



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA DE MINAS**

“RELACIÓN ENTRE LA SOBRE ROTURA DE LA VETA CABANA Y LA DILUCIÓN DE LEYES DE ORO EN UNA MINA SUBTERRÁNEA EN EL DISTRITO DE PARCOY – LA LIBERTAD, 2023”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autores:

Saul Arcadio Garcia Mercado
Carlos Andrei Zamora Cueva

Asesor:

Mg. Ing Jairo Pinedo Taquia
0000-0001-9684-0140

Cajamarca - Perú

2025


JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Alfredo Martin Berrospi Ytahashi	
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Ronald Smith Mayta Rodas	
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Jairo Pinedo Taquia	
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

 Página 2 of 47 - Integrity Overview Identificador de la entrega trrcoid::1:3199373035

19% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.




Filtered from the Report

- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text
- ▶ Cited Text
- ▶ Small Matches (less than 8 words)

Exclusions


- ▶ 1 Excluded Source

Top Sources

- 19%  Internet sources
- 1%  Publications
- 9%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

1 Integrity Flag for Review

-  **Hidden Text**
4 suspect characters on 1 page
Text is altered to blend into the white background of the document.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

DEDICATORIA

Dedicar esta tesis primeramente a Dios.

También quiero dedicar a mi esposa Cristina Victoria Mendo Callirgos y a mi hijo José Santiago García Mendo, por ser la razón de mi vida y de todos mis logros.

A mi madre Francisca Inés Mercado Villavicencio, por todos sus consejos brindados.

A mi hermana Flor Inés Mercado Villavicencio, a su esposo Cesar Cerna y a su hijo Andriu Estheven Cerna García; por todo el apoyo incondicional que me brindan.

A la familia de mi esposa, el Sr. Marcos David Mendo Cerna y a la Sra. Cristina Mendo c

García Mercado, Saúl Arcadio

Gracias a todos aquellos que hicieron una contribución única para la realización de este proyecto con apoyo incondicional. Gracias a mi familia por su continuo amor y confianza; a mis amigos que han sido una fuente constante de aliento; y a todos los que de una forma u otra me han brindado ayuda, consejos y sabiduría. Este logro no sería posible sin su apoyo.

Zamora Cueva, Carlos Andrei

AGRADECIMIENTO

A nuestra alma Mater UNIVERSIDAD PRIVADA DE NORTE por habernos permitido ser parte de ella y abrirnos las puertas para poder estudiar nuestra carrera y a los docentes de la facultad de ingeniería y a la escuela profesional de Ingeniería de Minas, por los conocimientos brindados y su excelente desempeño laboral. A cada uno de los ingenieros que nos contribuyeron con sus conocimientos y experiencias adquiridas.

A la mina subterránea dónde iniciemos nuestros primeros pasos en la vida laboral de nuestra carrera ingeniería de Minas, por permitirnos desarrollar este proyecto de tesis.

Tabla de contenido

Jurado calificador	2
Informe de similitud	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento.....	5
Tabla de contenido	6
Índice de tablas	7
Índice de figuras	8
Resumen	9
Capítulo I: Introducción	10
Capítulo II: Metodología	11
Capítulo III: Resultados	30
Capítulo IV: Discusión y Conclusiones	37
Referencias	42
Anexos	44

Índice de tablas

Tabla 1: Detalle de las labores de avance asumidos como muestra	22
Tabla 2: Resistencia de la roca en tajeos	25
Tabla 3: Clasificación geomecánica de los tajeos	25
Tabla 4: Características de los explosivos y accesorios	26
Tabla 5: Porcentajes de dilución en tajeos	30
Tabla 6: Parámetros de carga de los disparos.....	33
Tabla 7: Datos de rotura y sobre rotura en tajeos.....	33
Tabla 8: Costos Rotura por TM Pot. < 0.80 m.....	35
Tabla 9: Costos Rotura por TM Pot. > 0.80 m.....	35
Tabla 10: Estadísticas de la regresión	36

Índice de figuras

Figura 1: Ficha de recolección de datos – dilución.....	23
Figura 2: Ficha de recolección de datos – sobre rotura.....	23
Figura 3: Ficha de recolección de datos – Disparo	24
Figura 4: Esquema de procesamiento de información	28
Figura 5: gr Au/TM Dilución ejecutada Vs gr Au/TM Dilución estimada.....	31
Figura 6: Oz Finos ejecutada Vs Oz Finos estimada	32
Figura 7: % Dilución ejecutada Vs % Dilución estimada.....	32
Figura 8: Gráfico comparativo de porcentajes de sobre rotura	34

RESUMEN

La investigación tuvo como finalidad determinar la relación entre la sobre rotura de la veta Cabana y la dilución de las leyes de oro. en una mina subterránea en el distrito de Parcoy en el año 2023. La investigación es no experimental porque incluye estudios realizados sin la manipulación intencional de variables, en los cuales los fenómenos se observan únicamente en su entorno natural y luego se analizan. La población asumida en el trabajo de investigación está constituida por todas las labores de avance de la veta Cabana. La muestra tomada en la investigación está conformada por las labores de avance en los niveles específicos seleccionados dentro de la veta, 2300, 2350, 2400 y 2450. La unidad de análisis está definida por la veta Cabana. Se concluye que, al realizar un análisis de los porcentajes de dilución en la veta Cabana, en el cual se obtuvo que en la labor TJ II260-2 se observó el mayor porcentaje de dilución con un total de 65%. Además, la dilución ejecutada supera a la programada en 8%. Por lo tanto, con la evaluación de los porcentajes de sobre rotura a partir de las operaciones de voladura en la veta Cabana, se observa que la labor TJ II140-1 tuvo el mayor porcentaje de sobre rotura con un 16%. En la labor TJ II140-1 que presentó un mayor porcentaje de sobre rotura con 16%, se tuvo mayor costo con S/. 203.58 por TMM. Finalmente se realizó un análisis de regresión de correlación múltiple lineal de las variables sobre rotura y dilución, obteniendo un 0.855 lo cual indica que ambas variables se relacionan directamente, también señala que los datos se ajustan al modelo en un 73%.

PALABRAS CLAVES: Dilución, sobre – rotura, leyes, tajos, costos, veta.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La voladura es una de las actividades más cruciales en los proyectos mineros. Una voladura incorrecta puede provocar eventos no deseados, como una fragmentación deficiente, rotura de espalda, lanzamiento de fragmentos de roca, entre otros, lo que puede afectar tanto física como financieramente toda la operación minera (Bagherpour et al., 2015). Según Rojas (2018) señalan los métodos de fragmentación de roca mediante explosivos y se explica el cálculo de cargas explosivas en voladuras con base en las siguientes variables: Magnitudes geométricas del macizo rocoso, características técnicas de los explosivos, tipo de roca y del grado de fijación.

Por otro lado, Belito y Belito (2021), señalan que la sobre rotura es un problema en actividades mineras, ya que genera inestabilidad en el macizo rocoso, requiriendo un diseño de sostenimiento más complejo y por otro parte incrementa el porcentaje de dilución que baja las leyes del mineral. Así mismo Leyva (2019) indica que, es una consecuencia por Una mala distribución de carga explosiva, junto con el tipo de roca, puede provocar una fragmentación ineficiente, sobre excavación o una alta dilución, lo que afecta negativamente los costos y la eficiencia en el proceso de extracción minera, Una distribución inadecuada en el diseño de la malla de perforación y voladura provoca una ampliación de la sección en relación con lo planeado, lo que lleva a un sobredimensionamiento de la labor, incrementando tanto el perímetro como el volumen.

El análisis de dilución mineral es importante para el estado de las leyes y para determinar las implicaciones para la planificación minera y la recuperación de minerales. A nivel mundial, reducir las tasas de dilución de minerales para mejorar la productividad de los proyectos mineros sigue siendo un desafío importante. En Sudamérica, Chile es uno de

los primeros países que quiere encontrar una solución a este grave problema que enfrenta la minería todos los días. Varias organizaciones están trabajando actualmente para mejorar los rendimientos económicos y también están investigando tecnologías y/o pruebas que puedan reducir las tasas de dilución de minerales (Huamán y Mamani, 2020).

Así mismo, para una mejor interpretación de los resultados se consideró dentro del **marco conceptual** definiciones básicas de los términos a emplear durante el desarrollo de la investigación. La dilución de minerales se produce cuando se combinan o mezclan minerales valiosos con aquellos que no tienen ningún valor económico para la empresa (dilución), reduciendo la calidad de los minerales al menos por debajo de los minerales extraídos. Al mismo tiempo, los precios subirán. Sin embargo, según las razones especificadas en el manual de (EXSA, s/f), la inspección se produjo en el rango de dilución operativa resultante de una incorrecta perforación, selección de explosivos, etc., distribución de explosivos o tiempo de demora; También se identifican fuentes adicionales de dilución, como ciertos métodos de minería, tales como el hundimiento, corte y relleno. En este último caso, por ejemplo, cuando los minerales caen y se realiza la limpieza utilizando un winche de rastrillaje, por lo general, sin un buen control, se rompen y diluyen la roca encajonante (Fabián y Membrillo, 2022).

