



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**

**Plan de Minado para Incrementar la Producción de Roca
Caliza en la Concesión Minera No Metálica Juan De Dios I,
Cajamarca**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero de minas

AUTORAS:

Castrejon Salazar, Norma Roxana (ORCID: 0000-0003-2939-1239)

Gamonal Vera, Deisy Yanet (ORCID: 000-0003-1985-1051)

ASESOR:

Dr. Martell Espinoza Beder Erasmo (ORCID: 0000-0002-4169-9212)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Evaluación de Yacimientos Minerales

CHICLAYO - PERÚ

2021

Dedicatoria

Con el más sincero cariño a mis padres por su apoyo y gratitud por su abnegado sacrificio, por brindarme su apoyo y preocupaciones permanentes en toda mi vida universitaria para cumplir mis metas trazadas.

A mis hermanos por su apoyo moral decidido e incondicional para culminar el presente trabajo de investigación.

A mi hijo por ser más que el motor de mi vida es una parte muy importante de mis logros, gracias por estar presente en cada momento y por darme las fuerzas necesarias para seguir luchando por mis sueños.

Yanet Gamonal

Este trabajo de investigación lo dedico con todo el amor que le tengo a mi hijo Frank Ruiz y a mi querido y adorado esposo Jimmy Ruiz, por ser mi ángel en este largo camino de la vida y de mi carrera universitaria.

Norma Castrejón

Agradecimiento

Primeramente, a Dios por permitirnos vida, salud en estos tiempos tan difíciles que venimos atravesando.

A nuestros padres, siempre estaremos agradecidos por su apoyo incondicional.

A la universidad Cesar Vallejo por permitirnos cerrar una etapa de nuestra carrera y por su excelente formación académica.

Un agradecimiento especial a nuestro asesor Mg. Flores Arrasco, Janina Jacinta Por brindarnos sus sabios consejos, conocimiento, apoyo y correcciones durante el proceso y por compartir sus experiencias que permitieron desarrollar el presente trabajo de investigación.

Las autoras.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Resumen	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	11
3.1. Tipo y diseño de investigación	11
3.2. Variables y Operacionalización	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	13
3.5. Procedimientos	14
3.6. Método de análisis de datos	15
3.7. Aspectos éticos	15
IV. RESULTADOS.....	17
V. DISCUSIÓN.....	55
VI. CONCLUSIONES.....	59
VII. RECOMENDACIONES	60
REFERENCIAS.....	61
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1. Concesión minera no metálica Juan de Dios I.	17
Tabla 2. Coordenadas corregidas.....	17
Tabla 3. Accesibilidad a la zona de estudio	18
Tabla 4. Clasificación de la caliza según su contenido	23
Tabla 5. Cálculo de las áreas de cada muestra de caliza	23
Tabla 6. Volumen de concentración de la zona con caliza	24
Tabla 7. Cálculos de tonelaje según el tipo de caliza	24
Tabla 8. Total, de reservas	25
Tabla 9. Reservas probadas y probables.	26
Tabla 10. Parámetros de entrada y salida del Sector A.....	28
Tabla 11. Análisis de parámetros de entrada y salida del Sector B.....	29
Tabla 12. Parámetros de entrada y salida del Sector C.....	30
Tabla 13. <i>Parámetro de entrada y salida del Sector D.</i>	31
Tabla 14. Parámetros de diseño de la cantera Juan de Dios I.....	33
Tabla 15. Tabla de dominios estructurales.	33
Tabla 16. Parámetros de diseño de botadero	34
Tabla 17. Volumen por nivel del botadero.	34
Tabla 18. Parámetros de perforación.....	36
Tabla 19. Datos técnicos para la perforación.....	36
Tabla 20. Equipos de perforación	36
Tabla 21. Parámetros de voladura.....	39
Tabla 22. Tabla de dominios estructurales de la cantera.....	40
Tabla 23. Requerimiento de explosivo por año.....	41
Tabla 24. Maquinaria para los trabajos de carguío.....	43
Tabla 25. Maquinaria para los trabajos de acarreo.....	43
Tabla 26. Costos de perforación y voladura.....	44
Tabla 27. Importe de alquiler horarios y costos unitarios de carguío y acarreo de la caliza.	45
Tabla 28. Costo de alquiler por día.....	46
Tabla 29. Costo de carguío por día.....	46
Tabla 30. Costos de carguío de perforación y voladura por día.....	46

Tabla 31. Precio de cal en el mercado.....	47
Tabla 32. Cálculo de utilidades.....	47
Tabla 33. Justificación de costos.....	47
Tabla 34. Estudio económico.....	48
Tabla 35. Costo unitario de perforación y voladura.....	48
Tabla 36. Costo unitario de carguío y movilización de material.....	49
Tabla 37. Costo unitario excavadora.....	50
Tabla 38. Costo Unitario volquete.....	50
Tabla 39. Costos de edificaciones y servicios.....	50
Tabla 40. Costos de personal Administrativo.....	51
Tabla 41. Precio unitario de venta.....	51
Tabla 42. Ingreso por ventas.....	51
Tabla 43. Capacitación de los trabajadores.....	52
Tabla 44. Charlas semanales de seguridad y salud ocupacional en el trabajo....	52
Tabla 45. Charlas mensuales de seguridad y salud ocupacional en el trabajo....	53

Índice de figuras

Figura 1. Zona de estudio de la concesión no metálica Juan de Dios I.....	18
Figura 2. Cuadro Geocronológico y Estratigráfico de Cajamarca, donde se muestran las formaciones identificadas en campo.....	19
Figura 3. Formación geología de la Concesión minera no metálica Juan de Dios I	20
Figura 4. Categorización de la zona de estudio	22
Figura 5. Delimitación de las reservas en la concesión.....	25
Figura 6. Análisis geomecánico de las calizas del sector A.	28
Figura 7. Análisis geomecánico de las calizas del Sector B.....	29
Figura 8. Análisis geomecánico de las calizas del Sector C	30
Figura 9. Análisis geomecánico del Sector D.....	31
Figura 10. Parámetros de perforación y voladura utilizado en la cantera de calizas.	35

RESUMEN

El presente informe de investigación tuvo por objeto proponer un plan de minado para incrementar la producción de roca caliza en la concesión minera no metálica Juan de Dios I. La investigación surgió debido a la falta de un plan de minado de las operaciones a realizar en la concesión minera, generando consigo una baja producción. Para esta investigación se trabajó con una muestra que está conformada por las operaciones de perforación, voladura, carguío y transporte de la concesión minera, asimismo el enfoque de investigación es cuantitativo con un diseño de investigación no experimental. Además, para el procesamiento de información se empleó el método analítico y sistemático, utilizando las técnicas de la observación y análisis documental con sus respectivos instrumentos. Se utilizaron los softwares Excel para el análisis de datos y el RecMin para la estimación de las reservas y el diseño de la cantera. Finalmente, se concluyó que la cantera tiene un total de reservas estimadas de 4,509,320.00 TM de roca caliza que deben ser explotadas en 31 años que es el tiempo de vida de la mina y con un ritmo de producción anual y mensual de 145 461.9 TM y 12 121.8 TM de roca caliza respectivamente.

Palabras clave: Plan de minado, estimación de reservas, aumento de producción, roca caliza.

Abstract

The purpose of this investigation report was to propose a mining plan to increase the production of limestone in the non-metallic mining concession Juan de Dios I. The investigation arose due to the lack of a mining plan for the operations to be carried out in the mining concession, obtaining a low production. For this research, we worked with a sample that is made up of the drilling, blasting, loading and transportation operations of the mining concession, using the research approach is quantitative with a non-experimental research design. In addition, for the processing of information, the analytical and systematic method was used, using the techniques of observation and documentary analysis with their separate instruments. Excel software was used for data analysis and RecMin for reserve estimation and quarry design. Finally, it was concluded that the quarry has a total estimated reserves of 4,509,320.00 MT of limestone that must be exploited in 31 years, which is the life of the mine, and with an annual and monthly production rate of 145,461.9 MT and 12 121.8 MT of limestone respectively.

Keywords: Mining plan, reserve estimate, production increase, limestone rock.

I. INTRODUCCIÓN

Nuestro país posee una enorme cantidad de recursos naturales, tanto renovables como no renovables que el hombre ha venido aprovechando para el desarrollo económico y social de sus comunidades. La región Cajamarca, cuenta con recursos minerales metálicos, también existen recursos minerales no metálicos, los mismos que vienen contribuyendo de una manera decisiva en el desarrollo de la región y del país. A nivel internacional el principal productor de cal en Europa es Francia logrando exportar el 12% de la producción de cal en el mundo.

La finalidad del plan de minado es la de orientar a través de un documento, las diferentes etapas de las actividades a realizar en el proyecto de manera detallada, por el periodo de un año. Además de ser muy importante en el proceso productivo, ya que permite organizar y optimizar las diferentes actividades realizándolas en un corto periodo de tiempo, con los equipos necesarios y aplicando las técnicas apropiadas para un buen aprovechamiento del recurso, alcanzando la mejor rentabilidad para la empresa.

Sin embargo, la gran mayoría de empresas dedicadas al rubro de extracción de minerales no metálicos, presentan un problema frecuente ya que no cuentan con un plan de minado, es decir, no contemplan un documento con las actividades a desarrollar tales como reconocimiento de la zona de exploración, planificación, minado, entre otras labores que se encuentren relacionadas en un periodo de tiempo establecido. Cabe mencionar que estos problemas se generan por no contar con un personal capacitado, se mantiene la informalidad de las empresas y no se genera una inversión para el desarrollo de plan de minado. Dentro del marco de estudio, la investigación se realizó en la Concesión minera no metálica Juan De Dios I, ubicado en el sector Pungurume, en el caserío Ventanillas, distrito de Magdalena, región Cajamarca, a una altura promedio de 3550 m.s.n.m. Consigo presentando una climatología semiseca, templada y húmeda.

El problema se enfoca en la Sociedad Minera Responsable Limitada (S.M.R.L) Juan de Dios I, en el cual, al tener una alta demanda del producto para su adquisición,

decidió iniciar sus operaciones de explotación, sin embargo, no contaban con un plan de minado de las operaciones a realizar, generando consigo una baja producción, además de poner en riesgo a sus trabajadores y generar daños ambientales en el proceso de extracción.

De acuerdo a ello, los métodos y técnicas de trabajo para la extracción de caliza sin plan de minado, conlleva a un desorden en las operaciones obteniendo una baja producción, por lo cual se debe destacar que no existe un plan de minado que genere una alta productividad en las actividades.

La falta de capacitaciones hacia el personal que desarrolla las labores de extracción de material, fueron apreciados con facilidad en la zona de estudio, en donde, al no contar con una persona que dirija las charlas hacia los trabajadores, se producía una inestabilidad en las operaciones, incumpliendo la finalidad del proceso de extracción. Tal caso se evidencia en la investigación donde Guerrero (2016), menciona que la falta de capacitación hacia el personal de trabajo para desarrollar labores en una minera subterránea conllevó a generar incidentes como pérdidas de personal, y destrucción de la biodiversidad que los rodea. Así mismo, se forja una inseguridad en el ámbito laboral, además de generar elevados costos para la empresa y paradas en los procesos de las actividades unitarias.

Por otra parte, la falta de planificación en los procesos extractivos de caliza conlleva a tomar malas decisiones que conciernen en la vida de la mina. Debido a que la concesión no metálica Juan de Dios I obtuvo una alta demanda del material para su adquisición, no planteó un adecuado proceso para los ciclos realizados antes y después de la explotación de material, generando problemas en los procesos operativos y administrativos. Por lo que según la Fundación Tecnológica (2016), menciona que los procesos de planificación minera se realizan en diferentes períodos, de acuerdo a las decisiones que se tomen y los detalles que este mismo involucra. Además, de tener en cuenta antecedentes tanto técnicos como económicos, en la práctica se pueden producir cambios durante la vida útil de la mina, afectando en gran medida el plan de producción y las ganancias esperadas.

Frente a lo planteado anteriormente se generó la siguiente formulación del problema ¿De qué manera el plan de minado permitió incrementar la producción de roca caliza en la concesión minera no metálica Juan de Dios I?

La investigación presenta una justificación metodológica en la cual se ha recurrido al empleo de técnicas e instrumentos que permitan recolectar datos y a la vez procesarlos, siguiendo un orden y una secuencia. Así mismo, presenta una justificación teórica porque se buscó aplicar las diferentes teorías y enfoques conceptuales, entre los cuales destacan ciencias como la geología y la topografía y conocimientos acerca de cálculo de reservas y método de explotación. Por otro lado, presenta una justificación social, ya que el plan de minado tiene como enfoque el cumplimiento de leyes, decretos y normas con la finalidad de hacer cumplir los diversos factores en cuanto a seguridad, salud ocupacional y medio ambiente, esto con la finalidad de contar con un ambiente laboral óptimo. Por último, presenta una justificación económica, debido a que, al mejorar y optimizar los procesos de minado, la cantera incrementará la producción y por ende también incrementará la rentabilidad.

Ante lo expuesto se planteó el siguiente objetivo general: Proponer un plan de minado para incrementar la producción de roca caliza en la concesión minera no metálica Juan de Dios I. Para ello los objetivos específicos que se plantearon fueron: OE1. Describir un plan de minado para mejorar los bancos de explotación de roca caliza en la concesión minera no metálica Juan de Dios I y como OE2. Realizar el cálculo de reservas para incrementar la producción de roca caliza en la concesión minera no metálica Juan de Dios I.

De acuerdo a los objetivos planteados se desarrolló como hipótesis: El plan de minado permite incrementar la producción de roca caliza en la concesión minera no metálica Juan de Dios I. y como hipótesis específicas se tiene a la HE.1 Un plan de minado permite mejorar los bancos de explotación de roca caliza en la concesión minera no metálica Juan de Dios y la HE2. El cálculo de reservas ayuda a incrementar la producción de roca caliza en la concesión minera no metálica Juan de Dios I.

II. MARCO TEÓRICO

Para la presente investigación se realizó el siguiente marco teórico, en el cual se tomaron en cuenta los siguientes antecedentes de investigación respecto a sus variables de estudio: Plan de minado e incremento de producción de roca Caliza.

A nivel internacional se consideró el trabajo de Castillo y Guzmán, (2020) titulado “Optimización de las operaciones mineras en la cantera de Caliza, ubicada en la Comunidad Shobol Llin Llin, parroquia San Juan, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo”. La investigación tuvo como objetivo mejorar el plan de extracción en la cantera Shobol Central con la finalidad que la producción de la caliza cubra la demanda requerida. La investigación respecto a la metodología es de tipo descriptivo. Se concluyó que mediante la planificación del minado basado en 3107048.4 TM de mineral y 1492995 m³ de estéril, se logra considerar una existencia de explotación de 20 años, con una cadencia de producción de 650 TM/día. Mediante un plan de minado se logra determinar las reservas de mineral que se deben explotar a lo largo de la vida de la mina manteniendo un ritmo de producción que permita obtener un beneficio económico positivo.

Encontramos a Lasluisa (2019) con la investigación titulada “Diseño de explotación de la Cantera “San Luis”, ubicada en la parroquia Pintag, cantón Quito, provincia de Pichincha”. La investigación tuvo el objetivo de diseñar la explotación en la cantera San Luis considerando los parámetros que influyen en la explotación del mineral. El informe respecto a la metodología es de tipo descriptivo con diseño transversal. Se concluyó que la cantera San Luis presenta una vida de 10.4 años, en el primer año se removerá 93600 m³ y con avance al tercer banco se logra llegar al segundo año. La etapa IV proveerá 219826.62 m³ de material por 2.4 años. La etapa V proveerá 318069.8 m³ cubriendo la explotación por 3.4 años. La etapa VI proveerá 237332.92 m³ cubriendo la explotación por 2.5 años. Mediante una técnica de explotación por bancos descendentes se logra realizar la extracción de mineral de manera gradual según el requerimiento del mercado y logrando un resultado económico positivo para la empresa.

Bermeo (2017) en su investigación “Planeación minera para el diseño de explotación de la cantera de libre aprovechamiento de lastre “Cochapamba” código 10000164 del GAD municipal del cantón Cuenca”. La investigación tuvo el objetivo de desarrollar un diseño que permita la explotación por fases tomando en cuenta las condiciones de seguridad necesarias. Se concluyó que la cantera presenta unas reservas de 2 335 436.66 m³, para lo cual se realizó un diseño de explotación a cielo abierto mediante bancos descendentes que permiten diseñar 8 fases de minado distribuidas a lo largo de la vida de la mina que es de 6 años 7 meses y 24 días. Mediante un adecuado plan de minado y planificación de las fases se logra llegar a la optimización de la producción para una mina así también, se logra realizar el diseño de los bancos y parámetros técnicos que permiten la extracción de material de manera constante a lo largo de la vida de la mina.

A nivel nacional se consideró el trabajo de investigación de Llovera y Vasquez (2020), titulado “Propuesta de plan de minado en la concesión minera no metálica Monte Alto caserío de Shiguas, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, Cajamarca 2020”. La investigación tuvo el objetivo de realizar una proposición de minado en la concesión minera Monte Alto permitiendo describir los parámetros que influyen según la normativa vigente. La investigación respecto a la metodología es de tipo no experimental con un carácter transversal. Se concluyó que se cuenta con reservas probadas de 61236 t, probables de 6756.3 t que tiene una ley de corte del 96%. Se cuenta con reservas para 6 años y 5 meses, con un ritmo de obtención de 40 TM/día. El primer punto para un adecuado plan de minado es el cálculo de reservas, es un factor fundamental que accede a calcular la vida de la mina y los ritmos de producción que se deben realizar para lograr una producción óptima.

Encontramos a Becerra y Torres (2018) con su investigación “Influencia del plan de minado en la rentabilidad de la concesión Victoria, Frutillo Alto – Bambamarca, 2018”. La investigación tuvo como objetivo determinar cómo influye el plan de minado en la rentabilidad de la concesión Victoria. La investigación respecto a la metodología es cuantitativa con diseño cuasiexperimental. Se concluyó que la concesión debe generar 130,45 toneladas por mes para lograr su equilibrio económico. Al implementar el VAN en el área de la concesión de Victoria, se puede

utilizar una tasa de descuento mensual del 12% para determinar un valor igual a S/ 232,213.79, que es el valor actualizado de cobros y reembolsos futuros. Tomando en cuenta el plan de minado se obtiene el requerimiento de producción que se debe realizar para que la empresa no tenga pérdidas, a partir de ese punto todo lo que produzca la empresa es para la generación de ganancias.

Chávez (2018) en la investigación “Propuesta de plan de minado de la cantera Los Chancas III 5hnos, distrito Bambamarca, provincia Hualgayoc, departamento de Cajamarca, 2018”. Presenta como finalidad elaborar una propuesta de plan de minado en la cantera Los Chancas III 5Hnos, con el fin de permitir describir los parámetros que influyen según la normativa vigente. La investigación respecto a la metodología es de tipo no experimental con un diseño de transversal. Se concluyó que el método de extracción es de bancos descendentes. Para el diseño se debe tener en cuenta un ancho de la vía de 6 metros, la vía debe contar con una pendiente del 10% el ancho de la berma es de 1 metro y la altura de banco debe ser de 1,5 metros.

Para el presente marco teórico se tomaron en cuenta los siguientes enfoques conceptuales para la variable independiente “Plan de minado”.

