

**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**

**TESIS:**

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MINADO PARA LA  
EXPLOTACIÓN DE CALIZA EN LA CONCESIÓN MINERA  
SAN JUAN DE LA EMPRESA MINERA SANTA MARÍA  
S.R.L., CAJAMARCA, 2017**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO DE MINAS**

**Presentada por la Bachiller:  
CABANILLAS COBA, AGRIPINA**

**Cajamarca – Perú**

**2017**

**A:**

A Dios que ilumina mi camino en todo momento y me da salud y fuerza para salir adelante.

A Elsa y Nerio, mis padres, que me apoyaron en todo momento de mi vida, gracias no los defraudaré.

A Ester, Enrique y Yuli, gracias a todos ellos por creer siempre en mí y por su abnegado sacrificio, por sus oraciones y preocupación permanente por mi proyecto de mi vida., en todo momento, gracias.

**Agripina**

## **AGRADECIMIENTO**

A mi Alma mater la Universidad Alas Peruanas, por permitirme realizar mis estudios en la Escuela de Ingeniería de Minas. También a los diferentes docentes que me brindaron sus conocimientos y apoyo para culminar mi carrera.

A mis jurados dictaminadores de tesis por sus valiosos aportes en la conducción y conclusión del presente trabajo de investigación.

A mi familia, amigos y personas especiales en mi vida, quienes han influenciado para alcanzar este gran logro.

La autor

## RESUMEN

La presente tesis profesional se enfoca en presentar una propuesta de un plan de minado a la empresa Santa María S.R.L permite la mejora de la productividad de la cantera, considerando el año de inicio 2007 hasta el año 2017. La situación actual de la empresa con respecto a la caracterización geomecánica del macizo rocoso nos resulta valores de RQD entre 79 y 88, y RMR entre 68 y 78, clasificándose como roca de calidad buena, y por los cálculos realizados, la explotación deberá realizarse mediante tajeo por pancos a cielo abierto, teniendo en cuenta los siguientes parámetros de perforación y voladura: altura de banco 5 m, diámetro de taladro 36 mm, sobre perforación 0.4 m, longitud de perforación 2.8 m, burden 1.3 m, espaciamiento 1.3 m, carga de fondo 1.69 m, carga de columna 0.03 m, explosivo carga de fondo Emulsión de 1.17 densidad, explosivo carga columna Anfo de 0.8 de densidad. Que aseguran la estabilidad geomecánica y la producción de 16224 TM/año, durante una vida útil de 20.5 años y los beneficios del plan de minado para la explotación de caliza a corto y mediano plazo, se verán implementados como parte de sus instrumentos de gestión por la empresa Santa María S.R.L a fin de optimizar el proceso de extracción de caliza en la concesión minera San Juan.

**Palabras claves:** Macizo, producción, explotación, calidad de la roca, plan de minado, banco, burden, explosivo, tajo.

## ABSTRAC

The present professional thesis focuses on presenting a proposal for a mining plan to the company Santa María SRL allows the improvement of the productivity of the quarry, considering the start year 2007 until the year 2017. The current situation of the company with respect To the geomechanical characterization of the rocky massif we find values of RQD between 79 and 88, and RMR between 68 and 78, being classified as good quality rock, and for the calculations made, the exploitation should be done by means of tajeo by pancos to open sky, having Taking into account the following drilling and blasting parameters: bench height 5 m, drill diameter 36 mm, drilling over 0.4 m, drilling length 2.8 m, burden 1.3 m, spacing 1.3 m, bottom loading 1.69 m, column load 0.03 m, explosive charge background 1.17 density emulsion, explosive charge Anfo column of 0.8 density. Ensuring geomechanical stability and production of 16,224 MT per year over a 20.5 year lifetime and the benefits of the mining plan for limestone exploitation in the short and medium term will be implemented as part of its management tools by The company Santa María SRL in order to optimize the process of limestone extraction in the San Juan mining concession.

**Keywords:** Massif, production, exploitation, rock quality, mine plan, bank, burden, explosive, pit.

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis profesional tiene el objetivo principal de implementar un plan de minado para la explotación de caliza en la concesión minera San Juan de la Empresa Minera Santa María S.R.L., que se encuentra ubicada en el distrito San Juan, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca, por lo que esta investigación presenta el siguiente objetivo general: proponer un plan de minado para la explotación de caliza en la concesión minera San Juan de la Empresa Minera Santa María S.R.L., Cajamarca, 2017.

Para lo cual presenta el siguiente problema principal ¿Cómo aplicar un plan de minado para la explotación de caliza en la concesión minera San Juan de la Empresa Minera Santa María S.R.L., Cajamarca, 2017?

Esta investigación se justifica de la siguiente manera, establece que en la actualidad la actividad de explotación de minerales no metálicos como la explotación de canteras, en Cajamarca, en el distrito de San Juan, se explota yacimientos de roca caliza, la operación se desarrolla a tajo abierto lo que implican gran inversión; por lo que el trabajo de investigación consistió en realizar estudios operativos, geológicos y geomecánicos basados en conceptos teóricos de Bieniawski (1989), Hoek y Brown (2002) con la finalidad de implementar un plan de minado para la concesión minera San Juan, quien es de propiedad de la empresa Minera Santa María S.R.L.

Los resultados del presente estudio dedican esta información a los trabajos de investigación ya realizados de propuesta de un plan de seguridad en el trabajo. Así mismo consta de tres capítulos: Primer Capítulo; contiene descripción de la realidad problemática, delimitación de la investigación, delimitación especial, delimitación social, delimitación temporal, delimitación conceptual, problema principal, problemas secundarios, objetivo general, objetivos específicos, justificación, importancia, limitaciones. Segundo Capítulo; incluye antecedentes

del problema, bases teóricas, definición de términos básicos. Tercer Capítulo; Resultados del trabajo de investigación, Análisis estadístico y Análisis e interpretación de resultados. Conclusiones. Recomendaciones. Referencias bibliográficas. Anexos y Matriz de consistencia.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>	
CARÁTULA	i	
DEDICATORIA	ii	
AGRADECIMIENTO	iii	
RESUMEN	iv	
ABSTRACT	v	
INTRODUCCIÓN	vi	
 <b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO</b>		
1.1	Descripción de la realidad problemática	1
1.2	Delimitaciones de la investigación	3
	1.2.1. Delimitación espacial	3
	1.2.2. Delimitación social	3
	1.2.3. Delimitación temporal	3
	1.2.4. Delimitación conceptual	3
1.3	Problemas de investigación	4
	1.3.1. Problema principal	4
	1.3.2. Problemas secundarios	4
1.4	Objetivos de la investigación	4
	1.4.1. Objetivo general	4
	1.4.2. Objetivos específicos	5
1.5	Hipótesis y variables de la investigación	5
	1.5.1. Hipótesis General	5
	1.5.2. Hipótesis secundarias	5
	1.5.3. Variables de la investigación	6
1.6.	Metodología de la investigación	6
	1.6.1. Tipo y nivel de investigación	6
	a. Tipo de investigación	6



b. Nivel de investigación	7
1.6.2. Método y diseño de la investigación	7
a. Método de Investigación	7
b. Diseño de investigación	7
1.6.3. Población y muestra de la investigación	8
1.8.1. Población	8
1.8.2. Muestra	8
1.6.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	8
a. Técnicas	8
b. Instrumentos	10
1.6.5. Justificación e importancia de la investigación	9
a. Justificación	9
b. Importancia	10
c. Limitaciones	10
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Antecedentes de la investigación	11
2.2. Bases teóricas	14
2.3. Definición de términos básicos	33
<b>CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>	
3.1. Análisis de tablas y figuras	38
- Conclusiones	101
- Recomendaciones	102
- Referencias Bibliográficas	103
- Anexos	105

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Operacionalización de variables	06
Tabla 2. Objetivos de la Planificación	16
Tabla 3. Clases de dinamitas	21
Tabla 4. Clasificación de RMR	31
Tabla 5. Parámetros del Rock	32
Tabla 6. Corrección por la orientación de las discontinuidades	32
Tabla 7. Vértices de la Calera “San Juan” Minera Santa María	39
Tabla 8. Datos de la concesión “Santa María” S.R.L.	40
Tabla 9. Accesibilidad de la Calera “San Juan”.	42
Tabla 10. Resumen de geoformas	48
Tabla 11. Prueba de Confiabilidad coeficiente Alfa de Crombach	49
Tabla 12. Coordenadas UTM PSAD 56 de la Estación 1	51
Tabla 13. RQD Estratos (Familia 1)	54
Tabla 14. Rock Quality Designation (RQD) E1	55
Tabla 15. Coordenadas UTM PSAD 56 C. E2- Minera San Juan	59
Tabla 16. Rock Quality Designation (RQD) E2	61
Tabla 17. Cálculo de reservas de la Calera San Juan	78
Tabla 18. Parámetros y lineamientos de Explotación	80
Tabla 19. Cálculo de desmonte - Calera San Juan	82
Tabla 20. Cálculo de capacidad del botadero.	82
Tabla 21. Cálculo de capacidad del botadero.	84
Tabla 22. Cronograma de Explotación de la Caliza (Tn)	84
Tabla 23. Parámetros de Perforación	91
Tabla 24. Requerimiento de explosivos	91
Tabla 25. Requerimiento de personal	91
Tabla 26. Equipo de protección personal	91
Tabla 27. Matriz de Consistencia	106

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Método de explotación por bancos	18
Figura 2. Parámetros geométricos por bancos	19
Figura 3. Mangas con ANFO	23
Figura 4. Dirección del frente de trabajo	24
Figura 5. Envasado o empaque del producto	26
Figura 6. Explotación de una cantera por bancos	27
Figura 7. Elementos de un Banco	28
Figura 8. Plano de la cantera Minera “Santa María” S.R.L 2017	41
Figura 9. Siembra en la zona de San Juan 2017	43
Figura 10. Fauna de la zona de San Juan 2017	44
Figura 11. Esquema del Modelo Geológico	45
Figura 12. Macizo Rocoso de la Formación Cajamarca	47
Figura 13. Colina baja fuertemente inclinada	47
Figura 14. Ladera de Montaña moderadamente Empinada	48
Figura 15. Quebrada La Tranca ubicada al Sur	48
Figura 16. Modelo Geomecánico	51
Figura 17. Macizo Rocoso, Estación 1	52
Figura 18. E1. Orientación de las discontinuidades	52
Figura 19. E2. Orientación de las discontinuidades	53
Figura 20. Valoración de macizo rocoso (RMR) – E1 Estratos (Familia 1)	55
Figura 21. Valoración de macizo rocoso (RMR) - E1 Diaclasas 1 (Familia 2)	56
Figura 22. Valoración de macizo rocoso (RMR) - E1 Diaclasas 2 (Familia 3)	57
Figura 23. Índice Geológico de Resistencia (GSI)	58
Figura 24. Macizo Rocoso, Estación 2	59
Figura 25. E1. Orientación de las discontinuidades	60
Figura 26. Valoración de macizo rocoso (RMR) – E2 Estratos 1 (Familia 1)	62
Figura 27. Valoración de macizo rocoso (RMR) – E2 Diaclasas 1 (Familia 2)	63
Figura 28. Valoración de macizo rocoso (RMR) – E2 Diaclasas 2 (Familia 3)	64
Figura 29. Valoración de macizo rocoso (RMR) – E2 Diaclasas 3 (Familia 4)	65
Figura 30. Valoración resumen de RQD, RMR y GSI	66
Figura 31. Índice Geológico de Resistencia (GSI) . E2	67
Figura 32. Diagrama de Fisher.E1	69
Figura 33. Diagrama de rosetas.E1	69

Figura 34. Análisis tenso formacional macizo rocoso. E 1	70
Figura 35. Análisis de rotura por cuña en la Estación 1	71
Figura 36. Análisis de rotura planar para la Estación 1	71
Figura 37. Diagrama de Fisher de discontinuidades de la E1	72
Figura 38. Diagrama de rosetas de discontinuidades de la E2	73
Figura 39. Análisis tensodeformacional E2	74
Figura 40. Análisis de rotura por cuña en la Estación 2	75
Figura 41. Análisis de rotura planar en la Estación 2	75
Figura 42. Análisis con solo sismicidad	76
Figura 43. Análisis en condiciones normales	77
Figura 44. Reservas de la calera San Juan, 2017	79
Figura 45. Producción diaria de Tm, 2017	85
Figura 46. Diseño de la Malla de Perforación	92
Figura 47. Procesamiento de la cal - cantera San Juan	107
Figura 48. Organigrama - cantera San Juan	108
Figura 49. Plano de ubicación y accesibilidad - Calera San Juan	109
Figura 50. Plano Hidrogeológico Calera San Juan	110
Figura 51. Plano Áreas de explotación Calera San Juan	111
Figura 52. Minera San Juan- empresa Minera Santa María. Perfil-A	112
Figura 53. Minera San Juan- empresa Minera Santa María. Perfil-B	113
Figura 54. Minera San Juan- empresa Minera Santa María. Perfil-C	114
Figura 55. Perfil de mercado calera San Juan	115
Figura 56. Obtención de la cal.	116
Figura 57. Procesamiento de la Cal – Tesista.	117
Figura 58. Zona de ubicación - Calera San Juan Tesista	118

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**

### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

La región Cajamarca viene incrementando su actividad Minera no Metálica, parte de ello se realizan en zonas que por las características fisiográficas y geomorfológicas, generan impactos considerables principalmente en los componentes bióticos y abióticos. Estos impactos que se generan son a causa que la actividad se desarrolla sin contar con los criterios técnicos de Protección Ambiental tal como lo determina la norma, criterios que ayudan a mejorar las condiciones de trabajo y sobre todo la mitigación de los impactos que se genera producto de la intervención en el territorio. (Acevedo, 2005)

La explotación de caliza ha sido una fuente sustentable de ingresos para diversos sectores de la economía de muchos países incluyendo el Perú, siendo la más rentable aquella utilizada para la elaboración de cemento y producción de cal. Así por ejemplo Chile, cuenta con mineral acorde a las necesidades de este mercado, por lo que se estudió en profundidad esta industria y se estimaron los costos e ingresos de llevar a cabo su explotación. (Acevedo, 2005)

En el Perú existen varias caleras reconocidas que actualmente están explotando con la finalidad de cubrir la demanda del sector construcción, sin embargo esta aún no está siendo satisfecha, por lo tanto es necesario promover la explotación de caliza y su industrialización a nivel ingenieril. (Nieves, 2013)

La región de Cajamarca tiene un amplio potencial de recursos de roca caliza, siendo su principal aprovechamiento para la producción de cal, enfocados a cubrir la demanda de las empresas mineras metálicas y de los productores agropecuarios, como la Empresa Minera Santa María S.R.L se dedica a la producción y comercialización de cal viva y cal hidratada en la región de Cajamarca, y en la actualidad se encuentra desarrollando la concesión minera San Juan ubicado en el distrito San Juan, provincia de Cajamarca.

Se identificó que la empresa no cuenta con un plan de minado óptimo para la explotación de caliza. Considerando las condiciones del yacimiento de caliza la explotación ha sido orientada artesanalmente, y sin haberse realizado previamente estudios geológicos y geomecánicos a detalle que sustenten el desarrollo de la explotación.

En este contexto, la presente tesis profesional se encaminó en proponer un plan de minado adecuado determinando las características físicas mecánicas del macizo rocoso con el fin de realizar la explotación de caliza de manera efectiva y eficaz, optimizando los costos y tiempo de vida útil de la mina con el debido cuidado del medio ambiente y proponer un plan de minado óptimo, para mejorar la productividad de la cantera en cumplimiento con las expectativas acorde con el Decreto Supremo N° 024-2016-EM del Ministerio de Energía y Minas, que norma todas las actividades para la Explotación de Materiales No Metálicos y el trabajo sea beneficioso para la empresa y el medio ambiente y los colaboradores.

## **1.2. Delimitaciones de la investigación**

### **1.2.1. Delimitación espacial**

La presente tesis profesional se ejecutó en la concesión minera “San Juan” de la empresa Minera “Santa María S.R.L.”, se encuentra ubicada en el distrito San Juan, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca.

### **1.2.2. Delimitación social**

El grupo social objeto de estudio estuvo delimitado por todas las canteras ubicadas en el lado sur de la concesión minera “San Juan”, durante el año 2017.

### **1.2.3. Delimitación temporal**

La presente tesis profesional se realizó desde el 15 de enero al 15 de mayo de 2017.

### **1.2.4. Delimitación conceptual**

Para la propuesta del plan de minado que según la cantera es una explotación superficial de una roca bien clasificada y cuantificada, se especifica.

La propuesta de minado; es un plan que identifica el origen, la calidad de material a beneficiar como también las estrategias, tiempos y recursos requeridos para la materialización de lo programado mejora de la productividad es la relación entre la producción obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados, en cumplimiento del Decreto Supremo N° 024-2016-EM

del Ministerio de Energía y Minas el cual norma todas las actividades para la Explotación de Materiales No Metálicos.

### **1.3. Problemas de investigación**

#### **1.3.1. Problema principal**

- ¿Cómo aplicar un plan de minado para la explotación de caliza en la concesión minera San Juan de la Empresa Minera Santa María S.R.L., Cajamarca, 2017?

#### **1.3.2. Problema secundarios**

- ¿Cuál es la situación actual de la empresa con respecto a la propuesta de un plan de minado para la explotación de caliza en la concesión minera San Juan de la Empresa Minera Santa María S.R.L., Cajamarca en el 2017?
- ¿Cuáles son los beneficios que representa la propuesta de un plan de minado para la explotación de caliza en la concesión minera San Juan de la Empresa Minera Santa María S.R.L., Cajamarca en el 2017?

### **1.4. Objetivos de la investigación**

#### **1.4.1. Objetivo general**

- Proponer un plan de minado para la explotación de caliza en la concesión minera San Juan de la Empresa Minera Santa María S.R.L., Cajamarca, 2017.



#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar la situación actual de la empresa con respecto a la propuesta de un plan de minado para la explotación de caliza en la concesión minera San Juan de la Empresa Minera Santa María S.R.L., Cajamarca en el 2017.
- Identificar los beneficios que representa la propuesta de un plan de minado para la explotación de caliza en la concesión minera San Juan de la Empresa Minera Santa María S.R.L., Cajamarca en el 2017.