La perforación y la voladura son técnicas empleadas para extraer rocas de terrenos en los cuales no resulta rentable utilizar equipos mecánicos. Entonces, según esta definición, este enfoque puede ser utilizado en cualquier técnica de trabajo. que requiera movimiento de tierras, como la minería o la ingeniería civil (Belito y Belito, 2021).

Se entiende por voladura la distribución de un número de taladros calculados en función del tipo de roca y diseño, en los que se ha considerado cargar de explosivo y se da inicio con una secuencia diseñada de tal manera que se obtengan una buena fragmentación

y un adecuado desplazamiento, sin afectar elementos no deseados. Esta técnica es ampliamente utilizada en el mundo de la minería (Belito y Belito, 2021).

Por otro lado, la ganga es el estéril que no se puede separar de los minerales durante la explotación y que se envía a la fábrica para su procesamiento. Parte de los materiales de baja ley se envían para ser procesados mediante combinación con minerales de alta ley (Jacinto, 2022).

$$Dilución = \frac{Ton\ estéril}{Ton\ mineral + Ton\ estéril}$$

Los métodos actuales de evaluación del porcentaje de dilución por sobre excavación, son gráficos y más sólidos que los métodos de diseño de cámaras. Estas pautas se desarrollan de acuerdo con el proceso de diseño, y el proceso incorpora métodos para estimar ELOS . Es función de dos variables independientes que caracterizan los muros de excavación analizados, el Número de estabilidad N o N' , y El radio hidráulico [HR (m)] (Maquera, 2018).

Los autores Owens y Armstrong (1993), Snowden (1990), Thomas y Snowden (1990), y Villaescusa (1998) acordaron clasificar la dilución en dos tipos: a) dilución externa o dilución de contacto, y b) dilución interna. Se puede demostrar que el contorno es invisible cuando se analiza desde su geología. Por otro lado, el autor Sumner (2009) a la clasificación anterior añade un tercer tipo de dilución. Esto se diluye con la falta de control o confusión en el manejo del campo. Este control garantiza la estabilidad de la calidad del mineral enviado a trabajo y la correcta ubicación de los diferentes materiales de extracción (Fernández et al., 2015).

Se consideraron los siguientes antecedentes, a **nivel internacional** González y Rivera (2018) en su tesis "Reducción de la sobreexcavación mediante explosivo SUBTEK

en Mina Esmeralda, El Teniente – Codelco Chile", es un estudio que se centra en la optimización de los procesos de voladura utilizando el explosivo SUBTEK para disminuir la sobreexcavación en la Mina Esmeralda, ubicada en El Teniente, una de las principales operaciones mineras de Codelco Chile. tuvo por finalidad reducir la sobre excavación en los desarrollos horizontales en mina Esmeralda, mediante la sustitución del explosivo ANFO por la emulsión explosiva SUBTEK. En conclusión, al utilizar la emulsión SUBTEK, Se logra reducir el problema de sobreexcavación del 30% al 20%, lo que implica una reducción de 10 toneladas/tiro, con un costo de LHD de \$1.24/tonelada. Además, se reduce en 1.32 m² la superficie de la sección, cuyos costos de mantenimiento son de \$240/m². Al mismo tiempo, aunque el costo de la voladura aumenta en \$105.6 por disparo, la optimización general sigue siendo beneficiosa, ahorran 218,8 dólares por disparo. La disminución en los porcentajes de dilución fue del 12%.

Según Coronel (2019), en su trabajo de investigación "Optimización de los procesos de perforación y voladura de rocas en el frente de explotación "Nivel H" de la mina Agua Dulce, Portovelo - El Oro", tuvo como objetivo principal optimizar los sistemas de perforación y voladura de rocas en el frente de explotación "Nivel H" de la mina Agua Dulce, ubicada en el cantón Portovelo, sector Agua Dulce. La implementación de métodos de cálculo matemático nos permite obtener los parámetros de diseño para perforación y voladura en superficie y lograr la distribución de pozos en función de las características del macizo rocoso frente a la operación. Se puede concluir que el uso de un nuevo diseño de redes de perforación y voladura incrementará la eficiencia de las operaciones de voladura en el frente de desarrollo del nivel H a un 92.06%, debido a la óptima distribución de los barrenos de voladura en la zona de desarrollo, lo que asegura un avance de 1.09 m. Este cambio resultó en un aumento de la eficiencia en un 9.44%. (eficiencia 82,62% para el modelo utilizado anteriormente). La parte final del túnel con el nuevo diseño se moldeó

según la propuesta, mientras que las paredes del frente operativo se mantuvieron estables. Los porcentajes de dilución se mantuvieron según lo planeado.

A **nivel nacional**, Belito y Belito (2021), en su tesis titulada "Reducción de sobre rotura mediante el uso de voladura controlada del precorte en el crucero CX 1160 del nivel 2360 de la zona Candelaria de la CIA. Consorcio Minero Horizonte - 2019", abordaron la implementación de técnicas de voladura controlada para reducir la sobre rotura en el proceso de extracción minera", El objetivo fue determinar cómo influye la voladura controlada de pre-corte en la reducción de la sobre rotura en el crucero CX 1160 del nivel 2360 de la zona Candelaria de la CIA. Consorcio Minero Horizonte – 2019. La investigación utilizará el método científico como método general. Se concluyó que los daños causados por voladura inicial se redujeron mediante una voladura controlada de todo el circuito utilizando varillas de tubería de PVC y 4 cartuchos Exsablok de pequeña capacidad (E 1 1/8*8 pulgadas) entre los cartuchos. Portabrocas de 50 cm y distancia de perforación 0,5 m, se controla y reduce el exceso de rotura, se reduce la cantidad de volumen roto de 45,3 m³ a 35,7 m³, obteniendo 7,8 m³/tiro, lo que supone un 9,81% del volumen por disparo, lo que conlleva a un ahorro. de \$352,96 por disparo basado en un ahorro final de \$110,3 por cada metro de avance y \$7,059.26 por 20 tiros realizados.

Según Castro y Rodríguez (2016) en su tesis "Reducción de la sobre rotura en el crucero 3910 del nivel 2360 de la mina "PEC" de la Cía. Consorcio Minero Horizonte" tuvo el objetivo de reducir el volumen de sobre rotura generado en desmonte durante el avance de las labores lineales en la mina "PEC". Se concluyó que el uso de voladura controlada mediante un sistema de pre-corte y distribución de carga suelta 28 redujo significativamente el desperdicio de 22,76% a 5,33%, lo que también redujo la dilución en un promedio de 10%. El daño al contorno de corte frontal se redujo mediante voladuras

controladas con una distancia de pre corte más corta y desacoplando la carga dentro del taladro cada 0,40 m entre cartuchos. El ahorro promedio por disparo es de \$115,57.

Así mismo, Fabián y Membrillo (2022) en su tesis "Evaluación del Famecorte - E20 para minimizar la dilución de mineral en la Veta Lola I en una mina subterránea, La Libertad 2021", tuvo por finalidad realizar la evaluación del Famecorte - E20 para minimizar la dilución de mineral en la veta Lola I en una mina subterránea, La Libertad 2021. El método de recolección de datos se centró en el análisis de los parámetros de rendimiento de la combustión utilizando Emulsión y Famecorte - E20, donde se realizó el análisis a través del software estadístico Excel, y la elaboración de tablas y gráficos para su análisis e interpretación. Se concluye que el consumo de Emulnor es de 0,65 kg/taladro, el coeficiente de potencia es de 0,64 kg/ton, el coeficiente de carga es de 1,74 kg/m³, el coeficiente de avance es de 15,87 kg/m y la eficiencia de disparo es de 92,7%. ; y para Emulnor + Famecorte – E20 es de 0,58 kg/broca, factor de potencia 0,52 kg/ton, factor de carga 1,43 kg/m³, factor de avance 12,6 kg/m, con una eficiencia de disparo del 92,1%. Aparte de eso; para el Emulnor exige una dilución programada del 38% con un espesor de veta promedio de 0,8 m y una ley de mineral de 13,7 g Au/DM para extraer 1.953,7 m³ de mineral y un avance total de 174,7 metros lineales; y para Emulnor + Famecorte - E20 se trata de una dilución de mineral de 43,4%, un espesor de veta de 0,7 m, una ley de mineral de 11,7 g Au/DM para penetrar 2322,1 m³, lo que de antemano resulta un total de 199,5 metros lineales.

