desarrollo de la Rampa Jerusalén sigue un diseño estructurado que optimiza la operatividad y seguridad de la excavación. Se han definido distancias estratégicas para la ubicación de cámaras de acumulación, refugios y pozas auxiliares de bombeo, en cumplimiento con la normativa vigente.



Tabla 12 — Distribución de infraestructura en la rampa Jerusalén

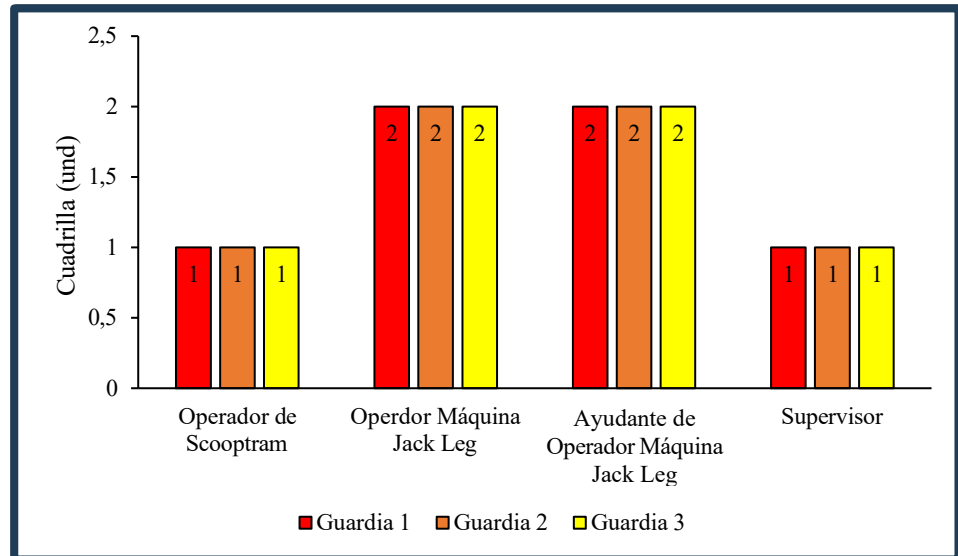
Elemento	Distancia de Implementación	Dimensiones
Cámaras de acumulación	Cada 150 metros	No aplica
Refugios	Cada 50 m (tramos rectos) / 30 m (curvas)	No aplica
Pozas auxiliares de bombeo	Cada 200 metros	5 m x 3 m x 3 m
Pendiente de la rampa	-14%	No aplica
FUENTE: Área de operación mina FIDAMI S.A., 2024.		

La planificación de la rampa Jerusalén permite una distribución eficiente de cámaras de acumulación, refugios y pozas auxiliares, asegurando el cumplimiento de normativas de seguridad y operatividad. La pendiente del -14% facilita el drenaje del agua hacia las pozas, contribuyendo a la estabilidad del sistema.

e) Ciclo de minado de la rampa Jerusalén

Para la ejecución de la rampa, se cuenta con una cuadrilla de trabajo conformada por personal especializado.





FUENTE: Elaboración propia.

Figura 10 — Cuadrilla de trabajo para la rampa

El proceso de minado se desarrolla bajo un ciclo de operaciones que depende de la disponibilidad de agua, aire comprimido y equipos de limpieza. La secuencia operativa es la siguiente:

- Ventilación
- Regado
- Desatado
- Sostenimiento
- Limpieza
- Perforación
- Voladura
- Disparo

f) Ventilación

El sistema de ventilación de la rampa Jerusalén está diseñado para garantizar condiciones seguras de trabajo mediante la extracción de aire viciado. Se emplean ventiladores y mangas de gran diámetro, asegurando una distribución eficiente del flujo de aire.



Tabla 13 — Características del sistema de ventilación

Elemento	Especificación	Normativa Aplicable
Tipo de ventilación	Sistema forzado	D.S. N° 024-2016-EM
Diámetro de las mangas	32 pulgadas	No aplica
Distancia desde el tope de excavación	15 metros	No aplica
Capacidad del ventilador	30,000 CFM	No aplica
FUENTE: Elaboración propia.		

El sistema de ventilación forzada con ventiladores de 30,000 CFM y mangas de 32 pulgadas garantiza un adecuado flujo de aire, reduciendo la concentración de gases y partículas en suspensión. La ubicación estratégica a 15 metros del tope de excavación permite una extracción eficiente del aire viciado, asegurando condiciones óptimas de trabajo.

g) Regado

El regado de material volado es una etapa fundamental del proceso, ya que contribuye a:

- Minimizar la generación de polvo fino durante la limpieza.
- Detectar tiros cortados o fallidos.
- Dispersar gases residuales atrapados en el material excavado.

h) Desatado

El desatado es una labor esencial que se lleva a cabo antes, durante y después de cada actividad programada. Su propósito es garantizar la seguridad del personal, evitando desprendimientos de material y reforzando la estabilidad de la estructura. Dado que se trata de una operación subterránea, este

procedimiento debe realizarse de manera constante a lo largo de toda la jornada de trabajo.

i) Sostenimiento

El sostenimiento estructural de la rampa Jerusalén está diseñado para garantizar la estabilidad de las excavaciones, considerando las características del terreno y las normativas de seguridad minera. Se implementan refuerzos adecuados para mitigar riesgos geotécnicos.

Tabla 14 — Sistemas de sostenimiento implementados

Elemento de sostenimiento	Descripción
Pernos helicoidales	Brindan estabilidad al macizo rocoso
Mallas electrosoldadas	Refuerzan la estructura en zonas críticas
Concreto proyectado (Shotcrete)	Aporta cohesión y resistencia en las superficies excavadas
FUENTE: Elaboración propia.	

La combinación de pernos helicoidales, mallas electrosoldadas y concreto proyectado permite una mayor estabilidad de la excavación, minimizando riesgos de desprendimientos.

j) Limpieza y acarreo

El proceso de limpieza y acarreo en la rampa Jerusalén está optimizado mediante el uso de scooptrams, asegurando una remoción eficiente del material excavado. Se han establecido parámetros operativos para maximizar la productividad de los equipos.



Tabla 15 — Parámetros de limpieza y acarreo

Parámetro	Valor
Sección transversal de la rampa	4,0 x 4,0 metros
Avance por ciclo	2,15 metros
Factor de esponjamiento	1,5%
Sobreexcavación	10%
Volumen de material desprendido	51,7 m ³
Capacidad de carga	6 volquetes
Distancia máxima de acarreo	150 metros
FUENTE: Elaboración propia.	

El uso de scooptram a diésel permite un acarreo eficiente del material excavado en la rampa Jerusalén. Con un avance de 2,15 metros por ciclo y una capacidad de 6 volquetes por carga, se ha optimizado la remoción del material. La distancia máxima de 150 metros ha sido determinada mediante un análisis de tiempos, asegurando un rendimiento eficiente de los equipos.

k) Perforación

El diseño de perforación para la construcción de la rampa Jerusalén fue proyectado considerando tanto los requerimientos operativos de accesibilidad como las características geológicas del macizo rocoso. Se definió una sección transversal de 4.00 x 4.00 metros, adecuada para el tránsito seguro de volquetes y equipos de gran altura, garantizando así la continuidad de las operaciones de carga y acarreo.



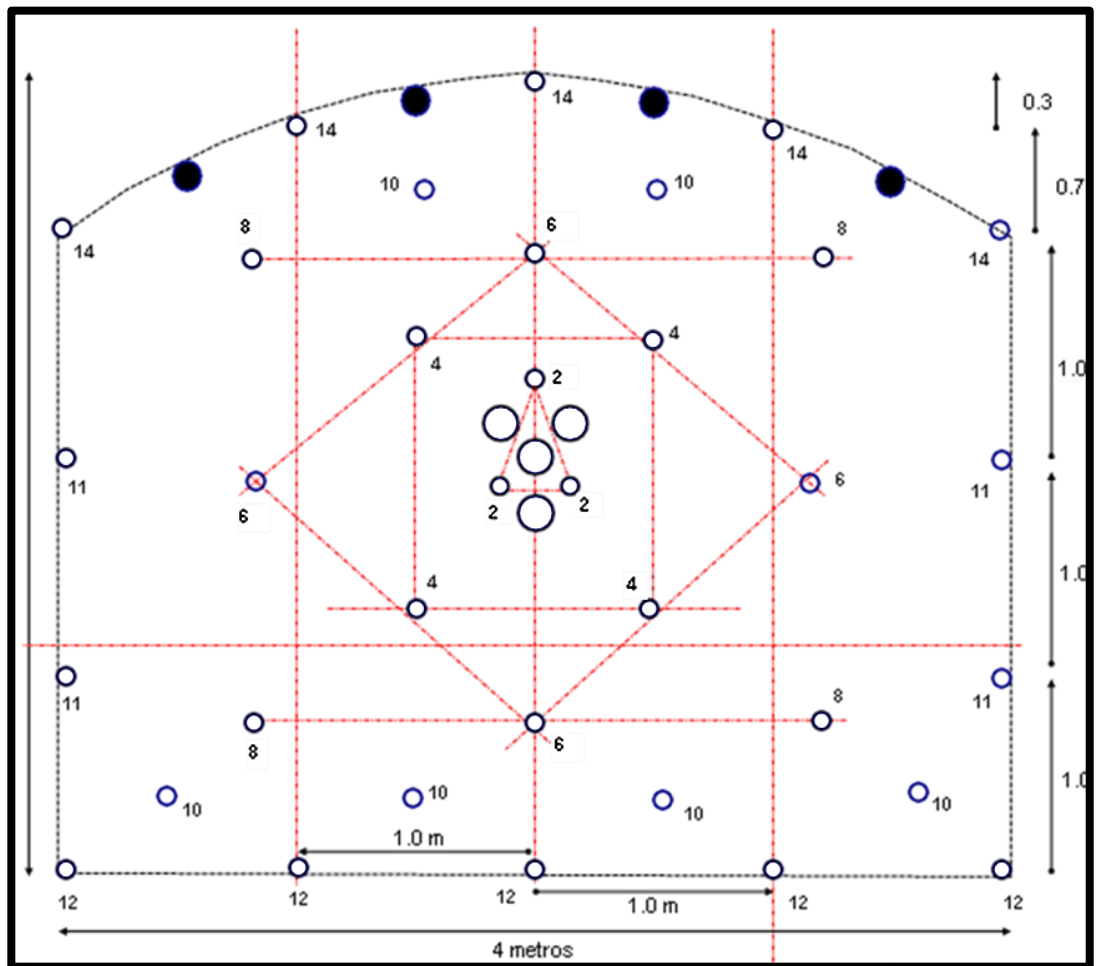
Desde el punto de vista geológico, el macizo presenta formaciones ígneas y metamórficas con zonas de fracturamiento moderado, lo que condicionó la configuración de la malla de perforación y la elección del tipo de explosivo. Estas condiciones influyen directamente en la estabilidad de las labores, la fragmentación del terreno y la eficiencia del ciclo de perforación y voladura. La Tabla 16 detalla los parámetros principales del diseño de perforación. A continuación, se presentan los cálculos específicos aplicados, ajustados a las condiciones del terreno en la mina FIDAMI S.A.