#### **1.5. Hipótesis y variables de la investigación**

##### **1.5.1. Hipótesis general**

- La propuesta de un plan de minado para la explotación de caliza beneficiara en un 75% el desarrollo de la etapa de explotación en la concesión minera San Juan de la Empresa Minera Santa María S.R.L., Cajamarca en el 2017.

##### **1.5.2. Hipótesis secundarias**

- El nivel de productividad antes de proponer el plan de minando es deficiente en la concesión minera San Juan de la Empresa Minera Santa María S.R.L., Cajamarca en el 2017.
- El nivel de productividad después de proponer el plan de minando mejora significativamente en un 75% en la cantera en la etapa de producción de la concesión minera San Juan

de la Empresa Minera Santa María S.R.L., Cajamarca en el 2017.

### 1.5.3. Variables

**Variable independiente:** Plan de minado

**Variable dependiente:** Explotación de caliza de la cantera la concesión minea San Juan en la Empresa Minera Santa María S.R.L.

### 1.5.4. Operacionalización de las variables de la investigación

**Tabla 1:** Operacionalización de las variables de investigación

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	Técnica
V.I: Plan de minado	Instrumento de gestión que contiene las tareas tiempo y secuencia de ejecución en el proceso de minado recursos y reservas.	Operación óptima del minado.	Tipo de yacimiento	Registro de datos
			Formación del macizo rocoso	
			Dureza del macizo	
			Fracturamiento del macizo rocoso	
			Factores climáticos	
			Inclinación del banco	
V.D: Explotación de caliza	La explotación se define como el conjunto de operaciones que permiten el arranque, carguío y extracción de mineral.	Planeamiento a corto plazo	1año	guía de observación
		Planeamiento a mediano plazo	2 a 3 años	
		Producción	Producción por día tn/día	
		índice de productividad		
		costo unitario	Producción por mensual producción anual	
		costo de maquinaria		
		Costo de Ganancia	Cálculos geométricos,	
		Eficiencia del plan de minado ejecutado	incremento de ganancia en %	

Fuente: Elaboración propia, 2017.

## 1.6. Metodología de la investigación

### 1.6.1. Tipo y nivel de Investigación

#### a. Tipo de investigación

En cuanto al tipo de investigación es aplicada, ejecuta análisis de operaciones de la concesión minera San Juan en la Empresa Minera Santa María S.R.L. de producción directa e indirecta, consistió en la observación, descripción y análisis de datos obtenidos en campo mediante el cartografiado geológico que definen el tipo de yacimiento.

#### **b. Nivel de investigación**

La presente investigación fue descriptiva - explicativa, porque describió fenómenos en su circunstancia real del trabajo en de la concesión minera San Juan en la Empresa Minera Santa María S.R.L, en un tiempo y en un área geográfica determinada. Con esta investigación se conoce por qué y cómo las características físico mecánicas del macizo rocoso condicionan el método y proceso de explotación de caliza.

### **1.6.2. Método y diseño de la investigación**

#### **a. Método de la investigación**

El método que se utilizó en la presente tesis profesional fue deductivo, porque se analizó las características particulares del macizo rocoso en puntos estratégicos para generar una interpretación generalizada de las características físico mecánicas de la concesión minera San Juan.

#### **b. Diseño de la investigación**

Según el diseño de investigación de la concesión minera San Juan en la Empresa Minera Santa María S.R.L, fue Transversal porque la investigación se basó en observar las variables tal

como se presentan en su contexto natural en el momento actual.

### **1.6.3. Población y muestra de la investigación**

#### **a. Población**

Establecida la población por todas las canteras ubicadas al sur este de la ciudad de Cajamarca, durante el año 2017.

#### **b. Muestra**

La muestra son las mediciones de los afloramientos dentro de la concesión minera San Juan en la Empresa Minera Santa María S.R.L, en dos estaciones geomecánicas puntuales. Ubicada a sur este de la ciudad de Cajamarca, durante el 15 de enero al 15 de mayo de 2017.

### **1.6.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **a. Técnicas**

Para la recolección de la información, las técnicas empleadas serán: Observación Directa para identificar el área, estudio del terreno, reportes de equipos. Matriz Iperc y encuestas.

#### **b. Instrumentos**

Los instrumentos a emplearse para la elaboración del presente estudio de la Empresa Minera Santa María S.R.L es de una guía de observación in situ, contrastada con los datos históricos de la empresa y una encuesta.

## **1.6.5. Justificación, importancia y limitaciones de la investigación**

### **a. Justificación**

La importancia de la presente tesis profesional, establece que en la actualidad la actividad de explotación de minerales no metálicos como la explotación de canteras, en Cajamarca, en el distrito de San Juan, se explota yacimientos de roca caliza, la operación se desarrolla a tajo abierto lo que implican gran inversión; por lo que el trabajo de investigación consistió en realizar estudios operativos, geológicos y geomecánicos basados en conceptos teóricos de Bieniawski (1989), Hoek y Brown (2002) con la finalidad de implementar un plan de minado para la concesión minera San Juan, quien es de propiedad de la empresa Minera Santa María S.R.L.

Además, los aportes del presente trabajo de investigación servirán de guía para otros investigadores interesados en el tema de mejorar la explotación de caliza en una concesión minera no metálica a tajo abierto, así como también para universidades, institutos, empresas públicas y privadas que apliquen herramientas para mejorar la explotación de caliza de una empresa en el área procedimientos mineros.

Los resultados permitirán proponer un plan de minado para mejorar la explotación de caliza en la concesión minera san juan de la empresa minera santa maría S.R.L., Cajamarca, de tal manera que no perjudique el medioambiente y que esté regido por el con el Decreto Supremo N° 024-2016-EM del Ministerio de Energía y Minas, que norma todas las actividades para la Explotación de Materiales No Metálicos y el trabajo sea beneficioso para la empresa.

## **b. Importancia**

La importancia del presente trabajo de investigación se orienta a proponer un plan de minado adecuado para mejorar la explotación de caliza de la empresa minera Santa María S.R.L y proyectar la vida de la mina a lo largo del tiempo.

## **c. Limitaciones**

En el desarrollo del presente trabajo de investigación se consideró las siguientes limitaciones:

- Falta de taludes
- Horario concreto de trabajo en la cantera
- El mal tiempo climático, factor lluvia, evita el trabajo.
- No cuenta con una disponibilidad máxima de equipos, pues no se pueden plantear estrategias operativas.
- Los moradores no brindan información del malestar que causa la cantera.
- No se cuenta con un software de simulación de minado para realizar las pruebas correspondientes y determinar el factor de error de la planificación.

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

En Perú, en la Universidad Nacional de San Martín, en la Tesis *“Evaluación ambiental de extracción de caliza, minería artesanal no metálica, en zona de amortiguamiento – bosque de protección alto mayo, rioja –2010.”* se concluyó que un La metodología utilizada por el Titular Concesionario, específica como resultado final de la valoración y evaluación de los impactos ambientales potenciales que ocasionará el proyecto un valor de 0.6 de acuerdo a la Tabla Escalar utilizada lo que Indica un nivel de impacto de **Óptimo Bajo**. De propuesta de evaluación ambiental aplicado al proyecto minero, se establece que mayores impactos ambientales potenciales negativos en magnitud e importancia en la etapa de explotación con un valor máximo de -7/7 respectivamente. La propuesta de medidas de mitigación, control y prevención I, están orientados principalmente a la recuperación del paisaje en concordancia con los objetivos especificados en el Plan Maestro de la Zona de Amortiguamiento de Bosque de Protección Alto Mayo - BPAM, para lo cual se tomarán las medidas pertinentes en las etapas de construcción y operación principalmente. (Merino, 2010)

En Perú, en la Universidad Nacional de San Martín de Tarapoto, en la Tesis *“EIA, de Extracción de caliza, minería artesanal no metálica, en*

zona de amortiguamiento bosque de protección Alto Mayo, Rioja –2010”. Se concluyó que la metodología utilizada por el Titular Concesionario, específica como resultado final de la valoración y evaluación de los impactos ambientales potenciales que ocasionará el proyecto un valor de 0.6 de acuerdo a la Tabla Escalar utilizada lo que Indica un nivel de impacto de Óptimo bajo. De propuesta de evaluación ambiental aplicado al proyecto minero, se establece que mayores impactos ambientales potenciales negativos en magnitud e importancia en la etapa de explotación con un valor máximo de -7/7 respectivamente. La propuesta de medidas de mitigación, control y prevención I, están orientados principalmente a la recuperación del paisaje en concordancia con los objetivos especificados en el Plan Maestro de la Zona de Amortiguamiento de Bosque de Protección Alto Mayo - BPAM, para lo cual se tomarán las medidas pertinentes en las etapas de construcción y operación principalmente; del análisis realizado se determina que la ejecución del proyecto, cumple en parte con los requisitos y consideraciones técnicas presentados en las operaciones de extracción minera artesanal no metálica de acuerdo al Título III: Acuerdos y Contratos de Explotación. (Fuente: D.S. N° 013-2002-EM 21/04/02), debiendo reformular los criterios de evaluación ambiental con la finalidad de establecer medidas para minimizar los impactos negativos que se pueda generar producto de la intervención tal como lo determina la norma. (Delgado, 2011)

En Perú, en la Universidad Nacional de Piura, Facultad de Ingeniería de Minas en la Tesis “Optimización del sistema de minado empleando Raise Boring para reducir los costos en el tajeo 270 de la zona Jimena – Cia Minera Raura SA.” Se concluyó que el relleno del tajeo empleando el actual sistema de minado de explotación por Corte y Relleno ascendente con Rampa positiva demora 17.92 horas, dependiendo si existe desmonte disponible del frente de la rampa, con la primera alternativa “Minado con corte y relleno ascendente mecanizado con material detrítico a través de una chimenea RB” demora 11.0 horas; además se descarta la segunda



alternativa propuesta de “Minado con corte y relleno ascendente mecanizado con relleno hidráulico a través de una chimenea RB” por lo que demora 20.4 horas debido a que la altura debido a que tiene que emplearse una densidad del relleno hidráulico muy baja para que pueda recorrer los más de 3 km. y subir los 490 m. que hay entre el punto de bombeo y en punto donde se ubican las chimeneas Raise Boring. La ventilación en el tajeo 270 es deficiente debido a que no se tiene un circuito de ventilación definido, y la evacuación de los gases de la voladura es muy lenta, por lo cual el personal que trabaja en la labor retrasa su ingreso, llegando a registrarse 6 horas netas operativas en promedio en una guardia de 10 horas. (García, 2010)

En Ecuador, en la Tesis “plan de explotación minero de la cantera “C.A. Cantera Yaracuy”, Municipio la Trinidad, Sector las Casitas, Estado Yaracuy”; se concluyó que Se utilizó el tipo y nivel de investigación, Mixta, cualitativa, cuantitativa y diseño de investigación deductivo y experimental, longitudinal. Con el objetivo de, diseñar un plan de explotación minero en “C.A. Cantera Yaracuy” para la extracción de calizas marmóreas, la cual estará destinada a producir piedra picada como agregado para la construcción, obtención de piedra para obras de gaviones, balasto para el ferrocarril y obras civiles en general, en función de las características del terreno y del yacimiento; cónsono con un desarrollo sustentable del sector Las Casitas, municipio La trinidad, estado Yaracuy. Concluye que el método de explotación a cielo abierto por el sistema de cantera, con bancos de 10 m de altura, un ángulo de banco de  $72^\circ$  y bermas de un mínimo de 4 m, estos parámetros originaran un talud final de  $55^\circ$ , geo mecánicamente estable con un factor de seguridad promedio de 1,21. La explotación comienza en el nivel 290 y será realizada por bancos descendentes hasta la cota 230 m. sobre el nivel del mar. Los equipos utilizados para esto son un cargador frontal, 4 camiones, 1 perforadora, 1 tractor y el consumo de explosivo viene indicado por factor de carga calculado de 0,32 kg/m. (Giménez & Domingo, 2006)

En Bolívar, en la Universidad de Huánuco, en la Tesis “Plan de explotación de la Cantera Congregua”; se concluyó que el tipo y nivel de investigación, Cuantitativa, descriptiva explicativa aplicada y con un método y diseño de investigación Inductivo, experimental transversal Con el objetivo de mejorar la cantera Congregue durante su explotación, esta posee presencia de un cuerpo masivo de gneis granítico félsico tipo charnockita de grano grueso y color verde oscuro, que conforma una fila septentrional con rumbo este-oeste además, esta roca se encuentra profundamente diaclasada y presenta espesores variables de meteorización. Se concluye que en el frente de explotación se observan espesores de suelos residuales promedio de un metro y medio (1,50 m) compuestos por capa vegetal, arenas, arcillas, fragmentos de cuarzo e inclusive de la misma roca charnockita, además posee una reserva geológica de manto meteorizado de 117.173 m<sup>3</sup> y roca charnockita de 1.162.296 m<sup>3</sup> con una densidad de 2,80 ton/m<sup>3</sup>, lo cual son datos precisos. Orinoco (2006).

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Elementos de un plan de minado**

#### **a. Plan de Minado**

Podemos definir el planeamiento de Minado según:

Munier.(1979: “Por planeamiento se entiende la labor de especificar cuáles son las tareas que intervienen en un proyecto, su duración en días, semanas o la unidad de tiempo que convenga y como están interrelacionadas entre sí todas las tareas y su secuencia”.

Velásquez (2004): “Planear es definir los objetivos determinar los mejores medios para alcanzarlos. Es analizar los problemas en

forma anticipada, planeando posibles soluciones e indicando los pasos necesarios para llegar eficientemente a los objetivos que la solución elegida señala. Planeamiento implica examinar el futuro, tratar de cuantificar y calificar el riesgo, la incertidumbre y prepararse para hacer frente a los problemas que se derivan”.

Ackoff, (2007): “El Planeamiento es un proceso de toma de decisiones y se deben considerar los siguientes aspectos fundamentales:

- El Planeamiento es una toma de decisiones por anticipado. Es el proceso que determina que hacer y cómo hacerlo, antes de que se requiera la acción.
- El Planeamiento es un sistema de decisiones que surge cuando el estado futuro que se desea alcanzar implica un conjunto de decisiones interrelacionados.
- El Planeamiento es un proceso que se dirige a producir un estado que se desea y que no puede alcanzarse a menos que antes se emprenda la acción correcta.

#### **b. Objetivos de la Planificación**

El Planeamiento de Minado es una actividad orientada al futuro, cuyo propósito es proyectar la vida de una mina a lo largo del tiempo; no solo en una dirección, si no buscando nuevos caminos y adaptando su existencia a la de los sistemas actuales y se expresa a través de los siguientes objetivos:

**Tabla 2.** Objetivos de la Planificación

N°	Objetivo	características
1	Servir de fuerza impulsora de la actividad minera	Servir de fuerza impulsora de la actividad minera trazando el camino a seguir, en las operaciones en cada uno de los subsistemas de la Mina.
2	Regular adaptar el sistema a su medio.	El Planeamiento de Minado y el control debe formar como el regulador que permite adaptar el sistema a su medio, dentro de los márgenes que le son exigidos para mantener su equilibrio correcto.
3	Coordinar la acción de los miembros de la Mina en el cumplimiento de las funciones	El Planeamiento de Minado debe coordinar la acción de los miembros de la Mina en el cumplimiento de las funciones empresariales de producción, finanzas, comercialización, mantenimiento, personal, comunicaciones, etc.

Fuente: (Delgado, 2011).

### 2.2.2. Método de explotación

En el pasado para seleccionar el método de explotación se realizaban comparaciones históricas dependiendo de la mena a explotar, condiciones geológicas y topográficas, en nuestros días es muy distinto ya que fundamenta en estudios técnicos, y de allí se condicionarán los futuros resultados económicos. Por lo tanto al momento de definir el método de explotación de debe considerar. (Cisneros, 2003)

- Factores geológicos: tamaño, forma, inclinación, límites de mineralización, contenido mineral útil, estabilidad de la roca.
- Factores técnicos del equipo: perforación de rocas, carga explosivos y voladura, carga y transporte, trituración.
- Factores económicos: reservas minerales, costos de explotación, pérdidas de mineral, dilución del contenido útil, financiamiento de la operación, personal calificado, disponibilidad de equipos.
- Factores locales o regionales: situación geográfica, condiciones climatológicas.

- Factores ambientales: espesor suelo vegetal, ubicación de escombreras, protección-afectación del entorno, participación comunitaria

### 2.2.3. Métodos a cielo abierto

En la minería a cielo abierto se encuentra una gran tipificación, todos dependiendo de las características del yacimiento, entre estos métodos según la clasificación española se pueden mencionar los siguientes (Herrera, 2006):

- Cortas, descubiertas, Terrazas, Contorno, Canteras, Graveras.

Por tratarse de una explotación, además del ritmo anual deseado se requiere emplear el método de explotación de cantera.

**Cantera:** Es el término genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción. Constituye el sector más numeroso, ya que desde mucho tiempo explotan las rocas para la extracción y abastecimiento de materia prima, con uso final en la construcción y obras de infraestructuras.

Las canteras pueden subdividirse en dos grandes grupos: el primero, donde se desea obtener un todo-uno fragmentado y apto para alimentar la planta de tratamiento y obtener un producto destinado a la construcción, en forma de áridos a la fabricación de cemento, y el segundo dedicado a la explotación de rocas ornamentales, que se basa en la extracción cuidadosa de grandes bloques paralelepípedos que posteriormente se cortarán y elaborarán. (Herrera, 2006)



**Figura 1.** Método de explotación por bancos  
**Fuente:** (Herrera, 2006).

### 2.2.3.1. Diseño de accesos y parámetros geométricos de una mina a cielo abierto

Dentro de las actividades permanentes en una explotación minera se encuentra la construcción o habilitación de accesos. En una mina a cielo abierto, se requiere ir coordinando la ejecución de las actividades productivas diarias con las diligencias que guardan relación con la construcción de accesos, las cuales tendrán que satisfacer las siguientes restricciones (Portal Minero S.A., 2006):

- Realizar un acceso libre y seguro a la zona determinada.
- Permitir el paso a tiempo a la zona determinada, de acuerdo al programa de producción.
- Cumplir con las restricciones geométricas de los equipos y las actividades.
- Verificar las restricciones geomecánicas del sector.
- Efectuar la extracción de todo el material relacionado con el sector.