Según Calixto (2015) en su trabajo de investigación El estudio titulado "Control de dilución optimizando los procesos unitarios de perforación, voladura y acarreo: Caso práctico, en una mina subterránea del Norte" tuvo como finalidad optimizar el porcentaje de dilución en los tajos, considerando el ajuste en la sección de diseño, y mejorando los

procesos de perforación, voladura y acarreo. La metodología se ha adecuado siguiendo los parámetros de un diseño cuasi experimental. En conclusión, la sección de diseño de 3,5 x 3,5 m contribuyó a aumentar el contenido de cabeza. Prueba de ello es el aumento del contenido de ley de Zn en las reservas, que además de calcular el porcentaje de dilución, incrementó la rentabilidad operativa. para cada método de minería utilizado en la mina y sin significado específico para generalización a todas las áreas de desarrollo minero, siendo la dilución del diseño actual del 34% y 3% la dilución de piso, sumando una dilución total del 37%, y la dilución del nuevo diseño propuesto fue del 26%, 3% dilución de piso, con una dilución total del 29%; destacando una reducción del 8% en la dilución.

Por otro lado, Romaní (2018) en su tesis "El estudio titulado "Diseño de mallas de perforación y voladura para optimizar avances y sobre rotura en el Nv. 1225 - Mina Andaychagua - VCM - S.A.A." tuvo como objetivo general determinar cómo influye el diseño de las mallas de perforación y voladura en la optimización de los avances y la sobre rotura en el Nivel 1225 de la Mina Andaychagua - VCM S.A.A. en 2018. La conclusión es que el diseño de la malla de voladura tiene un efecto significativo en la optimización del frente, así como en la mejora de los resultados operativos en dicho nivel de la mina. De la clasificación mecánica del macizo se puede concluir que la sección más grande de ese macizo alrededor del complejo Andychagua tiene calidad A negativa, menos B y B Regular negativa. 3,02 m por disparo, el 95% del eje de 3,20 m de largo. En fallo extremo, el tiro se logró montando las guías del frontón con Famecorte E20 para la corona, con lo que se logró un promedio de 4,86%, un buen resultado, por debajo del objetivo de Volcán de 5%. Es decir, se logró el 97,2% de lo previsto. El consumo de explosivos por metro lineal de frente, conocido como coeficiente de avance, promedió 31,3 kg/m de frente, cifra inferior a la meta de Volcán de 32 Kg/m.

Además, Maquera (2018) en su tesis “Aplicación de la geomecánica para el control de dilución en la implementación de la explotación por cámaras y pilares en la unidad minera cori puno S.A.C. – Untuca”, la finalidad fue Presentar una evaluación integral del estado de estabilidad del terreno de naturaleza discontinua, asociada a la condicionalidad geomecánica de las razones de aspecto y lo relacionado con la calidad de la roca. En la realidad de explotación de los yacimientos de Pomarani y Santa Rosa, es evidente la problemática diaria de la dilución, que implica la contaminación del mineral a procesar en planta con material estéril. La metodología es aplicada y considera parámetros de estudio geomecánicos para la estimación de dilución. Concluyendo que, en áreas perturbadas, se produce una dilución de hasta el 20% en el 77,5% de las operaciones, lo que corresponde a la dilución planificada debido al modo de operación, pero para diluciones superiores al 20%, un máximo del 30% en el 22,5% de las celdas. con una diferencia neta del 10%, lo que, según se desprende del trabajo, corresponde a una dilución no planificada y debe ser gestionada o controlada mediante ajustes en el funcionamiento del sistema de perforación y voladura en los frentes de cámara.

Según Jacinto (2022), hoy las empresas mineras tienen exigencias de controlar la dilución y pérdida de minerales organizados en vetas, muy importantes en todas las operaciones, y recordar que los errores pueden aumentar los costos y disminuir la productividad económica.

La presente investigación se **sustenta teóricamente** en los principios de la ingeniería de minas, particularmente en el análisis de procesos de perforación y voladura, así como en los factores que afectan la calidad del mineral extraído, como la sobre rotura y la dilución. Autores como Belito y Belito (2021) y Leyva (2019) han señalado que una mala distribución de la carga explosiva y un deficiente diseño de mallas pueden provocar una sobre excavación

de los tajos, incrementando los niveles de dilución y reduciendo las leyes del mineral. A su vez, estudios de Maquera (2018) y Castro y Rodríguez (2016) profundizan en el impacto económico y operativo que tiene esta problemática en minas subterráneas.

Desde esta perspectiva, la presente tesis contribuye al conocimiento técnico-científico al establecer, mediante métodos cuantitativos, la relación estadística entre la sobre rotura y la dilución del mineral, proporcionando evidencia empírica que sustenta la necesidad de controlar con precisión los parámetros de voladura para optimizar la recuperación del mineral y reducir pérdidas económicas. La investigación fortalece el cuerpo teórico existente al validar que el exceso en la rotura de la veta está directamente relacionado con el incremento en los porcentajes de dilución.

Metodológicamente, la investigación se enmarca en un enfoque cuantitativo, no experimental, retrospectivo y con diseño descriptivo. Este enfoque permitió recopilar y analizar datos reales de campo, sin manipulación de variables, lo que brinda una alta fidelidad respecto al comportamiento natural de los fenómenos observados. El uso de técnicas como la observación no participante, el análisis documental y la recolección de datos mediante fichas estructuradas permitió obtener información precisa de los niveles de sobre rotura y dilución en distintos tajos de la veta Cabana.

Además, la aplicación de análisis de regresión lineal múltiple permitió establecer una correlación significativa (coeficiente de correlación de 0.855) entre las variables de estudio, lo cual fortalece la validez interna de los resultados. Esta justificación metodológica resalta la rigurosidad del proceso investigativo y su capacidad de replicabilidad en estudios similares en otras unidades mineras.

En el **ámbito práctico**, la investigación responde a una necesidad concreta de las operaciones mineras: minimizar los costos por dilución del mineral y optimizar la

rentabilidad de la explotación. La identificación de la relación entre la sobre rotura y la dilución permite a los responsables técnicos tomar decisiones basadas en datos, ajustando parámetros de perforación, selección de explosivos y diseño de mallas, con el fin de mejorar el control del macizo rocoso y reducir el ingreso de material estéril.

Los resultados de esta tesis pueden ser implementados en otras operaciones mineras con condiciones similares, contribuyendo a la mejora continua de los procesos productivos. Además, ofrece una guía para diseñar programas de capacitación en voladura controlada y en la interpretación de datos operacionales, promoviendo una cultura de eficiencia y sostenibilidad dentro de la industria minera.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la relación entre la sobre rotura de la veta Cabana y la dilución de leyes de oro en una mina subterránea en el distrito de Parcoy – La Libertad en el año 2023? (Anexo 1: Matriz metodológica).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar la relación entre la sobre rotura de la veta Cabana con la dilución de leyes de oro en una mina subterránea en el distrito de Parcoy en el año 2023.

1.3.2. Objetivos específicos

Realizar un análisis de los porcentajes de dilución en la veta Cabana

Evaluar los porcentajes de sobre rotura a partir de las operaciones de voladura en la veta Cabana.

1.4. Hipótesis

Con la evaluación de la sobre rotura de la veta Cabana se podrá identificar Si existe una relación significativa entre los factores que están influyendo en el incremento de los porcentajes de dilución y, por lo tanto, en el descenso de las recuperaciones del mineral.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, el cual implica la recopilación y el análisis de datos numéricos. Este método es ideal para identificar tendencias, calcular promedios, hacer pronósticos, examinar relaciones y generar resultados generales para grandes conjuntos (Ortega, 2023); se clasifica como Aplicada, la cual según Lozada (2014) se fundamenta principalmente en los resultados tecnológicos derivados de la investigación básica sobre el proceso de comunicación entre la teoría y el producto. Según el proceso de recolección de datos, el trabajo de investigación es retrospectivo, ya que se empleará los registros correspondientes a los datos de planta. Corresponde a una investigación no experimental, ya que incluye estudios realizados sin la manipulación intencional de variables, en los cuales los fenómenos se observan únicamente en su entorno natural y posteriormente se analizan con diseño descriptivo ya que solo se presentará la información tal como es, mostrando la situación en el proceso de investigación, análisis, interpretación, impresión y evaluación de las variables de estudio.

La población que se ha asumido en el trabajo de investigación está constituida por todas las labores de avance de la veta Cabana. La muestra considerada en la investigación está compuesta por las labores de avance en los niveles 2300, 2350, 2400 y 2450, los cuales se detallan a continuación. La unidad de análisis está definida por la veta Cabana.

Podríamos decir que en la vida real o cotidiana se realiza mucho esto para así, poder siempre ahorrar y tener más ganancias en lo producido ya sea en la minería o en tema relacionado.