Tabla 16 — Especificaciones del diseño de perforación

Parámetro	Valor
Sección transversal	4,00 x 4,00 metros
Tipo de perforación	Para excavación subterránea
Objetivo	Facilitar el acceso y tránsito de vehículos de gran altura
FUENTE: Elaboración propia.	

El diseño de perforación de 4,00 x 4,00 metros permite la circulación de volquetes y otros equipos de gran altura en la rampa Jerusalén. Este diseño optimizado contribuye a la eficiencia de las operaciones mineras, asegurando el cumplimiento de los requerimientos operativos. A continuación, se presentan los cálculos realizados para la configuración de la malla de perforación en la mina Fidami, tomando en cuenta parámetros específicos del macizo rocoso y las condiciones operativas del yacimiento.





FUENTE: Elaboración propia.

Figura 11 — Malla de perforación en frente de (4x4 m) con EMULEX - rampa Jerusalén

5.1.6 Estimación de los costos y beneficios de la construcción de la rampa en la optimización de los costos operativos.

A continuación, se detallan los costos de construcción de la rampa Jerusalén

a) Costo de excavación tipo convencional con maquina Jack Leg

La Tabla 17 detalla la estructura de precios unitarios para la excavación mediante perforación con máquina Jack Leg y limpieza con scooptram a una distancia de 200 metros.



Tabla 17 — Estructura de precios unitarios perforación con maquina Jack Leg y limpieza con scooptram distancia 200 metros

Sección de labor	4.00	X	4.00	Tipo de rocas II – III	
Longitud de perforación	8	Pies			
Taladros perforados	45.00	tal./disp.	Avance por disparo	2.15	M
Taladros perforados	42.00	tal./disp.			
Taladros de alivio	3.00	tal./disp.	Eficiencia perforación	94%	
Cartuchos por taladro	7	Cart.	Eficiencia voladura	94%	
Pies perforados para cancamos	4	Pies			
Longitud de perforación	8	Pies	Factor de carga	20.82	kg/m
Rendimiento scoop	22.0	Tm/Hr	TM rotas	51.70	TM
Rendimiento Jack Leg	180.00	pp./hr.			
FUENTE: Elaboración propia.					

Los datos muestran que la perforación y voladura presentan una eficiencia del 94 %, lo que indica un alto nivel de aprovechamiento del material perforado. Además, el rendimiento del Scoop y Jack Leg sugiere un proceso operativo optimizado para la excavación en roca de tipo II y III. La relación entre el factor de carga y la cantidad de taladros perforados es clave para estimar el consumo de explosivos y los costos operativos por metro excavado.

La Tabla 18 presenta el desglose de costos unitarios para la excavación en roca media, incluyendo costos de mano de obra, acero de perforación, explosivos, herramientas, equipos y seguridad. Se detallan los costos directos e indirectos, así como el costo total por metro excavado.

Tabla 18 — Precios unitarios para roca media

Descripción	Unidad	Cant.	Incidencia	Cost/Unit.	Cost/Disp.	Cost (S./m)
Mano de obra						
Operador de equipo pesado	Tarea	1.00	1.00	207.26	207.256	
Perforista mina A	Tarea	2.00	1.00	196.62	393.237	
Ayudante mina A	Tarea	2.00	1.00	175.34	350.687	
Capataz	Tarea	1.00	1.00	220.02	220.021	543.59
Acero de perforación						
Barra cónica de 8"	Pies perf.	315.84	900	382.09	134.087	
Broca de 45 mm	Pies perf.	315.84	850	296.17	110.050	113.31
Explosivos						



Emulsión Emulnor 3000	c/u	318.10	1.00	0.79	252.686	
Fulminante no eléctrico 4.2 m	c/u	45.00	1.00	3.43	154.350	
Cordón detonante	M	40.00	1.00	0.63	25.200	
Detonador Ensamblado	Pieza	2.00	1.00	2.07	4.140	
Mecha rápida de ignición	M	1.00	1.00	1.04	1.040	203.02
Herramientas y otros						
Pico	Pieza	1.00	60	26.92	0.449	
Lampa minera	Pieza	2.00	25	19.56	1.565	
Cucharilla	Pieza	1.00	90	20.69	0.230	
Combo de 6 libras	Pieza	1.00	90	45.73	0.508	
Juego de barretillas 4', 6' y 8'	Jgo.	2.00	45	498.06	22.136	
Barra de Aluminio acuñar x 12'	Pieza	1.00	45	93.36	2.075	
Barra de Aluminio acuñar x 10'	Pieza	3.00	25	2.54	0.254	
Guiador	Pieza	2.00	30	5.93	0.395	
Atacador	Pieza	1.00	150	2.54	0.013	



Punzón de cebado	Pieza	1.00	30	9.15	0.305	
Mochila para explosivos	Pieza	2.00	240	76.00	0.633	
Flexómetro 5 m	Pieza	1.00	30	12.29	0.410	14.27
Equipo						
Scoop 4 y d3	Hr	2.35	1.00	331.71	779.67	
	Hr	0.00	1.00	0.00	0.00	361.87
Implementos de seguridad						
EPPS	Glb	5.0	1.0	15.92	79.59	
EPPS Scoopero	Glb	1.0	1.0	14.05	14.05	
Lámparas mineras	Glb	0.0	1.0	1.06	0.00	43.46
Equipo de perforación						
Perforadora J/L	Pp	360.00	120000	20400.00	61.20	
Manguera de jebes y lona 1"	M	30.00	180	6.00	1.00	
Manguera de jebes y lona 1/2"	M	30.00	180	2.8	0.48	
Aceite perforador torcula 100	Gln	360.00	1	22.36	16.10	36.56
Planilla de costos fijos						
Total de costos directos (S/.)						1316.08



Costos indirectos						
Gasto general						0.00
Costo fijo						0.00
Utilidad			0.00%			0.00
Imprevistos			10.00%			131.61
Total costos indirectos (S/.)						131.61
Costo total S/. /Metro						1,447.69
FUENTE: Elaboración propia.						

El análisis revela que la mayor incidencia en los costos proviene de la mano de obra y el equipo de perforación, lo que subraya la importancia de una gestión eficiente en estos rubros. Asimismo, el costo total por metro excavado asciende a S/ 1,447.69, reflejando la influencia de los insumos empleados y la eficiencia de los equipos. La inclusión de costos indirectos e imprevistos permite prever márgenes de contingencia en el proceso de excavación.

b) Costo de sostenimiento con perno helicoidal

La Tabla 19 presenta los costos unitarios de instalación de pernos helicoidales de 7' x 19 mm con resina y cartucho de cemento. Se desglosan los costos de mano de obra, aceros de perforación, herramientas, implementos de seguridad y equipo de perforación, junto con el costo total por perno instalado.