En el plan minero, las tecnologías de minería a cielo abierto y subterráneo utilizan diferentes métodos de planificación. El objetivo principal es planificar y determinar el óptimo desarrollo de la explotación, pero es necesario conocer el yacimiento, la ubicación de mineral y el diseño de mina, métodos de minería, condiciones geomecánicas y aplicación de criterios económicos que permitan optimizar la rentabilidad de la comercialización de los minerales. (Para Nava y Vivas, 2014)

La estimación de reservas se trata de la presencia de minerales y las leyes asociadas en un depósito mineral. Se puede realizar mediante un método de estimación, cuyo propósito es cuantificar los minerales en recursos y reservas. Se considera como factores principales el grado de mineralización, la cantidad y calidad de minerales en el depósito. El método de polígono puede estimar la cantidad de minerales con leyes relevantes basándose en el hecho de que cada

broca o muestra de datos está ubicada en el centro del polígono. Los límites de su construcción son equidistantes del hoyo vecino más cercano. (Hustrulid *et al.*,2013)

Los recursos minerales son la concentración o la aparición de contenido mineralógico económicamente importantes. Con relación a la evidencia y el conocimiento, es dable intuir, estimar o interpretar la ubicación, la cantidad, la ley, las características geológicas y la continuación de los recursos mineralógicos a partir de datos geológicos específicos. (Jewbali y Mousset, 2002), Así mismo El E&MJ (2015) menciona que de acuerdo con la confiabilidad geológica los recursos minerales se subdividen en categorías inferidas, indicados y medidos en orden ascendente. Los recursos inferidos son parte de los recursos minerales y pueden estimarse con poca confianza. El recurso indicado es parte del recurso mineral y puede estimarse con un grado razonable de confianza. Los recursos medidos son parte de los recursos minerales y pueden estimarse con alta confianza.

Las reservas mineras son la parte que es rentable realizar su explotación de un recurso minero medido e indicado. Se dividen en reservas probadas y probables según el grado de confianza. Una reserva Probable se considera a la parte de un recurso indicado que es económicamente explotable, y en ciertos casos de un recurso medido. Una reserva Probada se considera a la parte de un recurso medido que es económicamente explotable. Se toma en cuenta la dilución y precauciones de pérdidas que sucede al extraer el material (E&MJ ,2007).

El plan a corto plazo incluye detalles de ingeniería, desarrollo diario, semanal y mensual para diferentes áreas, tales como: desarrollo preliminar, exploración, preparación y diseño general. (Blom [*et al.*,2018]). También se manifiesta que los planes a corto plazo deben elaborarse todos los meses y todos los planes de trabajo deben planificarse en planes a mediano plazo previamente desarrollados. Para lograr las metas planteadas en el plan de corto plazo, es necesario el seguimiento al trabajo planificado para ayudar a resolver el problema con la mejor solución para la continuidad del proyecto (Akhpashev y Andrievsky, 2017).

El plan a mediano plazo es de mayor extensión a referencia del de corto plazo, ya que se habla de métodos de tiempos mayores, como lo es el caso de la empresa minera Juan de Dios I. El plan de mediano plazo abarca de tres a cuatro años, los objetivos y metas a alcanzar están previstos, y el plan de trabajo es más generalizado que el plan anterior, pero muestra claramente los aspectos paramétricos de la actividad minera, para ello debe tomarse en cuenta el progreso de desarrollo, pesos, leyes, costos y presupuestos. (Mining software ,2015)

Un planeamiento de mediano plazo comprende de 3 a 4 años, donde se prevén los objetivos y metas a alcanzar, siendo los esquemas de trabajo más generalizados que el anterior, pero naturalmente se contempla los aspectos paramétricos del minado, tales como; metraje de avances de desarrollo, tonelajes, leyes, costo y presupuesto. Según Turpo (2014) el plan alcanza un nivel de jerarquía superior, en el que se propone una estrategia general de optimización de costos, recursos e inversiones a nivel de empresa. El propósito de formular un plan minero a largo plazo es poner el foco estratégico en el desarrollo de todo el depósito.

La geometría del talud es que la determinación de los ángulos individuales de cada talud, así como su ángulo global, la cual puede llegar a modificarse dependiendo de la calidad de roca presente, manteniendo un mayor control sobre las escorrentías superficiales generadas por las lluvias, evitando así producirse grandes movimientos de masa que afecten al desarrollo de las labores realizadas. (Matin *et al.* 2009). Así mismo se manifiesta que se debe tener en cuenta los siguientes parámetros para el diseño de banco, tales como altura de banco, ángulo de inclinación del pit, límite de explotación, bermas de seguridad, ancho mínimo de explotación y construcción de rampas y accesos (Exsa, 2019)

El ángulo de reposo máximo, en el cual las masas de suelo se mantienen estables sin que se generen deslizamiento, además de jugar un rol importante en la seguridad, evitando impactar en los costos del proyecto. Según Hess (2019) se debe tener en cuenta la realización de ensayos de suelo en laboratorio, con el fin de diferenciar y analizar el impacto de dichos suelos en el diseño propuesto para la realización del proyecto (Rodas y Rouse, 2010).

Para el presente marco teórico se tomaron en cuenta los siguientes enfoques conceptuales para la variable dependiente “Producción de roca caliza”.

El aumento de productividad está basado en la correspondencia generada que existe del producto y los recursos manejados en el proceso, llegando a medir la productividad en diferentes aspectos, tales como en los materiales, en el factor humano, en las maquinarias, entre otros. Por ende, para generar una alta producción se combinará la eficiencia con los recursos utilizados, obteniendo los resultados óptimos (Inner Workings ,2019).

La extracción de Mineral se basa en un modelo de producción de manera continua en el que la excavación se realizara a través de operaciones manuales y con ayuda de maquinarias, los cuales moverán el material para luego proceder con el proceso de carga y transporte (Gutiérrez ,2018).

Las operaciones unitarias mina según Caro (2010) son esenciales para abrir la explotación, las cuales son carguío, transporte, perforación, voladura. Las operaciones unitarias permitirán definir el costo. Equipo minero (2019) considera que existen relación con respecto a los materiales para tener un precio referencial para realizar las operaciones unitarias de explotación, pero este no abraza la forma de las fases y mucho menos relaciona la interacción de las etapas unido para proveer al plan de elaboración, como lo es en diseño de fases, cálculo de los trayectos y mecanismos. Se debe tener en cuenta que es repetido y disminuir el planeamiento desde la fase inicial donde se pone en marcha el plan, representa una baja de su precio económico.

Algunos autores se han definido a la caliza tal es el caso de Bukasa et al. (2016), que sostiene que la piedra caliza es una roca sedimentaria que contiene al menos 50 calcita (CaCO_3) y dolomita (Ca, Mg (CO_3)), principalmente minerales de calcita. Cuando prevalece la dolomita, se le llama dolomita. La piedra caliza es un aglutinante, neutralizador, escorificarte, fundente La cal para Almenares [et al.] (2016), este producto que se consigue del calcinamiento de la roca caliza por una

temperatura menor de descomposición que el óxido de calcio. La caliza al fundirla a 900°C, disipa el CO₂ y se muda a la cal viva.

El uso de la cal comienza con la explotación de piedra caliza, la cual pasa por un proceso de trituración y se calcina a temperaturas superiores a 900 ° C para producir cal viva. La cal viva se producirá cuando entra en contacto con el agua en las proporciones adecuadas. Generalmente suministramos este material con agregado fino y agua para obtener una mezcla de albañilería. Sin embargo, cuando la cal que se ha utilizado en la construcción entra en contacto con el dióxido de carbono atmosférico, se recarga: se convierte en piedra y, por lo tanto, la solidez de las edificaciones antiguas, la resistencia que la mezcla de cal logra con el tiempo es más grande que cualquier otra mezcla (Calidra, 2011).

La productividad según Medina (2010), se define como la forma en el uso de los factores de producción, generando bienes y servicios. Así mismo plantea un plan estratégico para alcanzar los niveles de competitividad de alto rango. Por ende, se lograrán mejores resultados teniendo en consideración los recursos empleados para generarlos. Cabe resaltar que la productividad se logrará medir a través de dos componentes tales como eficacia y eficiencia, en la cual el primer componente estará basado en el grado en el que se realicen las actividades planteadas y el resultado esperado, a diferencia de la eficiencia, la cual está en concordancia con los resultados alcanzados y los recursos utilizados.

Se tiene en cuenta la evaluación de la rentabilidad en el cual Ramírez (2019), considera que el análisis de rentabilidad en un plan de minado tiene como finalidad verificar si la explotación minera metálica como no metálica genera una alta o baja rentabilidad, teniendo en cuenta los gastos que se generan en la explotación de materiales tales como verificación de equipos, remuneraciones, transporte, entre otros., y todos los ingresos que genere la cantera por ventas de su producto final, logrando ganancias netas.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación. La investigación que se presenta es de tipo básica con un diseño No experimental - transversal según los objetivos que se realizaron. Reddy (2020) menciona que para realizar una investigación básica no existe un propósito práctico inmediato, pero el propósito es desarrollar la comprensión de los elementos primordiales del ambiente o del entorno.

Diseño de investigación. Presenta un diseño No experimental, para Muñoz (2015) el diseño no experimental – transversal se hace sin la manipulación intencionada de variables. Se enfoca principalmente en la investigación de los fenómenos que presentan tal como ocurren en su contexto nativo para examinar posteriormente. En este tipo de investigaciones, no constan de situaciones ni provocaciones a los que se presenten los sujetos.

3.2. Variables y Operacionalización

V.I.: Plan de minado

Mining Engineering (2020) define al plan de minado permite especificar las tareas que intervienen y son necesarias para la realización de un proyecto, se determina la duración del proyecto y como se relacionan entre si las tareas y la secuencia.

V.D.: Incrementar la producción de roca caliza

Para E&MJ (2010) el incremento de la producción es maximizar la producción, se pretende mejorar la productividad, racionalizando los procesos y mejorando su rentabilidad, esto con la finalidad de maximizar los beneficios en las operaciones.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población.

Para la población que se consideró se tuvo en cuenta que el informe de investigación está conformada por la concesión minera no metálica Juan de Dios I. Para Hernández et al (2014) la población debe ser tomada al tener la agrupación de diferentes parámetros que coinciden con una serie de descripciones.

Criterios de selección:

- **Criterios de inclusión:** Fueron considerados los siguientes criterios:
 - Los materiales que presentan contenido de caliza.
 - Las operaciones unitarias de perforación, voladura, carguío y transporte,
 - Las actividades de producción que se realizan al interior de la concesión minera.

- **Criterios de exclusión:** Como criterios de exclusión se consideró.
 - Material que no presenta contenido de caliza.
 - Las actividades que se realizan fuera de la concesión minera.
 - Las actividades de las áreas administrativas que se realizan en la concesión minera.

3.3.2. Muestra.

Como base en la población se consideró como muestra a las operaciones unitarias de la concesión minera no metálica Juan de Dios I.

3.3.3. Muestreo.

La investigación presenta un muestreo no probabilístico a criterio del investigador. Según Manterola y Otzen (2017) el muestreo permite extraer y seleccionar la muestra considerando las características que van a ser puestas a análisis.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos.

- **Técnica de la observación**

La técnica de observación se utilizó para observar las condiciones de la concesión minera y buscar posibles problemas en su operación. Manterola y Otzen (2013) mencionan que la observación es la forma más sistemática y lógica de recolectar información conocida visualmente y verificable; es decir, captura todo lo que pasa de la manera más objetiva, para describirlo, analizarlo o interpretarlo desde un punto de vista científico; a diferencia de lo que sucede. Díaz (2010) manifiesta que, en el mundo empírico, en el mundo real, la gente común usa datos o información recolectada de forma práctica para solucionar dificultades o compensar sus necesidades.

- **Técnica de análisis documental**

Mediante la técnica de análisis documental se realizó la recaudación, el análisis y almacenaje de información específica de cómo se realizan las operaciones unitarias mina en la concesión minera entre otras actividades que son necesarias para la realización del plan de minado. Según Castillo [et al] (2020), la validez de los datos obtenidos de fuentes bibliográficas radica en resolver problemas a través de los diferentes procesos de investigación.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos.

- **Guía de observación**

Se realizó una guía de observación con la finalidad que se tiene por observar cómo se encuentra la cantera y los parámetros geométricos de

diseño de taludes que presenta. Datos importantes que sirvieron para realizar la estimación de reservas y el plan de minado.

- **Guía de análisis documental**

Se realizó una guía de análisis documental con la finalidad de recaudar datos de las operaciones de perforación y voladura, recaudar parámetros de las operaciones y realizar un análisis de costos de las operaciones unitarias para determinar los costos asociados y la viabilidad de la explotación.

Carpallo y Flores (2018) manifiestan que se aplica la guía mediante la cual se recolecta información de investigaciones previas o brindada por la empresa en la cual se describe, estudia técnicas, estructuras y herramientas aplicadas por otros autores.

3.5. Procedimientos

- La etapa uno se basó en la planificación de la investigación. Se solicitó el permiso para tener acceso a la concesión minera, con la finalidad de realizar la observación en el lugar para definir la realidad problemática, las causas y los efectos. Así mismo, se recaudó información respecto a planes de minado realizados en otras canteras y la explotación de la caliza.
- En la etapa dos se aplicaron los instrumentos para la recolección de datos y para ello se hizo uso de una guía de observación y de análisis documental. Se realizó el análisis de los datos con la finalidad de que sean la base para trabajar los objetivos propuestos y llegar a los resultados.
- La etapa tres es la etapa del procesamiento de los resultados, se realizó la estimación de las reservas mediante el software RecMin y el desarrollo del plan de minado. Se describió las operaciones unitarias para determinar los costos asociados al proceso de minado en la concesión minera.

3.6. Método de análisis de datos

- **Método analítico**

El método analítico permitió analizar cada proceso en base a la observación y realizar el análisis de cada etapa. Según Gómez (2012), es un método para descomponer todas las partes y su propósito es observar el contexto y las relaciones de los fenómenos. En el análisis de datos a nivel descriptivo se utiliza la media y la mediana. A nivel de inferencia, se realiza un análisis de varianza. Se empleó el software Excel para el procesamiento y procesamiento de los datos obtenidos; de igual manera se hizo uso del software minero RecMin para el diseño de los taludes, cálculo de reservas y tonelajes.

- **Método sistemático**

Se trabajó con el método sistemático porque al realizar el primer resultado sirvió como base para la siguiente etapa, hasta llegar al producto final. Arca et al (2019) señala que el método sistemático es un proceso asociado a situaciones supuestamente solos y que expresa una teoría que agrupa varios elementos. Consiste en un encuentro racional de diferentes elementos esparcidos en un nuevo todo, que se describe más en el enunciado hipotético. Los investigadores sintetizan el exceso de imaginación para establecer una explicación preliminar y probarla.

3.7. Aspectos éticos

Los estándares nacionales e internacionales de gestión de la investigación son: reputación, consistencia, neutralidad, relevancia, adecuación, vigencia, confiabilidad, objetividad, claridad y manejo bibliográfico para la profundización y desarrollo. Los principios morales también se aplicaron, por ejemplo:

- La beneficencia, mediante la investigación se busca mejorar la producción de cal lo que genera un beneficio a la concesión minera.
- La no maleficencia, mediante el informe de investigación se busca optimizar la producción de roca caliza sin afectar a las poblaciones cercanas.
- Autonomía, para tomar decisiones y tomar decisiones para soportar las consecuencias.
- Justicia, para buscar justicia en beneficio de la empresa y la comunidad.

Para Bermúdez [et al] (2020). En la investigación científica, el aspecto moral a menudo se trata de manera superficial, y su contenido no es solo el factor de consideración reflejado en la parte del diseño del método. De hecho, la ética siempre debe aclarar el comportamiento humano, aclarando así el desarrollo de la ciencia. El principal aspecto de fiabilidad del proyecto es la honestidad.

IV. RESULTADOS

4.1. Descripción de la zona de estudio en la concesión minera no metálica Juan de Dios I

4.1.1. Ubicación Política

La Concesión minera no metálica Juan de Dios I se localiza en el departamento de Cajamarca, en la provincia de Cajamarca, distrito de Magdalena, en el Paraje Pungurume, caserío Ventanillas, como se muestra en el anexo 05, a 3200 m.s.n.m.

4.1.2. Ubicación Geográfica

Tabla 1. *Concesión minera no metálica Juan de Dios I.*

VÉRTICES	NORTE	ESTE
1	765627.82	9201954.19
2	765596.94	9202173.26
3	766000.47	9202140.51
4	766002.44	9201926.34

Fuente: Elaboración propia.

Geográficamente el lugar en estudio se ubica en el distrito de Cajamarca, en el Paraje Pungurume, caserío Ventanilla. Como se logra apreciar en la tabla 01 donde se detalla las coordenadas UTM de los 4 puntos que el área de estudio abarca.

Tabla 2. *Coordenadas corregidas*

ESTE	NORTE
765627.8	9201954.2
765596.9	9202173.3
766000.5	9202140.5
766002.4	9201926.3

Fuente: Elaboración propia.

La concesión tiene un área aproximada de 83 783 m² con un espesor aproximado de 50 m donde se encuentra presentes la Formación Cajamarca (Calizas nodulares macizas, margas y lutitas pardo amarillentas fosilíferas) y Quilquiñan Mujarrun (Calizas gris oscuras a gris azuladas asociados a secuencias margosas verdosas.)

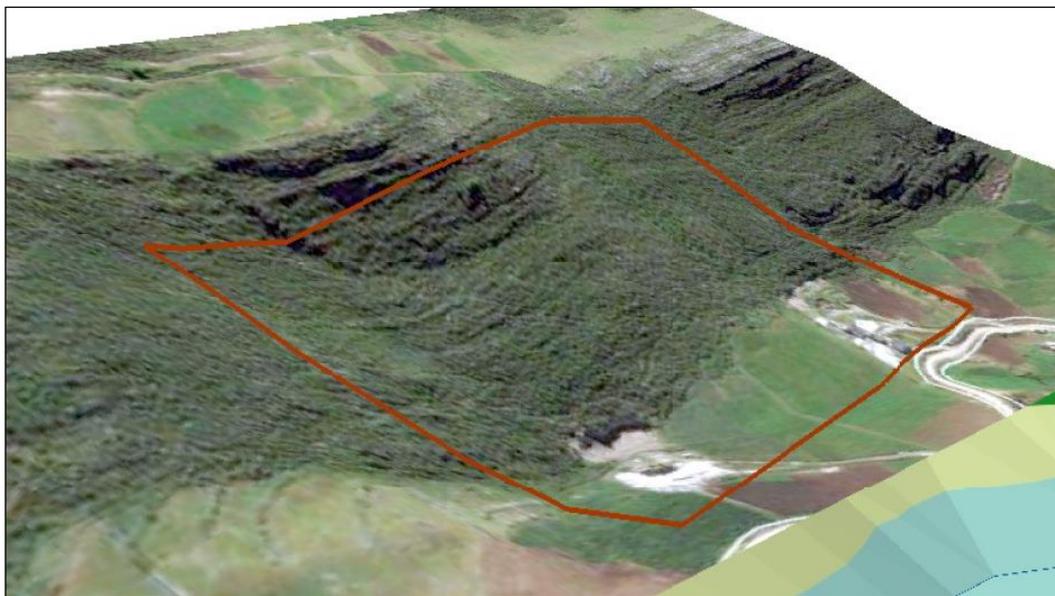


Figura 1. Zona de estudio de la concesión no metálica Juan de Dios I

4.1.3. Accesibilidad

Tabla 3. Accesibilidad a la zona de estudio

LUGAR	DISTANCIA	TIEMPO APROXIMADO	TIPO DE CARRETERA
De Cajamarca a la zona de estudio (Concesión Juan de Dios I.	30 km	1:20 minutos	Afirmada

Fuente: Elaboración propia.