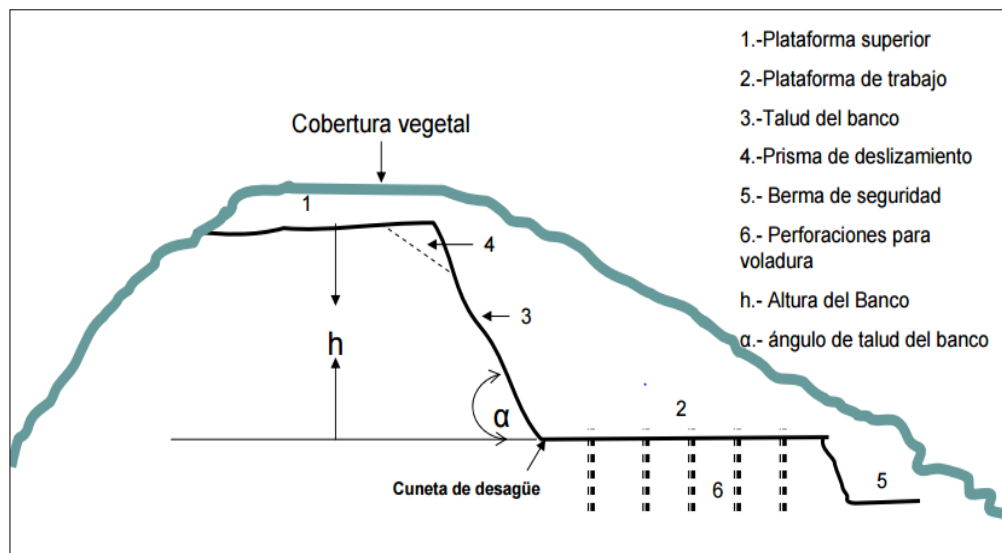
Dentro de la geometría de los accesos podemos destacar:

- Ancho de bermas.
- Ancho de cunetas.
- Pendiente.
- Ángulo de corte de talud.

Otros parámetros geométricos a considerar dentro del diseño de una mina son:

- Ancho máximo operativo.
- Desfase entre palas.
- Cruce de camiones o doble vía.

Para la explotación a cielo abierto se puede observar que los accesos (rampas o accesos específicos)



**Figura 1.** Parámetros geométricos por bancos  
**Fuente:** (Herrera, 2006).

#### 2.2.4. Explosivos de aplicación minera

Dividiremos los explosivos comerciales en dos grandes grupos (ITGM, 1994):

##### a. Características generales de los explosivos

Las características básicas de un explosivo y que nos van a ayudar a elegir el explosivo más idóneo para un fin determinado son las siguientes: Estabilidad química, Sensibilidad, Velocidad de detonación,- Potencia explosiva, Densidad de encartuchado, Resistencia al agua, Humos

##### b. Clases de explosivos

Para elegir el adecuado en cada aplicación. Dividiremos los explosivos comerciales en dos grandes grupos:

***Explosivos con nitroglicerina.*** Son sin duda los más potentes de los dos. Esta cualidad no es siempre la mejor, ya que en ocasiones se prefieren explosivos menos potentes, con el fin de conseguir una granulometría grande, necesitan mejores condiciones de almacenamiento.

***Explosivos sin nitroglicerina.*** Son más seguros, algo más inestables y de una potencia apreciable, sin duda los más potentes, esta cualidad no es siempre la mejor, ya que en ocasiones se prefieren explosivos menos potentes, con el fin de conseguir una granulometría grande. Son explosivos más delicados, necesitan mejores condiciones de almacenamiento.



- **Dinamitas:**

La nitroglicerina fue el primer alto explosivo utilizado en voladuras comerciales. Tiene una densidad de 1.6 y una velocidad de detonación de aproximadamente 7,600 m/s. La nitroglicerina es extremadamente sensible al choque, la fricción y el calor, lo que la hace extremadamente peligrosa de usar en su forma líquida. En Suecia en 1865, Alfredo Nobel encontró que si este líquido tan peligroso se mezclaba con un material inerte, el producto resultante era seguro de manejar y era mucho menos sensible al choque, la fricción y el calor. A este producto se le llamó dinamita.

**Tabla 3.** Clases de dinamitas.

Clases de dinamitas.	Características	indicativos
AMONGELATINA 60%	Dentro de las dinamitas granuladas hay tres clasificaciones que son: dinamita pura, dinamita extra de alta densidad y dinamita extra de baja densidad.	Dinamita granulada
TRONEX PLUS	La dinamita pura se compone de: nitroglicerina, nitrato de sodio, combustibles de carbono, de barrenos adyacentes.	Dinamita Pura
SOFTRON	Es un explosivo de bajo poder rompedor, especialmente diseñado para trabajos de tronadura controlada en tunelería donde es necesario obtener un perímetro parejo con un mínimo de sobre-excavación	Explosivo de bajo poder rompedor

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

- **Emulsiones:** Sistema que contiene dos fases líquidas naturalmente inmiscibles entre sí, una de las cuales es dispersa como pequeñas gotas dentro de la otra.

- Emulsiones de Pequeño Diámetro (Emulex, Enaline)
- Emulsiones Diámetro Intermedio (Emultex E, Blastex)

### **Propiedades principales**

- Son altamente seguras a la fricción, impacto y fuego.
- Son muy resistentes al agua.
- Dependiendo de la consistencia pueden ser bombeadas

### - **Explosivos tipo suspensión**

Un explosivo tipo suspensión es una mezcla de nitrato de amonio u otros nitratos un sensibilizador, un combustible que puede ser un hidrocarburo o hidrocarburos y aluminio. En algunos casos se utilizan sensibilizadores explosivos, como el TNT o la nitrocelulosa. Las características de una emulsión son, de alguna manera, diferentes a las de un hidrogel o suspensión, pero su composición contiene ingredientes similares y su funcionamiento dentro del barreno es similar. En general, las emulsiones tienen una velocidad de detonación un poco más alta y, en algunos casos, tienden a ser húmedos y adherirse a las paredes del barreno causando dificultades para el cargado a granel. Para efectos de discusión las emulsiones y los hidrogeles serán tratados bajo el nombre genérico de suspensión.

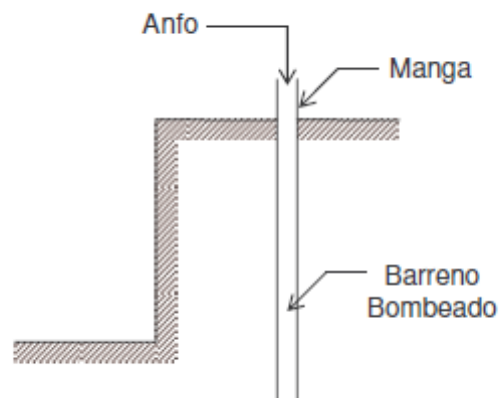
### **Suspensiones encartuchadas**

Las suspensiones encartuchadas están disponibles tanto en cartuchos de diámetro grande como de diámetro chico. En general, los cartuchos de menos de 5 cm. de diámetro contienen explosivo sensitivo para que puedan sustituir a la dinamita. La sensibilidad a la temperatura de las suspensiones y su menor sensibilidad pueden causar

problemas cuando substituyen a la dinamita en algunas aplicaciones.

### Suspensiones a granel

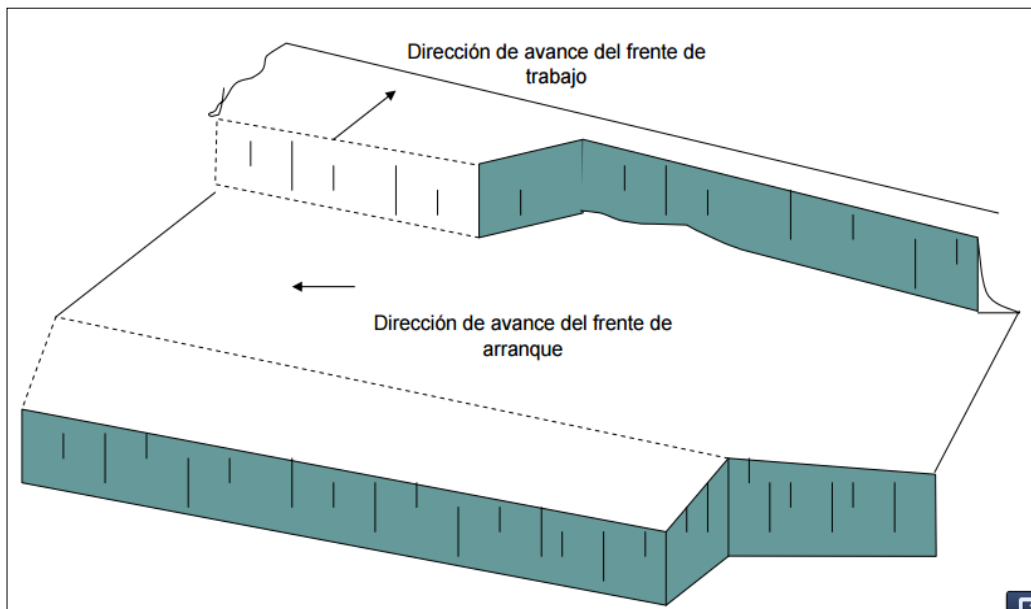
Las suspensiones a granel se sensibilizan por cualquiera de tres métodos. La sensibilización con aire se puede lograr agregando agentes gasificantes, los cuales después de ser bombeados al barreno, producen pequeñas burbujas a lo largo de la mezcla. El incorporar polvo o granalla de aluminio a la mezcla aumenta su sensibilidad. Agregar nitrocelulosa o TNT a la mezcla la sensibilizará para la iniciación.



**Figura 3.** Mangas con ANFO  
**Fuente:** (Herrera, 2006).

### 2.2.5. Geometría de la explotación

La elección del método de explotación de un yacimiento depende principalmente de una decisión económica y ambiental, considerando las inversiones, costos y beneficios del proyecto a explotar, los cuales están relacionados con los factores propios del yacimiento, además, la mina o fosa se va construyendo en avances sucesivos laterales y en profundidad. La profundización requiere ir expandiendo, lateralmente, para mantener la seguridad de las paredes. La estabilidad de los taludes es muy importante, ya que de eso dependerá la seguridad de las operaciones. 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 Sujeto a la marca escogida. la construcción de accesos y rampas, se debe considerar que se realizaran varias actividades en un mismo sector de forma simultánea y continúa, como por ejemplo, tránsito de vehículos, equipos cargando, equipos operando, entre otros. (Portal Minero S.A, 2006).



**Figura 2.** Dirección del frente de trabajo  
**Fuente:** (Portal Minero S.A, 2006).

### 2.2.6. Proceso de producción de cal viva

La cal es un compuesto formado por el óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) y el óxido de calcio y magnesio ( $\text{CaMgO}_2$ ), la cal tiene diferentes usos como:

La elaboración de la cal debe llenar determinados requerimientos físicos y químicos. Se requieren calizas de alta pureza y un proceso de producción controlado que asegure su calidad, contando de 6 procesos para su elaboración:

**Obtención de la piedra caliza:** comprende todos los procesos que se realizan en la cantera a partir de los cuales se obtiene la piedra caliza, materia prima de este proceso. Dichos procesos consiste en: estudios geológicos mineros, en los que se obtiene la información geológica y geoquímica de las áreas a explotar. Durante esta etapa se pone especial atención en controlar la composición química, granulometría y humedad de la materia prima, que es la caliza.

**Preparación de la piedra:** consiste en las trituraciones y tamizajes primarios y secundarios de la piedra caliza. Mediante dicho proceso, se logra dar a las piedras el diámetro requerido para el horno de calcinación.

**Calcinación:** La calcinación consiste en la aplicación de calor para la descomposición (reacción térmica) de la caliza. En este proceso se pierde cerca de la mitad de peso, por la des carbonatación o pérdida del dióxido de carbono de la caliza original. La calcinación es un proceso que requiere mucha energía para que la des carbonatación pueda ocurrir y es en este paso cuando la piedra caliza ( $\text{CaCO}_3$ ) se “convierte” en cal viva ( $\text{CaO}$ ).

**Hidratación:** En esta etapa la cal viva (óxido de calcio) es trasladada a una hidratadora, en donde se le agrega agua al producto. Al hidratarse las piedras de cal viva se convierten en cal hidratada (polvo fino de color blanco). El mismo es un proceso exotérmico, el cual consiste en que cuando a la cal viva se le agrega agua, la reacción libera calor.

**Separación:** Consiste en separar de la cal hidratada los óxidos no hidratados (óxidos no hidratados como los de magnesio) y algunos carbonatos conocidos como “granaza” que no lograron ser hidratados en la etapa de hidratación.

**Envasado o empaque:** Finalmente, se procede al envasado del producto, el mismo se realiza por medio de una máquina especial de envasado y paletizado. La cal hidratada es empacada en bolsas de papel.



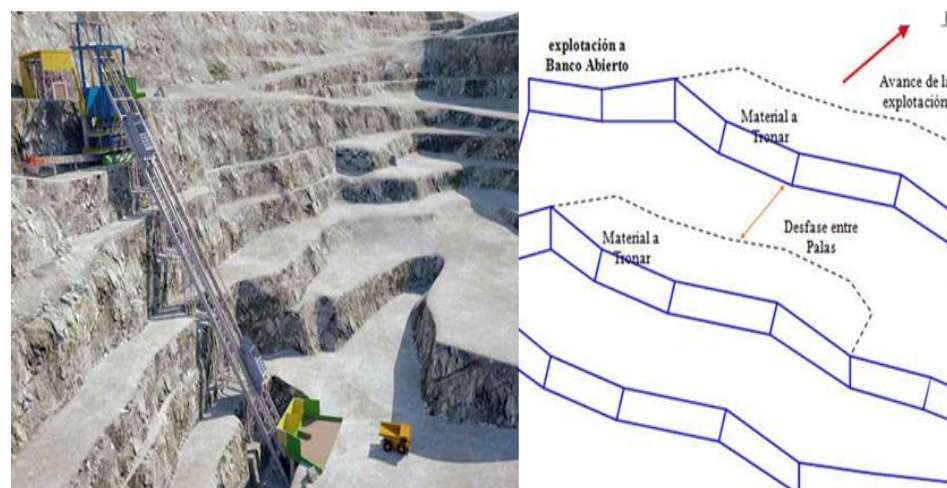
**Figura 5.** Envasado o empaque del producto.  
**Fuente:** (Portal Minero S.A, 2006).

## 2.2.2. Métodos sistemas de explotación de una cantera

Cantera término genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción. Constituyen, con mucho, el sector más importante en cuanto a número, ya que desde muy antiguo se han venido explotando para la extracción y abastecimiento de materias primas con uso final en la construcción y en obras de infraestructura.

### a. Explotación de una cantera

Debido al valor relativamente pequeño que tenían los materiales extraídos, las canteras se situaban muy cercanas a los centros de consumo y poseían unas dimensiones generalmente reducida. Para explotar una cantera se analiza la pendiente, el depósito de material calcáreo, se divide en capas horizontales, con la finalidad de explotar varias capas (Bancos<sup>1</sup>) simultáneamente.

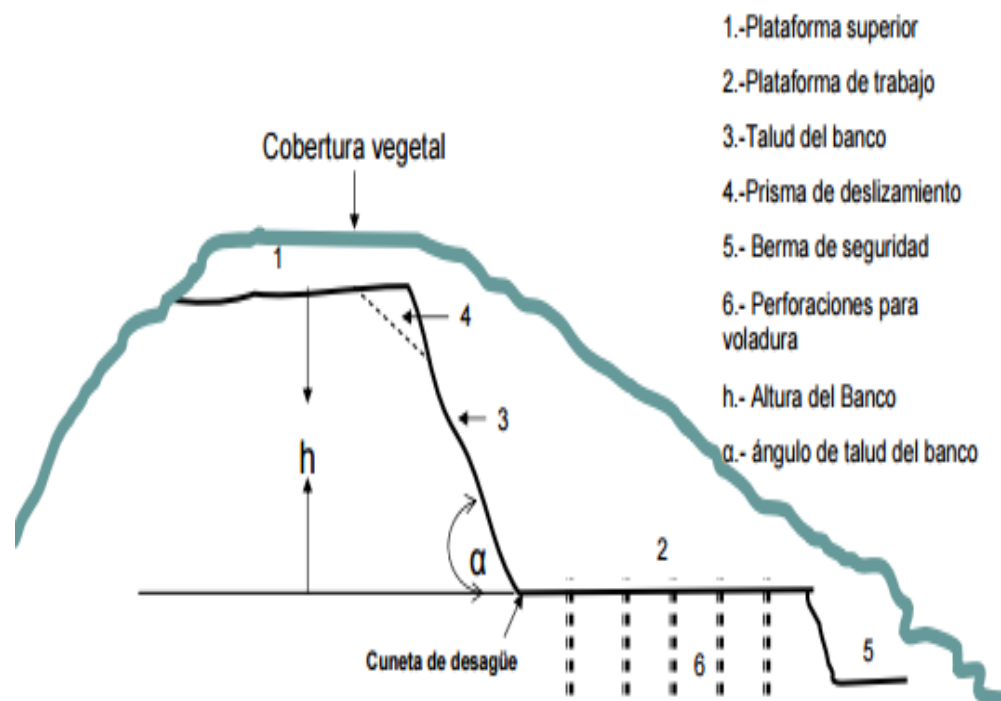


**Figura 6.** Explotación de una cantera por bancos.  
**Fuente:** (UNC, 2011).

<sup>1</sup> **Banco:** Capas horizontales de la cantera.

## b. Elementos de un banco

Escalón o unidad de explotación sobre la que se desarrolla el trabajo de extracción en las minas a cielo abierto. Niveles en que se divide una explotación a cielo abierto para facilitar el trabajo de los equipos de perforación, carga y transporte.



**Figura 7.** Elementos de un Banco.  
**Fuente:** (UNC, 2011).

**Plataforma de trabajo:** Se denomina así a la superficie horizontal limitada por la altura del banco

**Talud del Banco:** Se denomina así a la superficie inclinada del banco delimitada por el un lado con el espacio explotado y por el otro por las planta superior e inferior



**Ángulo de talud del Banco:** Es el ángulo que forma el talud del banco con el plano horizontal

**Altura de la cantera (H):** Es la distancia vertical comprendida entre la superficie de cobertura y el fondo de la misma.