Tabla 19 — Precios unitarios de instalación de perno helicoidal de 7' x 19 mm (2 resina + 4 cartucho de cemento)

Precios unitarios						
Longitud de taladro	7.00	Pies	Taladro perforado	25	tal.	
Longitud de taladro	5.00	Pies	Perno instalado	25	tal.	
Descripción	Unidad	Cant.	Incidencia	Cost/Unit.	Cost/Disp.	Cost(S/./m)
Mano de obra directa						
Perforista mina A	Tarea	1.0	100%	196.62	196.62	
Ayudante mina A	Tarea	1.0	100%	175.34	175.34	14.88
Aceros de perforación						
Barra cónica de 4'	Pies perf.	112.50	1534	259.02	19.00	
Barra cónica de 6'	Pies perf.	62.50	1534	340.56	13.88	
Broca de 32 mm	Pies perf.	175.00	157	69.31	69.31	4.09
Herramientas y otros						
Cucharilla	Pieza	1.00	90	20.69	0.23	
Combo de 6 libras	Pieza	1.00	90	45.73	0.51	
Juego de barretillas 4', 6' y 8'	Jgo.	2.00	45	498.06	22.14	
Cartucho de cemento	Pza	0.00	1	0.78	0.00	
Resina Encartuchada	Pza	000	1	2.30	000	
Sacabarreno	Pieza	1.00	200	150.00	0.75	
Sacabroca	Pieza	1.00	200	320.90	1.60	
Pintura Spray	Pza	1.00	30	9.15	0.31	



Adaptador de perno helicoidal	Pieza	1.00	250	318.61	31.86	
Perno helicoidal con Platina y tuerca 7' x 19 mm"	Jgo.	0.00	1	24.90	0.00	
Llave stilson 14"	Pieza	1.00	240	58.91	0.25	
Flexómetro 5 m	Pieza	1.00	30	12.29	0.41	2.32
Implementos de seguridad						
EPPS	Glb	2.0	1.00	15.92	31.84	
Lámparas mineras	Glb	2.0	1.00	1.06	2.11	1.36
Equipo de perforación						
Perforadora Jack Leg	Pies perf.	175.00	120000	20400.00	29.75	
Manguera de jebe y lona 1"	M	30.00	180	6.00	1.00	
Manguera de jebe y lona 1/2"	M	30.00	180	2.89	0.48	
Aceite perforadora torcula 100	Gln	175.00	1	22.36	7.83	1.56
Mantenimiento						
Planilla de costos fijos						
Total de costos directos (S/.)						24.21
Costos indirectos						
Gasto general			0.00%			0.00
Costo fijo			0.00%			0.00
Utilidad			0.00%			0.00
Imprevistos			0.00%			0.00
Total costos indirectos (S/.)						0.00
Costo total S/. /Perno con resina + cartucho de cemento						24.21
FUENTE: Elaboración propia.						



El costo total de instalación por perno es de S/ 24.21, destacando que el mayor impacto en los costos proviene de la perforación y los insumos de fijación. El uso de resina y cartuchos de cemento aporta estabilidad a la excavación, lo que es crucial en entornos con condiciones geomecánicas variables. La baja incidencia de costos indirectos sugiere una planificación eficiente del sostenimiento.

c) Costo de sostenimiento con malla electrosoldada

La Tabla 20 presenta el análisis de los precios unitarios para la instalación de malla electrosoldada de 4” x 4” (2.4 m x 24.5 m). Se detallan los costos de mano de obra, herramientas, equipos, seguridad y materiales empleados en la fijación de la malla. También se incluyen los costos directos e indirectos, determinando el costo total por metro cuadrado instalado.

Tabla 20 — Precios unitarios de instalación de malla electrosoldada de 4” x 4” (2.4mx24.5m)

Precios unitarios						
Malla electrosoldada	18	m2	Con traslape	21	m2	
Descripción	Unidad	Cant.	Incidencia	Cost/Unit.	Cost/Disp.	Cost(S./m)
Mano de obra directa						
Perforista mina A	Tarea	1.0	80%	196.62	157.29	
Ayudante mina A	Tarea	1.0	80%	175.34	140.27	14.30
Herramientas y otros						
Combo de 6 libras	Pieza	1.00	90	45.73	0.51	
Juego de barretillas 4', 6' y 8'	Jgo.	1.00	45	498.06	11.07	



Barra de aluminio P/acuñar x 12"	Pza	0.00	45	0.00	0.00	
Barra de aluminio P/acuñar x 10"	Pza	0.00	45	0.00	0.00	
Malla electrosoldada alambre N	m2	0.00	1	0.00	0.00	
Barra tensadora	Pza	2.00	1440	7852.43	10.91	
Cizalla de 24"	Pza	1.00	180	124.82	0.69	
Llave stilson 14"	Pieza	1.00	240	58.91	0.25	1.13
Implementos de seguridad						
EPPS	Glb	2.0	1.00	15.92	31.84	
Lámparas mineras	Glb	2.0	1.00	1.06	2.11	1.63
Planilla de costos fijos						
Total de costos directos (S/.)						17.06
Costos indirectos						
Gasto general			0.00%			0.00
Costo fijo			0.00%			0.00
Utilidad			0.00%			0.00
Imprevistos			0.00%			0.00
Total, costos indirectos (S/.)						0.00
Costo total S/. /M2 Malla						17.06
FUENTE: Elaboración propia.						

El costo unitario de instalación de la malla electrosoldada es de S/ 17.06 por metro cuadrado. La mayor incidencia en los costos proviene de la mano de obra y los accesorios de fijación, lo que resalta la importancia de una



ejecución eficiente. La inclusión de herramientas y equipos de seguridad asegura que el proceso se realice cumpliendo con las normativas vigentes. La planificación adecuada de estos recursos es clave para optimizar costos y garantizar la estabilidad del sostenimiento.

d) Valorización del proyecto

El proyecto de profundización rampa Jerusalén, consiste en trabajos de construcción de cámaras de carguío, cámaras de acumulación, cámaras de refugio y pozas de bombeo.

Tabla 21 — Programación de avance 2023

	Jun-2023	Jul-2023	Ago-2023	Sep-2023	Oct-2023	Nov-2023	Dic-2023	Ene-2024	Feb-2024	Mar-2024	Abr-2024	May-2024	Jun-2024	Jul-2024	Ago-2024
RP	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
RP.CA.	0	0	7	8	0	0	0	0	8	7	0	0	0	8	4
RP.CC.	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	10	10	0	0
RP.RE.	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2
Total, general	72	72	79	80	72	82	82	72	80	79	72	82	82	80	79
Clave															
RP	Rampa principal														
RP	CA: Rampa principal (Cámara de acumulación)														
RP.CC	Rampa principal (Cámara de carguío)														
RP.RE	Rampa principal (Refugio)														
FUENTE: Elaboración propia.															



La Tabla 21 muestra la programación de avance de la profundización de la rampa Jerusalén a lo largo de 15 meses. Se desglosan los metros excavados mensualmente, considerando diferentes frentes de trabajo, como la excavación de la rampa principal (RP), cámaras de acumulación (RP.CA.), cámaras de carguío (RP.CC.), y refugios (RP.RE.).

Tabla 22 — Costos operativos antes del diseño optimizado (Mar 2022 – May 2023)

	Mar-2022	Abr-2022	May-2022	Jun-2022	Jul-2022	Ago-2022	Sep-2022	Oct-2022	Nov-2022	Dic-2022	Ene-2023	Feb-2023	Mar-2023	Abr-2023	May-2023
RP	S/.70,50 0.00	S/.70,80 0.00	S/.71,00 0.00	S/.70,70 0.00	S/.70,60 0.00	S/.71,20 0.00	S/.70,90 0.00	S/.70,70 0.00	S/.71,00 0.00	S/.70,60 0.00	S/.70,80 0.00	S/.71,30 0.00	S/.70,50 0.00	S/.70,90 0.00	S/.70,60 0.00
RP.C A.	S/.5,200. 00	S/.5,000. 00	S/.5,400. 00	S/.5,100. 00	S/.5,300. 00	S/.5,200. 00	S/.5,000. 00	S/.5,300. 00	S/.5,100. 00	S/.5,400. 00	S/.5,200. 00	S/.5,100. 00	S/.5,000. 00	S/.5,300. 00	S/.5,200. 00
RP.C C.	S/.6,400. 00	S/.6,600. 00	S/.6,300. 00	S/.6,500. 00	S/.6,400. 00	S/.6,600. 00	S/.6,700. 00	S/.6,400. 00	S/.6,500. 00	S/.6,300. 00	S/.6,600. 00	S/.6,500. 00	S/.6,400. 00	S/.6,300. 00	S/.6,500. 00
RP.R E.	S/.1,300. 00	S/.1,400. 00	S/.1,200. 00	S/.1,300. 00	S/.1,300. 00	S/.1,400. 00	S/.1,200. 00	S/.1,300. 00	S/.1,200. 00	S/.1,300. 00	S/.1,400. 00	S/.1,200. 00	S/.1,300. 00	S/.1,200. 00	S/.1,300. 00
Total general	S/.83,40 0.00	S/.83,80 0.00	S/.83,90 0.00	S/.83,60 0.00	S/.83,60 0.00	S/.84,40 0.00	S/.83,80 0.00	S/.83,70 0.00	S/.83,80 0.00	S/.83,60 0.00	S/.84,00 0.00	S/.84,10 0.00	S/.83,20 0.00	S/.83,70 0.00	S/.83,60 0.00

FUENTE: Elaboración propia.

La Tabla 22 presenta los costos operativos registrados antes del rediseño de la rampa Jerusalén, con un promedio mensual de S/ 83,697.33. Se observa una ejecución simultánea de excavación principal, cámaras, complementarias y refugios, generando una carga financiera constante y elevada. Este comportamiento refleja una planificación limitada, sin priorización técnica, lo que ocasiona mayores costos mensuales y reduce la eficiencia operativa del proyecto.