Llegar hacia el lugar de estudio es de acceso fácil como se logra apreciar en la tabla 02, se encuentra a 30 km de la localidad de Cajamarca, carretera Cajamarca-Distrito de Chetilla tomando como desvío a la altura del km 16 carreteras a San Cristóbal.

4.1.4. Unidades estratigráficas

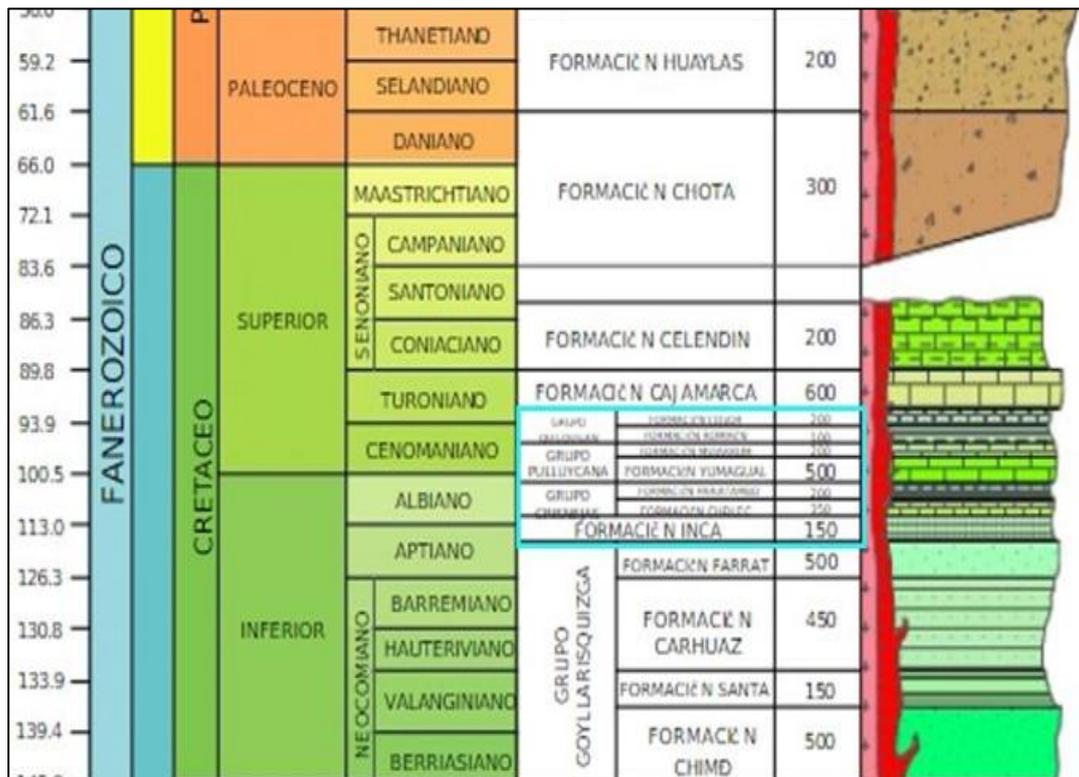


Figura 2. Cuadro Geocronológico y Estratigráfico de Cajamarca, donde se muestran las formaciones identificadas en campo

Fuente: Reyes, 1980, Boletín N° 31

4.1.5. Geología de la concesión minera Juan de Dios I

4.1.5.1. Aspectos Geológicos

La Concesión minera Juan de Dios I es un yacimiento no metálico, en el cual la mineralización está formada por rocas calizas, volcánicas y sedimentarias los cuales están genéticamente relacionados. Este yacimiento no metálico data desde el cretáceo superior e inferior del Fanerozoico. La geología de la concesión minera no metálica Juan de Dios I, está conformado por roca caliza la cual tiene diferentes usos ya sea como carbonato de calcio (CaCO_3) o como Óxido de calcio (CaO) su principal derivado con un total de más de 50 metros de espesor, y que pertenecen al cretáceo superior e inferior del Fanerozoico.

4.1.5.2. Geología Regional y Local

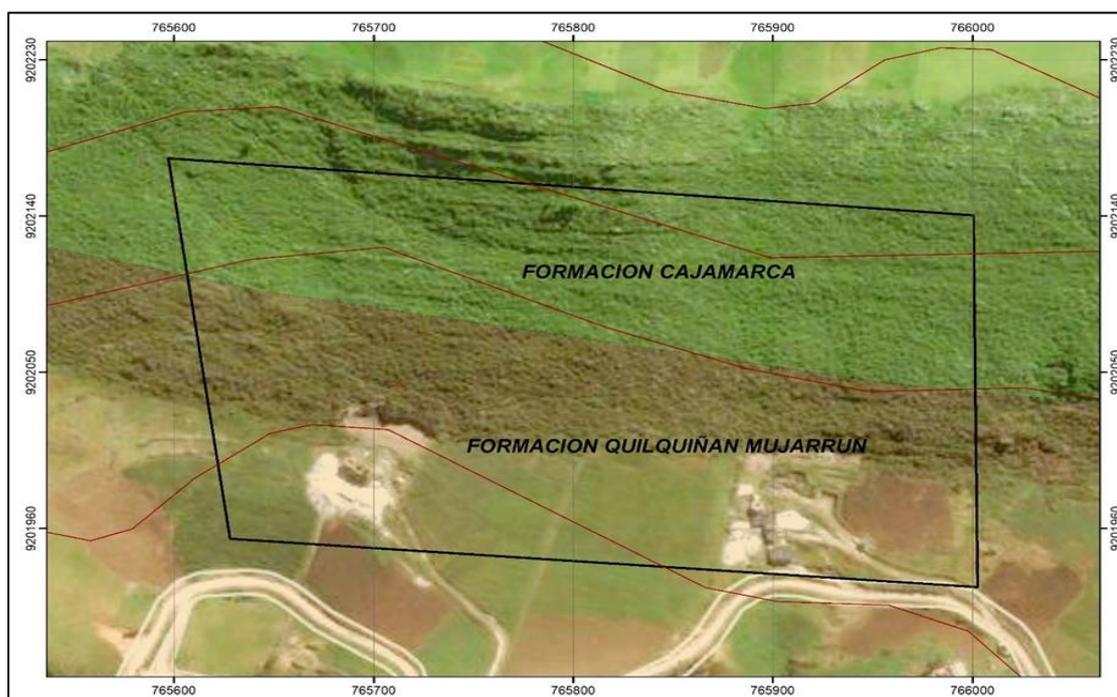


Figura 3. Formación geología de la Concesión minera no metálica Juan de Dios I

La geología de la Concesión minera no metálica Juan de Dios I, se encuentra en una zona altoandina de los andes, la cual presenta estribaciones abruptas de la Cordillera de los andes ríos, quebradas, colinas, valles y de planicies de piedemonte; además de ello presentan unidades que tienen depósitos de afloramientos de rocas volcánicas y sedimentarias de rocas calizas. Las rocas que forman el área presentan una naturaleza volcánica y sedimentaria, de depósitos las cuales tienen una edad perteneciente a la época del Cretáceo Superior e inferior, de las edades del Albiano.

4.1.5.3. Geología Estructural

Con respecto a la geología estructural, cabe resaltar que el Yacimiento no metálico de rocas calizas está ubicado en la era Mesozoica, serie cretáceo superior, formación Yumagual (Ks-yu). Localmente, el yacimiento no metálico de la concesión minera Juan de Dios I está delimitado por las cordilleras Nororiental y occidental del marañón, los cuales están formadas por afloramientos de roca caliza volcánica y rocas sedimentarias donde se diseñará el tajo de explotación para la

extracción de la roca caliza. Los estratos presentan un Rumbo de 30°NE con buzamiento de 75°SE.

4.1.5.4. Geología Económica

En la concesión minera no metálica Juan de Dios I, el mineral económico es la caliza (CaCO_3), con un porcentaje de 95% de pureza. Las formaciones de la caliza son de forma volcánica que han aflorado hacia la superficie y sedimentaria formada hace 80 millones de años. La caliza es de grano fino con la presencia de CaO y forma parte de la formación Cajamarca. Por otro lado, la arcilla que alberga corresponde al grupo Quilquiñán del Cretácico Superior.

4.2. Diseño del plan de minado de la concesión minera no metálica Juan de Dios I.

4.2.1. Cálculo de reserva de las canteras para la concesión minera Juan de Dios I

Para el proceso de la toma de muestras para la realización del cálculo de reservas de las calizas se ha producido de la siguiente manera, las muestras seleccionadas se obtuvieron de lugares cercanos a las instalaciones de las operaciones de perforación, voladura, carguío, transporte y de las zonas más cercanas a las canteras en operación brindan un grado mayor de confiabilidad y esta se va reduciendo a medida que se alejan de estas operaciones.

Para el desarrollo del cálculo de reserva se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Aspecto estructural, la zona de estudio muestra un fracturamiento leve por lo tanto en muestra de mano no muestra signos de fracturamiento el diaclasamiento por lo tanto al efectuar el cálculo del RQD califican a la roca como regular a Buena.
- Durante el proceso de selección de las muestras de las calizas se ha procedido a descartar aquellas que presentan poco porcentaje de carbonato de calcio.

- Las rocas calizas que fueron seleccionada estuvieron ubicadas dentro y cerca de la zona de estudio presenta mineralógicamente alto contenido de (CaCO_3) de alta pureza para su extracción.
- Las rocas calizas favorables para la explotación son las pertenecientes a la formación Cajamarca de edad cretácico superior las cuales se depositaron en un ambiente marino de relativa profundidad.

4.2.5.1. Categorización de la zona de calizas

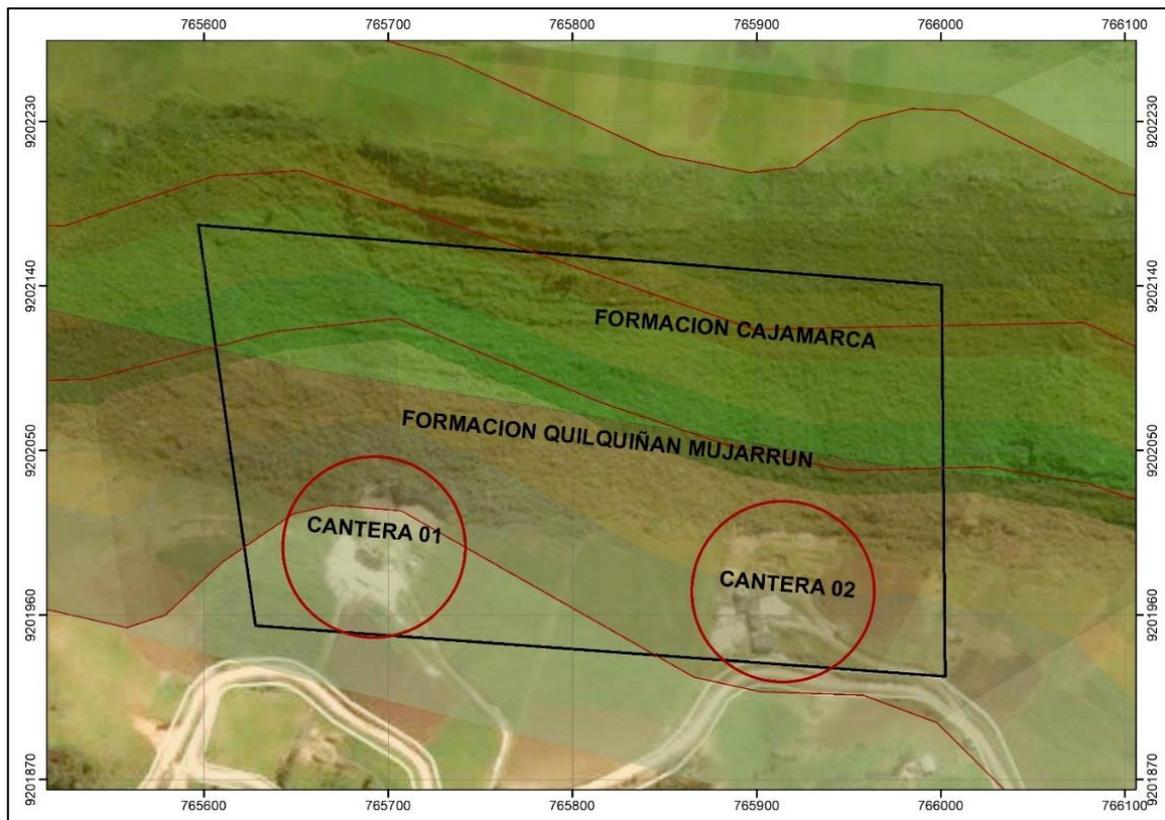


Figura 4. Categorización de la zona de estudio

4.2.5.2. Evaluación de reservas

Para la realización de la evaluación de reservas se procedió a la categorización de las zonas de las calizas de acuerdo con el análisis de laboratorio. El resultado del laboratorio lo clasificó de la siguiente manera según el contenido de Ca O:

Tabla 4. Clasificación de la caliza según su contenido

MUESTRA	CONTENIDO DE CaO
Caliza de Alta Ley	46.8%
Calizas de Mediana Ley	44.18%
Calizas de Baja Ley	42.13%

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se procedió a calcular los volúmenes de los afloramientos de calizas favorables para la explotación para ello fue necesario realizar un análisis tridimensional con un modelo de elevaciones de la zona haciendo uso de ArcGis para el cálculo de volúmenes mediante algoritmos.

- **Cálculo de reservas**

Con el apoyo del software se han calculado las áreas lo cual se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5. Cálculo de las áreas de cada muestra de caliza

MUESTRA	ÁREA (M2)	PROFUNDIDAD (M)	VOLUMEN (M3)
Caliza de Alta Ley	29178.99	50	1458949.63 m ³
Calizas de Mediana Ley	2663.763	50	133188.15 m ³
Calizas de Baja Ley	1559.6148	50	77980.74 m ³

Fuente: Elaboración propia.

Considerando una profundidad de 50 m, se procedió a calcular el volumen. Esto dio como resultado un volumen de 1458949.63 m³ para la zona con concentración de caliza de 46.8% de CaO que será denominado como Caliza de Alta ley. Se estableció el volumen (133188.15 m³) de la zona con concentración de caliza de 42.13% de CaO que será denominado como Caliza de Baja ley.

- **Recursos indicados**

Se estableció el volumen (77980.74 m³) de la zona con concentración de caliza de 44.18% de CaO que será denominado como Caliza de Mediana ley.

Tabla 6. *Volumen de concentración de la zona con caliza*

MUESTRA	CONTENIDO DE CA O	VOLUMEN (M3)
Caliza de Alta Ley	46.8%	1458949.63 m ³
Calizas de Mediana Ley	44.18%	133188.15 m ³
Calizas de Baja Ley	42.13%	77980.74 m ³

Fuente: Elaboración propia.

- **Cálculo de tonelaje**

Para el cálculo del tonelaje se ha considerado una densidad de 2.7 para la Caliza

- Densidad = masa/volumen = 2.7
- Tonelaje = Volumen * Densidad
- 1 458 949.63 m³ x 2.7 = 3 939 164 TM (Caliza alta ley)
- 359 608 m³ x 2.7 = 359 608 TM (Caliza baja ley)
- 77 980.74 m³ x 2.7 = 210 548 TM (Caliza mediana ley)

Tabla 7. *Cálculos de tonelaje según el tipo de caliza*

TIPO	TONELAJE	VOLUMEN	DENSIDAD
Caliza alta ley	3 939 164 TM	1 458 949.63 m ³	2.7
Caliza baja ley	359 608 TM	133 188.15 m ³	2.7
Caliza mediana ley	210 548 TM	77 980.74 m ³	2.7

Fuente: Elaboración propia.

Se tomó en cuenta un desmonte con un tonelaje de 42662.442 TM

- **Reservas probadas.**

Se estableció acorde a todos los análisis realizados tanto de muestras en superficie de canteras ya en operación, como de perforación y voladura.

Reservas probadas = Tonelaje de caliza alta ley + Tonelaje de caliza baja ley

$$3939164 \text{ TM} + 359608 \text{ TM} = 4298772 \text{ TM}$$

$$\text{Reservas probadas} = 4298772 \text{ TM}$$

- **Reservas probables.**

Se estableció a partir de muestras en superficies de zonas lejanas a las operaciones que están intactas o que no han sido explotadas.

Reservas probables: Tonelaje de caliza media ley

$$\text{Reservas probables} = 210548 \text{ TM}$$

- **Total de reservas.**

$$\text{Total de reservas} = \text{Reservas probadas} + \text{Reservas probables}$$

Tabla 8. Total, de reservas

Reservas probadas	4298772
Reservas probables	210548
TOTAL DE RESERVAS	4509320

Fuente: Elaboración propia.

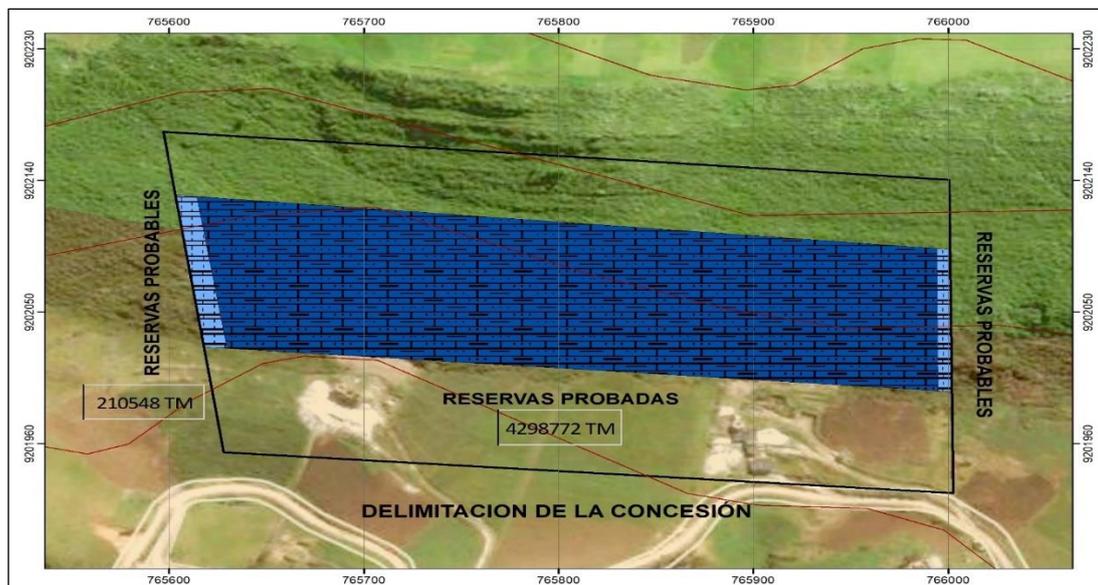


Figura 5. Delimitación de las reservas en la concesión

Fuente: Elaboración propia.

Se procedió a realizar el cálculo de las reservas como se logra apreciar en la tabla. Se toman cuatro categorías de productos de caliza alta, caliza baja, caliza media y desmonte con un tonelaje de 3 939 164 TM, 359 608 TM, 210 548 TM y 42 662.442 TM respectivamente. Cada categoría de material presenta diferentes leyes asociadas mediante las cuales se determinó las reservas tanto probables como probadas. Se determinó que la concesión minera presenta unas reservas probables de 210 548 toneladas y unas reservas probadas de 4 298 772 toneladas con lo que se tiene un total de 4 509 320 toneladas con una ratio de desmonte- mineral de 0.27.