Tabla 1

Detalle de las labores de avance asumidos como muestra

VETA	Nivel	Labor	Pot D REAL (m)	Ancho Minado REAL (m)
CABANA	2470	TJ II 370-1	0.56	1.4
CABANA	2400	TJ II 360-2	0.86	1.6
CABANA	2400	TJ II 340-1	0.9	1.5
CABANA	2400	TJ II 390-1	0.68	1.3
CABANA	2400	TJ II 470-2	1.25	1.7
CABANA	2400	TJ II 470-1	0.91	1.5
CABANA	2350	TJ II 050-1	0.89	1.4
CABANA	2350	TJ II 260-2	0.46	1.3
CABANA	2350	TJ II 075-1	0.7	1.4
CABANA	2350	TJ II 100	0.81	1.4
CABANA	2350	TJ II 140-1	0.53	1.4
CABANA	2300	TJ II 150-1	0.83	1.5
CABANA	2300	TJ II 150-2	0.97	1.7

Nota: La Tabla 1 presenta las labores seleccionadas para el estudio, indicando los niveles, nombres de las labores, potencia de veta y el ancho minado real, datos esenciales para el análisis de dilución y sobre rotura.

La Operacionalización de las variables de estudio se muestra en la matriz de consistencia a continuación a través de tres técnicas diferentes. Las mismas que se explican a continuación.

Técnica de observación

Inicialmente se utilizó la técnica de observación no participante, mediante la cual se evidenció, según el análisis de los reportes, de planta un incremento en el porcentaje de la dilución, superando a la planificada en aproximadamente 12%, por lo cual este estudio pretende analizar los valores antes mencionados durante 03 meses, así como los porcentajes de sobre rotura.

Técnica de análisis documental

Seguidamente se aplicó la técnica de análisis documental, en la cual se realizó una búsqueda de antecedentes relacionados con las variables de estudio planteadas inicialmente las cuales se relacionan con la problemática de la investigación, las etapas de búsqueda se describen en el flujograma a continuación.

Técnica de recolección y análisis de datos

Como última etapa, se aplicó la técnica de recolección y análisis de datos, en la cual se recopiló información de los reportes de planta, incluyendo los datos de recuperación de leyes y los porcentajes de dilución ejecutados, para contrastarlos con el porcentaje planificado, **(Ver Figura 1)**. así mismo también se recopiló la información de los porcentajes de sobre rotura en las labores de avance **(Ver figura 2)**, y también se usó una ficha para la recolección de datos de disparo ejecutado en cada labor. **(Ver figura 3)**

Figura 1

Ficha de recolección de datos – dilución

Nivel	Labor	Explosivo	Ley Dil Real (gr Au/TM)	Finos Reales	Dil Real (%)
2470	TJ II370-1				
2400	TJ II360-2				
2400	TJ II340-1				
2400	TJ II390-1				
2400	TJ II470-2				
2400	TJ II470-1				
2350	TJ II050-1				
2350	TJ II260-2				
2350	TJ II075-1				
2350	TJ II100				
2350	TJ II140-1				
2300	TJ II150-1				
2300	TJ II150-2				

Nota: La figura1 muestra el formato utilizado para registrar datos necesarios en el cálculo del porcentaje de dilución, permitiendo sistematizar la información obtenida de campo.

Figura 2
Ficha de recolección de datos – sobre rotura

Nivel	Labor	Avance lineal	TM REAL	Rotura Real (m3)	Rotura Programad	Sobre Rotura	Sobre Rotura
2470	TJ II370-1						
2400	TJ II360-2						
2400	TJ II340-1						
2400	TJ II390-1						
2400	TJ II470-2						
2400	TJ II470-1						
2350	TJ II050-1						
2350	TJ II260-2						
2350	TJ II075-1						
2350	TJ II100						
2350	TJ II140-1						
2300	TJ II150-1						
2300	TJ II150-2						

Nota: La figura 2, presenta el formato que permitió registrar los volúmenes reales de rotura y compararlos con los programados, facilitando el cálculo del porcentaje de sobre rotura por labor.

Figura 3
Ficha de recolección de datos – Disparo

Nivel	Labor	Kg Total por Rotura	Kg/Tal	Factor de Potencia Kg/Ton	Factor de Carga Kg/m3	Factor de Avance Kg/m	Eficiencia del Disparo
2470	TJ II370-1						
2400	TJ II360-2						
2400	TJ II340-1						
2400	TJ II390-1						
2400	TJ II470-2						
2400	TJ II470-1						
2350	TJ II050-1						
2350	TJ II260-2						
2350	TJ II075-1						
2350	TJ II100						
2350	TJ II140-1						
2300	TJ II150-1						
2300	TJ II150-2						

Nota: La figura 3, muestra la ficha usada para documentar los parámetros técnicos de cada disparo ejecutado, como el tipo de explosivo y distribución de carga, fundamentales para el análisis técnico de voladura.

El **procedimiento** de La investigación constó de tres etapas:

Etapa I: Pre-Campo

Esta es la etapa en la cual se recopiló información general de la veta Cabana, tales como características geomecánicas y datos del explosivo empleado en voladura.

En la siguiente tabla tenemos los resultados de laboratorio en donde se muestra la resistencia del mineral.

Tabla 2

Resistencia de la roca en tajeos

ESPÉCIMEN		COMPRESIÓN UNIAXIAL (Mpa)		TRACCIÓN Kg/cm ²	
NIVEL	LABOR	MINERAL	ROCA CAJA	MINERAL	ROCA CAJA
2470	TJ 2370-1	23.19	24.68	84.50	90.98
2400	TJ 2360-2	64.12	48.40	234.53	177.04
2400	TJ 2340-1	60.11	65.14	221.62	238.2
2400	TJ 2390-1	70.35	25.12	256.88	91.14
2400	TJ 2470-2	30.38	27.34	121.89	100.63
2400	TJ 2470-1	29.14	27.46	119.54	102.17
2350	TJ 2075-2	28.12	24.53	104.15	90.11
2350	TJ 2260-2	115.11	72.67	423.52	273.11
2350	TJ 2075-1	32.41	28.28	118.34	106.48
2350	TJ 2100	57.00	42.86	205.67	157.80
2350	TJ 2140-1	63.10	47.32	227.86	173.54
2300	TJ 2150-1	108.71	86.73	398.50	318.11
2300	TJ 2150-2	89.67	29.44	328.60	109.27

Nota: La tabla 2, muestra los resultados de ensayos de resistencia a la compresión uniaxial y tracción, tanto del mineral como de la roca caja, proporcionando una base geomecánica para interpretar el comportamiento del macizo rocoso ante voladuras.

En la siguiente tabla, tenemos la evaluación geomecánica que se realizó al terreno que fue explotado, es decir a la dureza de la roca.

Tabla 3

Clasificación geomecánica de los tajeos

Labor	Evaluación GSI		Evaluación RMR		Calidad	
	Mineral	Roca caja	Mineral	Roca caja	Mineral	Roca caja
TJ 2370-1	MF/P	MF/P	38	40	MUY MALA	MUY MALA
TJ 2360-2	MF/R	MF/R	55	45	REGULAR	MALA
TJ 2340-1	MF/B	F/R	52	55	REGULAR	REGULAR
TJ 2390-1	F/R	MF/R	60	43	REGULAR	MALA
TJ 2470-2	MF/R	F/P	50	45	MALA	MALA
TJ 2470-1	MF/R	F/P	48	45	MALA	MALA
TJ 2050-1	MF/R	MF/P	45	40	MALA	MUY MALA
TJ 2260-2	F/B	F/R	65	55	BUENA	REGULAR
TJ 2075-1	MF/R	F/P	50	45	MALA	MALA
TJ 2100	F/R	MF/R	55	50	REGULAR	MALA
TJ 2140-1	F/R	MF/R	54	50	REGULAR	MALA
TJ 2150-1	F/B	F/R	65	60	BUENA	REGULAR
TJ 2150-2	F/R	MF/R	55	50	REGULAR	MALA

Nota: La tabla 3, clasifica la calidad del macizo rocoso utilizando las metodologías GSI y RMR, permitiendo evaluar la estabilidad de los frentes de trabajo y su influencia en la sobre rotura.

Tabla 4

Características de los explosivos y accesorios

LABOR	CANTIDAD DE EXPLOSIVO			ACCESORIOS	
	EMULNOR 1000 (1"X7") Pza	EMULNOR 3000 (1"X8") Pza	EMULNOR 5000 (1"X8") Pza	CARMEX 2.40 m	MECHA RÁPIDA m
TJ 2370-1	2023	135	0	380	89
TJ 2360-2	799	580	0	219	52

TJ 2340-1	1513	790	0	359	86
TJ 2390-1	1652	1409	0	463	109
TJ 2470-2	2800	693	0	499	94
TJ 2470-1	1512	686	0	314	73
TJ 2050-1	1511	342	0	297	99
TJ 2260-2	601	926	803	354	111
TJ 2075-1	2233	441	0	382	97
TJ 2100	1755	1176	0	431	90
TJ 2140-1	392	413	0	115	43
TJ 2150-1	897	809	552	400	110
TJ 2150-2	1941	1850	0	637	133

Nota: La tabla 4, detalla el tipo y cantidad de explosivos utilizados en cada labor, así como los accesorios empleados, información clave para entender las diferencias en los resultados de voladura entre los distintos tajeos.