Tabla 23 — Costos operativos optimizados tras el diseño – rampa Jerusalén (Jun 2023 – Ago 2024)

	Jun-2023	Jul-2023	Ago-2023	Sep-2023	Oct-2023	Nov-2023	Dic-2023	Ene-2024	Feb-2024	Mar-2024	Abr-2024	May-2024	Jun-2024	Jul-2024	Ago-2024
RP	S/.60,745.86	S/.60,745.86	S/.60,745.86	S/.60,745.86	S/.60,745.86	S/.60,745.86	S/.60,745.86	S/.60,745.86	S/.60,745.86	S/.60,745.86	S/.60,745.86	S/.60,745.86	S/.60,745.86	S/.60,745.86	S/.60,745.86
RP.C.A.	S/. -	S/. -	S/.6,074.59	S/.6,942.38	S/. -	S/. -	S/. -	S/. -	S/.6,942.38	S/.6,074.59	S/. -	S/. -	S/. -	S/.6,942.38	S/.6,074.59
RP.C.C.	S/. -	S/. -	S/. -	S/. -	S/. -	S/.8,677.98	S/.8,677.98	S/. -	S/. -	S/. -	S/. -	S/.8,677.98	S/.8,677.98	S/. -	S/. -
RP.R.E.	S/.429.35	S/.429.35	S/.429.35	S/.429.35	S/.429.35	S/.429.35	S/.429.35	S/.429.35	S/.429.35	S/.429.35	S/.429.35	S/.429.35	S/.429.35	S/.429.35	S/.429.35
Total general	S/.61,175.21	S/.60,745.86	S/.60,745.86	S/.68,117.60	S/.61,175.21	S/.69,853.19	S/.69,853.19	S/.61,175.21	S/.68,117.60	S/.67,249.80	S/.61,175.21	S/.69,853.19	S/.69,853.19	S/.68,117.60	S/.67,249.80

FUENTE: Elaboración propia.

La Tabla 23 muestra un costo operativo mensual base de S/ 60,745.86 para la excavación de la rampa principal tras el rediseño. Las variaciones en los costos generales se deben a la ejecución planificada de cámaras y complementarias en meses específicos, incrementando temporalmente los gastos sin afectar la eficiencia. Este comportamiento evidencia una programación técnica escalonada, que optimiza recursos y reduce los costos mensuales en más de S/ 17,800.00 en comparación con el periodo anterior.



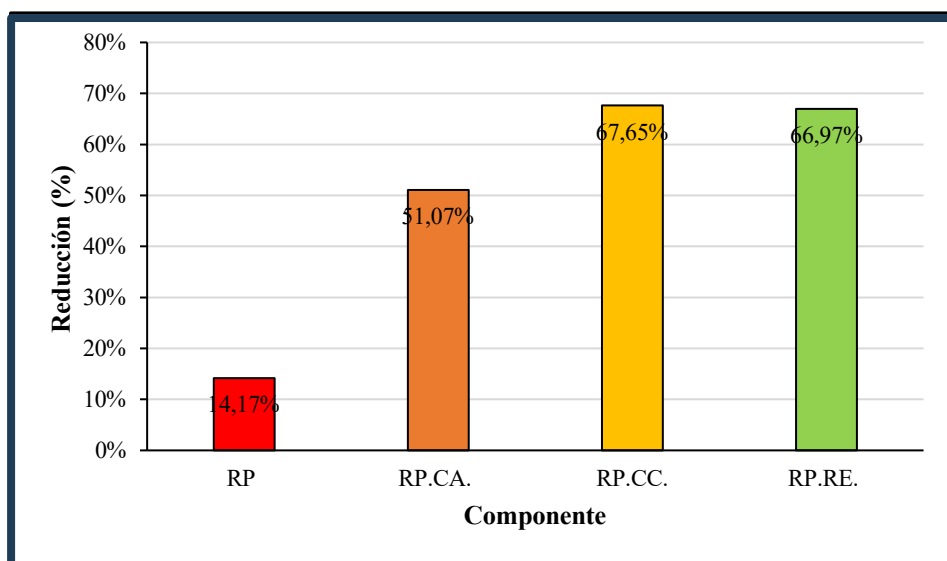
Tabla 24 — Promedio, máximo, mínimo y desviación estándar de los costos operativos

Indicador estadístico	Antes del diseño (Mar 2022 – May 2023)	Después del diseño (Jun 2023 – Ago 2024)
Promedio mensual	S/. 83,697.33	S/. 65,857.01
Monto máximo	S/. 84,400.00	S/. 69,853.19
Monto mínimo	S/. 83,200.00	S/. 60,745.86
Desviación estándar aproximada	S/. 316.76	S/. 3,374.33
FUENTE: Elaboración propia.		

El diseño de la rampa Jerusalén redujo el costo promedio mensual en S/. 17,840.32, equivalente a una disminución del 21.3%. Aunque los costos optimizados presentan mayor variación en algunos meses por ejecución puntual de obras (mayor desviación estándar), el nivel base de operación es significativamente más bajo, reflejando eficiencia sostenida.

Tabla 25 — Resumen de reducción por componente

Componente	Promedio antes (S/)	Promedio después (S/)	Reducción absoluta (S/)
RP	70,785.00	60,745.86	10,039.14
RP.CA.	5,183.33	2,535.86	2,647.47
RP.CC.	6,433.33	2,081.28	4,352.05
RP.RE.	1,300.00	429.35	870.65
Total, mensual	83,697.33	65,857.01	17,840.32
FUENTE: Elaboración propia.			



FUENTE: Elaboración propia.

Figura 12 — Reducción porcentual por componente

La Tabla 25 y Figura 12 muestra que hubo una reducción importante en los costos mensuales, donde el total bajó en 21.30%, lo que representa un ahorro de S/ 17,840.32. El componente general RP disminuyó en 14.17% (S/ 10,039.14). Los mayores ahorros se dieron en los subcomponentes: RP.CC. con 67.65%, RP.RE. con 66.97% y RP.CA. con 51.07%, evidenciando que las acciones aplicadas fueron efectivas.

Tabla 26 — Estimación total

Ítem	Valor
Costo total operativo	S/. 984,457.75
Inversión	S/. 294,500.00
Total	S/. 1,278,957.75

FUENTE: Elaboración propia.

La Tabla 26 revela que el costo operativo acumulado asciende a S/ 984,457.75, mientras que la inversión inicial es de S/ 294,500.00, teniendo por costo total S/ 1,278,957.75. La correcta asignación de estos recursos es crucial para garantizar la viabilidad del proyecto y el cumplimiento de los objetivos dentro del presupuesto establecido.



5.1.7 Evaluación económica

5.1.7.1 Flujo de caja

El flujo de caja se empleará para demostrar los ingresos, egresos y el flujo efectivo neto. Este flujo de caja nos permitirá evaluar la conveniencia del proyecto de diseño y construcción de la rampa Jerusalén comparando la inversión realizada contra los ahorros generados en los costos operativos.

Dado que el beneficio principal es la reducción de costos, el flujo de caja se construye considerando el ahorro como ingreso en efectivo.



Tabla 27 — Flujo de caja económico

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Ingresos							
Ingresos anuales	S/ -	S/ 214,083.84	S/ 214,083. 84	S/ 214,083.84	S/ 214,083.84	S/ 214,083. 84	S/ 214,083. 84
Egresos							
Inversión	S/ 294,500. 00	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Costos operativos		S/ 984,457.75	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Utilidad con tasa impositiva		S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Total de egresos	S/ 294,500. 00	S/ 984,457.75	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Flujo Neto Efectivo	-S/ 294,500. 00	- S/770,373. 91	S/ 214,083. 84	S/ 214,083.84	S/ 214,083.84	S/ 214,083. 84	S/ 214,083. 84
Flujo Acumulado		- S/770,373. 91	-S/ 556,290. 07	- S/342,206. 23	- S/128,122. 39	S/ 85,961.4 5	S/ 300,045. 29
FUENTE: Elaboración propia.							

A partir de este flujo de caja se realizó la evaluación económica mediante los criterios de inversión estudiados (VAN, TIR).

5.1.7.2 Valor actual neto (VAN)

Para obtener el Valor actual Neto bajo el enfoque de ahorro generado en los costos operativos mediante el diseño y construcción de la rampa Jerusalén, para esto se emplea la siguiente fórmula:

$$VAN = -I + \sum \frac{FNE}{(1+i)^n} \quad VAN > 0, \text{ es viable}$$

donde

I	inversión inicial
FNE	flujo neto efectivo
n	periodo (año)
I	tasa de descuento= 0%

Entonces:

$$VAN = - S/ 294,500.00 + S/ 300,045.29$$

$$VAN = S/ 5,545.29$$

El proyecto es viable ya que: el VAN es positivo S/5,545.29, lo cual indica que los ahorros operativos por si solos alcanzan a recuperar la inversión inicial durante 6 años, considerando una tasa de descuento de 0%.

5.1.7.3 Tasa interna de retorno (TIR)

Para la estimación de la TIR se evalúa cumpliendo lo siguiente:

Si: $TIR > \text{Tasa de descuento}$, es viable.

La TIR de este ahorro es de aproximadamente 0.16%, resulta mayor a la tasa de descuento.

5.1.7.4 Beneficio/Costo

La optimación de costos operativos mediante el diseño y construcción de rampa Jerusalén ha confirmado su impacto positivo en la reducción de costo por metro excavado de S/ 1,447.69, logrando estabilizar un costo operativo mensual de S/ 60,745.86.