4.2.2. Selección del método de explotación

Para determinar la mejor forma de operar, analizamos aspectos como el terreno del sitio, que requiere bancas bajas para garantizar la seguridad, y el uso de maquinaria para construir la vía de acceso frontal. Sobre la base del análisis de los parámetros antes mencionados, se adoptó el método de uso del talud descendente. Este método aumenta la seguridad del operador y de la máquina durante el desarrollo de la operación de extracción debido a la baja altura de los bancos.

4.2.3. Tiempo de vida del proyecto

Tabla 9. *Reservas probadas y probables.*

VALORES						
PRODUCTO	%CaO	% Al ₂ O ₃	%SO ₃	% Fe ₂ O ₃	%MgO	TONELAJE
Caliza alta	46.68	3.79	0.87	2.13	2.00	3,939,164.00
Caliza baja	42.13	5.53	1.22	2.91	2.06	359,608.00
Caliza media	44.18	4.36	1.05	2.18	2.02	210,548.00
Desmonte	0.00	1.22	0.29	1.01	0.43	42,662.442
Total						4,509,320.00
Ratio D/M						0.27
CLASE						

Probado	4,298,772.00
Probable	210,548.00
Total general	4,509,320.00

Fuente: Elaboración propia.

Mediante el cálculo de reservas realizado se determinó la vida útil de la mina que es 31 años aproximadamente, esto dependerá de la demanda del mercado y de la posibilidad de incrementar inversiones. Mediante la vida útil del proyecto se determinó que el ritmo de producción que la concesión minera debe tener es de 12 121.8 TM de roca caliza mensuales, lo que al año se traduce a 145 461.9 TM de roca caliza anual.

$$\text{Producción mensual} = 12121.8 \text{ TM/mes}$$

$$\text{Producción anual} = 12121.8 \frac{\text{TM}}{\text{mes}} \times 12 \text{ meses} = 145461.9 \text{ TM/año}$$

$$\text{Vida útil de la mina} = \frac{\text{Reservas totales}}{\text{Producción anual}}$$

$$\text{Vida útil de la mina} = \frac{4\,509\,320 \text{ TM}}{145\,461.9 \text{ TM/año}}$$

$$\text{Vida útil de la mina} = 31 \text{ años}$$

4.2.4. Análisis geomecánicos del macizo rocoso de la concesión minera

Se realizaron el análisis geomecánico de cuatro sectores con el propósito de determinar el comportamiento del macizo rocoso dentro del plan de minado de la obtención de roca caliza en la concesión minera no metálica Juan de Dios I para proceder a calcular los diseños y como parte fundamental en el desarrollo de las diferentes actividades en el proceso de explotación de la roca caliza.

- **Análisis geomecánico del Sector A**

Al utilizar el software Roc Data se obtuvo los siguientes resultados:

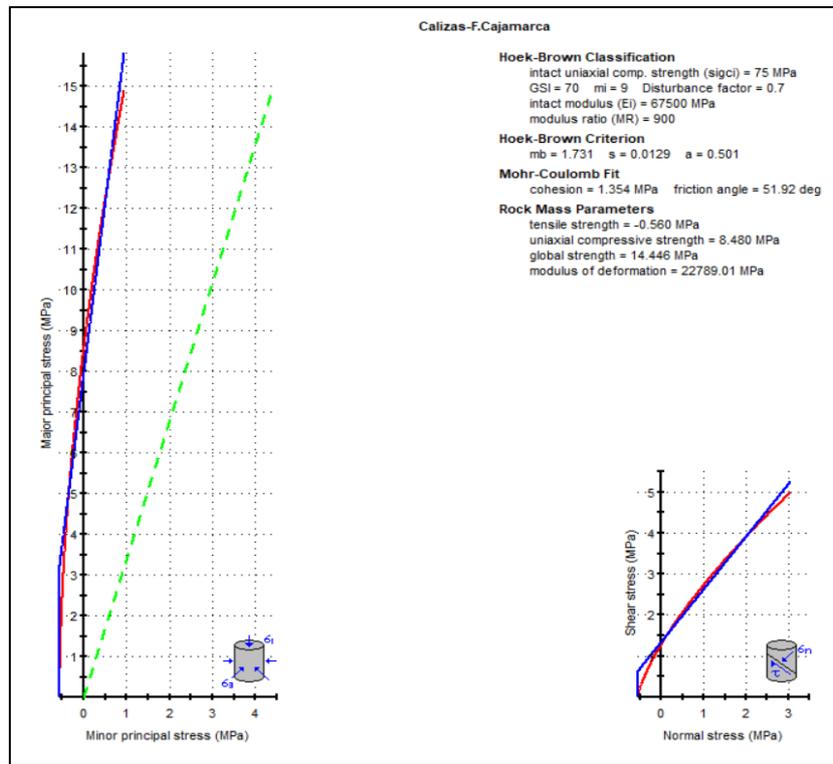


Figura 6. Análisis geomecánico de las calizas del sector A.

Fuente: Roc Data - Elaboración propia

Tabla 10. Parámetros de entrada y salida del Sector A

PARÁMETRO ENTRADA	VALOR	UNIDAD	PARÁMETRO SALIDA	VALOR	UNIDAD	
σ_{ci}	Clase	4	-	m_b	1.731	
	Valor	75	Mpa	s	0.0129	
	Roca	Caliza	-	a	0.501	
GSI	Condición de superficie	Buena	-	c	1.354	
	Valor	70	-	Mohr-Coulomb		
	m_i	9	-	Fit	ϕ	51.92
Factor de disturbación	0.7	-	σ_t	-0.560	MPa	
Relación de Módulo	900	-	σ_c	8.480	MPa	
E_i	67500	MPa	Parámetros del macizo rocoso	σ_m	14.446	MPa
				Erm	22789.01	MPa

Fuente: Elaboración propia

- **Análisis geomecánico del Sector B**

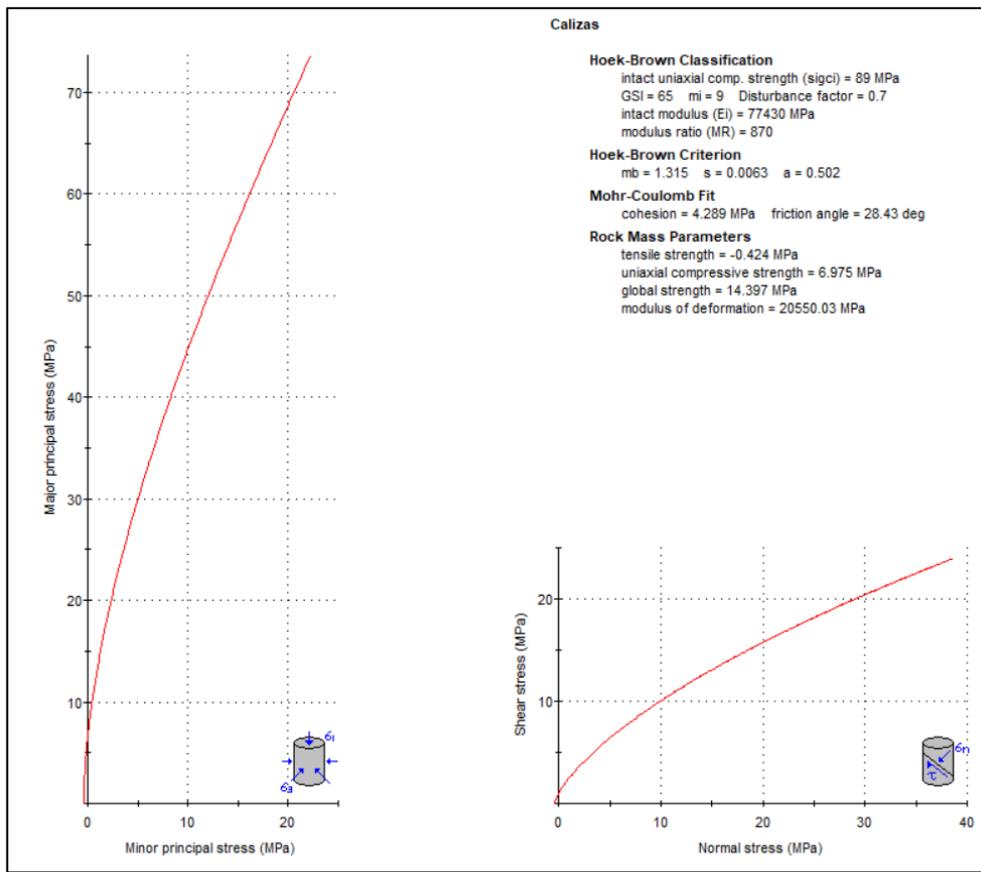


Figura 7. Análisis geomecánico de las calizas del Sector B

Fuente: Roc Data - Elaboración propia

Tabla 11. Análisis de parámetros de entrada y salida del Sector B

PARÁMETRO ENTRADA	VALOR	UNIDAD	PARÁMETRO SALIDA	VALOR	UNIDAD		
σ_{ci}	Clase	4	-	Criterio Hoek-Brown	mb	1.315	-
	Valor	89	Mpa		s	0.0063	-
					a	0.502	-
GSI	Roca	Caliza	-	Mohr-Coulomb Fit	c	4.289	MPa
	Condición de superficie	Buena	-		ϕ	28.43	deg
	Valor	65	-				
Mi	9	-	Parámetros del macizo rocoso	σ_t	-0.424	MPa	
Factor de disturbación	0.7	-		σ_c	6.975	MPa	
Relación de Módulo	870	-		σ_m	14.397	MPa	
Ei	77430	Mpa		Erm	20550.03	MPa	

Fuente: Roc Data - Elaboración propia

- **Análisis geomecánica del Sector C**

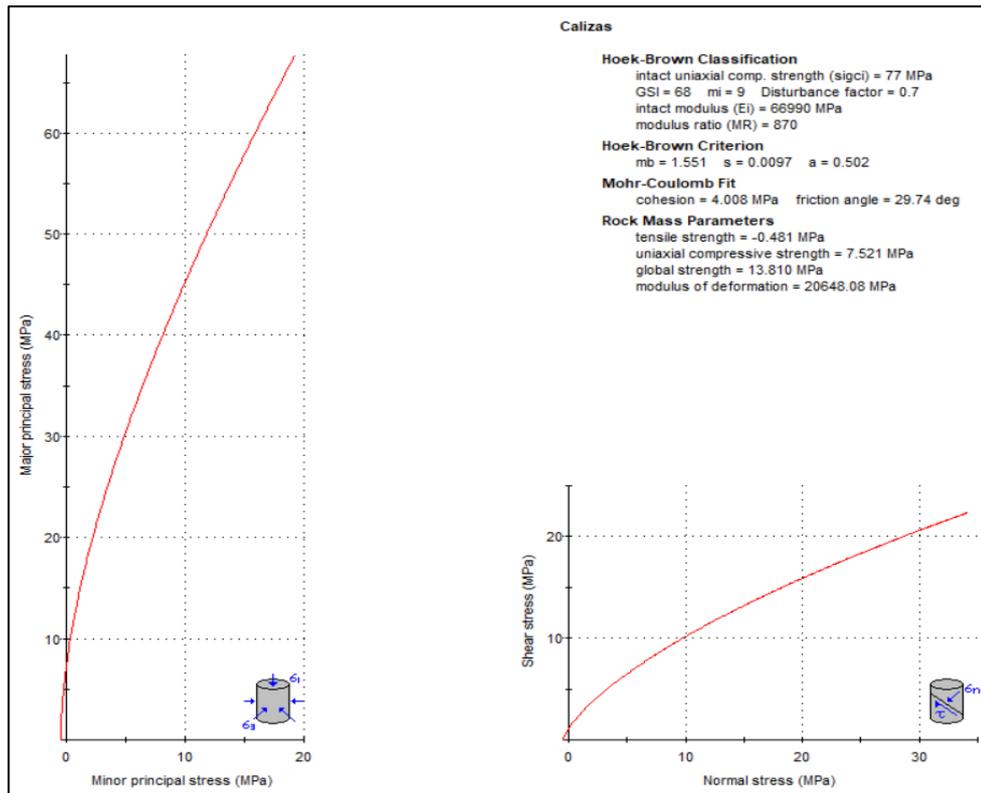


Figura 8. Análisis geomecánico de las calizas del Sector C

Fuente: Roc Data - Elaboración propia

Tabla 12. Parámetros de entrada y salida del Sector C

PARÁMETRO ENTRADA	VALOR	UNIDAD	PARÁMETRO SALIDA	VALOR	UNIDAD		
σ_{ci}	Clase	4	-	Criterio Hoek-Brown	mb	1.551	-
	Valor	77	Mpa		s	0.0097	-
					a	0.502	-
GSI	Roca	Caliza	-	Mohr-Coulomb Fit	c	4.008	MPa
	Condición de superficie	Buena	-		ϕ	29.74	deg
	Valor	68	-				
mi	9	-	Parámetros del macizo rocoso	σ_t	-0.481	MPa	
Factor de disturbación	0.7	-		σ_c	7.521	MPa	
Relación de Módulo	870	-		σ_m	13.810	MPa	
Ei	66990	Mpa		Erm	20648.08	MPa	

Fuente: Elaboración propia

- **Análisis geomecánico del Sector D**

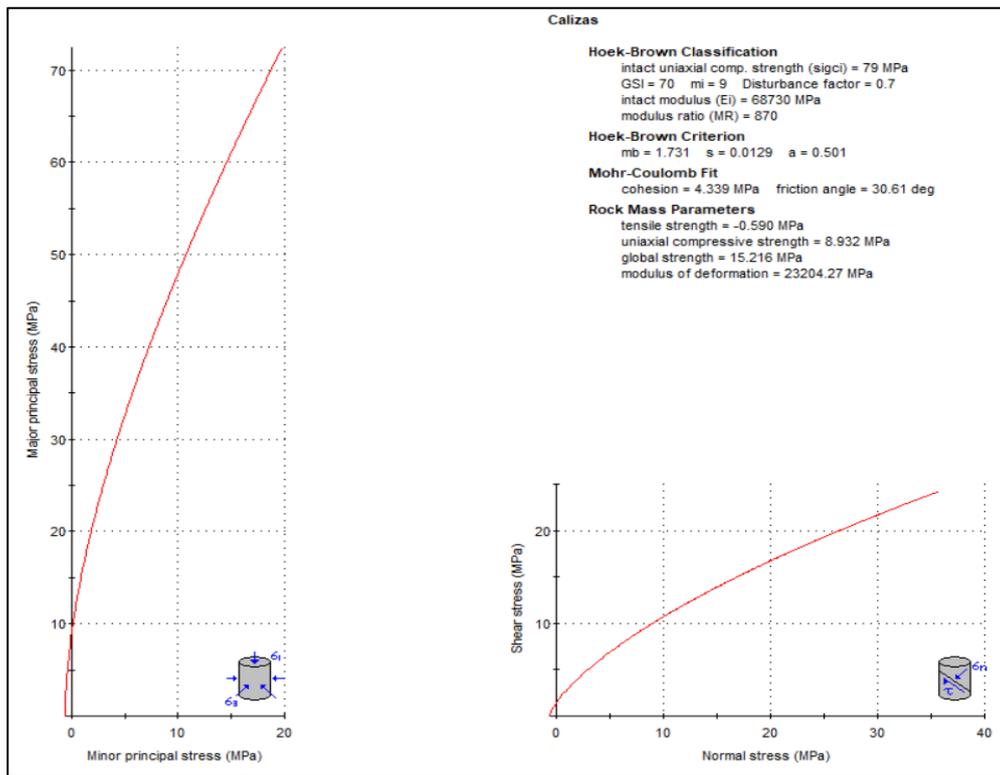


Figura 9. Análisis geomecánico del Sector D.

Fuente: Roc Data - Elaboración propia

Tabla 13. Parámetro de entrada y salida del Sector D.

PARÁMETRO ENTRADA		VALOR	UNIDAD	PARÁMETRO SALIDA	VALOR	UNIDAD
σ_{ci}	Clase	4	-	Criterio Hoek-Brown	mb	1.731
	Valor	79	Mpa		s	0.0129
					a	0.501
GSI	Roca	Caliza	-	Mohr-Coulomb Fit	c	4.339
	Condición de superficie	Media	-		ϕ	30.61
	Valor	70	-		σ_t	-0.590
	mi	9	-	Parámetros del macizo rocoso	σ_c	8.932
Factor de disturbación	0.7	-	σ_m		15.216	
Relación de Módulo	870	-	Erm		23204.27	
	Ei	68730	Mpa			

Fuente: Elaboración propia

En los gráficos se evidencia las tensiones de rotura para el criterio de rotura de Hoek & Brown, se puede apreciar que la función que establece el dominio elástico es no lineal. Tal y como se ha establecido en el criterio de rotura de Mohr-Coulomb, se encuentran rotas los estados de tensiones que están sobre la curva, con un dominio elástico, y los estados tensionales por encima de la curva.

Los valores de m_b y S son constantes de la roca caliza, que penden de las características geológicas de la roca y de la fracturación de la roca precedentemente de someterla a las tensiones de rotura. El parámetro S es de 0.0129 y representaría la medida de baja de la resistencia a compresión simple de la roca por la fracturación. Por su parte, m_b con un valor de 1.731 nos indica la resistencia al corte del material. Estos parámetros se podrán obtener a partir de la clasificación geomecánica Rock Mass Rating (RMR).

Tiene una resistencia a la compresión uniaxial de 8.480 MPa, que es el valor máximo de esfuerzo que puede tolerar esta roca caliza antes de darse un fracturamiento. Las calizas de la formación Cajamarca según el análisis por el criterio de Mohr-Coulomb Fit presentan una cohesión de 1.354MPa y un ángulo de fricción igual a 51.92 deg, dándonos a entender que es una roca buena tipo III. Respecto al análisis Geomecánico de rocas calizas en la concesión minera no metálica Juan de Dios I, se determinaron que la roca caliza debido a que presenta un valor $D=0.7$, es accesible para pequeñas voladuras en taludes de ingeniería, lo que genera pequeños daños al macizo rocoso.

4.2.5. Parámetros de Diseño de la Cantera

Una vez realizado los cálculos de reservas de este yacimiento no metálico de calizas, el estudio geomecánico y la vida útil de la mina que será de aproximadamente 31 años; se procedió al diseño de la cantera utilizando los siguientes parámetros.

Tabla 14. *Parámetros de diseño de la cantera Juan de Dios I.*

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Altura de banco	2.5	m
Talud de banco	75	°
Bermas	7	m
Talud inter rampa	50	°
Gradiente de rampas	12	%

Fuente: Elaboración propia.

Para lograr un adecuado diseño del tajo para la cantera no metálica Juan de Dios I se consideraron los parámetros de diseño del tajo considerados en la tabla 03. Se determinó que el tajo debe presentar una altura de banco de 2.5 metros con un ángulo de talud de banco de 75°, las bermas deben tener un ancho de 7 metros y el ángulo inter rampa debe de ser de 50°. Las rampas presentan una gradiente de 12%. En el anexo 06 se puede apreciar la configuración del diseño de los bancos.

- **Estabilidad de la Cantera**

Tabla 15. *Tabla de dominios estructurales.*

Dominio Estructural	Índices del macizo rocoso				Clase de macizo rocoso	
	RQD	RMR 89	RMR 89'	Q	RMR	Q
Zona SE	75%	73	73	6.35	II (buena)	Buena
Zona SW	76%	74	74	9.48	II (buena)	Buena
Zona NW	75%	73	73	9.48	II (buena)	Buena
Zona NE	76%	75	75	5.10	II (buena)	Buena

Fuente: Elaboración propia.