**Altura del Banco (H):** Es la distancia vertical comprendida entre la plataforma superior e inferior.

**Extinción de la Cantera ( $\beta$ ):** Angulo formado por la línea de borde de extinción respecto al plano horizontal. Toma en cuenta la profundidad máxima de la cantera” .

#### **2.2.4. Clasificaciones geomecánicas**

Los factores que influyen sobre el comportamiento mecánico de los macizos rocosos y que afectan a la estabilidad de las excavaciones subterráneas pueden ser divididos en tres grupos, dependiendo de los aspectos estudiados:

##### **a. Índice de calidad de las rocas, RQD**

Se define como el porcentaje de recuperación de testigos de más de 10 cm de longitud (en su eje) sin tener en cuenta las roturas frescas del proceso de perforación respecto de la longitud total del Para determinar el RQD (Rock Quality Designation) en el campo o zona de estudio de una operación minera, existen tres procedimientos de cálculo. En función de la homogeneidad o heterogeneidad observadas, se realizan perforaciones complementarias para clarificar la situación en zonas que podrían ser consideradas a priori como críticas.

## **Primer procedimiento**

Se calcula midiendo y sumando el largo de todos los trozos de testigo mayores que 10 cm en el intervalo de testigo de 1.5 m.

A partir de los testigos obtenidos en la exploración. Medida del RQD en testigos de Exploración 150 Se deben incluir los discos del núcleo ocasionados por rotura mecánica de la roca como parte del RQD.

### **b. Clasificación de Bieniawski (R.M.R.)**

El sistema de clasificación RMR o Rock Mass Rating fue desarrollado por Z.T. Bieniawski durante los años 1972- 73, y modificado posteriormente en 1976 y 1979, en base a más de 300 casos reales de túneles, cavernas, taludes y cimentaciones. Actualmente se usa la edición de 1989, que coincide esencialmente con la de 1979. Este método le da un peso a cada uno de una serie de parámetros que se han integrado a una fórmula en la cual participan:

**La presencia de agua** en un macizo rocoso, el agua tiene gran influencia sobre su comportamiento, la descripción utilizada para este criterio son: completamente seco, húmedo, agua a presión moderada y agua a presión fuerte.

**La orientación de las discontinuidades**, según sea para cimentaciones, túneles o taludes. El RMR se obtiene como suma de unas puntuaciones que corresponden a los valores de cada uno de los seis parámetros y oscila entre 0 y 100, y que

es mayor cuanto mejor es la calidad de la roca. Bieniawski distingue cinco tipos o clases de roca según el valor del RMR:

Para obtener el Índice RMR de Bieniawski se realiza lo siguiente:

**1ero.** Se suma los 5 variables o parámetros calculados, eso da como resultado un valor índice (RMR básico).

**2do.** El parámetro 6 que se refiere a la orientación de las discontinuidades respecto a la excavación. El valor del RMR varía entre 0 a 100.

El RMR se obtiene como suma de unas puntuaciones que corresponden a los valores de cada uno de los seis parámetros y oscila entre 0 y 100, y que es mayor cuanto mejor es la calidad de la roca. Bieniawski distingue cinco tipos o clases de roca según el valor del RMR:

**Tabla 4.** Clasificación de RMR (oscila entre 0 y 100):

<b>CLASIFICACION GEOMECANICA FINAL (Bieniawski)</b>		
<b>Clase</b>	<b>Calidad de roca</b>	<b>RMR</b>
I	muy buena	81 – 100
II	buena	61 – 80
III	regular	41 – 60
IV	mala	21 – 40
V	muy mala	0 - 20

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

En función de la clase obtenida, se puede establecer una estimación de las características geotécnicas (ángulo y cohesión) y de su comportamiento frente a excavaciones.

**Tabla 5. Parámetros del Rock**

N°	Serie	Parámetros
1	Resistencia del material intacto	valor máximo = 15
2	R.Q.D.	valor máximo = 20
3	Distancia entre las discontinuidades	valor máximo = 20
4	Condición de las discontinuidades	valor máximo = 30
5	Agua subterránea	valor máximo = 15

Fuente: "Rock Mass Rating" Z. T. Bieniawski (1979).

$$\text{RMR} = (1) + (2) + (3) + (4) + (5)$$

**Tabla 6:** Corrección por la orientación de las discontinuidades (F)

Evaluación de la influencia de la orientación para la obra	Puntaje para Túneles	Puntaje para Fundaciones
Muy favorable	0	0
Favorable	-2	-2
Medio	-5	-7
Destfavorable	-10	-15
Muy desfavorable	-12	-25

Fuente: "Rock Mass Rating" Z. T. Bieniawski (1979).

Esta clasificación proporciona una estimación inicial de los parámetros del macizo rocoso a bajo costo y de manera sencilla, no obstante, debe ser considerada como una simplificación, ya que no tiene en cuenta otros aspectos como la deformabilidad del macizo y debe ser aplicada con criterio y en base al conocimiento y experiencia previa.

### 2.2.8. Reglamentos

**El capítulo 3, Artículo 27 de la Ley General del Ambiente: Ley N° 28611 – 2005.** Los planes de cierre de actividades, los titulares de todas las actividades económicas deben garantizar que al cierre de actividades o instalaciones no subsistan impactos ambientales

negativos de carácter significativo, debiendo considerar tal aspecto al diseñar y aplicar los instrumentos de gestión ambiental que les correspondan de conformidad con el marco legal vigente.

**El artículo 11, capítulo II, sub - capítulo I, Atribuciones y obligaciones, del D.S.N°046-2005-EM Reglamento de Seguridad e Higiene Minera – 2005.** Los titulares de la actividad minera que infrinjan las disposiciones del presente reglamento, las resoluciones directorales y demás disposiciones modificatorias y complementarias, retarden los avisos, informen o proporcionen datos falsos, incompletos o inexactos, serán sancionados con multas de una (1) a seiscientos (600) Unidades Impositivas Tributarias – UIT - que impondrá la Dirección General de Minería del Ministerio de Energía y Minas, según la gravedad de la falta, sobre la base de la evaluación de los informes de los fiscalizadores y/o funcionarios de dicha entidad, las visitas o inspecciones que se ordenen y el resultado de las mismas.

**El capítulo VII, artículo 100 y 101 de la Ley General N° 26842 de Seguridad y Salud Ocupacional:** Conducen o administran actividades de extracción, producción, transporte y comercio de bienes o servicios, cualesquiera que éstos sean, tienen la obligación de adoptar las medidas necesarias para garantizar la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores y de terceras personas en sus instalaciones o ambientes de trabajo. Las condiciones de higiene y seguridad que deben reunir los lugares de trabajo, los equipos, maquinarias, instalaciones, materiales y cualquier otro elemento relacionado con el desempeño de actividades de extracción, producción, transporte y comercio de bienes o servicios, se sujetan a las disposiciones que dicta la Autoridad de Salud competente, la que vigilará su cumplimiento.

### 2.3 Definición de términos básicos

**Actividad Minera:** Actividad de exploración, explotación, labor general, beneficio, comercialización, y transporte minero, en concordancia con la normatividad vigente.

**Altura del Banco:** Es la distancia vertical comprendida entre la plataforma superior e inferior.

**Altura del Banco:** Es la distancia vertical comprendida entre la plataforma superior e inferior.

**Ángulo de Extinción de la Cantera:** Ángulo formado por la línea de borde de extinción respecto al plano horizontal. Toma en cuenta la profundidad máxima de la cantera.

**Ángulo del Talud del Banco:** Es el ángulo que forma el talud del banco con el plano horizontal.

**Banco:** Son los cortes se ven dos caras descubiertas: una cara superior horizontal y una vertical lateral. Estos horizontes es la altura de banco en CMC la altura es de 8m.

**Berma:** es la cara superior del banco. Se utiliza para el carguío y para la circulación de los camiones. Es la franja de la cara horizontal de un banco, como un borde, que se deja especialmente para detener los derrames de material. Su ancho varía entre 8 y 12 m.

**Borde de Seguridad:** Cumple con la misión de prevenir accidentes, deteniéndose en ellas los trozos de roca que se desprenden del talud del banco.

**Borde de Seguridad:** Cumple con la misión de prevenir accidentes, deteniéndose en ellas los trozos de roca que se desprenden del talud del banco.

**Borde de Transporte:** Sirve para disponer en ellos vías de transporte, sus dimensiones varían en dependencia del tipo de transporte rodante y el número de vías.

**Borde de Transporte:** Sirve para disponer en ellos vías de transporte, sus dimensiones varían en dependencia del tipo de transporte rodante y el número de vías.

**Carguío:** proceso productivo a través del cual el material volado es limpiado mediante excavadoras, cargadores y otros equipos que realicen el traslado del material hacia un equipo de acarreo o acarreo del material.

**Certificación Ambiental:** Declaración emitida por el organismo gubernamental con competencia ambiental (autoridad ambiental), como culminación del procedimiento de una Evaluación de Impacto Ambiental.

**Concesión Minera:** Figura jurídica donde el Estado da el derecho a un tercero (empresa o persona) de realizar actividades que permitan el aprovechamiento de los recursos naturales.

**Depósitos de desmonte (DME):** son lugares especialmente destinados para recibir el material estéril de la mina a tajo abierto y los ripios que se obtienen al desarmar las pilas de lixiviación.

**Depósitos de material estéril (DME):** Son áreas destinadas a almacenar grandes cantidades de material que por su valor no son aptos para la explotación pero si para realizar actividades auxiliares la explotación.

**Dilución:** Es la disminución de la Ley de cubicación por la presencia de rocas estéril, mezcla de mineral con estéril producto de la voladura y/o carguío. Tiene consecuencia directa en la menor recuperación de mineral en los procesos de beneficio.

**Cal:** Es el producto resultante de la descomposición de las rocas calizas por la acción del calor. Estas rocas calentadas a más de 900° C producen el óxido de calcio, conocido con el nombre de cal viva, producto sólido de color blanco y peso específico de 3.4 kg/dm.

**Cal viva:** Producto resultante de la calcinación de la piedra caliza en hornos a temperaturas próximas a los 1000° C, está compuesto principalmente de óxidos de calcio y magnesio.

**Cal hidratada:** Se le conoce como nombre de cal hidratada a la especie química de hidróxido de calcio la cual es una base fuerte formada por el metal calcio unido grupos hidróxidos.

**Destape:** Es la actividad que permite retirar todo el material de sobrecarga y dejar el material útil listo para que sea arrancado por cualquiera de los medios, sea por perforación o voladura (Rocas duras).

**Franja de Explotación:** Se denomina a “La parte del banco a cuyo ancho, se explota sin cambiar de posición el transporte”.

**Macizo rocoso:** es el conjunto de matriz rocosa y discontinuidades. Presenta carácter heterogéneo, comportamiento discontinuo y normalmente anisótropo, consecuencias de la naturaleza, frecuencia y orientación de los planos de discontinuidad que condicional su comportamiento geomecánica e hidráulico. (Rodríguez, 2007)



**Mina de tajo abierto:** Depósito mineral en que su explotación se hace mediante una excavación en superficie. La geometría de dicha excavación puede variar con las características del depósito.

**Talud del Banco:** Se denomina así a la superficie inclinada del banco delimitada por el un lado con el espacio explotado y por el otro por las planta superior e inferior.

**Reserva de Mineral:** Es la cantidad de Mineral económicamente explotable con leyes superiores al Cut Off.

**Planeamiento a corto plazo:** comprende un periodo hasta de un año en los cuales es característico los planeamientos mensuales trimestrales y anuales.

**Planeamiento a mediano plazo:** para las industrias mineras comprende un periodo de cinco años.

**Planeamiento a largo plazo:** para minería especialmente las empresas subterráneas se consideraría que los planeamientos de minado se realizan de 5 a 15 años.

## **CAPÍTULO III: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

### **3.1. Análisis de tablas y gráficos**

La presente tesis profesional, se ejecutó en la en la concesión minera San Juan de la empresa minera Santa María S.R.L, desde el 15 de enero al 15 de mayo de 2017. la presente tesis propone elaborar un plan de minando óptimo, que cumpla con las expectativas acorde con el Decreto Supremo N° 024-2016-EM del Ministerio de Energía y Minas, que norma todas las actividades para la Explotación de Materiales No Metálicos.

Como se detallan a continuación:

#### **3.1.1. Ubicación de la Concesión**

##### **a. Ubicación**

La cantera denominada de la Concesión “San Juan” de la Empresa Minera San María S.R.L se encuentra ubicada en el distrito de Cajamarca, provincia Cajamarca Sub Región: IV Cajamarca, en la Región Nor Oriental del Marañón Altitud, a una altura de 2689 m.s.n.m.

**Tabla 7.** Vértices de la Calera “San Juan” Minera Santa María

VÉRTICES	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
1	775400	9194400
2	775400	9195200
3	778200	9194400
4	778200	9195200

**Fuente:** Elaboración Propia, 2017.

### **b. Generalidades de la concesión**

La concesión minera de la Calera “San Juan” de la Minera “San María” S.A.C. donde se encuentra la calera de caliza, comprende un área de 64 hectáreas. El área de influencia de la explotación de la calera se determinó según las condiciones litológicas, estructurales y de reservas para lo cual es necesario mencionar que la explotación de la calera se realizará en un área parte de la totalidad de la concesión.

La zona del proyecto está considerada como una zona compatible y estratégica donde es posible desarrollar la actividad de comercialización. La población que habita al entorno del proyecto es de recursos económicos limitados, dedicada a labores agrícolas, ganadería, comerciales.

La población tiene acceso a los niveles educativos, iniciales, primarios y secundarios. La población cuenta con atención de la salud, a través de la Posta. En cuanto a comunicaciones cuenta con agua, luz y telefonía.

**Tabla 8.** Datos de la concesión “Santa María” S.R.L.

<b>Datos de la concesión “Santa María” S.R.L.</b>	
<b>Empresa minera</b>	: “SANTA MARÍA” S.R.L.
<b>Tipo de concesión</b>	: Calera
<b>Nombre de la concesión</b>	: “SAN JUÁN”
<b>Código de la concesión N°</b>	: 04-00026-12
<b>Sustancia que se explota</b>	: Roca Caliza
<b>Extensión de la concesión</b>	: 2 hectáreas
<b>Titular de la concesión</b>	: Sr. Luis Murrugarra Sarmiento
<b>RUC de la concesión</b>	: 10268972348
<b>Dirección</b>	: Jr. Comercio N° 245
<b>Teléfono</b>	: 076 - 364567
<b>Gerente de la concesión</b>	: Ing. José Ludeña Mantilla
<b>Calificación de la concesión</b>	: Pequeña Minería

**Fuente.** Elaboración propia, 2017.

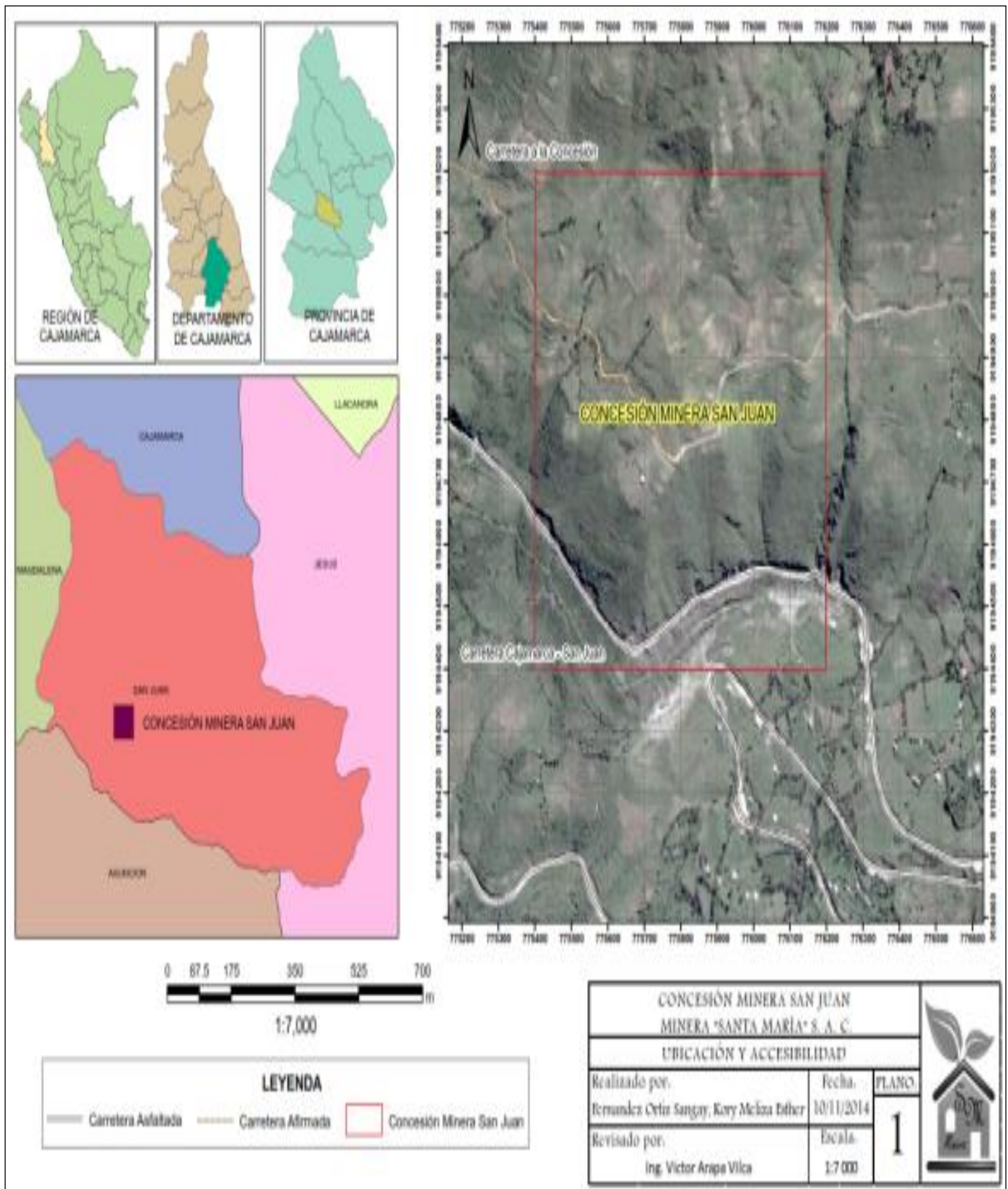
### **c. Extensión de la concesión**

La concesión minera de la Minera “Santa María” S.R.L. donde se encuentra la calera de caliza “San Juan”, comprende un área de 2 hectáreas, cuyas coordenadas UTM correspondientes a la zona 17S del sistema PSAD 56.