5.2 Discusiones

El análisis realizado en la rampa Jerusalén ha determinado que la mina FIDAMI S.A. tiene una capacidad de recuperación de 124,300.049 TM al 80%, con una ley de oro promedio de 0.668 oz/TM. La implementación de sostenimiento con pernos helicoidales y mallas electrosoldadas ha permitido mejorar la estabilidad del macizo rocoso y reducir costos por fallas estructurales. Además, se evidenció que una planificación estratégica y una correcta gestión de los recursos optimizan los costos y aumentan la rentabilidad minera. Esto se respalda con los hallazgos de Sanhueza (2024), quien diseñó algoritmos heurísticos para optimizar rutas de rampas en minas a cielo abierto en Chile, logrando una reducción de hasta el 45% en los costos de construcción y excavación mediante el algoritmo SPH. Del mismo modo, Sulca (2024) demostró que la implementación de una rampa negativa en la Unidad Minera Raúl 40 redujo los costos operativos en 13.71% y mejoró la eficiencia en tiempos de acarreo. Finalmente, Buendía (2025) evidenció que la optimización del diseño de malla de perforación en Ayacucho disminuyó los costos por metro perforado en más de \$50, resaltando que la precisión en perforación y voladura puede influir directamente en la reducción de gastos. En la mina FIDAMI S.A., la adecuada planificación estratégica y evaluación geomecánica de la rampa Jerusalén concuerda con estos estudios al favorecer decisiones técnicas que impactan positivamente en la eficiencia y sostenibilidad de la operación.

El diseño optimizado de la Rampa Jerusalén en la mina FIDAMI S.A. considera una sección transversal de 4x4 metros, una pendiente del 12% y un radio de curvatura de 12 metros, permitiendo un tránsito fluido de equipos mineros y reduciendo tiempos improductivos. La distribución de cámaras de acumulación cada 150 metros y pozas auxiliares de bombeo cada 200 metros garantiza un manejo eficiente del material y del drenaje de agua. Con una longitud total de 1,050 metros, la rampa mejorará los tiempos de acarreo y contribuirá a la reducción de costos operativos en la mina. Este planteamiento es coherente con el estudio de Trigo (2024), quien analizó el ciclo de carguío y transporte en la División Andina de Codelco, logrando una reducción de costos del 17% y una mejora del 23% en la eficiencia operativa al cambiar el equipo de acarreo. Por otro lado, Valeriano (2024), en la unidad minera San Juan de Chorunga, mostró que el diseño e implementación de una rampa de 1,160 metros incrementó la producción mensual en un 69% y generó una TIR del 51.60%, demostrando que el diseño estructurado de accesos subterráneos mejora significativamente la productividad minera. Asimismo, Martínez



(2021) evidenció que el uso de pernos expansivos Python durante la construcción de rampas permitió mejorar la estabilidad estructural y reducir los costos asociados al sostenimiento. Estos resultados coinciden con la planificación aplicada en FIDAMI S.A., donde la optimización del diseño de la rampa permite condiciones más favorables para las operaciones mineras.

La evaluación económica de la Rampa Jerusalén ha confirmado su impacto positivo en la reducción de costos operativos. Con un costo por metro excavado de S/ 1,447.69 y un costo operativo mensual de S/ 60,745.86, la planificación del proyecto ha permitido distribuir los recursos financieros de manera eficiente. La inversión total asciende a S/ 1,278,957.75, de los cuales S/ 984,457.75 corresponden a costos operativos y S/ 294,500.00 a inversión inicial. En concordancia, Noboa (2021), en Ecuador, implementó una rampa con sostenimiento optimizado en la mina “El Domo”, lo que generó un aumento del 65% en la eficiencia operativa y un ahorro diario de hasta 9,500 USD. De forma similar, Quispe (2024) demostró que el diseño de la Rampa 567 en Junín alcanzó una relación beneficio/costo de 49.76, lo que refleja un alto grado de rentabilidad gracias a la optimización del acceso a nuevas vetas. Asimismo, Arocutipa (2022) evidenció que la construcción de una rampa en una empresa peruana redujo los tiempos de descarga en un 50% y generó una disminución del 35% en los costos mensuales, con una correlación muy fuerte ($r=0.913$) entre la infraestructura implementada y la eficiencia operativa. Estas evidencias se alinean con la realidad de FIDAMI S.A., donde el enfoque estratégico en infraestructura subterránea representa una solución efectiva para minimizar gastos, mejorar el rendimiento del transporte interno y garantizar la continuidad de la operación minera con altos estándares de rentabilidad.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

La implementación del diseño y construcción de la Rampa Jerusalén en la empresa minera FIDAMI S.A. demostró ser una estrategia eficaz para optimizar los costos operativos. A través de un enfoque técnico integral, que incluyó el diseño de las condiciones geométricas y estructurales de la rampa, se logró reducir significativamente los tiempos improductivos y se mejoró la transitabilidad de los equipos de acarreo. La inversión realizada, ascendió a S/ 1,278,957.75 y se justificó plenamente al considerar la disminución del costo operativo mensual a S/ 60,745.86 y el costo unitario por metro excavado de S/ 1,447.69. Estos indicadores consolidaron la viabilidad técnica y económica del proyecto, generando impactos positivos en la rentabilidad de la operación minera a mediano y largo plazo.

El análisis detallado de los costos operativos previos a la intervención evidenció un promedio mensual de S/ 83,700.00, producto de una planificación dispersa, un sostenimiento ineficiente y mayores tiempos de transporte. Estos valores respondieron al diseño previo de la rampa y a la carencia de una estructura optimizada para las labores de extracción. Asimismo, se identificaron sobrecostos recurrentes en mantenimiento, acondicionamiento y refuerzo de estructuras subterráneas. Esta evaluación resultó fundamental para establecer una línea base comparativa frente a los nuevos indicadores obtenidos tras la implementación de la rampa optimizada.

El diseño de la Rampa Jerusalén contempló criterios técnicos fundamentales para mejorar la eficiencia operativa: una sección transversal de 4x4 metros, pendiente de 12%, y una longitud total de 1,050 metros. Se incorporaron cámaras de acumulación cada 150 metros y pozas de bombeo cada 200 metros, favoreciendo el drenaje y evitando interrupciones operativas por acumulación de agua. Asimismo, se definió un radio de curvatura de 12 metros, permitiendo un tránsito fluido y seguro para volquetes y equipos de gran tamaño.



Esta configuración estructural, ajustada a las características del macizo rocoso, garantiza condiciones operativas estables, seguras y eficientes.

El impacto de la construcción de la Rampa Jerusalén en la reducción de costos y tiempos operativos fue evidente. Los costos mensuales pasaron de un promedio de S/ 83,700.00 a S/ 60,745.86, representando una reducción aproximada del 27.4%. Asimismo, se registró una disminución significativa en los tiempos de acarreo debido al trazado directo y a las mejores condiciones de operación. Esta optimización no solo repercutió en menores gastos, sino también en una mayor productividad y aprovechamiento del recurso aurífero, cuya ley promedio fue de 0.668 oz/TM, con un volumen recuperable al 80% de 124,300.049 TM. El proyecto, por tanto, contribuyó de manera directa a incrementar la rentabilidad y sostenibilidad de la unidad minera.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda evaluar periódicamente la efectividad de los sistemas de sostenimiento (pernos helicoidales y mallas electrosoldadas) mediante inspecciones geomecánicas para evitar sobrecostos por fallas estructurales.

Se recomienda implementar simulaciones y análisis de tráfico en la Rampa Jerusalén para verificar si los parámetros actuales (4x4 m, 12% de pendiente, 1,050 m de longitud) pueden mejorarse en función del flujo de equipos y el acarreo de material.

Se plantea implementar una planificación técnica más precisa para las voladuras y el consumo de insumos como explosivos, acero de perforación y combustible. El control detallado de estos recursos permitirá reducir el costo unitario por metro lineal excavado y garantizar una mayor rentabilidad en cada fase del desarrollo minero.

Se recomienda realizar un estudio comparativo con otras minas de características similares para evaluar si la inversión en la Rampa Jerusalén genera el retorno esperado y si es viable replicar estrategias de optimización en futuras infraestructuras mineras.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARIAS, J.; HOLGADO, J.; TAFUR, T. y VÁSQUEZ, M., 2022. Metodología de la investigación: El método ARIAS para desarrollar un proyecto de tesis. Puno: Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. Disponible en: <https://doi.org/10.35622/inudi.b.016>.

AROCUTIPA, H. (2022). Diseño de rampa negativa 2340 para incrementar la producción y mejorar el sistema de extracción de mineral empresa Minera SOTRAMI S.A. Ayacucho. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Altiplano]. Repositorio Institucional UNAP. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/18034>

BDO ARGENTINA. (2023). Optimización de Costos: un enfoque estratégico para la eficiencia financiera. BDO. <https://www.bdoargentina.com/es-ar/publicaciones/categoria-de-publicaciones/grupo-de-publicaciones/optimizacion-de-costos-un-enfoque-estrategico-para-la-eficiencia-financiera>

BUENDIA, G. (2025). Optimización de la perforación y voladura en la construcción de la rampa negativa 7300 en la Unidad Minera Inmaculada, Ayacucho 2023. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac]. Repositorio Institucional UNAMBA. <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/1603>

BUSSINES, C. (2023). Reduce costos con el mantenimiento predictivo en minería. Caron business solutions. <https://www.caronbusiness.com/es/mineria-es/reduce-costos-con-el-mantenimiento-predictivo-en-mineria/>

CORDOVA, J. (2021). Análisis de las variables operacionales en el proceso de mina a planta para el mejoramiento de la producción en tiempo de crisis en DOE RUN Perú SRL en liquidación - Mina Cobriza 2021. Huamanga: Repositorio continental. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/11375>.

EIGO CONSTRUCCIONES. (2020). Cómo reducir costes en la construcción. Eigo construcciones. <https://eigoconstrucciones.com/noticia/como-reducir-costes-en-la-construccion/>



GOMEZ MENDOZA, S. (2021). Diseño y construcción de la rampa Yumpag para la optimización de las operaciones mineras, compañía de minas Buenaventura, región de Pasco . Cusco: Repositorio Universidad Nacional de San Antonio Abad.