Para realizar el estudio de estabilidad en los taludes de la cantera se ha ejecutado una apreciación e interpretación de los estudios geológicos, inspección, mapeos de detalle a través de registros lineales, tablas para definir las familias de las discontinuidades y la clasificación geomecánica del macizo rocoso envuelto con el tajo de la cantera, zonificación geomecánica del macizo rocoso en dominios estructurales y por último la evaluación de la estabilidad del talud del tajo.

Para el estudio de la estabilidad en bancos de explotación se tuvo en cuenta un talud de 75°, en las diversas familias de fracturas existentes no complican la estabilidad del talud; no obstante, es posible que se muestren pequeños bloques

de roca desprendidos de modo aislado en los bancos a explotar que tienen que ser eliminados en el proceso de la explotación. Se han definido cuatro dominios estructurales, en la tabla 15 se muestra la clase de macizo rocoso por cada una de ellas.

4.2.6. Parámetros de diseño del botadero

Tabla 16. *Parámetros de diseño de botadero*

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Altura de banco	8	m
Talud de banco	37	°
Bermas	3	m
Gradiente de rampas	12	%
Niveles	4	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. *Volumen por nivel del botadero.*

NIVEL DE BOTADERO	VOLUMEN (M3)
Nivel 318	6 165 610
Nivel 327	3 762 430
Nivel 342	1 475 660
Nivel 370	1 258 742
Capacidad de botadero	12 662 442

Fuente: Elaboración propia.

Para lograr un adecuado diseño del botadero para la cantera no metálica Juan de Dios I se consideraron los parámetros de diseño de botadero considerados en la tabla 04. Se determinó que debe presentar una altura de banco de 8 metros con un ángulo de talud de banco de 37°, las rampas presentan una gradiente de 12%, las bermas deben tener un ancho de 3 metros. El botadero debe tener 4 niveles para lograr la capacidad deseada, el nivel 318 se estima que presenta una capacidad de

6 165 610 m³, el nivel 327 se estima que presenta una capacidad de 3 762 430 m³, el nivel 342 se estima que presenta una capacidad de 1 475 660 m³ y el nivel 370 se estima que presenta una capacidad de 1 258 742 m³, los 4 niveles permiten tener una capacidad total de 12 662 442 m³.

- **Estabilidad de Botaderos**

La cantera Juan De Dios I cuenta con un lugar para el almacenamiento de los desmontes. Desde el punto de vista topográfico, este sitio presenta un escenario favorable para la edificación de un botadero y tienen una gran cabida de acopio. La geología de la zona investigada para la colocación del botadero está formado por depósitos del cretácico superior e inferior de volcánico y sedimentario, representada por formación yumagual (ks – yu) con una serie de margas y calizas gris parduzcas fosilíferas, y escasos niveles de lutitas. Espesor de 700 m. Edad: Neo-Albiano, inferior del Cenomaniano. La roca presenta una corteza prudentemente meteorizada y quebrantada con un índice RMR aproximado en 72, una densidad de 2.7 g/cm³, cohesión de 250 kPa y ángulo de fricción interna de 30°.

4.2.7. Parámetros de perforación.

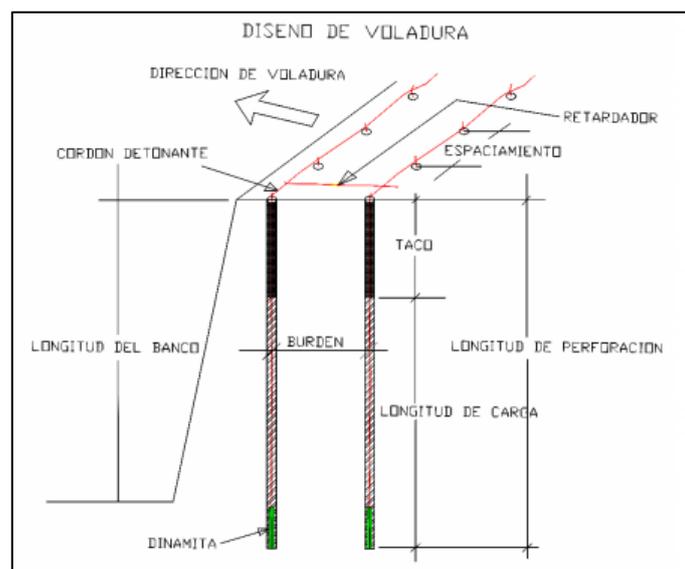


Figura 10. Parámetros de perforación y voladura utilizado en la cantera de calizas.

A continuación, se muestra en la tabla los parámetros de perforación calculados, utilizando una perforadora Jack-Leg Atlas Copco BBD-90WS con una capacidad de 5.7 m³/min y una compresora Atlas Copco DML-EP17 de 500 gal de capacidad.

Tabla 18. *Parámetros de perforación*

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Diámetro de perforación	34	mm
Burden	0.63	m
Espaciamiento	0.882	m
Sobreperforación	0.189	m
Altura de banco	2.52	m
Longitud de perforación	2.709	m
Longitud de taco	0.441	m

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla, se muestran otros valores necesarios para demostrar los valores de los parámetros de perforación.

Tabla 19. *Datos técnicos para la perforación*

DATOS	VALOR	UNIDAD
Densidad de la roca	2.7	g/cm ³
Densidad explosiva Semexsa 65	1.12-0.3%	g/cm ³
Diámetro del explosivo	23	mm

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. *Equipos de perforación*

CANTIDAD	MÁQUINA	CARACTERÍSTICAS	CAPACIDAD
01	Perforadora	Jack-Leg Atlas Copco BBD-90WS	5.7 m ³ /min
01	Compresora	Atlas Copco DML-EP17	500 gal

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la magnitud de la operación se utiliza una perforadora Jack-Leg para realizar los taladros de perforación de la cantera. En la tabla 05 se aprecian los parámetros de perforación considerados para el desarrollo de los bancos, se identifica un diámetro de taladro de 34 mm, un burden y espaciamiento de 0.63 m y 0.882 m respectivamente, el banco tiene una altura de 2.52 m y se realiza una sobreperforación de 0.189 m lo que conlleva a realizar una longitud de perforación del taladro de 2.709 m y una longitud de taco de 0.441 m.

Los valores de cada uno de los parámetros mostrado en la tabla 17 se demostrarán utilizando fórmulas adecuadas.

- **Cálculo del Burden**

Para el cálculo del Burden se aplicó la fórmula de Konya:

$$B = 0.012 * \left(\frac{2 * \rho_{explosivo}}{\rho_{roca}} + 1.5 \right) * D$$

- ρ_{exp} = densidad del explosivo
- ρ_{roca} = densidad de la roca
- D = diámetro de la carga explosiva

$$B = 0.012 \text{ m/mm} * \left(\frac{2 * 1.09 \text{ gr/cm}^3}{2.7 \text{ gr/cm}^3} + 1.5 \right) * 23 \text{ mm}$$

$$B = 0.012 * (2.307) * 23 \text{ mm}$$

$$B = 0.63 \text{ m}$$

- **Cálculo del espaciamiento**

Para el cálculo del espaciamiento según Konya se aplica la siguiente formula teniendo en cuenta la iniciación retardada y los bancos altos.

$$S = 1.4 * B$$

$$S = 1.4 * 0.63 \text{ m}$$

$$S = 0.882 \text{ m}$$

- **Cálculo de la sobre perforación**

Según Konya y una técnica sueca se utiliza la siguiente formula.

$$J = 0.3 \times B$$

$$J = 0.3 \times 0.63 \text{ m}$$

$$J = \mathbf{0.189 \text{ m}}$$

- **Cálculo de la longitud de perforación**

La longitud de perforación está determinada por la suma de la altura de banco y el valor de la sobre perforación.

$$L = H + J$$

$$L = 2.52 + 0.189$$

$$L = \mathbf{2.709 \text{ m}}$$

- **Cálculo de la longitud de taco**

Según Konya se multiplica al burden por 0.7 para calcular la longitud de taco.

$$T = 0.7 \times B$$

$$T = 0.7 \times 0.63 \text{ m}$$

$$T = \mathbf{0.441 \text{ m}}$$

- **Cálculo de la longitud de carga**

Si deseamos calcular la longitud de carga en la perforación solo se tendría que restar la longitud de perforación con la del taco.

$$LC = L - T$$

$$LC = 2.709 - 0.441$$

$$LC = \mathbf{2.268 \text{ m}}$$

4.2.8. Parámetros de voladura.

En la siguiente tabla se muestra los parámetros de voladura, necesarios para los cálculos de la cantidad de explosivos, esto ayudará a determinar los principales parámetros técnicos para poder realizar la operación de voladura

Tabla 21. *Parámetros de voladura.*

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Roca a extraer	Caliza	
Densidad de la roca	2.7	gr/cm ³
Explosivo	Semexsa 65	
Diámetro de explosivo	23	mm
Diámetro de taladro	34	mm
Densidad del explosivo	1.12	gr/cm ³
PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Concentración de carga lineal	0.465	Kg/m
Consumo específico del explosivo	0.546	Kg/m ³
Índice de volatilidad de Lilly	136.5	
Factor de energía	16.38	MJ/t

Fuente: Elaboración propia.

En el área de voladura se toma en cuenta que se extraerá roca caliza con una densidad de 2.7 gr/cm³ como se aprecia en la tabla 06, lo cual ayuda a determinar los principales parámetros técnicos para poder realizar la operación de voladura. Se determinó que el explosivo a utilizar es el Semexsa 65 en su presentación de 23 mm de diámetro, los taladros deben presentar una carga lineal de 0.465 kg/m y debe haber un consumo específico de 0.546 kg/m³. Con estos datos se procede a evaluar la cantidad de explosivos para 1300 toneladas de caliza mensuales.

A continuación, demostraremos como se hallaron los parámetros técnicos de voladura:

- **Cálculo de la concentración de la carga lineal.**

Donde d es el diámetro del explosivo.

$$d_c = \frac{\rho_{\text{explosivo}} * D^2 * \pi}{4000}$$

$$d_c = \frac{1.12 * 23^2 * \pi}{4000}$$

$$d_c = 0.465 \text{ kg/m}$$

- **Cálculo del consumo específico del explosivo.**

Aplicando la ecuación de Ashby tenemos:

Tabla 22. *Tabla de dominios estructurales de la cantera.*

DOMINIO ESTRUCTURAL	ÍNDICES DEL MACIZO ROCOSO				CLASE DE MACIZO ROCOSO	
	RQD	RMR 89	RMR 89'	Q	RMR	Q
Zona SE	75%	73	73	6.35	II (buena)	Buena
Zona SW	76%	74	74	9.48	II (buena)	Buena
Zona NW	75%	73	73	9.48	II (buena)	Buena
Zona NE	76%	75	75	5.10	II (buena)	Buena

Fuente: Elaboración propia.

$$CE = \frac{0.56 * \rho_{\text{roca}} * \tan\left(\frac{10 + RMR}{2}\right)}{\sqrt[3]{\frac{115 - RQD}{3.3}}}$$

$$CE = \frac{0.56 * 2.7 * \tan\left(\frac{10 + 73.75}{2}\right)}{\sqrt[3]{\frac{115 - 75.5}{3.3}}}$$

$$CE = 0.546 \text{ kg/m}^3$$

- **Cálculo del Índice de volatilidad de Lilly.**

$$BI = \frac{CE}{0.004}$$

$$BI = \frac{0.546}{0.004}$$

$$BI = 136.5$$

- **Cálculo del factor energía.**

$$FE = 30 * CE$$

$$FE = 30 * 0.546$$

$$FE = 16.38 \text{ MJ/T}$$

Ahora procederemos a estimar la cantidad de explosivos para 1300 toneladas de caliza mensuales.

Tabla 23. *Requerimiento de explosivo por año.*

PRODUCTO	CANTIDAD	UNIDAD
Dinamita	16	Cajas
Fulminante	26	Cajas
Mecha lenta	5	Tambores
ANFO	1430	Bolsas
Pentacord	18	Tambores

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, aplicaremos fórmulas para comprobar los valores de los explosivos de la tabla 5.

- **Cálculo la cantidad de la dinamita.**

Para roca dura se aplica la siguiente formula:

$$N_{\text{caj. dinamita}} = \frac{0.25 * \text{cantidad de roca a moverse}}{\text{peso de la caja de dinamita semexsa 65}}$$

$$N_{\text{caj. dinamita}} = \frac{(0.25 * 1300) \text{kg}}{25 \text{kg}}$$

$$N_{\text{caj. dinamita}} = 16$$

- **Cálculo de la cantidad del fulminante.**

$$N_{\text{caj. fulmiente}} = \frac{2 * \text{cantidad de roca a moverse}}{n^{\circ} \text{ fulminates por caja}}$$

$$N_{\text{caj. fulminante}} = \frac{(2 * 1300) \text{ unidades}}{100 \text{ unidades}}$$

$$N_{\text{caj. fulminantes}} = 26$$

- **Cálculo de bolsas de ANFO.**

$$N^{\circ} \text{ de bolsas.} = \frac{\text{tiempo} * \text{cantidad de roca a moverse}}{\text{peso de cada bolsa de ANFO}}$$

$$N^{\circ} \text{ de bolsas} = \frac{(28 * 1300) \text{ unidades}}{25 \text{kg}}$$

$$N^{\circ} \text{ de bolsas} = 1430$$

Se procedió al cálculo de la cantidad del explosivo que se necesita al año, como se observa en la tabla 07 se requiere 16 cajas de dinamita, 26 cajas de fulminante, 5 tambores de mecha lenta, 1430 bolsas de ANFO y 18 tambores de pentacord para poder llevar a cabo las voladuras a lo largo del año para cumplir con el requerimiento mensual de 1300 toneladas de roca caliza.

4.2.9. Carguío

Tabla 24. *Maquinaria para los trabajos de carguío.*

CANTIDAD	MÁQUINA	CARACTERÍSTICAS	CAPACIDAD
01	Excavadora	Komatsu PC 350LC-8	1.96 m3

Fuente: Elaboración propia.

En la etapa de carguío de la roca caliza como se observa en la tabla 08 se emplea una excavadora Komatsu PC 350 para cargar el material en el volquete.

4.2.10. Transporte

Tabla 25. *Maquinaria para los trabajos de acarreo.*

CANTIDAD	MÁQUINA	CARACTERÍSTICAS	CAPACIDAD
01	Camión Volquete	Scania P380	15 m3

Fuente: Elaboración propia.

La materia prima para la producción de la cal (CaO), es la Caliza (CaCO₃), la cual la movilizan desde la cantera incluso hacia la plataforma de chancado a través de un volquete de 15 m3 como se especifica en la tabla 09. Este volquete se transporta mediante una trocha que acopla los componentes con una distancia de 300 m.

4.2.11. Plan de cierre de minas

Se recolecta información a partir de los resultados de la investigación de campo, evaluación del personal técnico en diferentes áreas de la mina no metálica Juan de Dios I, sus características de reserva y evaluación, planificación de futuros programas de comercialización de producción. De ser así, no se considera cantera que las operaciones se cierren temporalmente por el tiempo útil restante. Sin embargo, no descarta la posibilidad de cierres aleatorios. Según lo anterior para crear un plan de servicio y mantenimiento que pueda aplicar en caso de una interrupción temporal o inesperada. Una interrupción temporal puede tener las siguientes consecuencias:

- Ciertas áreas superficiales demanden de sustento y rehabilitación.
- Imprevisto despido de la fuerza laboral y los impactos socioeconómicos convenientes.

Si los trabajos se suspendieran más de tres años, con todas sus prórrogas, la empresa minera y la infraestructura relacionada se cerrarán como indica en el Cierre Final, según el D.S. N° 033-2005-EM.

4.3. Realización de la estimación de costos del plan del minado para determinar la viabilidad económica en la concesión minera no metálica Juan de Dios I

4.3.1. Costos de Perforación y Voladura

Tabla 26. *Costos de perforación y voladura.*

COSTO TOTAL DE PERFORACIÓN Y VOLADURA		
Tajo	Material	Costo S/ton
Juan de Dios I	Caliza	0.53
	Desmonte Caliza marginal	1.00

Fuente: Elaboración propia.

Para la perforación y voladura se han acordado los parámetros a seguir con la empresa minera no metálica Juan de Dios I, todo ello en función de la cantidad de caliza emitida. El costo se da de acuerdo a la coordinación de la red de perforación. Inicialmente, con un paso de 0,63 x 0,64 caliza más dura, ambos por una malla triangular. El plan de minado sirve para mejorar el uso de explosivos y disminuir la carga por punto. Los costos de perforación incluyen costos de capital, desgaste del acero, depreciación del equipo, costos de mantenimiento y operación, todo incluido en el precio unitario total.

Los costos de perforación y voladura se muestran en la Tabla 10. Este costo es de 0.53 soles por tonelada de piedra caliza. No hay cambios importantes ya que un solo taladro manual JackLeg se opera continuamente durante la fase de extracción y solo se hace uso de una compresora para la operación de voladura. Todo esto gracias a la producción continua.

4.3.2. Costos de Carguío y Acarreo

Tabla 27. *Importe de alquiler horarios y costos unitarios de carguío y acarreo de la caliza.*

Costo de alquiler horario		Costo de carguío/transporte		
Equipo	Tarifa en soles	Distancia ponderada hacia la etapa de chancado: 300		
Excavadora Komatsu PC350	209.00			
Volquete 15 m3	100.00			
Perforadora Jack- Leg	120.00	Tajo	Material	Costo S/ton
Mini cargador JCB	50.00		Caliza	4.38
Compresora	105.00	Juan de		
Cisterna de combustible	60.00	Dios I	Desmonte	4.18
Tractor D8T	335.00			

Fuente: Elaboración propia.

Los costos según contrato poseen un precio de arrendamiento horario por modelo de equipo como se logra apreciar en la tabla 11. Con esta base definimos un costo de 4.38 soles por tonelada para la elaboración de caliza en la cantera.

Tenemos el aporte de las calizas de manera directa de banco hacia la plataforma de chancado. Las calizas directas hacia el chancado poseen el procedimiento normal con el equipo de carguío y el camión volquete para el traslado.

4.3.3. Costos

Tabla 28. Costo de alquiler por día.

COSTO DE ALQUILER HORARIO	
EQUIPO	TARIFA EN SOLES
Excavadora Komatsu PC350	209.00
Volquete 15 m3	100.00
Perforadora Jack Leg	120.00
Mini cargador JCB	50.00
Compresora	105.00
Cisterna de combustible	60.00
Tractor D8T	335.00
COSTO TOTAL/ HORA	979.00

Fuente: Elaboración propia.

Asumiendo que se trabaje 8 horas se tendrá un gasto de s/7832.00

Tabla 29. Costo de carguío por día.

COSTO DE CARGUÍO /TRANSPORTE			
Distancia ponderada hacia la etapa de chancado:300			
Tajo	Material	Costo \$/ton	Total
Juan de Dios I	Caliza	4.38	1314.00
	Desmorte	4.18	1254.00
TOTAL			2568.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30. Costos de carguío de perforación y voladura por día.

COSTO TOTAL DE PERFORACIÓN Y VOLADURA			
Producción diaria: 40TM			
Tajo	Material	Costo \$/ton	Total
Juan de Dios I	Caliza	0.53	21.2
	Desmorte	1.00	40
TOTAL			61.2

Fuente: Elaboración propia.