Etapa II: Campo

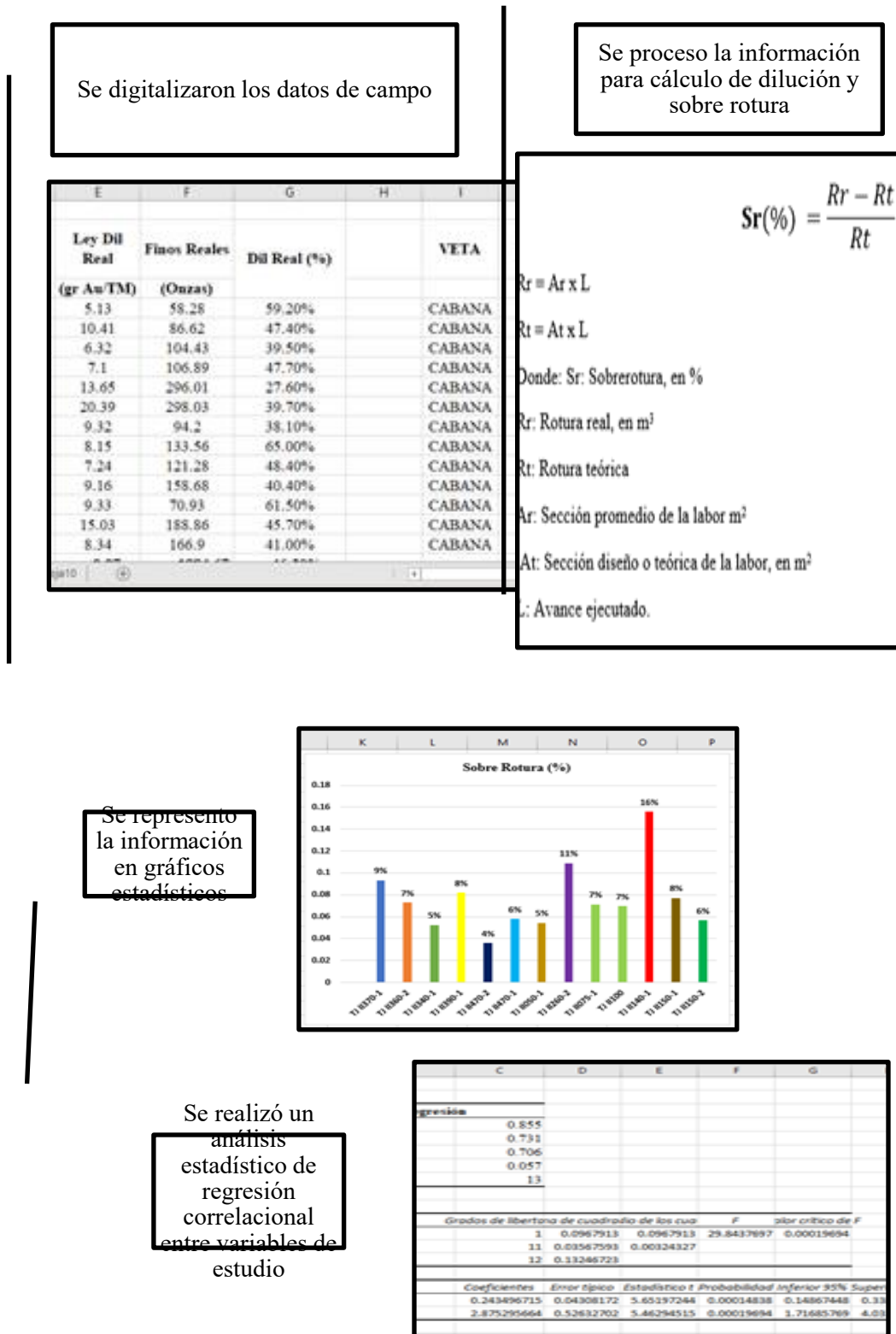
La etapa dos fue en donde se recopiló los reportes de planta para analizar los datos de la recuperación de leyes de mineral. En esta etapa se emplearán algunos formatos como instrumentos adaptados para recabar información específica la cual se detallaron anteriormente.

Etapa III: Gabinete

En esta etapa es donde se organizó la información de los reportes de planta de forma digital para lo cual se hizo uso del programa Excel, mediante el cual se presentarán los resultados de los hallazgos, Se utilizaron tablas y gráficos para facilitar una mejor interpretación.

Figura 4

Esquema de procesamiento de información



La presente investigación fue desarrollada respetando en todo momento los **principios éticos** fundamentales que rigen la producción científica y académica, garantizando la integridad del proceso investigativo, la transparencia en el tratamiento de los datos y el respeto a los derechos de los involucrados.

En primer lugar, se asegura que toda la información utilizada ha sido obtenida de manera lícita, proveniente de fuentes institucionales de la operación minera, sin vulnerar la confidencialidad ni los intereses comerciales de la empresa. El uso de los datos operacionales fue autorizado por la entidad correspondiente, resguardando el anonimato de la unidad minera y de cualquier persona que haya contribuido indirectamente en la recopilación de datos.

Asimismo, se evitó cualquier tipo de manipulación o distorsión de los resultados, presentando los hallazgos de manera objetiva y verificable. La recolección de datos se realizó mediante observación no participante y análisis documental, sin intervenir ni alterar el entorno operativo, respetando la integridad de los procesos naturales en el ámbito minero.

En cuanto a la propiedad intelectual, se respetaron los derechos de autor de todos los materiales bibliográficos consultados, aplicando las normas de citación APA (American Psychological Association) en su versión vigente, y dando el crédito correspondiente a los autores originales.

Por último, la tesis fue elaborada en concordancia con el Código de Ética y las políticas institucionales de la Universidad Privada del Norte, promoviendo una investigación responsable, honesta y orientada al beneficio del desarrollo técnico y sostenible del sector minero.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Porcentajes de dilución en la veta Cabana

Se presenta los resultados de los porcentajes de dilución de los tajeos en los niveles 2300, 2350, 2400 y 2470.

Tabla 5

Porcentajes de dilución en tajeos

Nivel	Labor	Explosivo	Ley Dilución Real (gr Au/TM)	Finos Reales (Onzas)	Dilución Real (%)
2470	TJ II370-1	EMULNOR	5.13	58.28	59.20%
2400	TJ II360-2	EMULNOR	10.41	86.62	47.40%
2400	TJ II340-1	EMULNOR	6.32	104.43	39.50%
2400	TJ II390-1	EMULNOR	7.1	106.89	47.70%
2400	TJ II470-2	EMULNOR	13.65	296.01	27.60%
2400	TJ II470-1	EMULNOR	20.39	298.03	39.70%
2350	TJ II050-1	EMULNOR	9.32	94.2	38.10%
2350	TJ II260-2	EMULNOR	8.15	133.56	65.00%
2350	TJ II075-1	EMULNOR	7.24	121.28	48.40%
2350	TJ II100	EMULNOR	9.16	158.68	40.40%
2350	TJ II140-1	EMULNOR	9.33	70.93	61.50%
2300	TJ II150-1	EMULNOR	15.03	188.86	45.70%
2300	TJ II150-2	EMULNOR	8.34	166.9	41.00%
			9.97	1884.67	46.30%

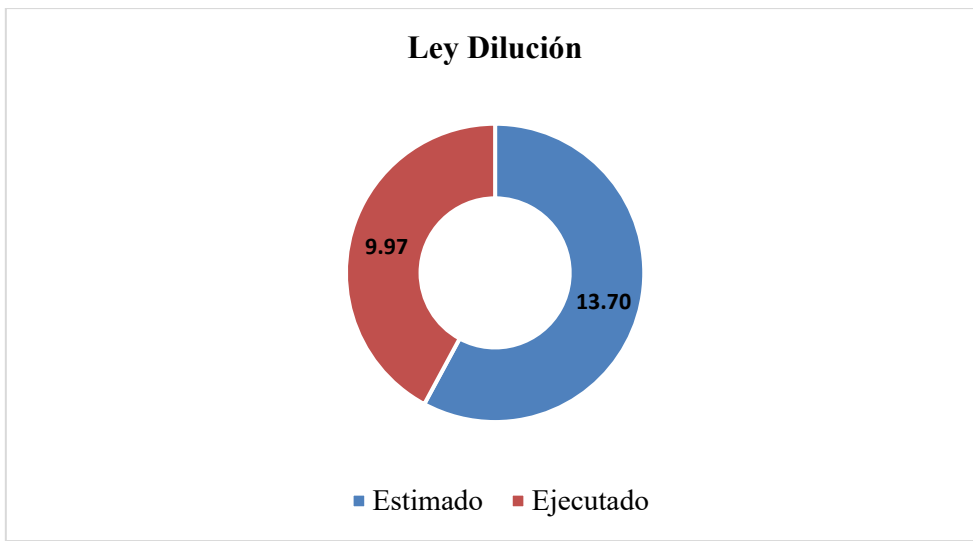
Nota: La tabla 5 presenta los valores de dilución real obtenidos en cada labor, incluyendo la ley del mineral diluido y las onzas finas recuperadas, lo que permite identificar los tajos con mayor pérdida de calidad mineral.