### **d. Permisos obtenidos**

La concesión minera de la Minera “Santa María” S.R.L. donde se encuentra la calera de caliza “San Juan”, cuenta con los siguientes permisos: Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológico, Constancia Pequeño Productor Minero No Metálico N° 1104 – 2013, Autorización de Inicio de Actividades de Exploración, Desarrollo, Preparación Explotación de Concesiones Mineras, Certificado de Formalización de la Propiedad Rural

- Licencia de Apertura de Establecimiento.



**Figura 8.** Plano de la cantera Minera "Santa María" S.R.L 2017.  
**Fuente:** Googlear 2017.

#### e. Accesibilidad

La accesibilidad de la concesión minera San Juan de la empresa minera Santa María S.R.L presenta buena accesibilidad con Cajamarca y alrededores para el transporte de los agregados. Conectándose a la ciudad por medio de la carretera interprovincial asfaltada a la costa.

**Tabla 9.** Accesibilidad de la Calera “San Juan” Minera Santa María

TRAMO	DISTANCIA (KM)	TIEMPO	ESTADO DE CARRETERA
Cajamarca – San Juan	25 km	1h 30 min	Asfaltada
San Juan - Concesión	0.5 km	10 min	Afirmada

Fuente: (E.I.A, 2018).

#### f. Extensión de la Cantera

Se hizo un reconocimiento de la zona inspeccionando in situ el afloramiento rocoso a lo largo de la carretera, faldas y cimas de los cerros. Tiene una extensión aproximada la concesión minera de la Calera “San Juan” de la Minera “San María” S.A.C. donde se encuentra la calera de caliza, comprende un área de 64 hectáreas.

#### g. Fisiografía

Los rasgos geográficos del área corresponden íntegramente a la Cordillera Occidental; caracterizada por una topografía variada con áreas fuertemente disectadas por quebradas. Los rasgos fisiográficos más saltantes son los largos valles interandinos de Cajamarca.

## h. Clima y meteorología

**Temperatura:** Las épocas de precipitación pluvial en la zona de estudio se desarrollan en los meses de enero a diciembre y en los meses de abril a setiembre las lluvias son escasas siendo típicas en esta temporada las heladas con fuertes vientos. (EIA, 2008)

## i. Flora y Fauna:

**Flora:** En la zona es variada e incipiente, y los cultivos que se dan en la zona son de índole alimenticio como la papa, maíz, quinua, habas y en algunos huertos se observa frutales como: manzana, durazno, tuna y también existen pastos naturales en mayor extensión y forrajeros como la alfalfa.



**Figura 9.** Siembra en la zona de San Juan 2017.

**Fuente:** Googlear 2017.



**Fauna:** Con relación a la fauna, es una zona dedicada a la ganadería, existiendo vacunos, ovinos y porcinos, también se nota la presencia de palomas y algunos pájaros (picaflor, Gallinazos, chinalinda, etc), y lo que la gente cría en la casa como son los cuyes, las aves de corral (patos, y gallinas) y animales domésticos como perros y gatos.

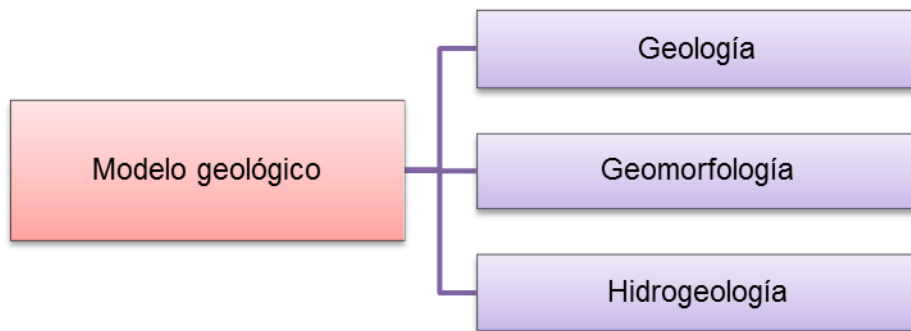


**Figura 10.** Fauna de la zona de San Juan 2017.  
**Fuente:** Googlear 2017.

### 3.1.2. Modelo Geológico

La cantera denominada de la Concesión “San Juan” de la Empresa Minera San María S.R.L, se realizó el análisis de la zona de la calera mediante las siguientes clasificaciones geomecánicas:





**Figura 11:** Esquema del Modelo Geológico utilizado en el Plan de Minado  
**Fuente.** Elaboración propia, 2017.

### a. Geología

- **Grupo pulluicana (Ks- pu)**

La litología predominante es una caliza arcillosa, grisácea, que intemperiza a crema o marrón claro y que se presenta en capas medianas, nodulares e irregularmente estratificadas. Intercaladas con las calizas.

El grupo Pulluicana generalmente tiene una fauna relativamente abundante de especies de: Exogyra, Inoceramus, pero los amonites son escasos. Los cuales están comprendidos entre la parte tardía del Albiano medio y el Cenomaniano temprano.

- **Formación yumagual (Ks – yu)**

Consiste en una secuencia de margas y calizas gris parduzcas en bancos más o menos uniformes, destacando un miembro medio lutáceo margoso, amarillento, dentro de un conjunto homogéneo presenta escarpas debido a su dureza uniforme. En algunos horizontes se observan nodulaciones calcáreas.

- **Formación quilquiñan - mujarrum (*Ks – qm*)**

La base consiste en una secuencia de calizas nodulares, seguida de una intercalación de margas y lutitas amarillentas con abundantes elementos del género *Exogyra*.

Continúan delgados lechos de calizas nodulares con margas de color pardo amarillento, también fosilíferas. Finalmente se encuentran bancos de calizas claras con lutitas arenosas y margas delgadas con abundantes fósiles.

- **Formación Cajamarca**

Consiste en calizas gris oscuras a azuladas y consistentes, con delgados lechos de lutitas y margas. Esta Formación suprayace en concordancia a la Formación Quilquiñan Mujarrun e infrayace a la Formación Celendín. Su espesor varía entre 600 y 700 metros. Perteneciente al Turoniano superior.

Según la clasificación de Dunham para las rocas carbonatadas, esta roca es de tipo Wackestone, Mudstone y Packstone.



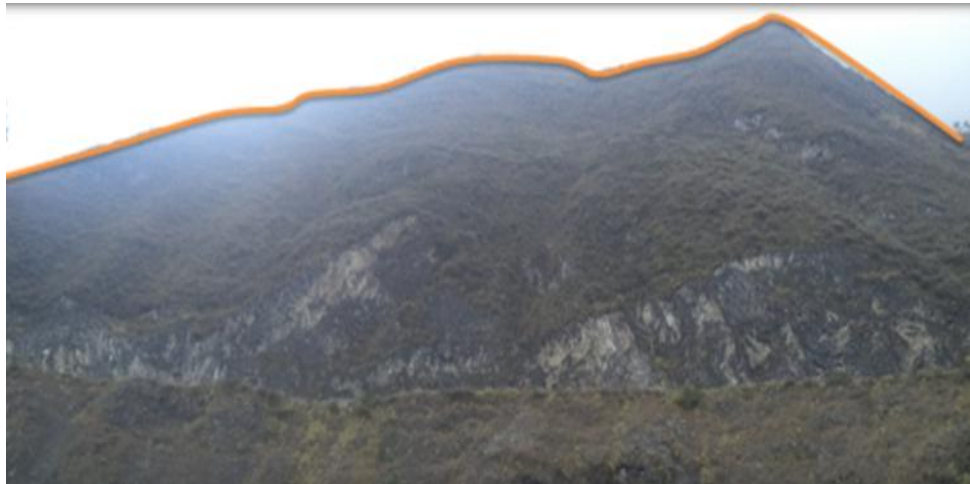
**Figura 12.** Macizo Rocos de la Formación Cajamarca  
**Fuente.** Elaboración propia. (2017)

## b. Geomorfología

La cantera denominada de la Concesión “San Juan” de la Empresa Minera San María S.R.L, presenta las siguientes geoformas:



**Figura 13.** Colina baja fuertemente inclinada  
**Fuente.** Elaboración propia. (2017)



**Figura 14.** Ladera de Montaña moderadamente Empinada  
Fuente. Elaboración propia. (2017)

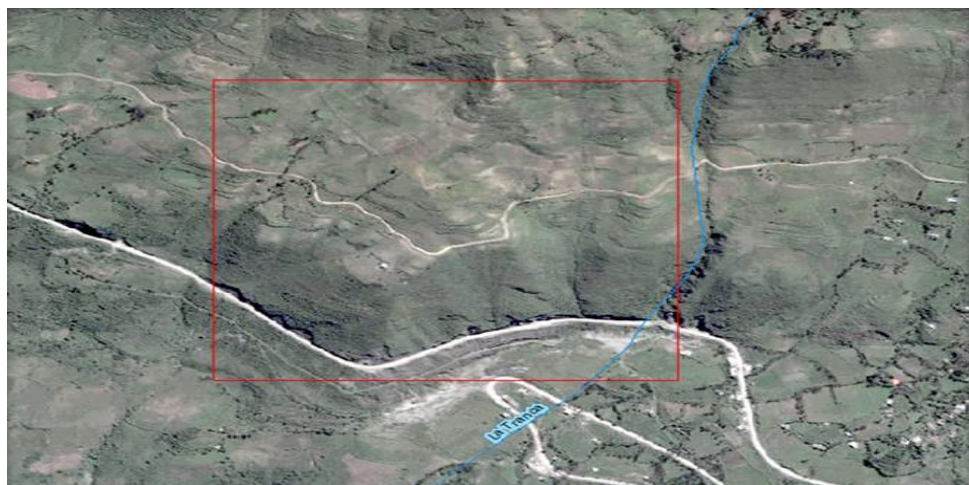
**Tabla 10.** Resumen de geformas encontradas en la Concesión Minera San Juan.

Paisaje	Geforma
Colinoso	Colina baja fuertemente inclinada
Montañoso	Ladera de Montaña Moderadamente empinada

**Fuente.** Elaboración propia. (2017)

### c. Hidrogeología

En la zona de la concesión Minera de la Minera “Santa María” S.R.L. de la Calera “San Juan”, pasa por el lado Sur – Este la Quebrada La Tranca que tiene su desembocadura en el río San Juan.



**Figura 15.** Quebrada La Tranca ubicada al Sur – Este de la Concesión  
**Fuente.** Elaboración propia. (2017).

A continuación se muestra las inspecciones realizadas en la cantera durante el periodo de estudio:

### 3.1.3. Prueba de Confiabilidad

Para el desarrollo de la presente tesis profesional se realiza la prueba de la confiabilidad las tablas geomecánicas a utilizar se determinó mediante el coeficiente de Alfa de Cronbach.

$$\alpha = \frac{k}{k - 1} \left[ 1 - \frac{\sum si^2}{st^2} \right]$$

**Dónde:**

K = El número de ítems

$si^2$  = Sumatoria de varianza de los ítems

$\alpha$  = Coeficiente de Alfa de Cronbach

**Tabla 11.** Prueba de Confiabilidad - coeficiente Alfa de Crombach

Parámetros Estaciones.	RQD	RMR	GSI	suma de parámetros
1	82	67	62	211
2	82.66	68	63	213.66
3	83	69	64	216
VARIANZA	0.17	0.67	0.67	4.17
SUMATORIA	1.51			

**Fuente.** Elaboración Propia. (2017).

$$\alpha = \frac{3}{3 - 1} \left[ 1 - \frac{1.51}{4.17} \right]$$

$$a = \frac{3}{2} [1 - 0.36]$$

$$a = 1.5 * 0.64$$

$$a = 0.96$$

Dado que el coeficiente de Alfa de Cronbach, es muy próximo a 1 el grado de confiabilidad del instrumento es alto.

#### **Donde para la Validez se tiene:**

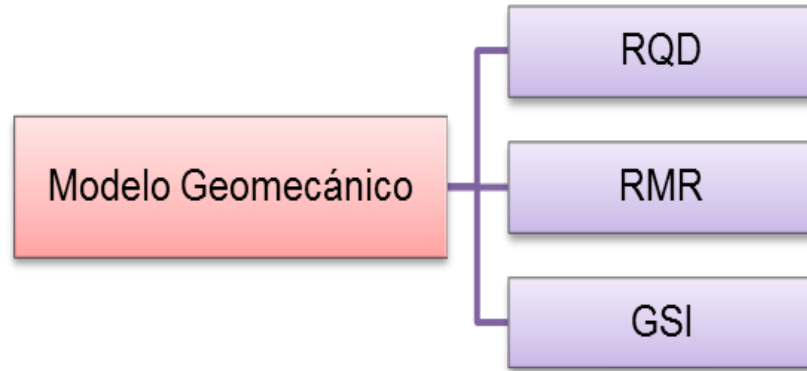
Se utilizó tablas geomecánicas elaboradas por los autores **Bieniawski (1989)**, **Hoek y Brown (2002)** aprobadas por la norma **ASTM-88** (American Society of Testing Materials), Para la recolección de datos geomecánicos se utilizó una ficha de observación modificada de R. Rodríguez (2012), que fue validada por dos expertos.

#### **3.1.4. Análisis cualitativo y cuantitativo de las variables**

Después de haber dado por válida, el presente trabajo de investigación se procedió a medir el RGQ, de las siguientes estaciones:

##### **Modelo Geomecánico**

Hemos realizado el análisis de la zona de la calera mediante las siguientes clasificaciones geomecánicas:



**Figura 16.** Modelo Geomecánico  
**Fuente.** Elaboración propia, 2017.

### A. Caracterización del macizo rocoso

#### Estación 1.

**Descripción del afloramiento:** La estación UTM PSAD 56 de la Estación 1, presenta las siguientes coordenadas como se especifica en la siguiente Tabla:

**Tabla 1.** Coordenadas UTM PSAD 56 de la Estación 1

Zona	Coordenadas	
	Este	Norte
17 M	775590	9194650

**Fuente.** Elaboración propia. (2017).

En la descripción de meteorización de la roca intacta (Duque & Escobar, 1998) la podemos ubicar en un término de ligeramente meteorizada debido a que la disolución presente es leve. Además también se encuentran óxidos de hierro.





**Figura 17.** Macizo Rocoso, Estación 1, donde se realizó el Análisis Geomecánico  
**Fuente.** Elaboración propia. (2017).

### **Descripción de las discontinuidades:**

**Resistencia:** R3 (50-100 Mp), la roca se rompe con dos golpes de martillo, por lo que corresponde:

**Espaciamiento:** El espaciamiento promedio medido de las discontinuidades es de 20 a 60 cm.



**Figura 18. E1. Orientación de las discontinuidades**  
**Fuente.** Elaboración propia. (2017).



**Persistencia:** La persistencia promedio medido es de 5 a 8 metros.

**Apertura:** La discontinuidades se encuentran cerradas

**Rugosidad:** La cara de las discontinuidades se presenta lisa.

**Relleno:** La discontinuidades no presentan relleno, se encuentran limpias.

**Alteración:** Las discontinuidades están leve mente alteradas.



**Figura 19.** E2. Orientación de las discontinuidades  
**Fuente.** Elaboración propia. (2017).

**Agua subterránea:** las discontinuidades no presentan filtración de agua.

## Para medir el RQD

Para medir el RQD solo se necesita de un índice el cual es el espaciado. El RQD lo estimamos a partir de un área de estudio en un macizo rocoso, utilizando la siguiente ecuación:

$$RQD = 100e^{-0.1\lambda}(0.1\lambda + 1)$$

Antes del cálculo del RQD en sí necesitamos calcular  $\lambda$  que viene a ser la frecuencia de las discontinuadas, la misma que se halla así:

$$\lambda = \frac{ND}{L}$$

Tabla 13. RQD Estratos (Familia 1)

RQD Estratos (Familia 1)
<ul style="list-style-type: none"><li>• L = 2 m</li><li>• N° de discontinuidades = 17</li><li>• <math>\lambda</math> Estratos = 8.5</li></ul>
RQD Diaclasa 1 (Familia 2)
<ul style="list-style-type: none"><li>• L = 2 m</li><li>• N° de discontinuidades = 15</li><li>• <math>\lambda</math> Diaclasa 1 = 7.5</li></ul>
RQD Diaclasa 2 (Familia 3)
<ul style="list-style-type: none"><li>• L = 2 m</li><li>• N° de discontinuidades = 12</li><li>• <math>\lambda</math> Diaclasa 2 = 6</li></ul>

Fuente. Elaboración propia, 2017.

**Tabla 2.** Rock Quality Designation, valoración de cada set de discontinuidades Estación 1

ROCK QUALITY DESIGNATION	RQD	RQD		
		Estrato	Diaclasa 1	Diaclasa 2
Muy mala	0-25			
Mala	25-50			
Regular	50-75			
Buena	75-90	79.072	82.664	87.810
Excelente	90-100			

**Fuente.** Elaboración propia. (2017).

### Para el RMR

Para determinar la clasificación del macizo rocoso, determinaremos el RMR tomamos en cuenta los set: Estratos, Diaclasas 1 Diaclasas 2. Que controla la estabilidad del talud natural.