Costo total (alquiler de equipo, carguío, perforación y voladura) es de 10461.20

Tabla 31. Precio de cal en el mercado

PRECIO CAL (soles/Tn)	
Producción diaria: 40TM	
Viva molida	Viva granulada
528	452
21120.00	18080.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32. Cálculo de utilidades.

COSTOS	VENTA		UTILIDADES	
	Cal viva molida	Cal viva granulada	Cal viva molida	Cal viva granulada
10461.20	21120.00	18080.00	10658.80	7618.80

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33. Justificación de costos.

COSTO DE ALQUILER DE EQUIPOS				
EQUIPOS DE TRABAJO	COSTO/H	H/TRABAJO	TOTAL	
Excavadora Komatsu PC350	S/ 209.00	8	S/	1,672.00
Volquete 15 m3	S/ 100.00	8	S/	800.00
Perforadora Jack Leg	S/ 120.00	8	S/	960.00
Mini cargador JCB	S/ 50.00	8	S/	400.00
Compresora	S/ 105.00	8	S/	840.00
Cisterna de combustible	S/ 60.00	8	S/	480.00
Tractor D8T	S/ 335.00	8	S/	2,680.00
COSTO TOTAL / POR DIA			S/	7,832.00
COSTO TOTAL DE CARGUIO/ TRANSPORTE				
Distancia ponderada hacia la etapa de chancado:300				
TAJO	MATERIAL	Costo \$/ton	TOTAL	
JUAN DE DIOS I	CALIZA	4.38	S/	1,314.00
	DESMONTE	4.18	S/	1,254.00
TOTAL			S/	2,568.00
COSTO TOTAL DE PERFORACIÓN Y VOLADURA				
Producción diaria: 40TM				
TAJO	MATERIAL	Costo \$/ton	TOTAL	
JUAN DE DIOS I	CALIZA	0.53		21.2
	DESMONTE	1.00		40

TOTAL		61.2
COSTO TOTAL DE ALQUILER DE EQUIPOS, CARGUIO/TRANSPORTE		S/ 10,461.20
Y PERFORACION Y VOLADURA		
PRECIO DE CAL EN EL MERCADO / TN		
PRODUCCION DIARIA 40 TN		
VIVA MOLIDA		VIVA GRANULADA
S/ 528.00	S/	452.00
S/ 21,120.00	S/	18,080.00
CALCULO DE UTILIDADES		
COSTO	VENTA	UTILIDADES
S/ 10,461.20	CAL VIVA MOLIDA	CAL VIVA MOLIDA
	CAL VIVA GRANULADA	CAL VIVA GRANULADA
	21,120.00	18,080.00
		10,658.80
		7,618.80

Fuente: Elaboración propia

En esta presenta tabla detallamos la justificación de nuestros costos del presente proyecto,

Tabla 34. Estudio económico

Mineral	CAL
Producción Mensual Programada	1040 TN
Total de Reservas Probadas	4298772
Reservas Probadas de CAL de alta ley	3939164 <i>TM</i>
Cantidad de personal	8
Equipos y Maquinaria	4
Ventas mensuales en promedio de cal viva molida	500 tn
Ventas mensuales en promedio de cal viva granulada	240 tn

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. Costo unitario de perforación y voladura

COSTO TOTAL DE PERFORACIÓN Y VOLADURA		
Tajo	Material	Costo S/ton
Juan de Dios I	Caliza	0.53

Desmonte	Caliza marginal	1.00
----------	-----------------	------

Fuente: Elaboración propia

Para la perforación y voladura se han acordado los parámetros a seguir con la empresa minera no metálica Juan de Dios I, todo ello en función de la cantidad de caliza emitida. El costo se da de acuerdo a la coordinación de la red de perforación. Inicialmente, con un paso de 0,63 x 0,64 calizas más dura, ambos por una malla triangular. El plan de minado sirve para mejorar el uso de explosivos y disminuir la carga por punto. Los costos de perforación incluyen costos de capital, desgaste del acero, depreciación del equipo, costos de mantenimiento y operación, todo incluido en el precio unitario total.

Los costos de perforación y voladura se muestran en la Tabla 10. Este costo es de 0.53 soles por tonelada de piedra caliza. No hay cambios importantes ya que un solo taladro manual Jack Leg se opera continuamente durante la fase de extracción y solo se hace uso de una compresora para la operación de voladura. Todo esto gracias a la producción continúa.

Tabla 36. Costo unitario de carguío y movilización de material

Costo de alquiler horario		Costo de carguío/transporte		
Equipo	Tarifa en soles	Distancia ponderada hacia la etapa de chancado: 300		
Excavadora Komatsu PC350	209.00			
Volquete 15 m3	100.00	Tajo	Material	Costo S/ton
Perforadora Jack-Leg	120.00			
Mini cargador JCB	50.00			
Compresora	105.00			
Cisterna de combustible	60.00	Juan de Dios I	Caliza	4.38
Tractor D8T	335.00		Desmonte	4.18

Fuente: Elaboración propia

Los costos según contrato poseen un precio de arrendamiento horario por modelo de equipo como se logra apreciar en la tabla 11. Con esta base definimos un costo de 4.38 soles por tonelada para la elaboración de caliza en la cantera.

Tenemos el aporte de las calizas de manera directa de banco hacia la plataforma de chancado. Las calizas directas hacia el chancado poseen el procedimiento normal con el equipo de carguío y el camión volquete para el traslado.

El cálculo del costo unitario se realizó considerando los siguientes datos.

Tabla 37. Costo unitario excavadora

DESCRIPCIÓN	S/. DIA
Costo de combustible	200
Costo de mantenimiento de maquinaria	20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38. Costo Unitario volquete

DESCRIPCIÓN	S/. DIA
Costo de combustible	180
Costo de mantenimiento de maquinaria	19

Fuente: Elaboración propia

Costo de edificación y servicios

El costo correspondiente a las edificaciones y servicios a desarrollar en la Concesión Minera No Metálica Juan De Dios I, Cajamarca es de **US\$ 29,316. 78**, los cuales se detallan a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 39. Costos de edificaciones y servicios

Nº	Descripción	Valor (S/.)
1	Construcción de accesos y preparación de plataformas	3919.26
2	Módulos (oficina, sala de control, almacén, comedor, vestuarios)	12,000
3	Red para Agua (mitigación de polvo en planta)	4,000.00
4	Suministro eléctrico (elaboración de proyecto e instalación)	5,000.00
5	Imprevistos 15%	4,397.52
	Total	29,316.78

Fuente: Elaboración propia

Costo mano de obra en planta.

El costo correspondiente a la mano de obra, requerida el Plan de Minado para Incrementar la Producción de Roca Caliza en la Concesión Minera No Metálica Juan De Dios I, Cajamarca, no se especifica por lo que los equipos son alquilados y los contratos son para los dueños de estos equipos se responsabiliza del pago de los operadores.

Costo de personal administrativo y auxiliar

El costo correspondiente al personal administrativo y auxiliar necesario para las coordinaciones y administración de la cantera, se detalla a continuación.

Tabla 40. Costos de personal Administrativo

ITEM	PERSONAL	CANT.	SUELDO (S/. -mes)	SUELDO (S/.-AÑO)	
	Gerente	1	2,000.00	24,000.00	
	Administrador	1	1,500.00	18,000.00	
	Secretaria	1	1,200.00	14,400.00	
	Despachador	1	1,200.00	14,400.00	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41. Precio unitario de venta

PRECIO CAL (soles/Tn)

Producción diaria: 40TM

Viva molida

Viva granulada

528

452

21120.00

18080.00

Fuente: Elaboración propia

Calculo de ingresos por ventas

Ya que el precio del mineral cal viva molida es 528,00 por cada tn y de cal viva granulada es de s/ 452.00 por tn, y la producción de cada periodo ha sido establecida. Se puede estimar los ingresos por ventas en el cuadro a continuación.

Tabla 42. Ingreso por ventas

Descripción	__tn/dia	__tn /mes	____tn/año	____tn/10años
Ingreso por Ventas	40	1040	12,480	124,800

Fuente: Elaboración propia

Planificación del calendario de trabajo

La jornada de trabajo en la **Concesión Minera No Metálica Juan De Dios I, Cajamarca** tendrá un turno por día de 8 horas al día, de lunes a sábado y con 0,8 horas de colación, donde se supone que el trabajo efectivo o real es de un 100%, puesto que se no se consideran posibles tiempos muertos. Considerando que un año normal tiene 365 días (no se considera estacionalidad debido a que la demanda es relativamente constante a lo largo del año), descontando todos los domingos (52 días) y feriados legales (12 días), el total de días hábiles útiles de trabajo del año 2021 corresponde a la Ecuación 301.

Capacitación de los trabajadores

Las capacitaciones son las que se encargan de llevar al éxito a las empresas, demostrando orden, disciplina y un control estricto en cada una de sus procesos, para ello en la concesión minera no metálica Juan de Dios I Cajamarca, se realizara capacitaciones diarias semanales y mensuales para garantizar la seguridad de cada uno de sus trabajadores.

Tabla 43. *Capacitación de los trabajadores*

Charlas diarias de seguridad y salud ocupacional en el trabajo	
ÍTEM	Descripción de la charla diaria de seguridad y salud ocupacional en el trabajo
1	La salud ocupacional busca calidad de vida y reducción de riesgos laborales
2	Accidentes de trabajos laborales
3	Sustituir el estrés laboral por conductas diarias saludables
4	La importancia de la ergonomía en el puesto de trabajo
5	Primeros auxilios
6	Motivación personal

Fuente: Elaboración propia

En esta primera tabla mostramos puntos a los que nos referimos a diario con nuestros trabajadores.

Tabla 44. *Charlas semanales de seguridad y salud ocupacional en el trabajo*

Charlas semanales de seguridad y salud ocupacional en el trabajo	
ÍTEM	Descripción de la charla semanal de seguridad y salud ocupacional en el trabajo
1	Riesgos laborales y cómo afrontarlos
2	Estrés y agotamiento las claves para solucionarlo
3	Como cuidar la postura corporal en el trabajo

Fuente: Elaboración propia

En esta segunda tabla mostramos puntos a los que nos referimos a semanal con nuestros trabajadores.

Tabla 45. Charlas mensuales de seguridad y salud ocupacional en el trabajo

Charlas mensuales de seguridad y salud ocupacional en el trabajo	
ÍTEM	Descripción de la charla mensual de seguridad y salud ocupacional en el trabajo
1	Mantenimiento del equilibrio interno del cuerpo
2	Respeto, valores y lealtad con nuestra empresa

Fuente: Elaboración propia

En esta tercera tabla mostramos puntos a los que nos referimos a semanal con nuestros trabajadores.

Pretendemos darles a conocer los beneficios que se tendría contando con la formalización, como también de esta forma contribuir con su desarrollo y crecimiento de una manera legal, para obtener los permisos especiales, para contar con título minero de sustancia no metálico, para ello informamos los requisitos para su respectiva formalización esperando se considere y a su vez contar con su formalización.

Admisión del procedimiento de permiso especial para ejercicio de actividad de explotación minera no metálico.

Para admitir la solicitud de permiso especial, se requerirá de lo siguiente:

1. Número de boleta o factura de pago por derecho de procedimiento.
2. Número de Resolución Directoral Regional que concede el Título Minero No Metálico, o código del derecho minero no metálico que cuente con opinión favorable de SERFOR y Agricultura.
3. Número de Resolución Directoral Regional que aprueba la Declaración de Impacto Ambiental del proyecto minero no metálico.
4. Documento que acredite titularidad del terreno superficial y/o autorización del uso del terreno superficial donde se desarrollará el proyecto minero no metálico.

5. Número de expediente administrativo que acredite el ingreso del Plan de Cierre de Minas.

6. Declaración Jurada de Compromiso de Cronograma.

V. DISCUSIÓN

Según el objetivo específico, “Describir la zona de estudio en la concesión minera no metálica Juan de Dios I”, se detalló que la cantera respecto a su geología presenta un yacimiento no metálico, en el cual la mineralización está formada por rocas calizas, volcánicas y sedimentarias los cuales están genéticamente relacionados, así mismo el área de estudio presenta roca caliza la cual tiene variados usos ya sea como carbonato de calcio (CaCO_3) o como su principal derivado el Óxido de calcio (CaO) con un total de más de 50 metros de espesor. La zona bajo actividad actual tiene sus orígenes en la era Mesozoica, serie cretáceo superior, formación Cajamarca. Por otro lado, existe predominancia de rocas calizas a un 95% de (CaCO_3) de pureza para su extracción.

Resultados que, al ser comparado con lo encontrado por Chávez (2018), en su investigación se contrasta con los resultados mostrados en la investigación sobre la geología de la zona perteneciente a la Formación Cajamarca, el cual presenta afloramientos sedimentarios constituidos de secuencias calcáreas pertenecientes al Cretáceo Superior con una potencia calculada que llega a los 400 m. En la zona de estudio se resalta la homogeneidad de su litología y la presencia de bancos duros y gruesos por hallarse un uniforme color grisáceo y una estratificación considerada regular. Respecto a la geomecánica del yacimiento según el cálculo del RMR se considera una roca de buena calidad.

Con los resultados obtenidos se confirmó que la concesión minera se encuentra en la formación Cajamarca que se caracteriza por sus importantes afloramientos de roca caliza que presentan potencias adecuadas para la formación de concesiones mineras que permitan su explotación.

Según el objetivo específico, “Diseñar el plan de minado en la concesión minera no metálica Juan de Dios I”, se detalló en la tabla 03 que la concesión minera cuenta con reservas probables de 210 548 toneladas y unas reservas probadas de 4 298 772 toneladas lo que le permite tener una vida de explotación de 31 años manteniendo un ritmo de producción anual de 145 461.9 TM de roca caliza. Se

realizó el diseño de los bancos como se observa en la tabla 04 presentando como parámetros una altura de 2.5 m con un ángulo de 75°, un ancho de berma de 8 m y se estimó mediante un análisis geomecánico que el diseño realizado presenta taludes estables. Se diseñó el botadero con una capacidad de 12 662442 m y respecto a la geomecánica es un diseño estable.

Resultados que, al ser comparado con lo encontrado por Llovera y Vásquez (2020), en su investigación se contrasta con los resultados mostrados del cálculo de reservas probadas y probables que permiten tener una vida útil de la cantera de 06 años y 5 meses, lo que permite lograr un ritmo de producción diario, mensual y anual de 40 TM, 880 TM y 10560 TM respectivamente. Se desarrolló el método de explotación de bancos ascendentes teniendo como parámetros de diseño un ancho de vía 6 m, una cara de banco de 600 m, una pendiente de vía de 10% y una altura del banco de 2 m, logrando un factor de seguridad mayor a 6.

Con los resultados obtenidos se confirmó que la concesión minera presenta gran cantidad de reservas para ser explotadas y teniendo en cuenta las características del terreno se logra aplicar el método de explotación por bancos descendentes y los parámetros de diseño y de seguridad que deben presentar los taludes y el botadero.

Según el objetivo específico, “Realizar la estimación de costos del plan de minado para determinar la viabilidad económica en la concesión minera no metálica Juan de Dios I”, se detalló que mediante el plan de minado se logran tener unos costos operativos adecuados para la explotación de la cantera, como se aprecia en la tabla 12 de las operaciones de perforación y voladura logran tener un costo de 0.53 S/ton. De igual manera se aprecia en la tabla 13 que las operaciones unitarias de carguío y transporte logran tener un costo de 4.38 soles por tonelada transportada de caliza en la cantera.

Resultados que, al ser comparado con lo encontrado por Castillo (2020), en su investigación se contrasta con los resultados mostrados respecto a su estudio de los detalles económicos calculados luego de aplicar la optimización de sus

operaciones unitarias, se detalló un costo de 3.49 dólares por tonelada de caliza extraída logrando un 32.87% de porcentaje de la rentabilidad. Se demuestra que realizando un desarrollo óptimo de la actividad minera se logran mayores beneficios económicos, de seguridad y medio ambientales. Con los resultados obtenidos se confirmó que diseñando un adecuado plan de minado se logran mantener costos operativos adecuados que permiten lograr un beneficio económico en las explotaciones mineras.

Según el objetivo general, “Proponer un plan de minado con el propósito de incrementar la producción de roca caliza en la concesión minera no metálica Juan de Dios I”, se detalló que mediante la propuesta del plan de minado se logran estimar de forma óptima las reservas de caliza que presenta la concesión, lo que permite determinar la vida del proyecto y la planificación de la explotación a lo largo de la vida de la cantera, por lo cual se logra establecer un ritmo de explotación óptimo que permite incrementar la producción en la concesión minera y cubrir los requerimientos del mercado a diferencia de la producción que se realizaba cuando no contaban con un plan de minado.

Resultados que, al ser comparado con lo encontrado por Bermeo (2017), en su investigación se contrasta con los resultados mostrados respecto a la planificación de la explotación de la concesión minera en el cual se ha determinado una vida útil de 6 años y 7 meses, así mismo, mediante la implementación del plan de explotación en el primer semestre del 2017 se logró cubrir el requerimiento de producción sin efectuarse desperdicios de recurso y optimizando los costos operativos en relación al mismo periodo del año anterior.

Con los resultados obtenidos se confirmó que el plan de minado es un elemento vital para una concesión minera ya que permite lograr realizar la explotación de una manera óptima cumpliendo con los requerimientos de mineral del mercado y logrando costos operativos competitivos lo que se traduce a obtener beneficios económicos.

Así también, se contrasta lo mencionado con Becerra y Torres (2018), cuando indica que mediante la planificación y la evaluación económica se precisa que la concesión debe lograr una producción mensual de 130.45 TM para lograr el punto de equilibrio económico lo que es decir no tener ni pérdidas ni ganancias. Mediante la investigación del autor podemos contrastar los resultados de la importancia de una adecuado diseño y planificación de la operación permiten determinar mediante un análisis económico la viabilidad de la ejecución del proyecto y el beneficio que me brinda la producción.

VI. CONCLUSIONES

1. Respecto al objetivo describir la zona de estudio en la concesión minera no metálica Juan de Dios I, se concluyó que en el área de la concesión se evidencia un yacimiento no metálico que data desde el cretáceo superior e inferior del Fanerozoico, presenta una geología conformada por roca caliza la cual tiene variados usos tales como carbonato de calcio (CaCO_3) o como su derivado principal el Óxido de calcio (CaO) con un total de más de 50 metros de espesor. La caliza presenta un grano fino que tiene un alto contenido de CaO y presenta un porcentaje de 95% de pureza.
2. Respecto al objetivo diseñar el plan de minado en la concesión minera no metálica Juan de Dios I, se determinaron un total de reservas estimadas de 4,509,320.00 TM de roca caliza que deben ser explotadas en 31 años que es el tiempo de vida de la mina y con un ritmo de producción anual y mensual de 145 461.9 TM y 12 121.8 TM de roca caliza respectivamente. Se diseñaron los bancos que deben presentar una altura de 2.5 m con un ángulo de 75° y un ancho de berma de 8 m, se realizó el análisis de estabilidad de la cantera y se determinó que con el diseño desarrollado los taludes son estables. Se diseñó el botadero con una altura de 8 m, un ángulo de 37° , un ancho de berma de 3 m y presenta una capacidad de 12 662442 m³.
3. Respecto al objetivo realizar la estimación de costos del plan de minado para determinar la viabilidad económica de la concesión minera no metálica Juan de Dios I, se concluyó que en la operación de perforación se realizaron taladros de 34 mm de diámetro mediante una perforadora Jack Leg y en el área de voladura la cantidad del explosivo que se necesita son 16 cajas de dinamita, 47 cajas de fulminante, 5 tambores de mecha lenta, 1430 bolsas de ANFO y 18 tambores de pentacord en un año, por lo cual los costos en perforación y voladura son de 0.53 S/ton. En la operación de carguío se emplea una excavadora Komatsu PC 350 y en el acarreo se emplea un volquete de 15 m³ que transporta el material una distancia de 300 m, con esta base se definió un costo de 4.38 soles por tonelada transportada de caliza.