Después de obtener los datos de campo y haber analizado el trabajo y nivel tenemos como resultado que en la labor TJ II260-2 se observó el mayor porcentaje de dilución con un total de 65%.

A continuación, se presenta el análisis comparativo de la dilución ejecutada y dilución estimada. (ver figura 5, 6 y 7)

Figura 5

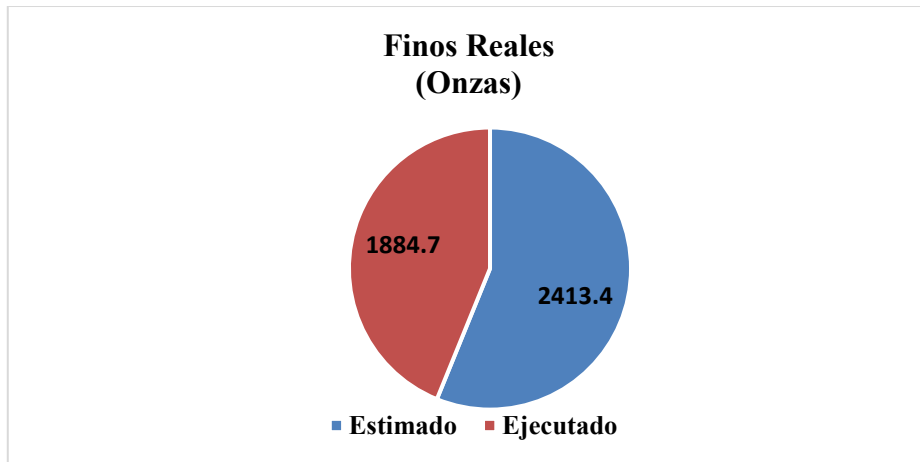
gr Au/TM Dilución ejecutada Vs gr Au/TM Dilución estimada



Nota: La figura 5, es un gráfico comparativo que permite observar la diferencia entre la ley de oro obtenida realmente y la estimada, reflejando el efecto de la dilución en la calidad del mineral extraído.

Figura 5

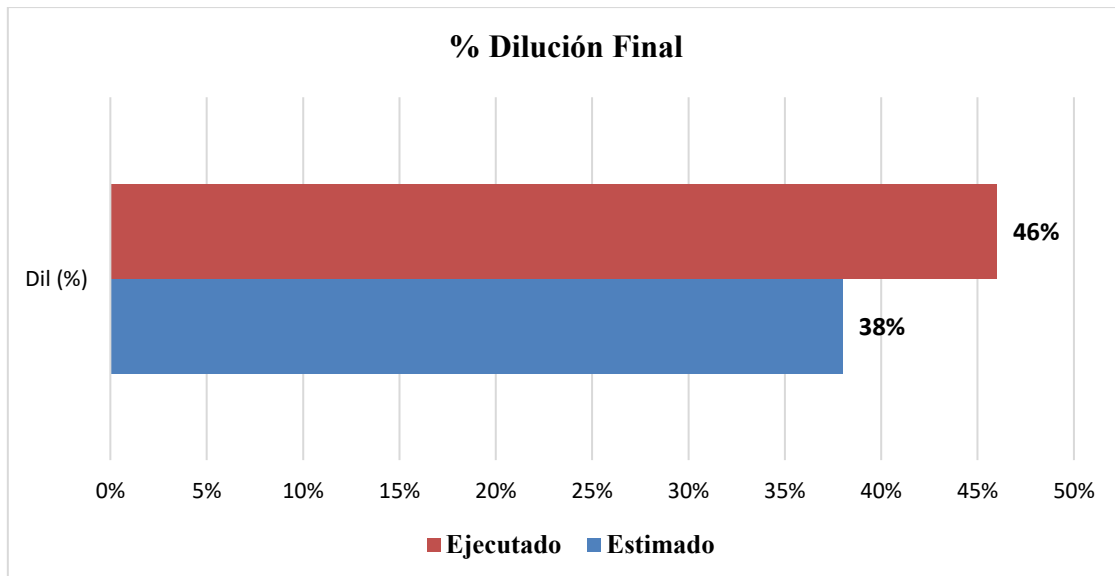
Oz Finos ejecutada Vs Oz Finos estimada



Nota La figura 6, muestra una comparación visual de las onzas finas de oro recuperadas frente a las proyectadas, evidenciando desviaciones producidas por factores como la dilución y la sobre rotura.

Figura 6

% Dilución ejecutada Vs % Dilución estimada



Nota: La figura 7, muestra la diferencia porcentual entre la dilución real y la planificada en cada labor, resaltando el impacto operativo de un mal control en los procesos de extracción.

3.2. Porcentajes de sobre rotura a partir de las operaciones de voladura en la veta Cabana

Se presenta los resultados de factor de potencia, carga y avance, según los parámetros de diseño de malla y los porcentajes de sobre rotura calculados.

Tabla 6

Parámetros de carga de los disparos

Nivel	Labor	Kg Total por Rotura	Kg/Tal	Factor de Potencia Kg/Ton	Factor de Carga Kg/m ³	Factor de Avance Kg/m
2470	TJ II370-1	206.37	0.55	0.63	1.73	14.01
2400	TJ II360-2	139.26	0.63	0.7	1.93	11.22
2400	TJ II340-1	229.9	0.59	0.75	2.05	16.44
2400	TJ II390-1	310.94	0.67	0.77	2.12	15.12
2400	TJ II470-2	341.14	0.68	0.52	1.4	23.89
2400	TJ II470-1	218.4	0.7	0.49	1.33	20.22
2350	TJ II050-1	180.59	0.6	0.78	2.14	11.34
2350	TJ II260-2	251.39	0.71	0.63	1.75	12.29
2350	TJ II075-1	259.81	0.68	0.5	1.38	18.66
2350	TJ II100	295.14	0.71	0.66	1.81	14.51
2350	TJ II140-1	82.41	0.72	0.35	0.96	12.99
2300	TJ II150-1	237.54	0.6	0.68	1.87	15.86
2300	TJ II150-2	386.66	0.6	0.8	2.21	19.79
TOTAL		3139.54	0.65	0.64	1.74	15.87

Nota: La tabla 6, resume indicadores técnicos como el factor de potencia, carga y avance por metro lineal, que permiten evaluar la eficiencia de las voladuras ejecutadas en cada labor.

Tabla 7

Datos de rotura y sobre rotura en tajeos

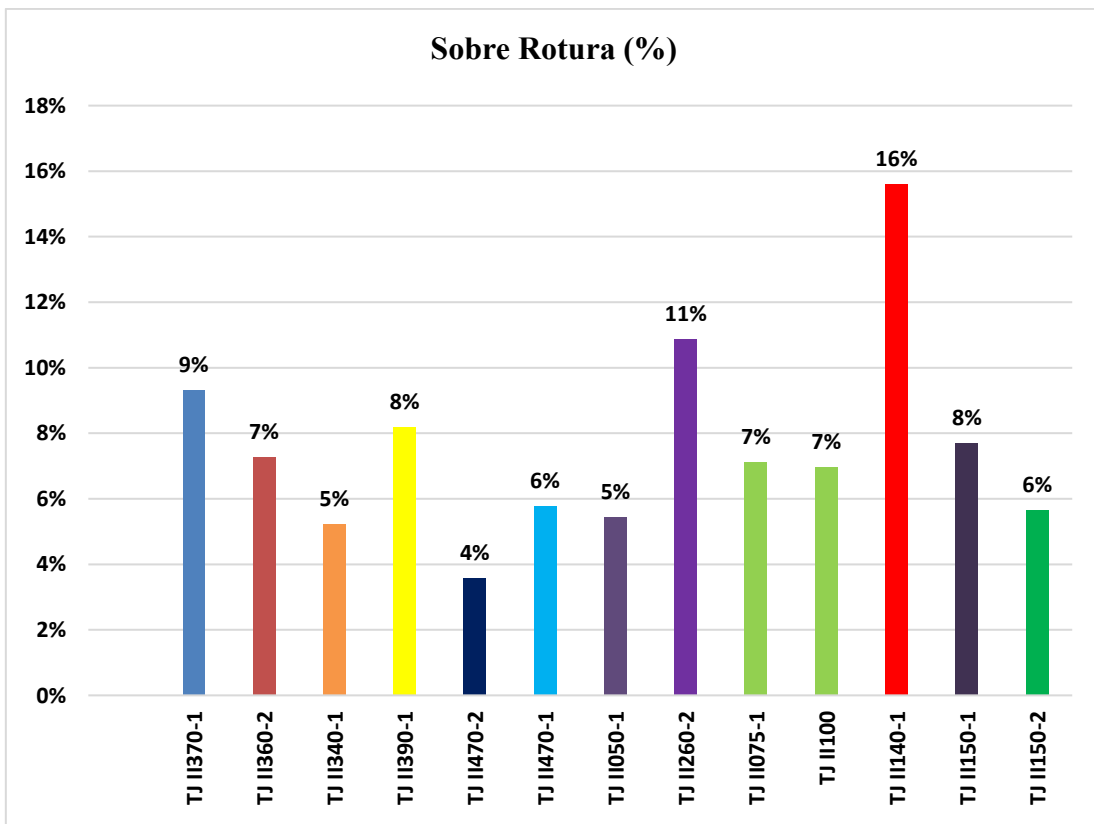
Labor	Avance lineal REAL (m)	TM REAL	Rotura Real (m ³)	Rotura Programada (m ³)	Sobre Rotura (%)
TJ II370-1	9.4	354.8	129	118	9%
TJ II360-2	15.9	255.3	92.8	86.5	7%
TJ II340-1	14.5	497.7	181	172	5%