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) - ESTRATOS											
PARAMETRO	RANGO DE VALORES								VALORACION		
R. COMPRESION UNIAxIAL (Mpa)	>250 (15)		100-250 (12)	X	50-100 (7)		25-50 (4)		<25(2) <5(1) <1(0)	7	
RQD %	90-100 (20)	X	75-90 (17)		50-75 (13)		25-50 (8)		<25 (3)	17	
ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)		0,6-2 (15)	X	0.2-0.6 (10)		0.06-0.2 (8)		<0.06 (5)	10	
CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA		<1m (6)		1-3 m (4)	X	3-10m (2)		10-20 m (1)	> 20 m (0)	2
	APERTURA	X	Cerrada (6)		<0.1mm (5)		0.1-1.0mm (4)		1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	6
	RUGOSIDAD		Muy rugosa (6)		Rugosa (5)		Mod. rugosa (3)	X	Lisa (1)	Muy lisa (0)	1
	RELLENO	X	Limpia (6)		Duro < 5mm (4)		Duro> 5mm (2)		Blando < 5 mm (2)	Blando > 5 mm (0)	6
	ALTERACION		Sana (6)	X	Lev. alterado (5)		Mod. alterado (3)		Alta alteracion (1)	Descompuesta (0)	5
AGUA SUBTERRANEA	X	Seco (15)		Humedo (10)		Mojado (7)		Goteo (4)	Flujo (0)	15	
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =									69		
CLASE DE MACIZO ROCOSO											
RMR	100 - 81		80 - 61		60 - 41		40 - 21		20 - 0	Clase II	
DESCRIPCION	I MUY BUENA		II BUENA		III REGULAR		IV MALA		V MUY MALA		

**Figura 20.** Valoración de macizo rocoso (RMR) - Estratos (Familia 1)

**Fuente.** Elaboración propia. (2017).

En la Figura 20, de Valoración del macizo rocoso, en la Estación 1, de los análisis de la concesión Minera de la Minera “Santa María” S.R.L. de la Calera “San Juan”, se obtiene un promedio de 60 de RMR; del Valoración del Macizo Rocosos (R.M.R), para el Estratos de la calera esto quiere decir que el macizo rocoso presenta regular condición y que corresponde al **Grado II** con la característica de **Roca Buena**.

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) – DIACLASA 1											
PARAMETRO		RANGO DE VALORES								VALORACION	
R. COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)		>250 (15)		100-250 (12)	X	50-100 (7)		25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	7	
RQD %		90-100 (20)	X	75-90 (17)		50-75 (13)		25-50 (8)	<25 (3)	17	
ESPACIAMIENTO (m)		>2 (20)		0,6-2 (15)	X	0.2-0.6 (10)		0.06-0.2 (8)	< 0.06 (5)	10	
CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m (6)		1-3 m (4)	X	3-10m (2)		10-20 m (1)	>20 m (0)	2	
	APERTURA	Cerrada (6)	X	<0.1mm (5)		0.1-1.0mm (4)		1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	5	
	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)		Rugosa (5)		Mod. rugosa (3)	X	Lisa (1)	Muy lisa (0)	1	
	RELLENO	Limpia (6)	X	Duro < 5mm (4)		Duro> 5mm (2)		Blando < 5 mm (2)	Blando > 5 mm (0)	6	
	ALTERACION	Sana (6)	X	Lev. alterado (5)		Mod. alterado (3)		Alta alteracion (1)	Descompuesta (0)	5	
AGUA SUBTERRANEA		X	Seco (15)		Humedo (10)		Mojado (7)		Goteo (4)	Flujo (0)	15
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =										68	
CLASE DE MACIZO ROCOSO											
RMR		100 - 81		80 - 61		60 - 41		40 - 21		20 - 0	Clase II
DESCRIPCION		I MUY BUENA		II BUENA		III REGULAR		IV MALA		V MUY MALA	

**Figura 21.** Valoración de macizo rocoso (RMR) - Diaclasas 1 (Familia 2)  
**Fuente.** Elaboración propia. (2017).

En la Figura 21, de Valoración del macizo rocoso, en la Estación 1, de la Familia 2 de los análisis de la concesión Minera de la Minera “Santa María” S.R.L. de la Calera “San Juan”, se obtiene un promedio de 60 de RMR; del Valoración del Macizo Rocosos (R.M.R), para el Estratos de la calera esto quiere decir que el macizo rocoso presenta regular condición y que corresponde al **Grado II** con la característica de **Roca Buena**.

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) – DIACLASA 2												
PARAMETRO	RANGO DE VALORES								VALORACION			
R. COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)		>250 (15)		100-250 (12)	X	50-100 (7)		25-50 (4)		<25(2) <5(1) <1(0)	7	
RQD %		90-100 (20)	X	75-90 (17)		50-75 (13)		25-50 (8)		<25 (3)	17	
ESPACIAMIENTO (m)		>2 (20)		0,6-2 (15)	X	0.2-0.6 (10)		0.06-0.2 (8)		< 0.06 (5)	10	
CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA		<1m (6)		1-3 m (4)	X	3-10m (2)		10-20 m (1)		> 20 m (0)	2
	APERTURA	X	Cerrada (6)		<0.1mm (5)		0.1-1.0mm (4)		1 - 5 mm (1)		> 5 mm (0)	6
	RUGOSIDAD		Muy rugosa (6)		Rugosa (5)		Mod. rugosa (3)	X	Lisa (1)		Muy lisa (0)	1
	RELLENO	X	Limpia (6)		Duro < 5mm (4)		Duro> 5mm (2)		Blando < 5 mm (2)		Blando > 5 mm (0)	6
	ALTERACION		Sana (6)	X	Lev. alterado (5)		Mod. alterado (3)		Alta alteracion (1)		Descompuesta (0)	5
AGUA SUBTERRANEA	X	Seco (15)		Humedo (10)		Mojado (7)		Goteo (4)		Flujo (0)	15	
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =										69		
CLASE DE MACIZO ROCOSO												
RMR	100 - 81		80 - 61		60 - 41		40 - 21		20 - 0		Clase II	
DESCRIPCION	I MUY BUENA		II BUENA		III REGULAR		IV MALA		V MUY MALA			

**Figura 22.** Valoración de macizo rocoso (RMR) - Diaclasas 2 (Familia 3)  
**Fuente.** Elaboración propia. (2017).

En la Figura 22, de Valoración del macizo rocoso, en la Estación 1, de la Familia 3 de los análisis de la concesión Minera de la Minera “Santa María” S.R.L. de la Calera “San Juan”, se obtiene un promedio de 60 de RMR; del Valoración del Macizo Rocosó (R.M.R), para el Estratos de la calera esto quiere decir que el macizo rocoso presenta regular condición y que corresponde al Grado II con la característica de Roca Buena.

### Para el GSI

El Índice Geológico de Resistencia, nos indica del macizo rocoso la reducción de la resistencia respecto a la roca intacta por el estado de fracturamiento y la calidad de las discontinuidades.

<b>ÍNDICE GEOLÓGICO DE RESISTENCIA GSI (<i>geological strength index</i>)</b>  A partir de la clasificación obtenida en la Figura 3.94 seleccionar el cuadro correspondiente en este ábaco y obtener el valor medio del índice GSI.		CONDICIÓN DEL FRENTE				
ESTRUCTURA		MUY BUENA (MB) Superficies muy rugosas sin alterar	BUENA (B) Superficies rugosas ligeramente alteradas, con pátinas de oxidación	MEDIA (M) Superficies suaves moderadamente alteradas	POBRE (P) Superficies de cizalla muy alteradas con rellenos compactos conteniendo fragmentos rocosos	MUY POBRE (MP) Superficies de cizalla muy alteradas con rellenos arcillosos
	<b>BLOQUES REGULARES (BR)</b> Macizo rocoso sin alterar. Bloques en contacto de forma cúbica formados por tres familias de discontinuidades ortogonales, sin relleno.	80	70	60	50	40
	<b>BLOQUES IRREGULARES (BI)</b> Macizo rocoso parcialmente alterado. Bloques en contacto de forma angular formados por cuatro o más familias de discontinuidades con rellenos con baja proporción de finos.	60	50	40	30	20
	<b>BLOQUES Y CAPAS (BC)</b> Macizo alterado, plegado y fracturado con múltiples discontinuidades que forman bloques angulosos y con baja proporción de finos.	40	30	20	10	
	<b>FRACTURACIÓN INTENSA (FI)</b> Macizo rocoso muy fracturado formado por bloques angulosos y redondeados, con alto contenido de finos.					

**Figura 23.** Índice Geológico de Resistencia (GSI), Hoek & Brown, 1997, Estación 1  
**Fuente.** Elaboración propia. (2017).



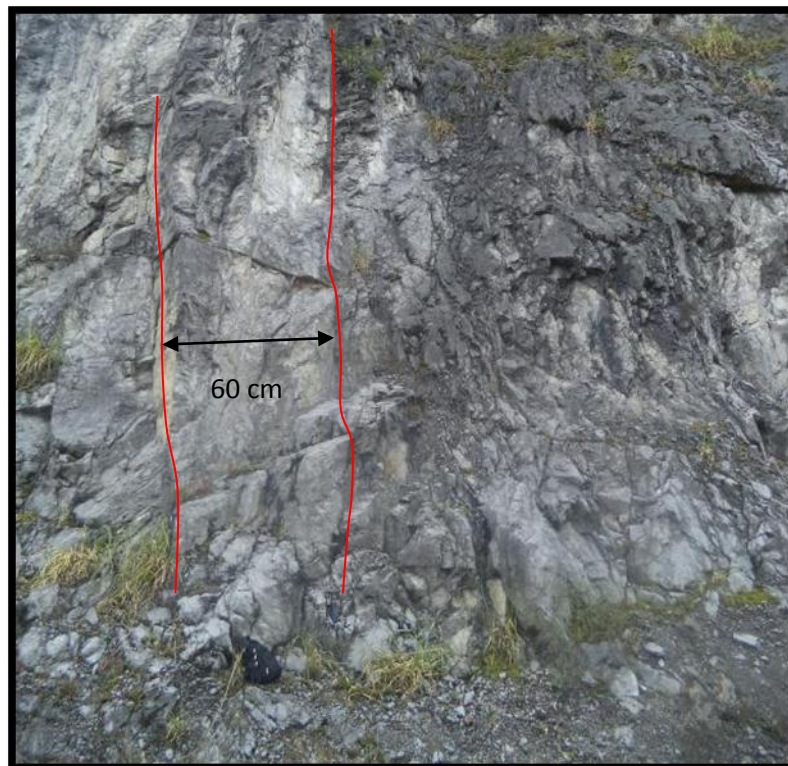
## Estación 2

**Descripción del afloramiento:** La estación UTM PSAD 56 de la Estación 2, presenta las siguientes coordenadas como se especifica en la siguiente tabla:

**Tabla 15.** Coordenadas UTM PSAD 56 C. E2-  
Minera San Juan.

Zona	Coordenadas	
	Este	Norte
17 M	775657	9194605

**Fuente.** Elaboración propia. (2017).



**Figura 24.** Macizo Rocos, Estación 2 donde se realizó el Análisis Geomecánico  
**Fuente.** Elaboración propia. (2017).

### **Descripción de las discontinuidades:**

**Resistencia:** R3 (100-250 Mp), la roca se rompe con dos golpes de martillo, por lo que corresponde

**Espaciamiento:** El espaciamiento promedio medido de las discontinuidades es de 20 a 60 cm

**Persistencia:** La persistencia promedio medido es de 12 a 16 metros

**Apertura:** La discontinuidades se encuentran cerradas

**Rugosidad:** la cara de las discontinuidades se presenta moderado rugoso

**Relleno:** La discontinuidades no presentan relleno, se encuentran limpias

**Alteración:** Las discontinuidades están leve mente alteradas.

**Agua subterránea:** las discontinuidades no presentan filtración de agua.



**Figura 25. E1. Orientación de las discontinuidades**

**Fuente.** Elaboración propia. (2017).



### **RQD**

Para medir el RQD solo se necesita de un índice el cual es el espaciado. El RQD lo estimamos a partir de un área de estudio en un macizo rocoso, utilizando la siguiente ecuación:

$$RQD = 100e^{-0.1\lambda}(0.1\lambda + 1)$$

Antes del cálculo del RQD en sí necesitamos calcular  $\lambda$  que viene a ser la frecuencia de las discontinuadas, la misma que se halla así:

$$\lambda = \frac{ND}{L}$$

#### RQD Estratos

- L = 2 m
- N° de discontinuidades = 16
- $\lambda$  Estratos = 8

#### RQD Diaclasa 1

- L = 2 m
- N° de discontinuidades = 15
- $\lambda$  Diaclasa 1 = 7.5

#### RQD Diaclasa 2

- L = 2 m
- N° de discontinuidades = 12
- $\lambda$  Diaclasa 2 = 6

#### RQD Diaclasa 3

- L = 2 m
- N° de discontinuidades = 13
- $\lambda$  Diaclasa 2 = 6.5

**Tabla 3.** Rock Quality Designation, valoración de cada set de discontinuidades, Estación 2

ROCK QUALITY DESIGNATION	RQD	RQD			
		Estrato	Diaclasa 1	Diaclasa 2	Diaclasa 3
Muy mala	<b>0-25</b>				
Mala	<b>25-50</b>				
Regular	<b>50-75</b>				
Buena	<b>75-90</b>	80.879	86.138	82.664	87.810
Excelente	<b>90-100</b>				

**Fuente.** Elaboración propia. (2017).

### RMR

Para determinar la clasificación del macizo rocoso, determinaremos el RMR tomamos en cuenta los set: Estratos, Diaclasas 1 Diaclasas 2 Diaclasas 3. Que controla la estabilidad del talud natural.

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) - ESTRATOS										
PARAMETRO		RANGO DE VALORES							VALORACION	
R. COMPRESION UNIAxIAL (Mpa)		>250 (15)	X	100-250 (12)		50-100 (7)		25-50 (4)	<25 (2) <5 (1)	12
RQD %	X	90-100 (20)		75-90 (17)		50-75 (13)		25-50 (8)	<25 (3)	20
ESPACIAMIENTO (m)		>2 (20)		0,6-2 (15)	X	0.2-0.6 (10)		0.06-0.2 (8)	< 0.06 (5)	10
CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m (6)		1-3 m (4)		3-10m (2)	X	10-20 m (1)	> 20 m (0)	1
	APERTURA	X	Cerrada (6)	<0.1mm (5)		0.1-1.0mm (4)		1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	6
	RUGOSIDAD		Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	X	Mod. rugosa (3)		Lisa (1)	Muy lisa (0)	3
	RELLENO	X	Limpia (6)	Duro < 5mm (4)		Duro > 5mm (2)		Blando < 5 mm (2)	Blando > 5 mm (0)	6
	ALTERACION		Sana (6)	Lev. alterado (5)		Mod. alterado (3)		Alta alteracion (1)	Descompuesta (0)	5
AGUA SUBTERRANEA	X	Seco (15)		Humedo (10)		Mojado (7)		Goteo (4)	Flujo (0)	15
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =										78
CLASE DE MACIZO ROCOSO										
RMR		100 - 81		80 - 61		60 - 41		40 - 21	20 - 0	Clase II
DESCRIPCION		I MUY BUENA		II BUENA		III REGULAR		IV MALA	V MUY MALA	

**Figura 26.** Valoración de macizo rocoso (RMR) – Estratos (Familia 1)

**Fuente.** Elaboración propia. (2017).

En la Figura 26, de Valoración del macizo rocoso, en la Estación 2, de la Familia 1 de los análisis de la

concesión Minera de la Minera “Santa María” S.R.L. de la Calera “San Juan”, se obtiene un promedio de 60 de RMR; del Valoración del Macizo Rocoso (R.M.R), para el Estratos de la calera esto quiere decir que el macizo rocoso presenta regular condición y que corresponde al **Grado II** con la característica de **Roca Buena**.

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) - DIACLASA 1										
PARAMETRO		RANGO DE VALORES							VALORACION	
R. COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)		>250 (15)	X	100-250 (12)		50-100 (7)		25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	12
RQD %		X	90-100 (20)		75-90 (17)		50-75 (13)		25-50 (8) <25 (3)	20
ESPACIAMIENTO (m)			>2 (20)		0,6-2 (15)	X	0,2-0,6 (10)		0,06-0,2 (8) <0,06 (5)	10
CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA		<1m (6)		1-3 m (4)	X	3-10m (2)		10-20 m (1) > 20 m (0)	2
	APERTURA	X	Cerrada (6)		<0.1mm (5)		0.1-1.0mm (4)		1 - 5 mm (1) > 5 mm (0)	6
	RUGOSIDAD		Muy rugosa (6)		Rugosa (5)		Mod. rugosa (3)	X	Lisa (1) Muy lisa (0)	1
	RELLENO	X	Limpia (6)		Duro < 5mm (4)		Duro> 5mm (2)		Blando < 5 mm (2) Blando > 5 mm (0)	6
	ALTERACION		Sana (6)	X	Lev. alterado (5)		Mod. alterado (3)		Alta alteracion (1) Descompuesta (0)	5
AGUA SUBTERRANEA		X	Seco (15)		Humedo (10)		Mojado (7)		Goteo (4) Flujo (0)	15
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =										77
CLASE DE MACIZO ROCOSO										
RMR		100 - 81		80 - 61		60 - 41		40 - 21	20 - 0	Clase II
DESCRIPCION		I MUY BUENA		II BUENA		III REGULAR		IV MALA	V MUY MALA	

**Figura 27.** Valoración de macizo rocoso (RMR) - Diaclasas 1 (Familia 2)  
**Fuente.** Elaboración propia. (2017).

En la Figura 27, de Valoración del macizo rocoso, en la Estación 2, de la Familia 2 de los análisis de la concesión Minera de la Minera “Santa María” S.R.L. de la Calera “San Juan”, se obtiene un promedio de 60 de RMR; del Valoración del Macizo Rocoso (R.M.R), para el Estratos de la calera esto quiere decir que el macizo rocoso presenta regular condición y que corresponde al **Grado II** con la característica de **Roca Buena**.

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) – DIACLASA 2										
PARAMETRO		RANGO DE VALORES							VALORACION	
R. COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)		>250 (15)	X	100-250 (12)		50-100 (7)		25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	12
RQD %		90-100 (20)		75-90 (17)		50-75 (13)		25-50 (8)	<25 (3)	20
ESPACIAMIENTO (m)		>2 (20)		0,6-2 (15)	X	0.2-0.6 (10)		0.06-0.2 (8)	< 0,06 (5)	10
CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m (6)		1-3 m (4)		3-10m (2)	X	10-20 m (1)	> 20 m (0)	1
	APERTURA	X	Cerrada (6)	<0.1mm (5)		0.1-1.0mm (4)		1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	6
	RUGOSIDAD		Muy rugosa (6)	Rugosa (5)		Mod. rugosa (3)	X	Lisa (1)	Muy lisa (0)	1
	RELLENO	X	Limpia (6)	Duro < 5mm (4)		Duro> 5mm (2)		Blando < 5 mm (2)	Blando > 5 mm (0)	6
	ALTERACION		Sana (6)	Lev. alterado (5)		Mod. alterado (3)		Alta alteracion (1)	Descompuesta (0)	5
AGUA SUBTERRANEA		X	Seco (15)	Humedo (10)		Mojado (7)		Goteo (4)	Flujo (0)	15
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =										76
CLASE DE MACIZO ROCOSO										
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0					Clase II
DESCRIPCION	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA					

Figura 4. Valoración de macizo rocoso (RMR) - Diaclasas 2 (Familia 3)

Fuente. Elaboración propia. (2017).