VII. RECOMENDACIONES

1. Para futuros investigadores se recomienda visitar la zona de estudio para la observación in situ del problema que se presenta, de igual forma la recolección de datos para el caso de estimaciones deben tener suma precisión para evitar o disminuir el rango de error de lo real vs lo planificado.
2. Se recomienda a la empresa minera no metálica Juan de Dios I implementar la propuesta de mejora del planeamiento de minado como se ha propuesto en la investigación. Asimismo, aprovechar los recursos no metálicos de manera forma productiva y eficiente.
3. En el desarrollo de esta investigación se evidencio la ausencia de un ingeniero de minas que controle y supervise las operaciones desde la etapa inicial en que se inicia las labores hasta la etapa final que es el despacho de cal. Por lo cual se recomienda la contratación de un ingeniero de minas con la finalidad de mantener un control en la planificación de la producción establecida.

REFERENCIAS

ABDUL, Mondol y QUAMRUZZAMAN, Mainul. Open Pit Slope Design of Barapukuria Coal Mine Using Limit Equilibrium Methods of Slope Stability Analysis. [en línea]. Diciembre de 2013. Issue 12. [Fecha de consulta: 04 de marzo de 2021]. ISSN: 2250-2459

Disponible en: www.ijetae.com

Arenaza, G. (2016). "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA - ECONÓMICA PARA IMPLEMENTAR UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAL EN LA CONCESIÓN MINERA „ARVAA 100” – LA ENCAÑADA- CAJAMARCA, 2016. Cajamarca.

ALMENARES, Roger [et al]. Evaluación de arcillas caoliníticas de Moa para la producción de cemento de base clínquer–arcilla calcinada–caliza (LC3). Minería y Geología [en línea]. Octubre - diciembre 2016, N°4. [Fecha de consulta: 02 de marzo de 2021]. ISSN: 0258-5979

Disponible en:

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=121668051&lang=es&site=eds-live>

AKHPASHEV, Bogdan y ANDRIEVSKY, Andrei. Improvement of rock fragmentation by distributed charge blasting. Journal of Mining Science [en línea]. Marzo 2017, n.º 2. [Fecha de consulta: 02 de marzo de 2021]. ISSN: 1062-7391.

Disponible en:

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=127498407&lang=es&site=eds-live>

ARCA, Jefferson [et al]. Estudio del diseño metodológico de los trabajos de titulación de pregrado. Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores [en línea]. 2019, vol.7. [Fecha de consulta: 02 de marzo de 2021].

Disponible en:

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eue&AN=141222787&lang=es&site=eds-live>
ISSN: 2007-7890

BECERRA, Lorena. y TORRES, María. Influencia del plan de minado en la rentabilidad de la concesión Victoria, Frutillo Alto – Bambamarca, 2018. (Tesis para optar al título de Ingeniero de Minas). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2018. Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14069>

BERMEO, Ericka. Planeación minera para el diseño de explotación de la cantera de libre aprovechamiento de lastre “Cochapamba” código 10000164 del GAD municipal del cantón Cuenca. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cuenca: Universidad del Azuay, 2017.
Disponible en <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7421>

BERMÚDEZ, Abdel [et al]. Guía práctico-metodológica para la investigación estudiantil de pregrado en carreras de ingeniería. Revista Cubana de Educación Superior [en línea]. Junio-abril 2020, N°1. [Fecha de consulta: 02 de marzo de 2021].
Disponible en:
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=140966585&lang=es&site=eds-live>
ISSN: 0257-4314

BLOM, Michelle, PEARCE, Adrian y STUCKEY, Peter. Short-Term Planning for Open Pit Mines: A Review. International Journal of Mining, Reclamation and Environment [en línea]. Marzo 2018, n.º 9. [Fecha de consulta: 02 de marzo de 2021].
Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/324018204_Short-Term_Planning_for_Open_Pit_Mines_A_Review
ISSN: 1748-0949

BUKASA, M. [et al]. Efecto de la adición de caliza a clínquer portland angolano en el comportamiento mecánico de morteros. *Holos* [en línea]. 2016, N°8. [Fecha de consulta: 02 de marzo de 2021].

Disponible en:

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=123619776&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 1807-1600

CARO, Rodrigo [et al]. A Review of Operations Research in Mine Planning. *Interfaces* [en línea]. Mayo - junio 2010, N°3. [Fecha de consulta: 02 de marzo de 2021].

Disponible en:

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ent&AN=53019018&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 0092-2102

CARPALLO, Antonio y FLORES, Yohana. La catedral de Toledo en el siglo XVII: análisis documental de las encuadernaciones de tipo abanicos. *BiD* [en línea]. Diciembre 2018, n.º 41. [Fecha de consulta: 02 de marzo de 2021].

Disponible en:

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=lih&AN=137393283&lang=es&site=eds-live>.

ISSN: 1575-5886

CASTILLO, Katherine. Optimización de las operaciones mineras en la cantera de Caliza, ubicada en la Comunidad Shobol Llin Llin, parroquia San Juan, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Quito: Universidad Central del Ecuador, 2020.

Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21802>

CASTILLO, Stephanny [et al]. Validez de contenido y estructura de una escala sobre las limitantes para la elaboración de una tesis universitaria. *Revista*

Cubana de Educación Media Superior [en línea]. Abril-junio 2020, N°2. [Fecha de consulta: 4 de marzo de 2021].

Disponible en:

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eue&AN=144705214&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 08642141

CHÁVEZ, Ermes. Propuesta de plan de minado de la Cantera Los Chancas III 5Hnos, distrito Bambamarca, provincia Hualgayoc, departamento de Cajamarca, 2018. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2018.

Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/15029>

Contento, J., & Pinto, I. (2014). DISEÑO DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO DE CALIZA MODULO NORTE DE LA MINA LA ESPERANZA, MUNICIPIO LA CALERA -CUNDINAMARCA. Colombia.

Correa, D., & Santillán, L. (2016). FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LA EXPLOTACIÓN DE ROCA CALIZA PARA PRODUCIR ÓXIDO DE CALCIO EN LA CONCESIÓN MINERA NO METÁLICA JOSÉ GÁLVEZ, BAMBAMARCA, CAJAMARCA. Cajamarca.

DÍAZ, Lidia. La Observación. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2010. 29 pp.

EQUIPO MINERO. Avances en minería de superficie: Optimizando operaciones para bajar el costo por tonelada. Suplemento minero de la VDMA [en línea]. Junio 2019, N°2. [Fecha de consulta: 02 de marzo de 2021].

Disponible en:

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=137758685&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 1937-9714

E&MJ. Antamina Expansion to Extend Mine Life, Increase Production. Engineering & Mining Journal [en línea]. Enero-febrero 2010, N°1. [Fecha de consulta: 02 de marzo de 2021].

Disponible en:

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=48588529&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 0095-8948

E&MJ. Endeavour Mining Expanding Resources and Reserves at Agbaou in Côte d'Ivoire. Engineering & Mining Journal [en línea]. septiembre 2015, N°9. [Fecha de consulta: 02 de marzo de 2021].

Disponible en:

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=109973709&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 0095-8948

E&MJ. Lundin Mining Releases Estimated Mineral Reserves. Engineering & Mining Journal [en línea]. Abril 2007, N°3. [Fecha de consulta: 02 de marzo de 2021].

Disponible en:

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=26137606&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 0095-8948

EXSA. Manual práctico de voladura. 5.a ed. Lima: Exsa soluciones exactas, 2019.

GOMEZ, Sergio. Metodología de la investigación. [en línea]. 1a ed. Tlalnepantla Ciudad de México, Inc, 2012 [fecha de consulta: 02 de marzo del 2021].

Disponible en:

http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/Axiologicas/Metodologia_de_la_investigacion.pdf

GUERRERO, María. Riesgos operacionales en proyectos de minería subterránea. [en línea]. Mayo 2016. N°1. [Fecha de consulta: 04 de marzo de 2021].

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6382665>
ISSN: 1900-7388

GUTIÉRREZ, Mario. Socioscientific Argumentation and ModelBased Reasoning: A Study on Mining Exploitation in Colombia. Universitas Psychologica [en línea]. 2018. N°5. [Fecha de consulta: 04 de marzo de 2021].

Disponible en:

[http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=133721927
&lang=es&site=eds-live](http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=133721927&lang=es&site=eds-live)

ISSN: 1657-9267

HERNÁNDEZ, Roberto et al. Metodología de la investigación. 6. a ed. México: McGraw Hill. 2014.

Disponible:

esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigacion%205ta%20Edicion.pdf

HESS, David. Physical properties of rocks. Salem Press Encyclopedia of Science [en línea]. 2019. [Fecha de consulta: 04 de marzo de 2021].

Disponible en:

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ers&AN=88806543&lang=es&site=eds-live>

HUSTRULID, William et al. Open Pit Mine Planning y Design. Londres: Taylor & Francis Group, 2013.

ISBN: 9781466575127

INGEMMET. (2015). Estudio Geológico Económico de Rocas y Minerales Industriales en la Región Cajamarca. Lima.

Inner Workings. Annealing Batch Ovens Increase Production Output. [en línea] agosto 2019. [Fecha de consulta 04 de marzo de 2021].

Disponible en:

<http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=15&sid=c53cc1d3-99ea-42ce-a7aa-bbf8c8196fe6%40pdc-v-sessmgr02>

JEWBALI, A. Y MOUSSET, P. A survey of sampling and resource/reserve estimation practices in the surface gold mining industry. *Mineral Resources Engineering* [en línea]. 2002. N°2. [Fecha de consulta: 04 de marzo de 2021]. Disponible en:
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=7344403&lang=es&site=eds-live>
ISSN: 0950-6098.

LASLUIZA, Evelyn. Diseño de explotación de la Cantera "San Luis", ubicada en la parroquia Pintag, cantón Quito, provincia de Pichincha. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Quito: Universidad Central del Ecuador, 2019. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/19804>

LLOVERA, John y VASQUEZ, Segundo. Propuesta de plan de minado en la concesión minera no metálica Monte Alto caserío de Shiguas, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, Cajamarca 2020. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2020. Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24488>

MINING SOFTWARE. Driving efficiency with technology. *International Mining* [en línea]. Febrero 2015. [Fecha de consulta: 02 de marzo de 2021]. Disponible en:
https://hexagonmining.com/-/media/Files/HexagonMining/News/201502_IM_mining_software_1.ashx

MANTEROLA, Carlos y OTZEN, Tamara. Por qué Investigar y cómo conducir una investigación. *International Journal of Morpholog* [en línea]. 2013, n.º 4. [Fecha de consulta: 02 de marzo de 2021]. Disponible en:

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=108747882&lang=es&site=eds-live>
ISSN: 0717-9367

MANTEROLA, Carlos y OTZEN, Tamara. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology* [en línea]. Marzo 2017, N°1. [Fecha de consulta: 4 de marzo de 2021].

Disponible en:

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=122891094&lang=es&site=eds-live>
ISSN: 0717-9367

MINING ENGINEERING. Twin Metals Minnesota submits mine plan; Mine would be the second copper-nickel mine in Minnesota. *Mining Engineering* [en línea]. enero 2020, N°1. [Fecha de consulta: 4 de marzo de 2021].

Disponible en:

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=egs&AN=141188617&lang=es&site=eds-live>
ISSN: 0026-5187

MUÑOZ, Carlos. Como elaborar y asesorar una investigación de tesis. 2.a ed. México: Pearson education, 2015.

ISBN: 9786073204569

PARRA, Carlos, RODRÍGUEZ, Fernando. Training and its effect in quality management in organizations. *Revista Investig. Desarro. Innov.* [en línea]. Enero 2016, V 6, N°2, [Fecha de consulta: 4 de marzo de 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.19053/20278306.4602>

RAMÍREZ, Ana. Plan de minado para optimizar la explotación de agregados en la cantera Astramacon-Ferreñafe 2018. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo, 2020.

Disponible en:

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/40043/Ram%
3%adrez_EAC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/40043/Ram%c3%adrez_EAC.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

REDDY, C. Teaching Research Methodology: Everything's a Case [en línea].
Diciembre 2020, N°2. [Fecha de consulta: 02 de marzo de 2021].
Disponible en:
[http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=148198919
&lang=es&site=eds-live](http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=148198919&lang=es&site=eds-live)
ISSN: 1477-7029

RODAS, R., ROUSÉ, P. A Comparative Analysis of Methods to Measure the Angle
of Repose of Granular Soils. Revista de la construcción [en línea]. Mayo 2010,
N°1. [Fecha de consulta: 4 de marzo de 2021].
Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rconst/v9n1/art11.pdf>

TURPO, E. Planeamiento de Minado para una mejor Explotación del Yacimiento
Esperanza de Caraveli. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Puno:
Universidad Nacional del Altiplano, 2014.

ANEXOS

ANEXO 01. Cuadro de operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
V.I.: Plan de minado	Mining Engineering (2020) define al plan de minado permite especificar las tareas que intervienen y son necesarias para la realización de un proyecto, se determina la duración del proyecto y como se relacionan entre si las tareas y la secuencia.	La variable independiente se evaluó mediante las dimensiones siguientes: • Topografía • Calculo de reservas • Planificación	Topografía	Levantamiento topográfico	Razón
			Cálculo de reservas	Modelo de bloques	Razón
			Panificación	Corto plazo	Razón
				Mediano Plazo	
Largo plazo					
V.D.: Incrementar la producción de roca caliza	Para E&MJ (2010) el incremento de la producción es maximizar la producción, se pretende mejorar la productividad, racionalizando los procesos y mejorando su rentabilidad, esto con la finalidad de maximizar los beneficios en las operaciones.	La variable dependiente se evaluó mediante las dimensiones siguientes: • Método de explotación • Producción • Análisis de costos	Método de explotación	Bancos descendentes	Razón
			Producción	Producción diaria	Razón
				Producción mensual	
			Análisis de costos	Perforación	Razón
				Voladura	
Carguío	Transporte				

ANEXO 02. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	TIPO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN	TÉCNICAS	MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS
¿De qué manera el plan de minado permite incrementar la producción de roca caliza en la concesión minera no metálica Juan de Dios I?	<p>GENERAL: Proponer un plan de minado para incrementar la producción de roca caliza en la concesión minera no metálica Juan de Dios I.</p>	<p>H. General El plan de minado permite incrementar la producción de roca caliza en la concesión minera no metálica Juan de Dios I.</p>	<p>V. I.: Plan de minado</p> <p>V. D.: Incrementar la producción de roca caliza.</p>	Aplicada	Conformada por la concesión minera no metálica Juan de Dios I.	<p>Técnica de la observación.</p> <p>Técnica de análisis documental.</p>	
	<p>ESPECÍFICOS: Describir un plan de minado para mejorar los bancos de explotación de roca caliza en la concesión minera no metálica Juan de Dios I</p> <p>Realizar el cálculo de reservas para incrementar la producción de roca caliza en la concesión minera no metálica Juan de Dios I</p>	<p>H. Especificas Un plan de minado permite mejorar los bancos de explotación de roca caliza en la concesión minera no metálica Juan de Dios I</p> <p>El cálculo de reservas ayuda a incrementar la producción de roca caliza en la concesión minera no metálica Juan de Dios I.</p>	<p>Clasifica la variable</p> <p>Cuantitativa</p>	<p>DISEÑO</p> <p>No experimental – Transversal.</p>	<p>MUESTRA</p> <p>Conformada por las operaciones unitarias de la concesión minera no metálica Juan de Dios I.</p>	<p>INSTRUMENTOS</p> <p>Guía de observación.</p> <p>Guía de análisis documental.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Método analítico. • Método sistemático.

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 03. Instrumento de recolección de datos – Guía de observación



Guía de observación

Instrumento 01 - Parámetros de diseño de bancos y botadero

Objetivo: Obtener los parámetros de diseño de bancos y el botadero que será como base para el plan de minado

Parámetros de diseño – Cantera

Ítem	Indicador	Dantos de campo	Observaciones
1	Altura de banco	m	
2	Talud del banco	°	
3	Bermas	m	
4	Talud interrampa	°	
5	Gradientes de rampas	%	

Parámetros de diseño – Cantera

1	Altura de banco	m	
2	Angulo	°	
3	Bermas	m	
4	Volumen	m3	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 04. Instrumento de recolección de datos – Guía de análisis documental



Guía de análisis documental

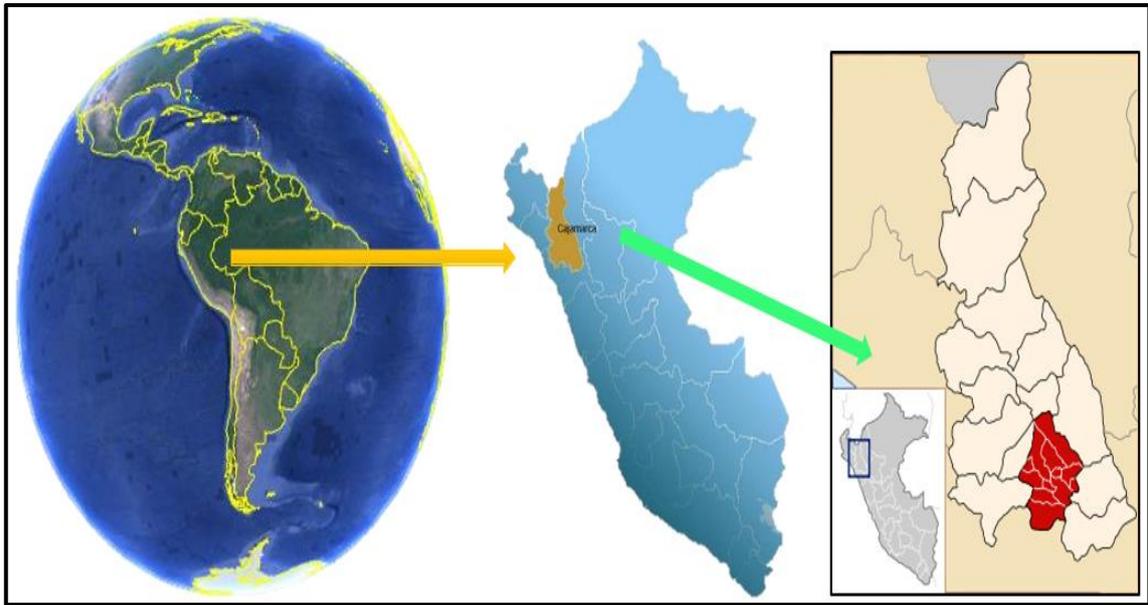
Instrumento 02 - Parámetros de las operaciones de perforación y voladura

Objetivo: Obtener los parámetros que presentas las operaciones unitarias de perforación y voladura para determinar los consumos de materiales y los costos de las operaciones.