TJ II390-1	13.8	482.8	175.6	162.3	8%
TJ II470-2	14.3	676.7	246.1	237.6	4%
TJ II470-1	10.8	452.8	164.7	155.7	6%
TJ II050-1	17.8	314.4	114.3	108.4	5%
TJ II260-2	13.7	504.7	183.5	165.5	11%
TJ II075-1	13.9	520.6	189.3	176.7	7%
TJ II100	15.9	549.9	200	187	7%
TJ II140-1	6.4	236.4	86	74.4	16%
TJ II150-1	9.3	392.4	142.7	132.5	8%
TJ II150-2	13.9	611.3	222.3	210.4	6%
	169.57	5849.99	2127.27	1987	8%

Nota: En la tabla 7, se comparan los volúmenes reales y programados de rotura en cada labor, lo que permite calcular el porcentaje de sobre rotura y determinar su impacto en el control del diseño de excavación.

Figura 7

Gráfico comparativo de porcentajes de sobre rotura



Nota: La tabla 8, representa gráficamente los porcentajes de sobre rotura en las distintas labores, permitiendo identificar visualmente los tajos con mayor desviación respecto al diseño de excavación.

Tabla 8

Costos Rotura por TM Pot. < 0.80 m

Nivel	Labor	Kg Total por Rotura	Costo Rotura / TTM
2470	TJ II370-1	206.37	S/ 192.11
2400	TJ II390-1	310.94	S/ 183.92
2350	TJ II260-2	251.39	S/ 179.24
2350	TJ II075-1	259.81	S/ 178.45
2350	TJ II140-1	82.41	S/ 203.58

Nota: la tabla 8, presenta los costos de rotura por tonelada métrica manejada en labores con potencia de veta menor a 0.80 m, evidenciando que una mayor sobre rotura conlleva mayores costos operativos.

Tabla 9

Costos Rotura por TM Pot. > 0.80 m

Nivel	Labor	Kg Total por Rotura	Costo Rotura / TTM
2400	TJ II360-2	139.26	S/ 183.41
2400	TJ II340-1	229.9	S/ 157.61
2400	TJ II470-2	341.14	S/ 166.64
2400	TJ II470-1	218.4	S/ 160.30
2350	TJ II050-1	180.59	S/ 183.74
2350	TJ II100	295.14	S/ 148.26
2300	TJ II150-1	237.54	S/ 159.72

2300	TJ II150-2	386.66	S/ 156.04
------	------------	--------	-----------

Nota: En la tabla 9, se presenta los costos de rotura por tonelada métrica manejada en labores cuya potencia de veta es mayor a 0.80 m, permitiendo comparar el impacto económico según el espesor del tajo.

Tabla 10

Estadísticas de la regresión

Parámetros	Valores
Coeficiente de correlación	0.855
Coeficiente de determinación R ²	0.731
R ² ajustado	0.706
Error típico	0.057
Observaciones	13

Nota La tabla 10, muestra los resultados del análisis de regresión lineal entre sobre rotura y dilución, destacando un alto coeficiente de correlación (0.855), lo que indica una relación significativa entre ambas variables.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados de la investigación indican que, en la labor TJ II260-2 se observó el mayor porcentaje de dilución con un total de 65%. Además, la dilución ejecutada supera a la programada en 8%. Estos datos permiten establecer una comparación con los resultados obtenidos por Maquera (2018) en su tesis “Uso de la geomecánica para controlar la dilución en la implementación de la explotación por cámaras y pilares en la unidad minera Cori Puno S.A.C. – Untuca”. Concluyó que en áreas perturbadas se produce una dilución de hasta el 20% en el 77,5% de las obras, lo que corresponde a la dilución prevista por el modo de operación, pero para diluciones superiores al 20%, un máximo del 30% en el 22,5% de las celdas, con una diferencia neta del 10%, lo que, según se desprende del trabajo, corresponde a una dilución no planificada y debe ser gestionada o controlada mediante ajustes en el funcionamiento del sistema de perforación y voladura en los frentes de las cámaras.

La diferencia encontrada con el antecedente se relaciona con el porcentaje de sobre dilución (% superior a la dilución planificada), en la investigación se obtuvo un 8% y en el estudio realizado por Maquera (2018) fue del 10%, estos valores pueden ser causados por el tipo de roca y el diseño de mallas (explosivos, accesorios, etc).

Los resultados presentados anteriormente permitieron identificar que la labor TJ II140-1 tuvo el mayor porcentaje de sobre rotura con un 16%. Estos valores permiten realizar una comparación con los resultados de Castro y Rodríguez (2016) en su tesis “Reducción de la sobre rotura en el crucero 3910 del nivel 2360 de la mina “PEC” de la Cía. Consorcio Minero Horizonte” tuvo el objetivo de reducir el volumen de sobre rotura generado en desmonte durante el avance de las labores lineales en la mina “PEC”. Concluyendo que la implementación de voladura controlada mediante el sistema de pre-corte y espaciamiento de

cargas desacopladas 28 ha permitido disminuir la sobre rotura del 22.76% al 5.33%, lo cual también permitió reducir en promedio 10% de dilución.

La diferencia encontrada con el estudio realizado por Castro y Rodríguez (2016), se relaciona con el porcentaje de sobre rotura, en la investigación se obtuvo un porcentaje máximo del 16% y por su parte los autores señalan un porcentaje del 5.33 %, esto debido a la mejora en el proceso de voladura.

Los resultados presentados anteriormente permitieron identificar que la labor TJ II140-1 generó un mayor costo por rotura con un total de S/. 203.58 por TM. Estos hallazgos permiten establecer una comparación con los resultados obtenidos por Belito y Belito (2021) en su tesis "Reducción de sobre rotura mediante el uso de voladura controlada del precorte en el crucero CX 1160 del nivel 2360 de la zona Candelaria de La CIA. Consorcio Minero Horizonte - 2019". Concluyendo que se ha reducido el daño ocasionado por la voladura inicial, luego de aplicar la voladura controlada de pre - corte en todo el contorno, permitiendo controlar y reducir la sobre rotura en la cantidad de volúmenes rotos de 45.3 m³ a 35.7 m³ reduciendo 7.8 m³/disparo equivalente a 9.81 % de volumen por disparo, obteniéndose un ahorro de \$352.96 dólares por disparo considerando un ahorro de \$110.3 dólares por cada metro de avance y \$7,059.26 dólares en los 20 disparos realizados.

Una de las principales **limitaciones** del presente estudio fue el acceso restringido a información operacional completa de todos los niveles de la mina subterránea. La investigación se centró únicamente en las labores de avance de los niveles 2300, 2350, 2400 y 2470 de la veta Cabana, debido a limitaciones logísticas y a la disponibilidad parcial de datos en los demás niveles. Esta restricción impidió una evaluación más amplia del comportamiento general de la dilución y sobre rotura en todo el yacimiento. Asimismo, la investigación se basó en registros históricos y reportes técnicos existentes, sin posibilidad de

realizar pruebas de campo controladas, lo cual condiciona la validación empírica directa de algunos resultados.

Dentro de la **implicancia técnica**, la investigación demuestra la necesidad de **optimizar los parámetros de perforación y voladura** para minimizar la sobre rotura, lo cual permite mejorar el control de los límites de excavación y reducir la dilución. Se destaca la importancia de aplicar **modelos geomecánicos y técnicas de voladura controlada**, lo cual puede ser replicado en otras operaciones subterráneas con condiciones similares.

Con respecto a la **implicancia económica**, la relación identificada entre sobre rotura y dilución tiene un impacto directo en los **costos unitarios de producción**. Un aumento en la dilución reduce la ley del mineral y eleva los costos de procesamiento por tonelada, afectando negativamente la rentabilidad del proyecto. La información generada permite **identificar puntos críticos de pérdida económica** y establecer medidas correctivas que optimicen la inversión operativa.

En el aspecto ambiental, aunque la investigación no intervino directamente en el entorno, se reconoce que una **mala práctica en voladura que incremente la dilución** también puede generar mayores volúmenes de residuos o relaves, aumentando la presión sobre las plantas de procesamiento y los depósitos de desechos. Controlar la dilución contribuye a una **explotación más eficiente y ambientalmente responsable** al reducir la generación de material no procesable.