En la Figura 28, de Valoración del macizo rocoso, en la Estación 2, de la Familia 3 de los análisis de la concesión Minera de la Minera “Santa María” S.R.L. de la Calera “San Juan”, se obtiene un promedio de 60 de RMR; del Valoración del Macizo Rocosó (R.M.R), para el Estratos de la calera esto quiere decir que el macizo rocoso presenta regular condición y que corresponde al **Grado II** con la característica de **Roca Buena**.

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) – DIACLASA 3											
PARAMETRO		RANGO DE VALORES							VALORACION		
R. COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)		>250 (15)	X	100-250 (12)		50-100 (7)		25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	12	
RQD %		X	90-100 (20)		75-90 (17)		50-75 (13)		25-50 (8) <25 (3)	20	
ESPACIAMIENTO (m)			>2 (20)		0,6-2 (15)	X	0.2-0.6 (10)		0.06-0.2 (8) < 0.06 (5)	10	
CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA		<1m (6)		1-3 m (4)	X	3-10m (2)		10-20 m (1) > 20 m (0)	2	
	APERTURA	X	Cerrada (6)		<0.1mm (5)		0.1-1.0mm (4)		1 - 5 mm (1) > 5 mm (0)	6	
	RUGOSIDAD		Muy rugosa (6)		Rugosa (5)		Mod. rugosa (3)	X	Lisa (1) Muy lisa (0)	1	
	RELLENO	X	Limpia (6)		Duro < 5mm (4)		Duro> 5mm (2)		Blando < 5 mm (2) Blando > 5 mm (0)	6	
	ALTERACION		Sana (6)	X	Lev. alterado (5)		Mod. alterado (3)		Alta alteracion (1) Descompuesta (0)	5	
AGUA SUBTERRANEA		X	Seco (15)		Humedo (10)		Mojado (7)		Goteo (4) Flujo (0)	15	
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =										77	
CLASE DE MACIZO ROCOSO											
RMR	100 - 81		80 - 61		60 - 41		40 - 21		20 - 0		Clase II
DESCRIPCION	I MUY BUENA		II BUENA		III REGULAR		IV MALA		V MUY MALA		

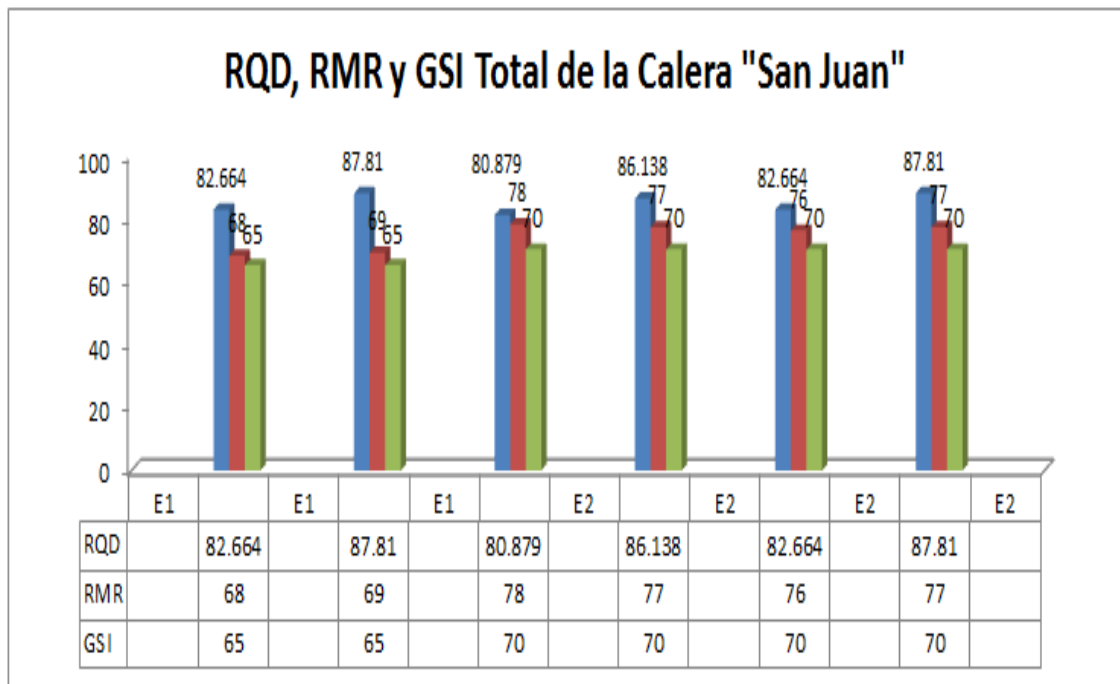
Figura 5. Valoración de macizo rocoso (RMR) - Diaclasas 3 (Familia 4)

Fuente. Elaboración propia. (2017).

En la Figura 29, de Valoración del macizo rocoso, en la Estación 2, de la Familia 4 de los análisis de la concesión Minera de la Minera “Santa María” S.R.L. de la Calera “San Juan”, se obtiene un promedio de 60 de RMR; del Valoración del Macizo Rocosos (R.M.R), para el Estratos de la calera esto quiere decir que el macizo rocoso presenta regular condición y que corresponde al Grado II con la característica de Roca Buena.

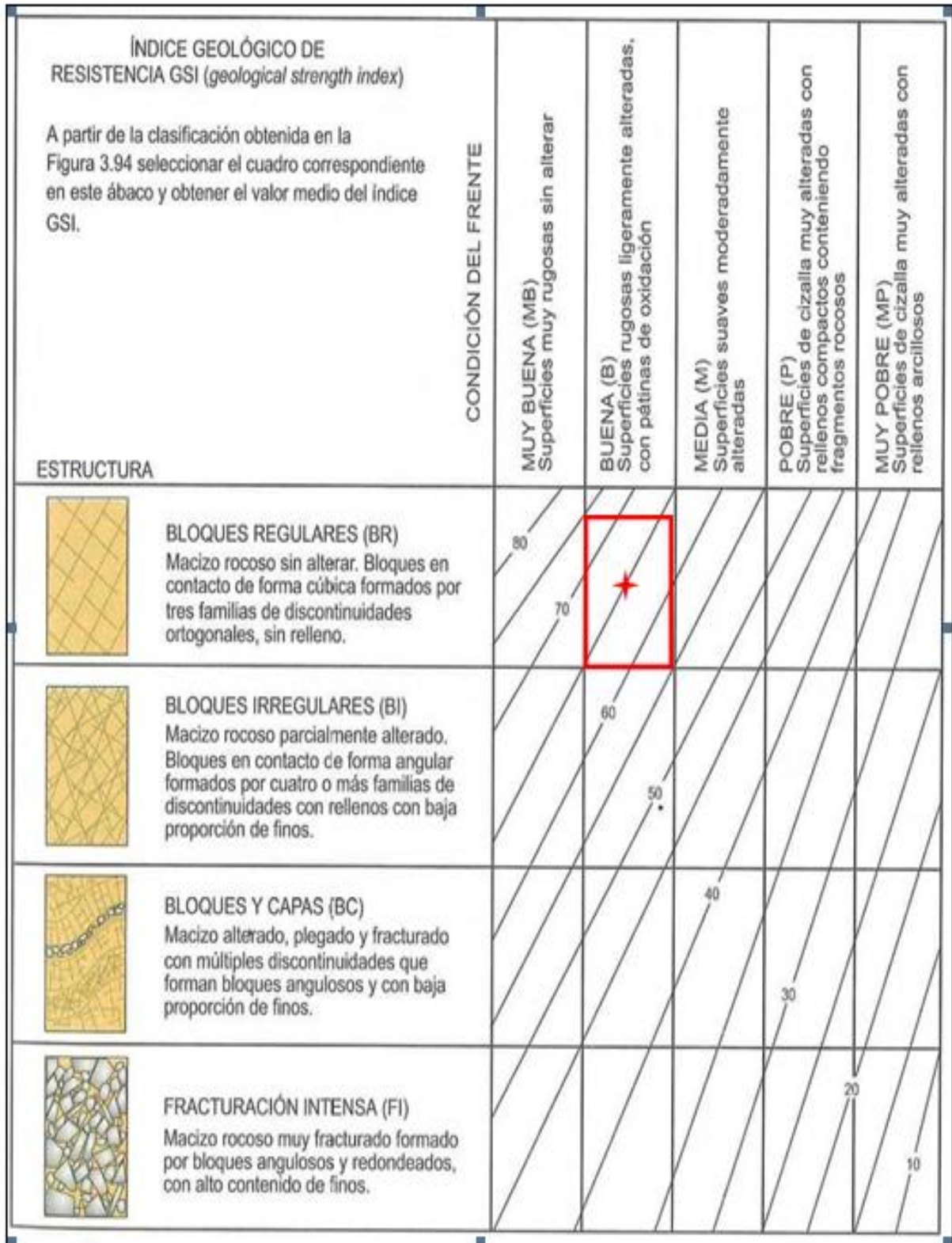
### Para el GSI

El Índice Geológico de Resistencia, nos indica del macizo rocoso la reducción de la resistencia respecto a la roca intacta por el estado de fracturamiento y la calidad de las discontinuidades.



**Figura 6.** Valoración resumen de RQD, RMR y GSI  
**Fuente.** Elaboración propia. (2017).

En la Figura 30, de Valoración resumen de RQD, RMR y GSI, que en la Estación 1, de la Familia 1 el mayor RQD, es de 82.66 y en la estación E1 es de 78 RMR, y el GSI es de 70, más en la estación 2, se aprecia que el mayor RQD es de 87.81, el RMR es de 77 y el mayor promedio de GSI es en las 3 muestras de las estaciones 2 de 70, de los análisis de la concesión Minera de la Minera "Santa María" S.R.L. de la Calera "San Juan", lo que se infiere que la Valoración del Macizo Rocoso (R.M.R), para el Estratos de la calera esto quiere decir que el macizo rocoso presenta regular condición y que corresponde al **Grado II** con la característica de **Roca Buena**.



**Figura 31.** Índice Geológico de Resistencia (GSI), Hoek & Brown, 1997, Estación 2  
**Fuente.** Elaboración propia. (2017).

## **A. Cálculo de la estabilidad de los taludes**

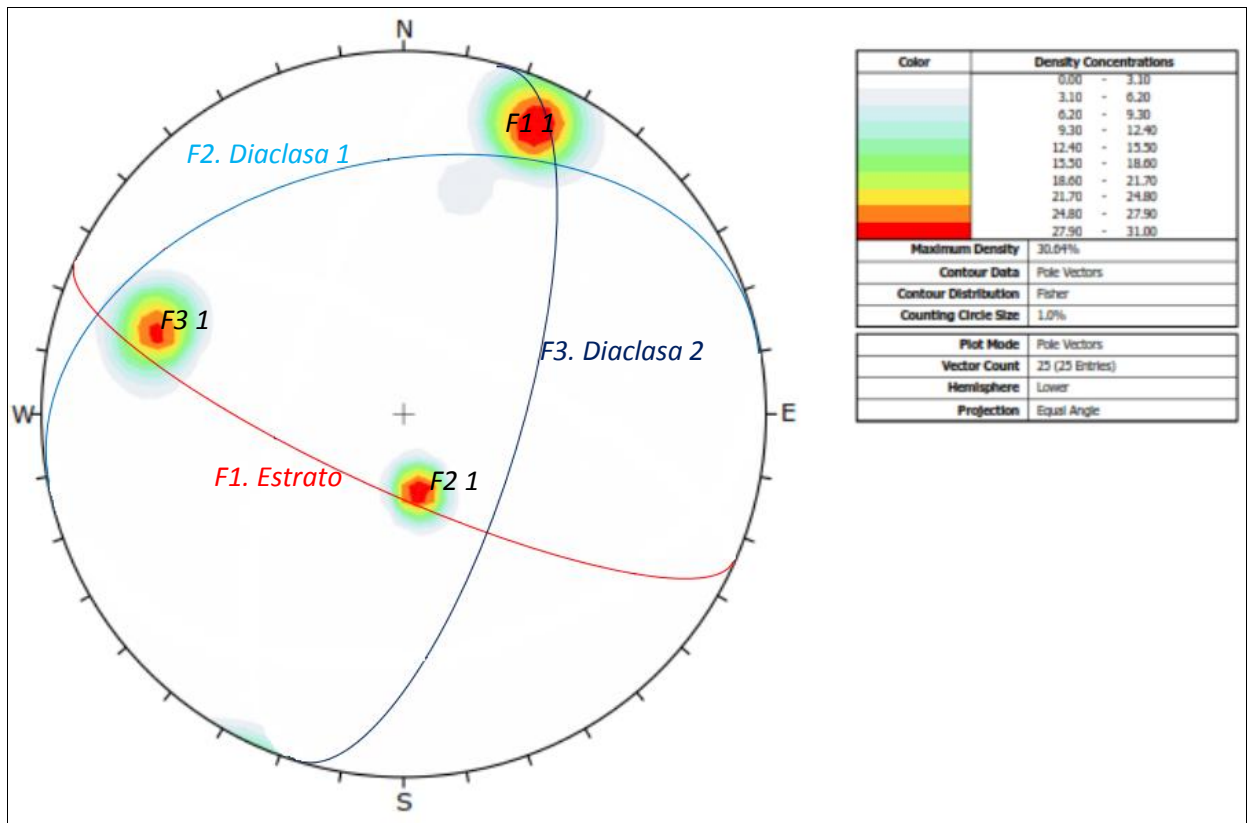
### **Estación 1**

Para determinar la estabilidad de los taludes de la Calera San Juan de la Minera Santa María se estableció una serie de estudios mediante los programas DIP, RocLab y Slide para determinar si es que el talud cumple con todas las características correctas para la extracción del material.

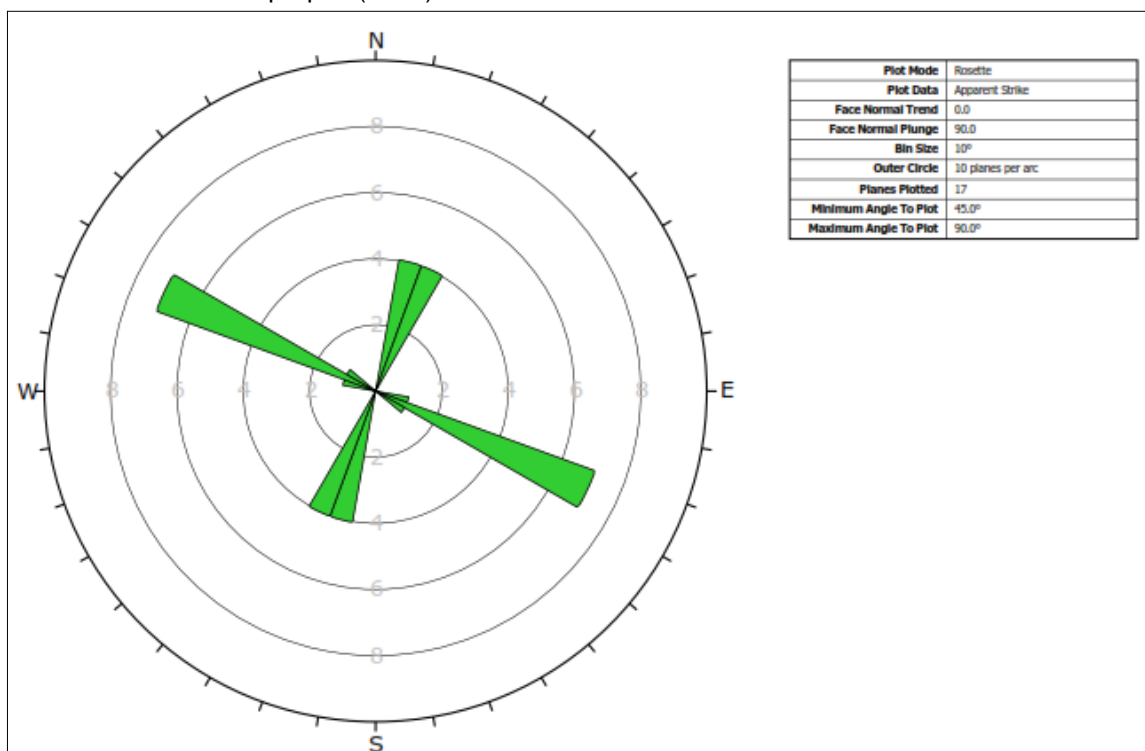
### **Análisis cinemático – Estación 1**

Para este análisis usamos el software DIPS donde concentraremos los datos tomados en campo para determinar la dirección de los esfuerzos y si existiera algún problema respecto a la rotura de los estratos si es que pudiese o no originar una rotura planar o rotura en cuña.