MARTINEZ, E. (2021). Sostenimiento mecanizado con perno expansivo python en la construcción de la rampa 524 – Catalina Huanca Sociedad Minera S.A.C, Canaria, Ayacucho. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional UNSAAC. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/6184>

MENTES ANALYTICAS. (2024). Diseño de investigación cuasi experimental: Guía completa. Mentes analíticas. https://mentesanaliticas.com/disenio-de-investigacion-cuasi-experimental-guia-completa/?expand_article=1

MOLINA, E. (2019). Modelo Matemático para Diseño de Rampas en Minería a Cielo Abierto. Chile: Universidad de Chile.

MORENO, C. (2021). Integrated management systems in the mining sector. Brasil: Universidad Santo Tomás. <https://doi.org/https://doi.org/10.15332/24631140.6674>

NOBOA, L. (2021). Diseño de sostenimiento de la rampa de acceso para la explotación del dominio este del depósito VMS “El Domo”, ubicado en el cantón Las Naves, provincia de Bolívar – Ecuador. [Tesis de licenciatura, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/24831>

QUISPE, E. (2024). Diseño y construcción de la rampa 567, para la explotación de las vetas Norita y Mary en la mina Carahuacra de la Compañía Minera Volcan - Junín. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional UNSAAC. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/9467>

RICHANI, A. Y. (2024). América Latina Apuesta Fuerte por la Minería en 2024. Equipo minero. <https://www.equipo-minero.com/contenidos/america-latina-apuesta-fuerte-por-la-mineria-en-2024/>

RMF, R. M. (2020). La minería y los ODS: ¿Cómo abordar la discrepancia de materialidad? RMF. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.responsibleminingfoundation.org/app/uploads/ES_Research-Insight_SDGs_Sept2020.pdf](https://www.responsibleminingfoundation.org/app/uploads/ES_Research-Insight_SDGs_Sept2020.pdf)



SANHUEZA, E. (2024). Algoritmos para la construcción de redes de caminos en minas a cielo abierto. [Tesis de maestría, Universidad de Chile]. Repositorio Académico UChile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/204908>

SCHIMMER, M. (2020). Cómo reducir los costos operativos. amcs. <https://www.amcsgroup.com/es/blogs/como-reducir-los-costos-operativos/>

SULCA, F. (2024). Construcción de una rampa negativa y la producción de minerales en la Unidad Minera Raúl 40 - Empresa Procesadora Costa Sur S.A.C. – 2022. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional San Luis Gonzaga]. Repositorio Institucional UNICA. <https://hdl.handle.net/20.500.13028/4847>

TRIGO, J. (2024). Optimización del proyecto de construcción “rampa de conectividad nodo 3500” a través del análisis e implementación de mejoras en ciclo de carguío y transporte. [Tesis de licenciatura, Universidad de Cantabria]. Repositorio Institucional UCrea. <https://hdl.handle.net/10902/34541>.

VALERIANO, E. (2024). Diseño y ejecución de la rampa (-) 8524 para el incremento de la producción de la zona Mercedes en la Unidad Minera San Juan de Chorunga-Arequipa. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional UNSAAC. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/9492>



ANEXOS



Anexo A

Tabla 28 — Matriz de consistencia

Optimización de costos operativos mediante el diseño y construcción de la rampa Jerusalén en la empresa minera Fidami S.A. Ayacucho, 2024					
Problema	Objetivos	Problemática del estudio	Variables	Dimensiones	Metodología
General	General	<p>La continuidad de la Unidad Operativa Fidami S.A depende de la profundización de esta, lo que hace imprescindible hacer el desarrollo de la mina mediante el diseño y construcción de labores mineras, tales como, cruceros, chimeneas, galerías, cámaras de acumulación refugios, rampas, by passes, entre otras.</p> <p>Para hacer posible el acceso a los recursos minerales existentes debajo del Nivel-2220 hasta 1945 de la mina Fidami S.A.</p> <p>Minera Operativa Fidami S.A, se plantea continuar la Rampa 300 NE en el citado proyecto de Profundización Rampa 300 NE labor minera que comunicará debajo del Nivel 1945, para la extracción del mineral y desmorte.</p> <p>Con la ejecución de la Rampa 300 NE se garantizará el desarrollo y explotación de la mina de forma continua logrando así la optimización de los procesos de minado; de esta manera se mejorarán los niveles de producción y productividad, aplicando un sistema de mecanización en la extracción del mineral.</p>	Variable independiente: Diseño y construcción de la rampa Jerusalén	Fase de diseño	Enfoque: Cuantitativo
¿Cómo se optimizarán los costos operativos mediante el diseño y construcción de la rampa Jerusalén en la empresa minera Fidami S.A. Ayacucho 2024?	Optimizar los costos operativos mediante el diseño y construcción de la rampa Jerusalén en empresa Fidami S.A.				Tipo: Aplicada
Específicos	Específicos			Fase de construcción	Nivel: Explicativo con causal
¿Cuáles son los costos operativos actuales de la empresa minera Fidami S.A., relaciona con la rampa Jerusalén?	Evaluar los costos operativos actuales de la mina Fidami S.A., relacionado con la rampa Jerusalén.				Diseño: Cuasi-experimental
		Fase de operación	Población: Empresa minera FIDAMI S.A.		
¿Cómo puede el diseño optimizado de la rampa mejorar la eficiencia operativa?	Diseñar una rampa optimizada para mejorar la eficiencia en las operaciones mineras.		Muestreo: No Probabilístico		
¿Qué impacto tendrá la construcción de la rampa en los costos y tiempos operación?	Estimar los costos y beneficios de la construcción de la rampa en la optimización de los costos operativos.	Costos y mantenimiento de la rampa	Técnica: Observación Análisis documental		
			Reducción de tiempos operativos	Instrumento: Guía de observación-Guía de análisis documental	
			Características del terreno	Análisis: Análisis comparativo	
		Desarrollo de propuesta			