Desde una **perspectiva social**, una operación minera más eficiente y rentable garantiza mayor estabilidad laboral y cumplimiento de compromisos con la comunidad local. Además, prácticas de voladura adecuadas ayudan a minimizar riesgos asociados a

vibraciones, polvo o fragmentación excesiva, promoviendo condiciones más seguras para los trabajadores.

Se recomienda que futuras investigaciones puedan: Ampliar la muestra incluyendo más niveles y labores dentro de la mina para validar la correlación entre sobre rotura y dilución en distintas zonas geológicas; realizar estudios experimentales in situ, aplicando distintos diseños de malla de perforación y tipos de explosivos para observar directamente el impacto en la sobre rotura y dilución; incorporar análisis tridimensionales con software de modelamiento geotécnico y minero, lo que permitiría obtener representaciones más precisas de las zonas afectadas por la sobre excavación; estudiar el impacto de la sobre rotura en la estabilidad de las labores subterráneas a largo plazo, considerando criterios de sostenimiento y seguridad laboral; evaluar la relación entre la dilución y la eficiencia metalúrgica en planta, considerando los efectos en recuperación, consumo de insumos y generación de relaves.

Conclusiones

Los resultados de la investigación evidencian que existe una relación significativa entre la sobre rotura y la dilución de leyes de oro en la veta Cabana. El análisis de regresión lineal múltiple arrojó un coeficiente de correlación de 0.855, lo cual confirma una correlación directa entre ambas variables, con un ajuste del modelo del 73%. Esto indica que un inadecuado control en los parámetros de voladura, que conlleva a una sobre rotura del macizo rocoso, incrementa de forma directa los porcentajes de dilución, reduciendo así las leyes del mineral y generando mayores costos por tonelada explotada. Se concluye que la sobre rotura es un factor determinante en la pérdida de calidad del mineral extraído y su control es clave para mejorar la eficiencia técnica y económica del proceso minero.

El análisis de los porcentajes de dilución en los distintos niveles de avance de la veta Cabana permitió identificar que **la labor TJ II260-2 presentó el mayor porcentaje de dilución, alcanzando un 65%**, lo que supera significativamente el porcentaje planificado. En promedio, la dilución ejecutada superó en **8% a la dilución estimada**, lo que representa una pérdida considerable de contenido metálico y una reducción en la rentabilidad de la operación. Este hallazgo confirma la necesidad de aplicar medidas de control más rigurosas para reducir la incorporación de roca estéril en el mineral extraído.

Los resultados del análisis de sobre rotura indicaron que la labor TJ II140-1 presentó el mayor porcentaje de sobre rotura con un 16%, lo que tuvo un impacto directo en los costos de producción, alcanzando un costo de S/. 203.58 por tonelada métrica manejada (TMM), el más alto registrado entre las labores analizadas. Esta situación evidencia que una sobre rotura elevada no solo incrementa la dilución, sino que también afecta negativamente los costos unitarios de explotación. Por lo tanto, se concluye que una mejora en el diseño de mallas de perforación y en la distribución de explosivos puede reducir significativamente estos efectos adversos.

Referencias

- Bagherpour, R., Monjezi, M., Sayadi, A.R. y Yari, M. (2015). *"Blasting Operation Management Using Mathematical Methods"*. Engineering Geology for Society and Territory. 1, 483-493.
- Belito, Y. y Belito, J. (2021). *"Reducción de sobre rotura mediante el uso de voladura controlada del pre corte en el crucero CX 1160 del nivel 2360 de la zona Candelaria de La CIA. Consorcio Minero Horizonte - 2019"*. (Tesis pre grado). Universidad Nacional de Huancavelica.
- Calixto C. (2015), *"Control de dilución optimizando los procesos unitarios de perforación, voladura y acarreo: caso práctico; una mina subterránea del norte"*. (tesis pre grado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Castro A. (2015), *"Modelamiento numérico de la dilución por sobre excavación en minería subterránea explotada por sublevel stoping"*. (tesi pre grado). Facultad de ciencias físicas y matemáticas de la Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Castañeda, N. (2019). *"Reducción de la sobre rotura mediante la mejora de los parámetros de voladura en la profundización de la rampa 2705, en la unidad minera de Parcoy de Consorcio Minero Horizonte S.A."*. (Tesis pre grado). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- De Nicola C. (2015), *"Dilución Operacional en la mina El Soldado"*. (tesis pre grado). Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Dueñas, J. (2018). *"Reducción del daño inducido al macizo rocoso mediante monitoreo, modelamiento y análisis de vibraciones por voladuras en el Bypass 179. Compañía Minera Kolpa S.A."*. (Tesis pre grado). Universidad Nacional del Altiplano.

- Leiva, M. (2019). *"Influencia de la estandarización de la malla de perforación y voladura en las sobre roturas para labores de sección 3.5 m. x 3.5 m. en un macizo rocoso de clase IV aplicando el Modelo matemático de áreas de influencias en la Compañía Minera Raura S.A. 2018"*. (Tesis pre grado). Universidad Continental.
- Rojas, E. (2018). *"Un nuevo enfoque predictivo de la fragmentación en la voladura de rocas"*. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/journal/816/81658059003/html/>
- Prado, P. (2017). *"Reducir el porcentaje de dilución, mediante voladura controlada en los tajos de producción en la mina Marsa-Retamas"*. (Tesis pre grado). Universidad Nacional de Trujillo.

Anexos

ANEXO 01: Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
¿Cuál es la relación entre la sobre rotura de la veta Cabana y la dilución de leyes de oro en una mina subterránea en el distrito de Parcoy – La Libertad en el año 2023?	<p>Objetivo general:</p> <p>Evaluar la sobre rotura de la veta Cabana para el control de dilución de leyes de oro en una mina subterránea en el distrito de Parcoy en el año 2023.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>Con la evaluación de la sobre rotura de la veta Cabana se podrá identificar si es uno de los factores que está influyendo en el incremento de los porcentajes de dilución y por ende en el descenso de las recuperaciones del mineral.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Sobre rotura de la veta Cabana.</p>
	<p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Realizar un análisis de los porcentajes de dilución en la veta Cabana. 	<p>Hipótesis específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Al realizar los análisis de los porcentajes de dilución se identificará el incremento 	<p>Variable dependiente:</p> <p>Control de dilución de leyes de oro.</p>

- Evaluar los porcentajes de sobre rotura a partir de las operaciones de voladura en la veta Cabana.
 - Con la evaluación de los porcentajes de sobre rotura se podrá determinar si el diseño de carga y los explosivos son la fuente principal de este resultado que se relaciona con los porcentajes de dilución.
-

ANEXO 02: Validación de Instrumentos

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS

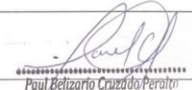
Título de la investigación:	Relación entre la sobre rotura de la veta Cabana y la dilución de leyes de oro en una mina subterránea en el distrito de Parcoy – La Libertad, 2023
Línea de investigación:	Desarrollo Sostenible y Gestión empresarial
El instrumento de recolección de datos pertenece a las variables	Dilución de leyes y sobre rotura

Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.


Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		


Sugerencias:

Nombre completo: *PALL BELIZARIO CRUZADO PERALTA*
 DNI: *46888286*
 Profesión: *INGENIERO GEOLOGO*
 Grado: *MAESTRO EN CIENCIAS*


Paul Belizario Cruzado Peralta
Ingeniero Geólogo
Reg. CIP. N° 208373

 Firma, CIP, sello

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS				
Título de la investigación:		Relación entre la sobre rotura de la veta Cabana y la dilución de leyes de oro en una mina subterránea en el distrito de Parcoy – La Libertad, 2023		
Línea de investigación:		Desarrollo Sostenible y Gestión empresarial		
El instrumento de recolección de datos pertenece a las variables		Dilución de leyes y sobre rotura		
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.				
Items	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	x		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	x		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	x		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	x		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	x		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	x		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	x		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	x		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	x		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	x		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	x		
Sugerencias:				
Nombre completo: Ruth Isabel Cabrera Boñon DNI: 71619918 Profesión: Ingeniero de Minas Grado: Titulada		 RUTH ISABEL CABRERA BONON Ingeniera de Minas Reg CIP N° 237066		

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS				
Título de la investigación:	Relación entre la sobre rotura de la veta Cabana y la dilución de leyes de oro en una mina subterránea en el distrito de Parcoy – La Libertad, 2023			
Línea de investigación:	Desarrollo Sostenible y Gestión empresarial			
El instrumento de recolección de datos pertenece a las variables	Dilución de leyes y sobre rotura			
<p>Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.</p>				
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		
Sugerencias:				
Nombre completo: Elton John Yupanqui Torres DNI: 43190614 Profesión: Ingeniero de Minas Grado: Titulado		 Elton J. Yupanqui Torres INGENIERO DE MINAS CIP 184869		