Ítem	PERFORACIÓN Y VOLADURA								
1	Parámetros:								
	Tajo	Materia l	Burden (m)	Espacia miento (m)	Diámet ro (pulg)	Altura de banco (m)	Ton rotas/ta l cargad os	Kg de explosi vo/ taladro	Factor de carga
2	Costos:								
	Costo de explosivo + accesorio				Costo de perforación				
	Tajo	Materia l	Costo explosi vo \$/ton	Costo accesorio \$/ton	Tajo	Materia l	Costo explosi vo \$/ton	Costo accesorio \$/ton	
	Costo servicio de voladura				Costo total de perforación y voladura				
	Tajo	Material	Costo total		Tajo	Material	Costo total		

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 05. Ubicación política de la concesión minera Juan de Dios I.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 06. Límites de la concesión minera Juan de Dios I.



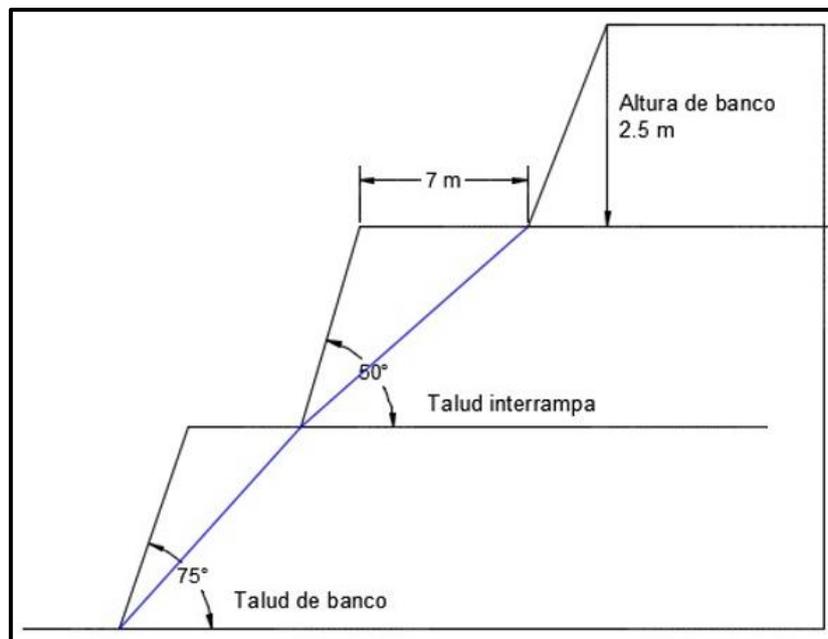
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 07. Carretera de acceso a la concesión minera Juan de Dios I.



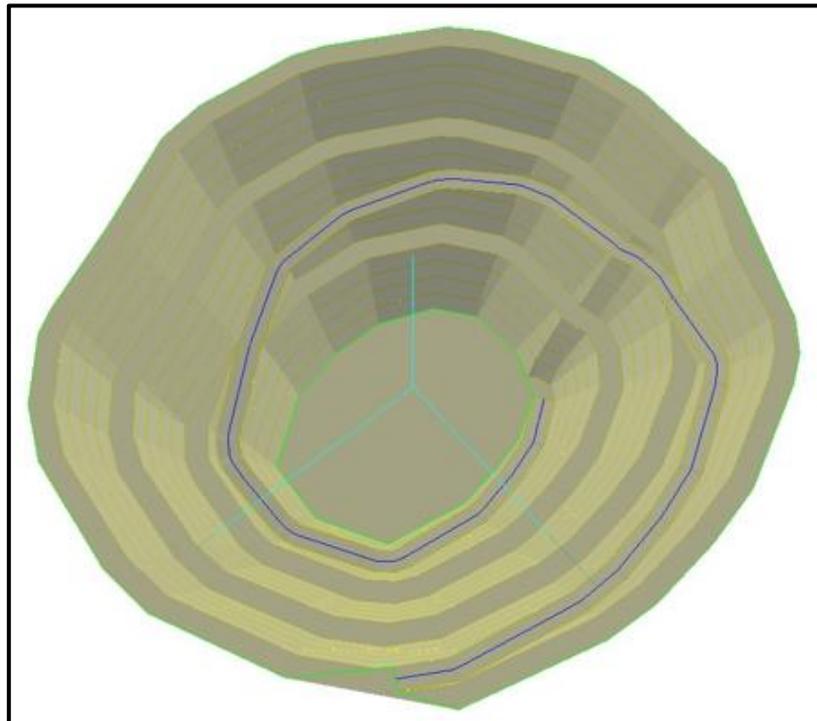
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 08. Diseño de los bancos de la concesión minera Juan de Dios I.



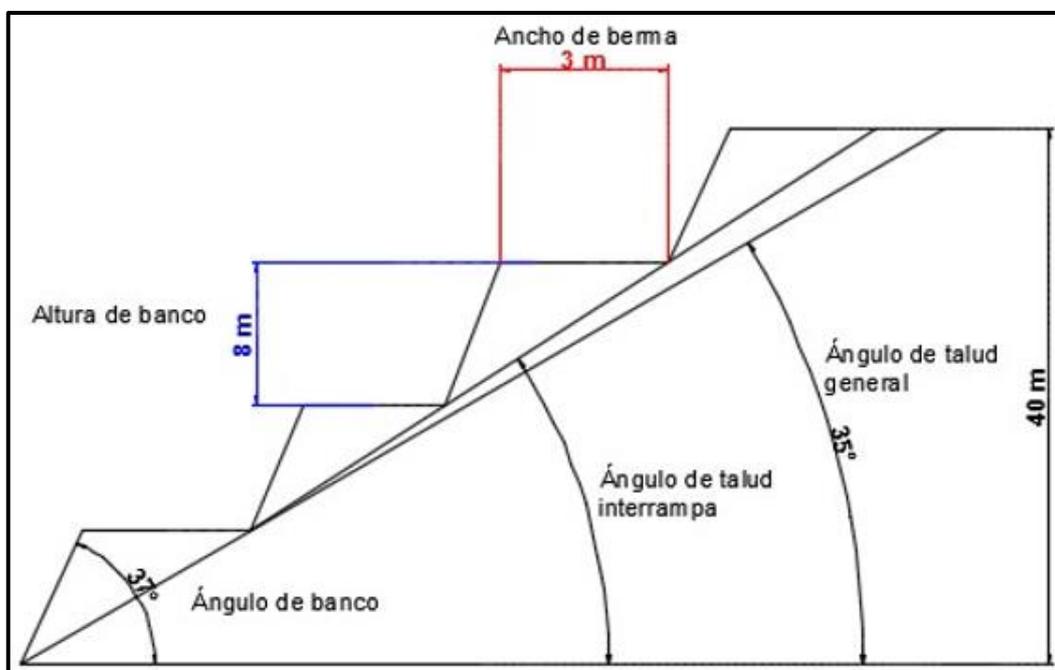
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 09. Modelamiento de los bancos de la concesión minera Juan de Dios I.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 10. Diseño del botadero de la concesión minera Juan de Dios I.



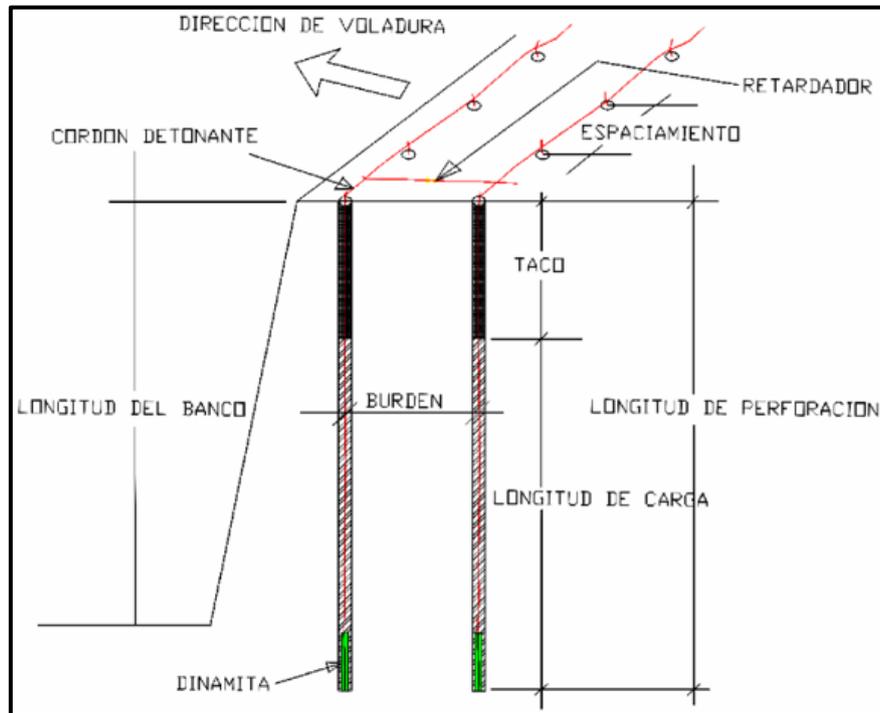
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 11. Modelamiento del botadero de la concesión minera Juan de Dios I.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 12. Diseño de la malla de perforación en la concesión minera Juan de Dios I.



Fuente: Elaboración p **Anexo 12.** Diseño de la malla de perforación en la concesión minera Juan de Dios I.

Anexo 13. Análisis fisicoquímico de una muestra de piedra caliza.



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Cemento y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua,
Estudio de Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos,
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil,
PROYECTOS - ASesoría Y CONSULTORÍA
RPM: 996826 CELULAR: 978035950 TELÉFONO: 364793

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE UNA MUESTRA DE PIEDRA CALIZA PARA EL TRABAJO DE TESIS "PLAN DE MINADO PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN DE ROCA CALIZA EN LA CONCESIÓN MINERA NO METÁLICA JUAN DE DIOS I, CAJAMARCA"

SOLICITAN : CASTREJÓN SALAZAR, NORMA ROXANA
GAMONAL VERA, DELSY YANET
MUESTRA : M- 03P, FORMACIÓN CAJAMARCA
UBICACIÓN : PARAJE PUNGURUME, CASERIO VENTANILLA
FECHA : 15/ 04/2021

ANALISIS

ANÁLISIS QUÍMICO

DETERMINACIÓN QUÍMICA	RESULTADOS %
Carbonato de calcio (CO ₂ Ca)	90.68
Oxido de calcio CaO	44.18
Oxido férrico (Fe ₂ O ₃)	2.18
Oxido de Magnesio (MgO)	2.02
Oxido de Silicio (SiO ₂)	1.76
Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	4.36
Arcillas	3.55

ANÁLISIS FÍSICO

DETERMINACIÓN FÍSICA	RESULTADOS
Color	Blanco
Granulometría	180mm a 70um
Aspecto físico	Bueno
Cal viva	Granel

Nota: La muestra fue alcanzada a este laboratorio por los solicitantes, procediéndose a realizar el análisis respectivo


Ing. VGC. Jorge Bl. Quiroz Cifuentes
JEFE DE LABORATORIO
CIP-17554

**ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE UNA MUESTRA DE PIEDRA CALIZA PARA EL
 TRABAJO DE TESIS "PLAN DE MINADO PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN DE
 ROCA CALIZA EN LA CONCESIÓN MINERA NO METÁLICA JUAN DE DIOS I,
 CAJAMARCA"**

SOLICITAN : CASTREJÓN SALAZAR, NORMA ROXANA
 GAMONAL VERA, DELSY YANET

MUESTRA : M- 01P; FORMACIÓN CAJAMARCA

UBICACIÓN : PARAJE PUNGURUME, CASERÍO VENTANILL

FECHA : 15/ 04/2021

ANÁLISIS

ANÁLISIS QUÍMICO

DETERMINACIÓN QUÍMICA	RESULTADOS %
Carbonato de calcio (CO ₃ Ca)	90.13
Oxido de calcio CaO	46.68
Oxido férrico (Fe ₂ O ₃)	2.13
Oxido de Magnesio (MgO)	2.00
Oxido de Silicio (SiO ₂)	1.76
Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	3.79
Arcillas	3.55

ANÁLISIS FÍSICO

DETERMINACIÓN FÍSICA	RESULTADOS
Color	Blanco
Granulometría	187mm a 65um
Aspecto físico	Buena
Cal viva	Granel

Nota: La muestra fue alcanzada a este laboratorio por los solicitantes, procediéndose a realizar el análisis respectivo


 Ing. Miguel Roberto Estrella
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP. 67668

**ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE UNA MUESTRA DE PIEDRA CALIZA PARA EL
 TRABAJO DE TESIS "PLAN DE MINADO PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN DE
 ROCA CALIZA EN LA CONCESIÓN MINERA NO METÁLICA JUAN DE DIOS I,
 CAJAMARCA"**

SOLICITAN : CASTREJÓN SALAZAR, NORMA ROXANA
 GAMONAL VERA, DELSY YANET

MUESTRA : M- 02P; FORMACIÓN CAJAMARCA

UBICACIÓN : PARAJE PUNGURUME, CASERÍO VENTANILLA

FECHA : 15/ 04/2021

ANÁLISIS

ANÁLISIS QUÍMICO

DETERMINACIÓN QUÍMICA	RESULTADOS %
Carbonato de calcio (CO ₂ /Ca)	89.01
Oxido de calcio CaO	42.13
Oxido férrico (Fe ₂ O ₃)	2.91
Oxido de Magnesio (MgO)	2.06
Oxido de Silicio (SiO ₂)	1.76
Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	5.53
Arcillas	3.55

ANÁLISIS FÍSICO

DETERMINACIÓN FÍSICA	RESULTADOS
Color	Blanco
Granulometría	160mm a 74um
Aspecto físico	Bueno
Cal viva	Granel

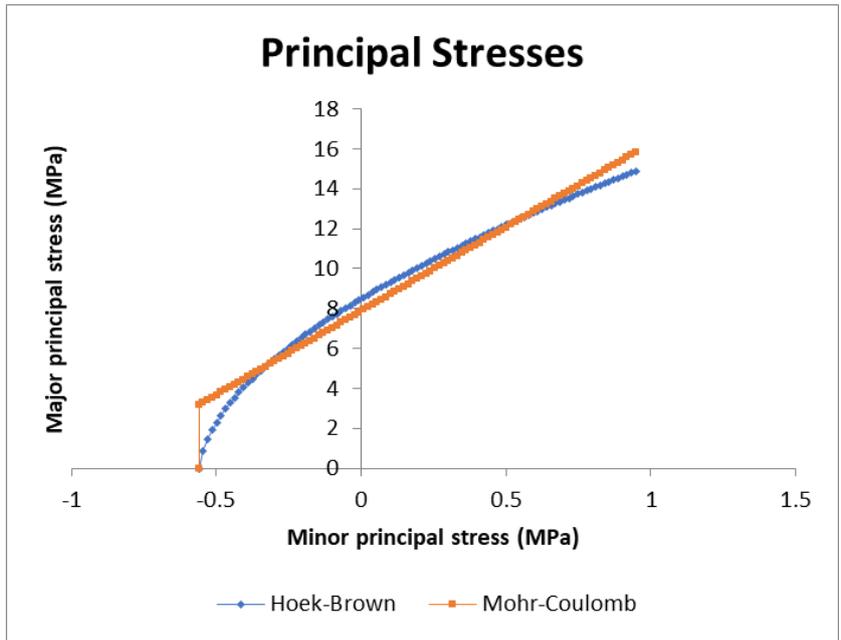
Nota: La muestra fue alcanzada a este laboratorio por los solicitantes, procediéndose a realizar el análisis respectivo


 Ing. M.C. 198225 C.O.S.U.L. 07000003
 APRECIADO Y AGRADECIDO

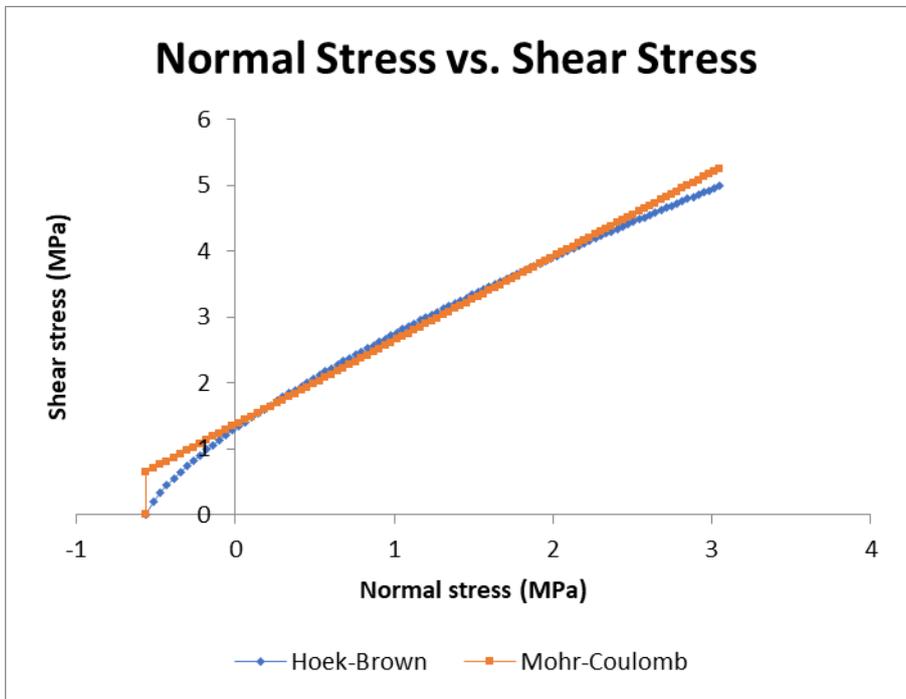
Anexo 14. Datos calculados en el análisis geomecánico de la roca de la formación Cajamarca

Hoek-Brown Classification	sigci	75	MPa
	GSI	70	
	mi	9	
	D	0.7	
	Ei	67500	
	MR	900	
Hoek-Brown Criterion	mb	1.7313	
	s	0.0129349	
	a	0.501355	
Failure Envelope Range	Application	Slopes	
	sig3max	0.948876	MPa
	Unit Weight	0.026	MN/m ³
	Slope Height	40	m
Mohr-Coulomb Fit	c	1.3537	MPa
	phi	51.9196	degrees
Rock Mass Parameters	sigt	-0.56034	MPa
	sigc	8.47977	MPa
	sigcm	14.4457	MPa
	Erm	22789	MPa

Anexo 15. Cálculo del stresses principal del macizo rocoso



NORMAL STRESSES VS SHEAR STRESS DEL MACIZO ROCOSO



Anexo 16. Carta de autorización de aplicación de la tesis en la empresa minera.



AUTORIZACIÓN

Yo, **JOSÉ ALFREDO SIVERONI MORALES**, identificado con DNI. 22066533, Sub-Gerente de la **SOCIEDAD MINERA DE RESPONSABILIDAD LIMITADA JUAN DE DIOS I**; con RUC. 20600053389, ubicado en la provincia y Región de Cajamarca, **AUTORIZO**, la elaboración de la Tesis que lleva como título **"Plan de Minado para incrementar la producción de roca caliza en la Concesión Minera No Metálica Juan de Dios I, Cajamarca"**, con la finalidad de que las tesis **Castrejón Salazar Norma Roxana y Gamonal Vera Delsy Yanet**, obtengan el título profesional de Ingeniero de Minas en la Universidad César Vallejo en el presente año 2021.

Por lo cual otorgo esta **AUTORIZACIÓN** para los fines correspondientes, asimismo, me comprometo a colaborar con la información necesaria para la ayuda de la investigación de dicha Concesión minera.




José A. Siveroni Morales
SUB GERENTE
SOCIEDAD MINERA DE RESPONSABILIDAD LIMITADA
JUAN DE DIOS I