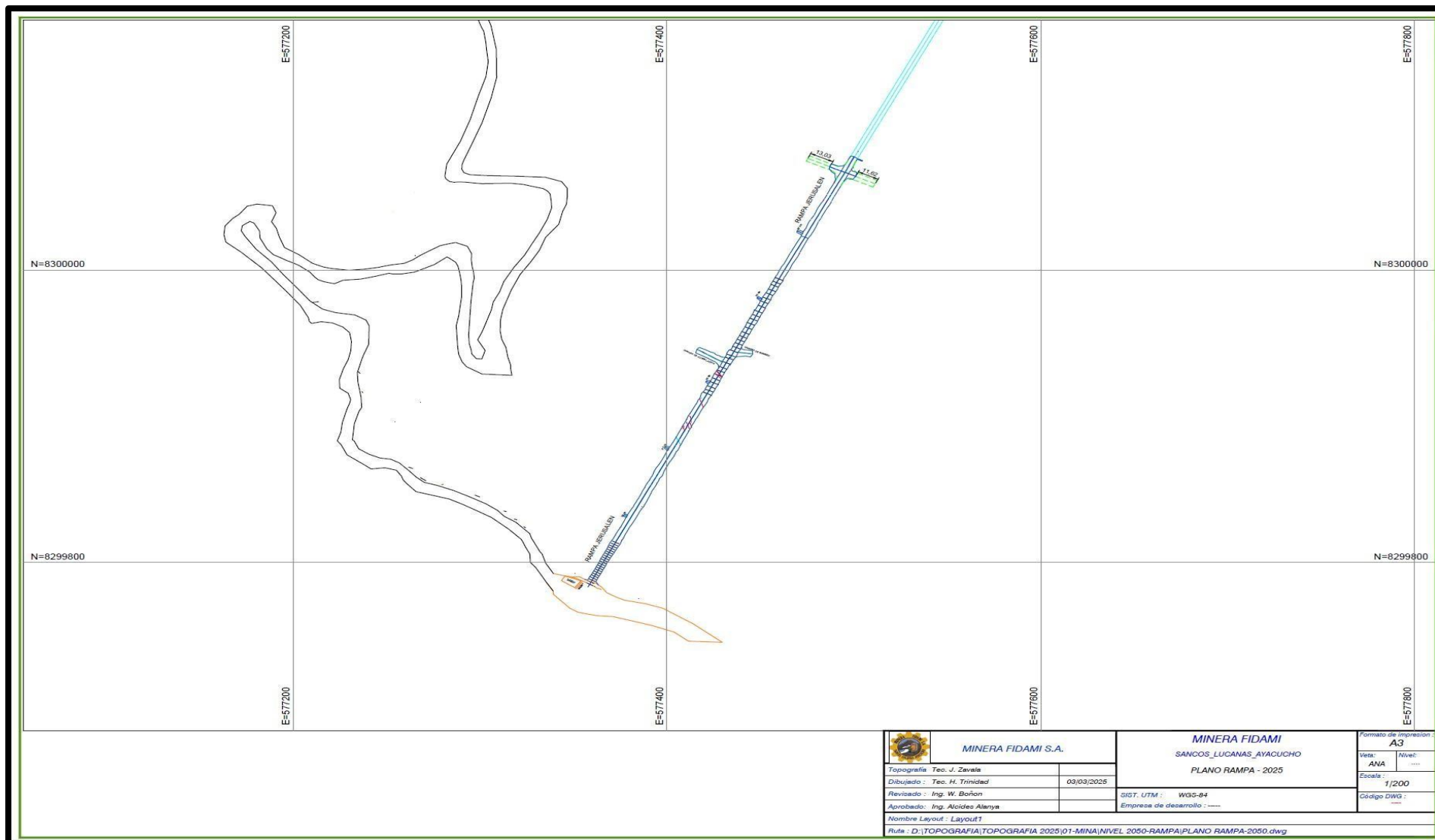


Figura 14 — Plano de rampa Jerusalén



Anexo C

Malla de perforación que trabaja actualmente la empresa

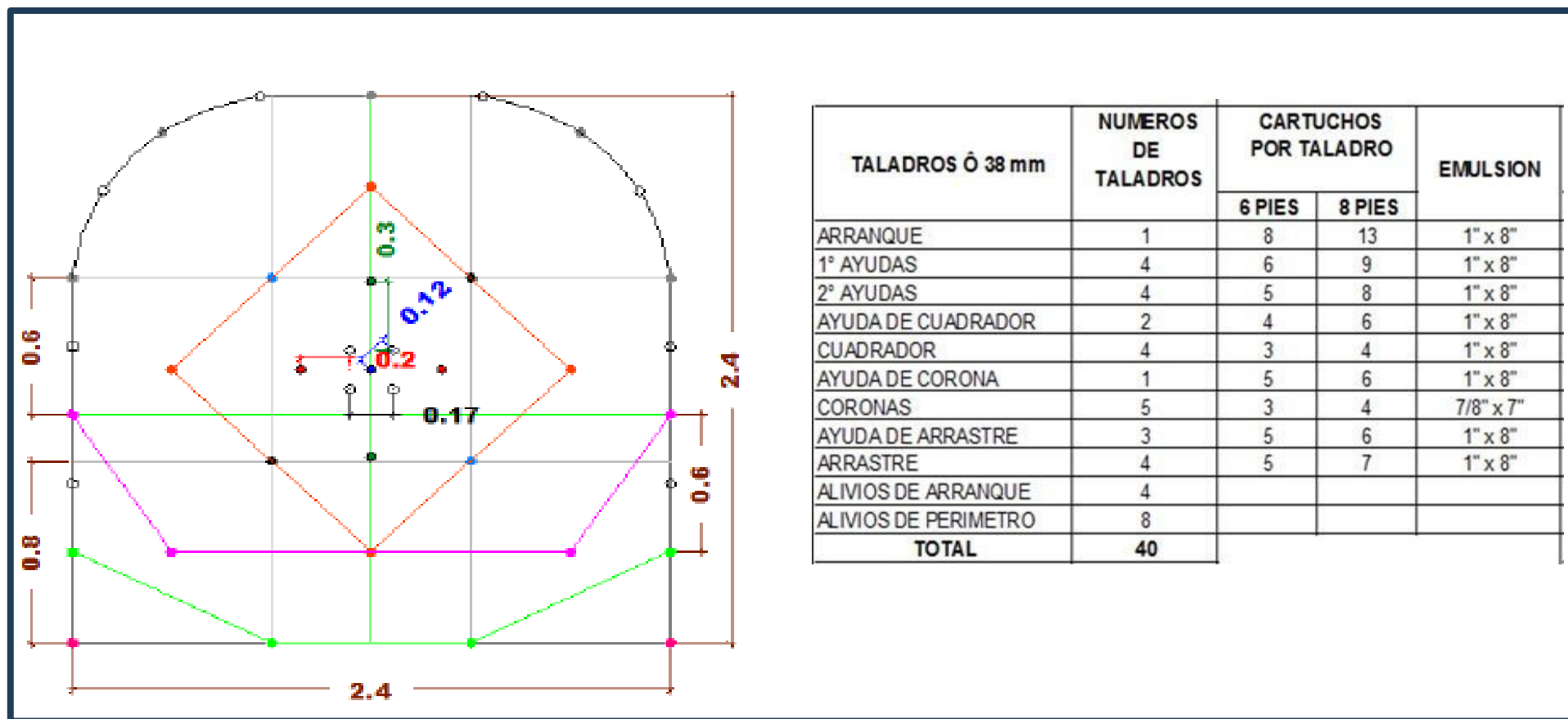


Figura 15 — Malla de perforación en roca mala sección 2.40 m x 2.40 m

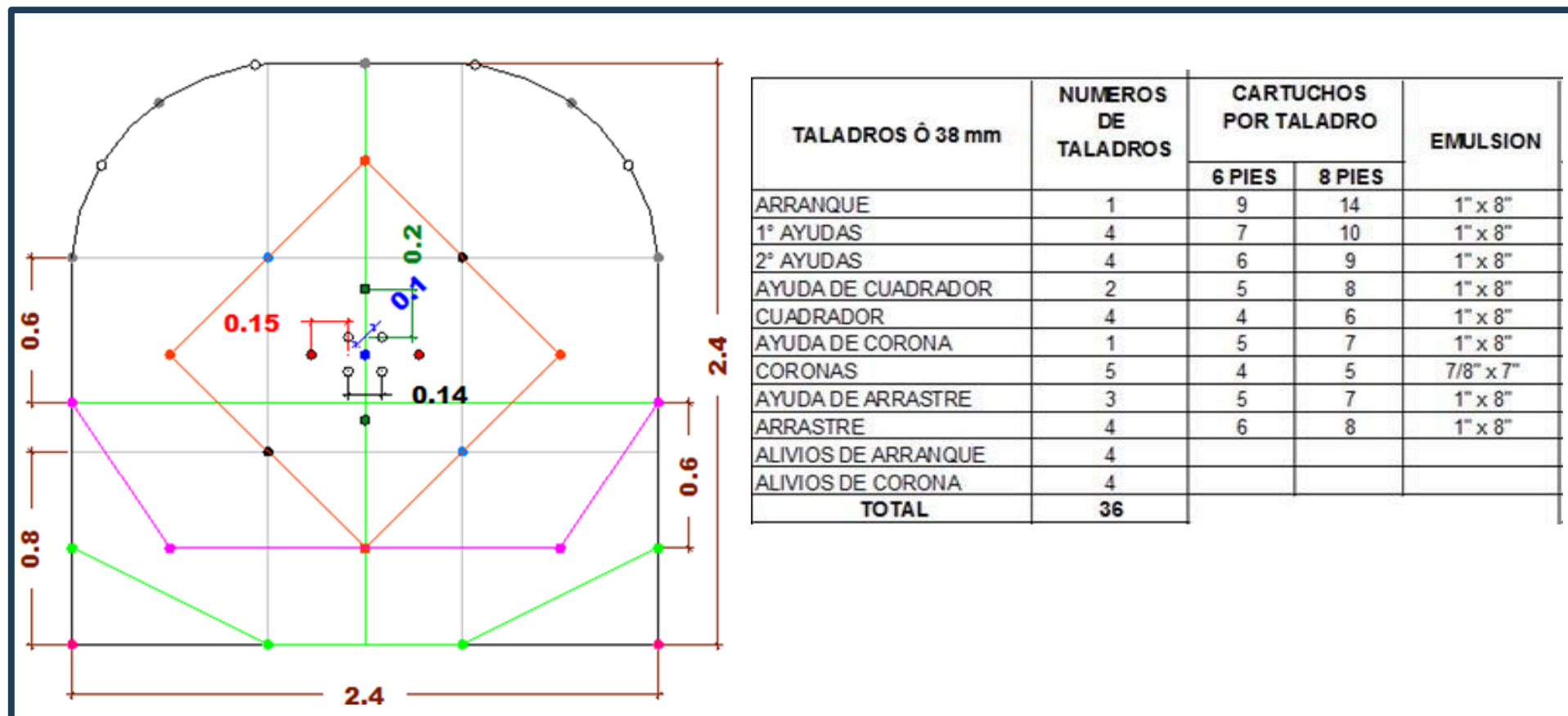


Figura 16 — Malla de perforación en roca regular sección 2.40 m x 2.40 m.

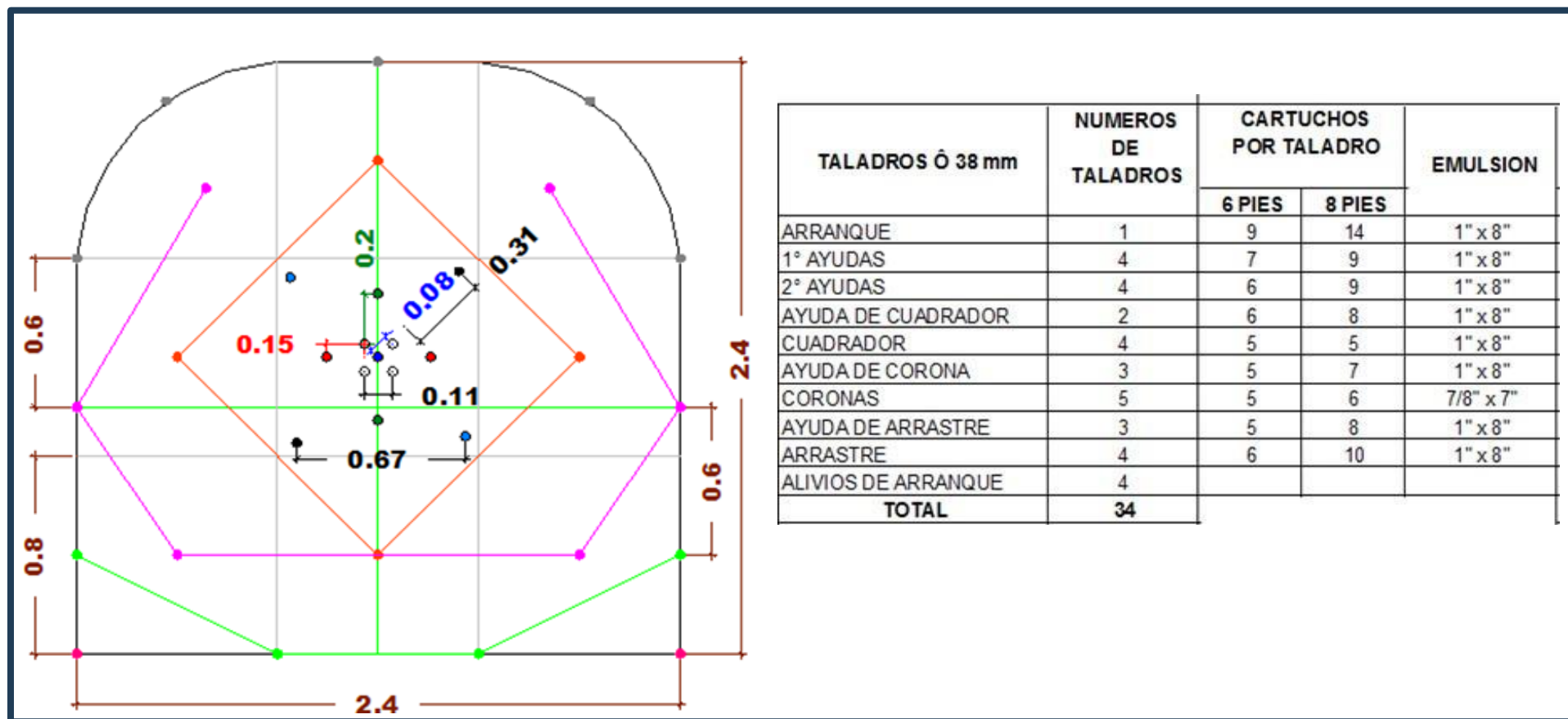


Figura 17 — Malla de perforación en roca buena sección 2.40 m x 2.40 m.

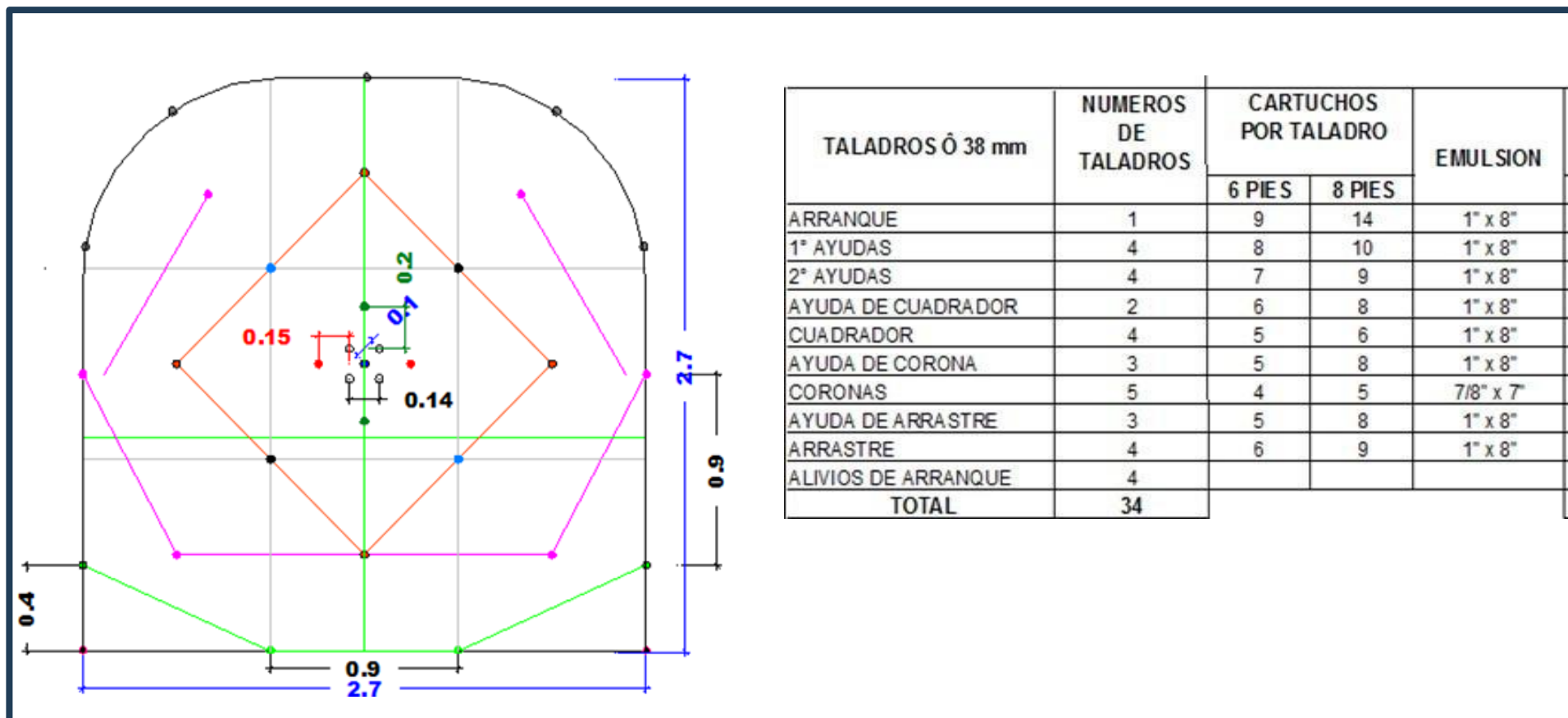


Figura 18 — Malla de perforación en roca buena sección 2.70 m x 2.70 m.

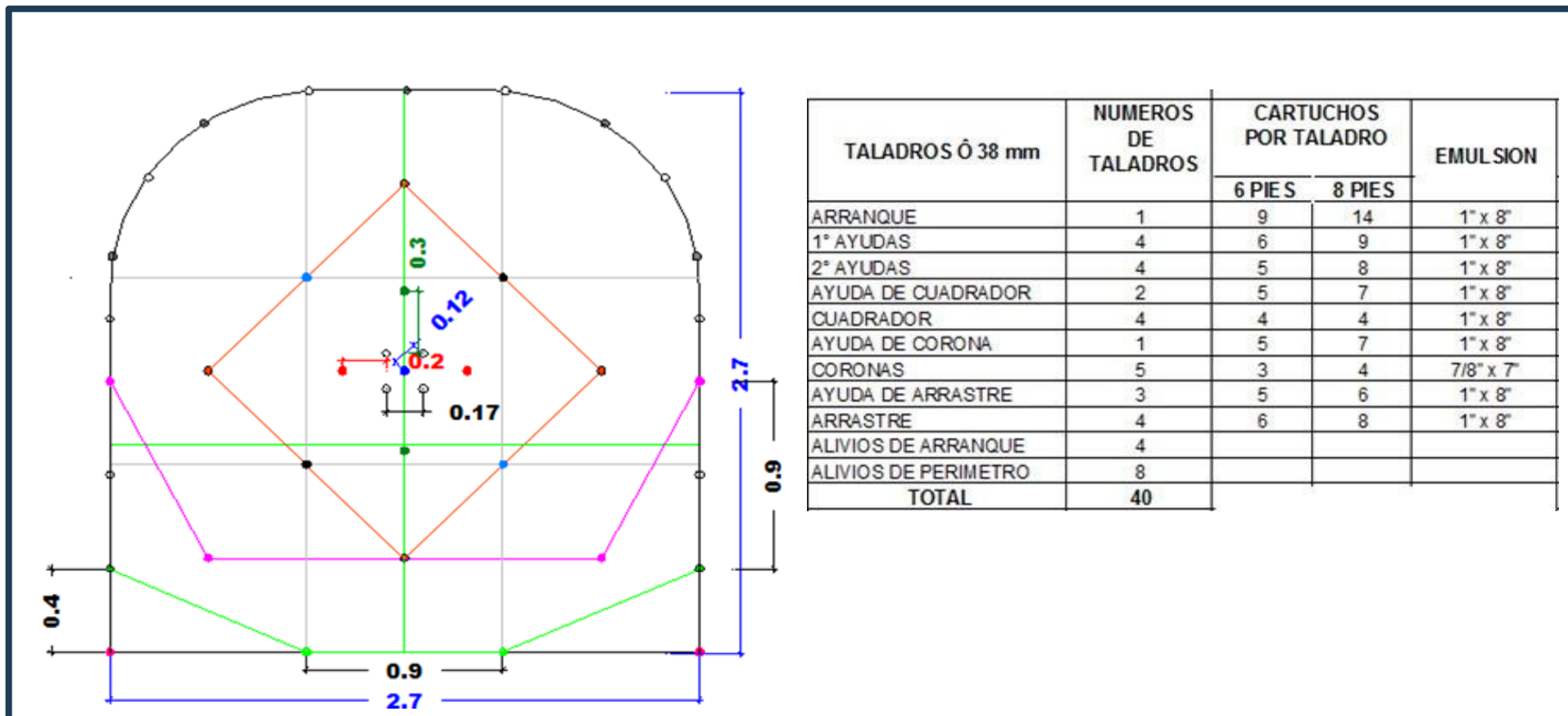


Figura 19 — Malla de perforación en roca mala sección 2.70 m X 2.70 m.