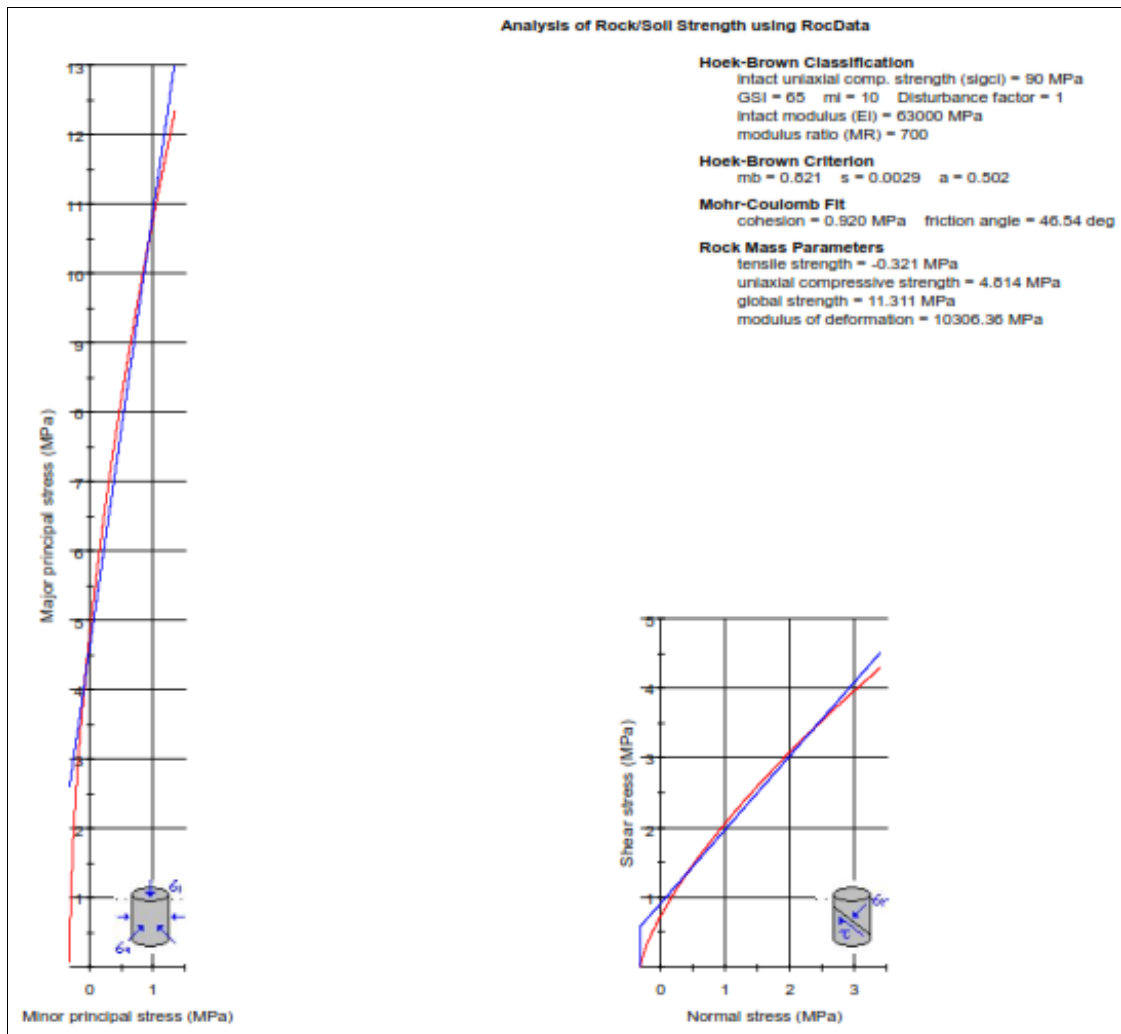
**Figura 32.** Diagrama de Fisher de discontinuidades de la Estación 1  
**Fuente.** Elaboración propia. (2017).



**Figura 33.** Diagrama de rosetas de discontinuidades de la Estación 1  
**Fuente.** Elaboración propia. (2017)

## Análisis tensodeformacional – Estación 1

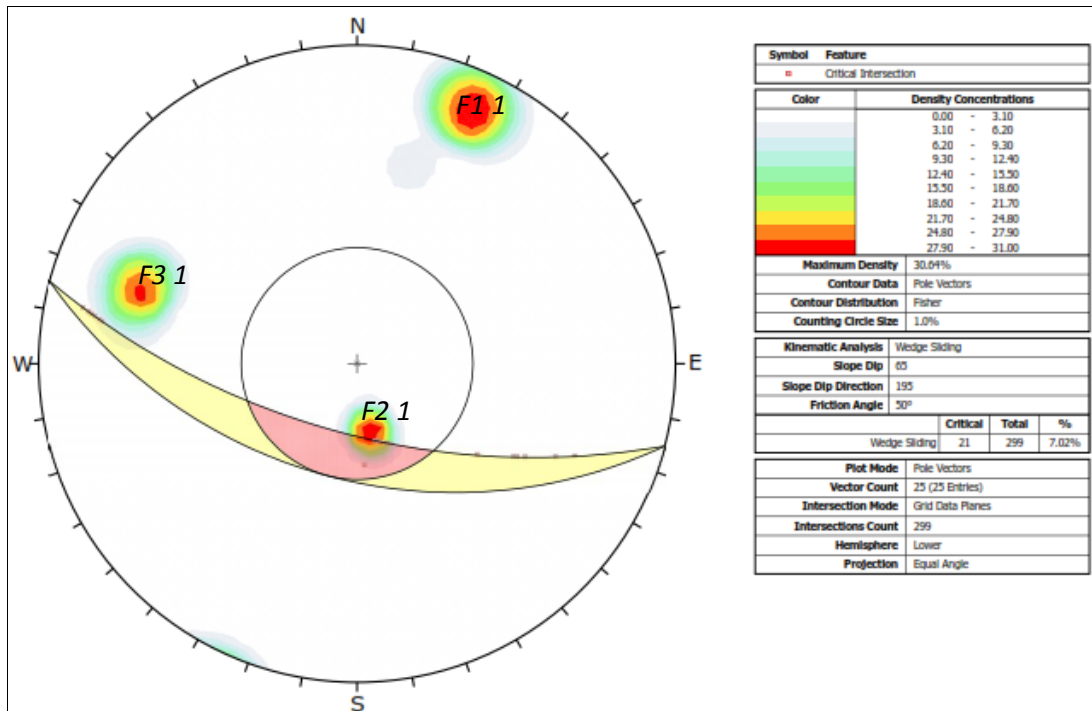
En este análisis determinaremos las fuerzas del macizo rocoso, como las características que influyen en ella para la determinación de la estabilidad del talud.



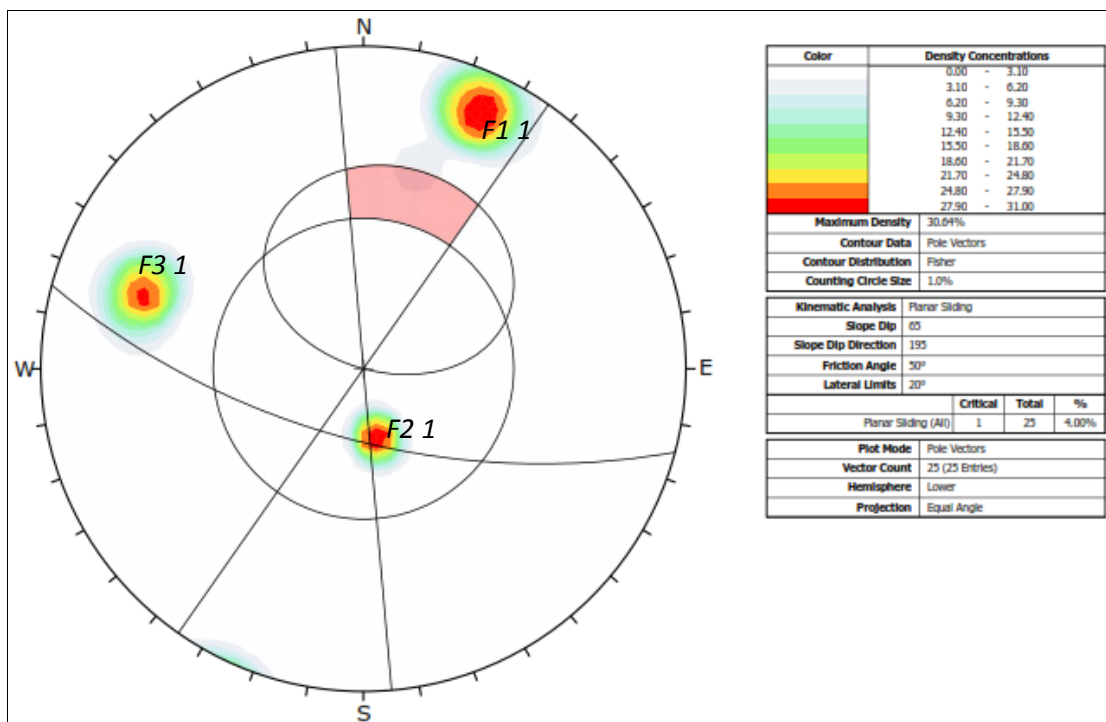
**Figura 34.** Análisis tenso de formacional del macizo rocoso de la Estación 1  
**Fuente.** Elaboración propia. (2017)

## Análisis de rotura – Estación 1

Aquí veremos dos tipos de análisis el de rotura planar y el de rotura en cuña, donde se mostrará el porcentaje de probabilidad que puede ocurrir.



**Figura 3.** Análisis de rotura por cuña en la Estación 1  
**Fuente.** Elaboración propia. (2017)



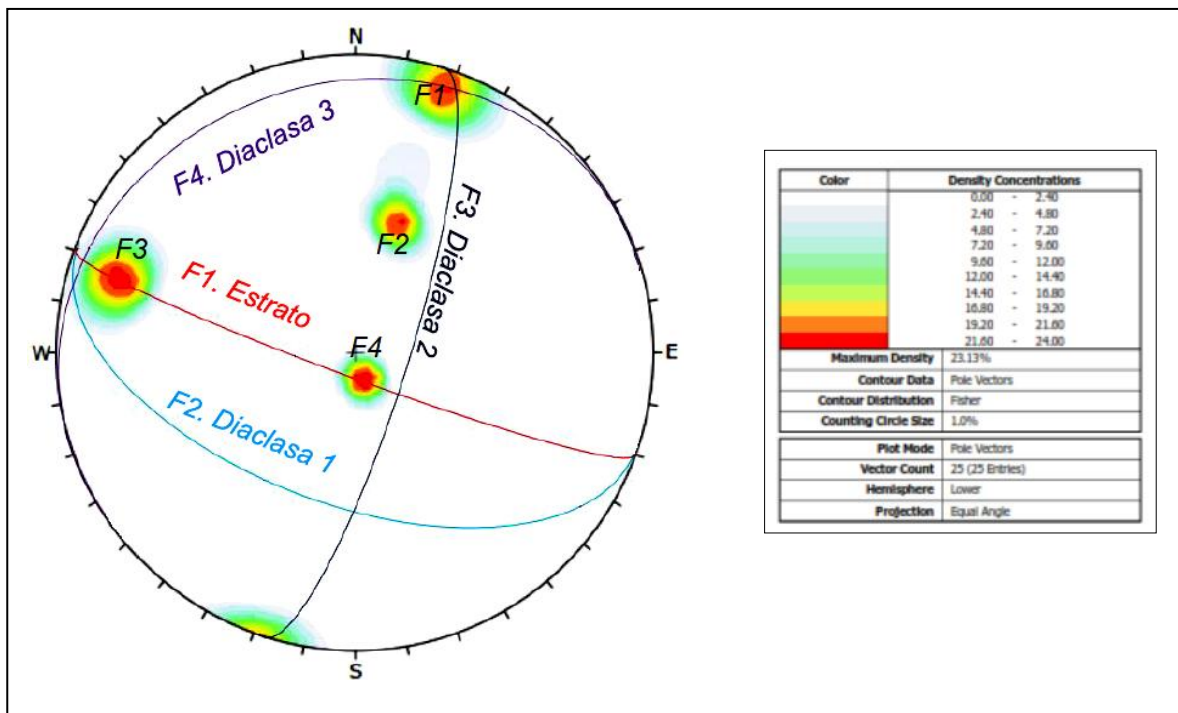
**Figura 4.** Análisis de rotura planar para la Estación 1  
**Fuente.** Elaboración propia. (2017).

## Estación 2

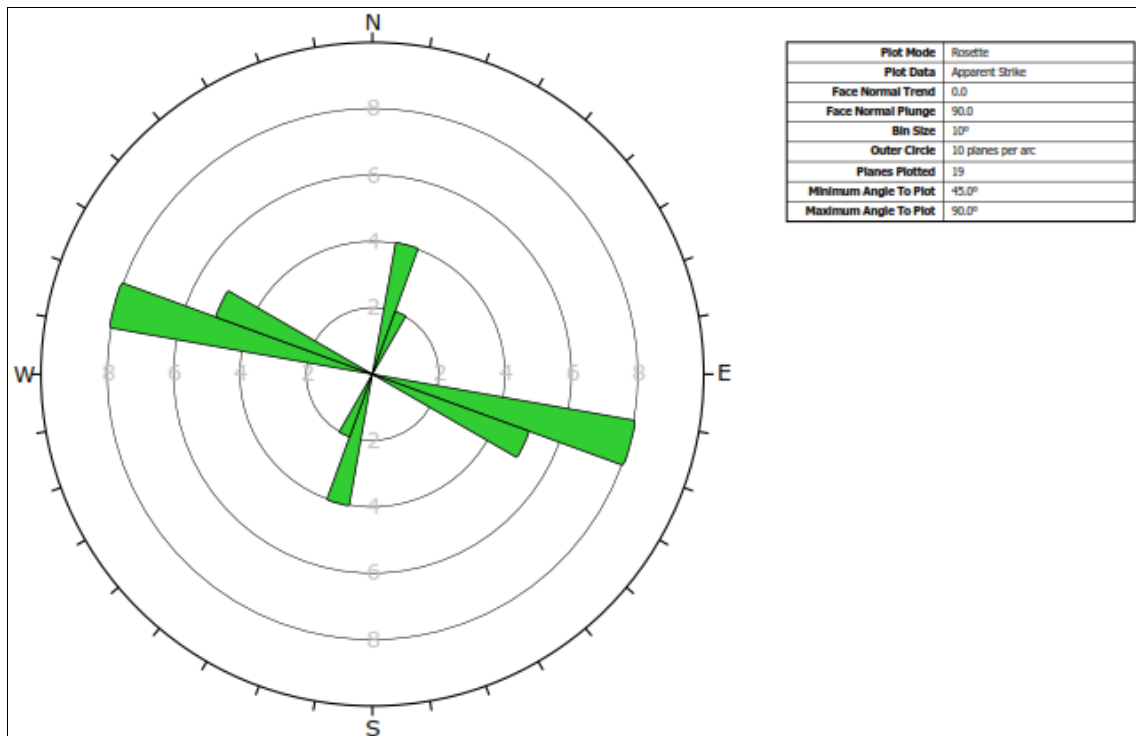
Para determinar la estabilidad de los taludes de la Calera San Juan de la Minera Santa María se estableció una serie de estudios mediante los programas DIP, RocLab y Slide para determinar si es que el talud cumple con todas las características correctas para la extracción del material.

### Análisis Cinemático – Estación 2

Para este análisis usamos el software DIPS donde concentraremos los datos tomados en campo para determinar la dirección de los esfuerzos y si existiera algún problema respecto a la rotura de los estratos si es que pudiese o no originar una rotura planar o rotura en cuña.



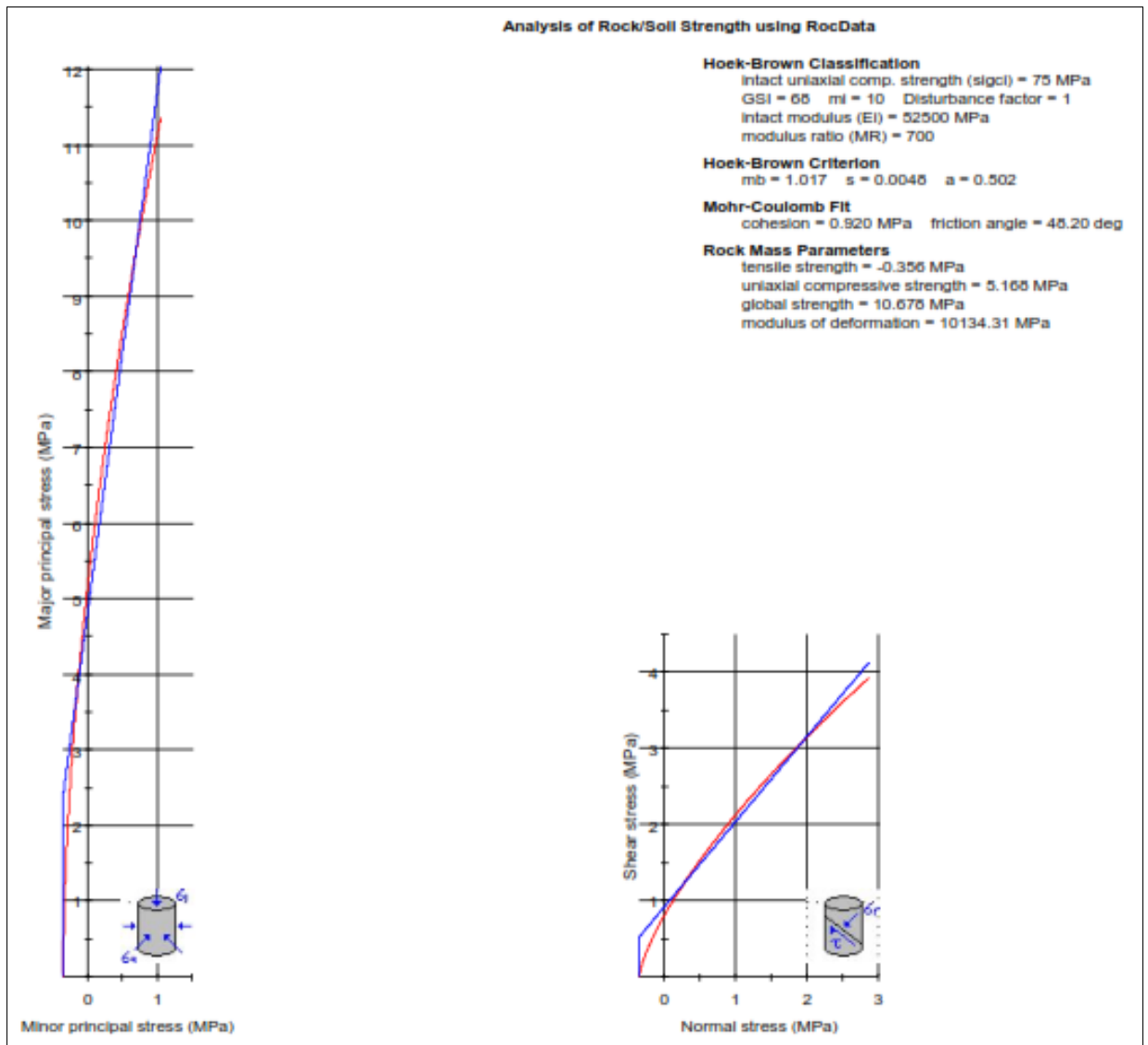
**Figura 5.** Diagrama de Fisher de discontinuidades de la Estación  
**Fuente.** *Elaboración propia. (2017).*



**Figura 6.** Diagrama de rosetas de discontinuidades de la Estación 2  
**Fuente.** Elaboración propia. (2017)

## Análisis Tensodeformacional – Estación 2

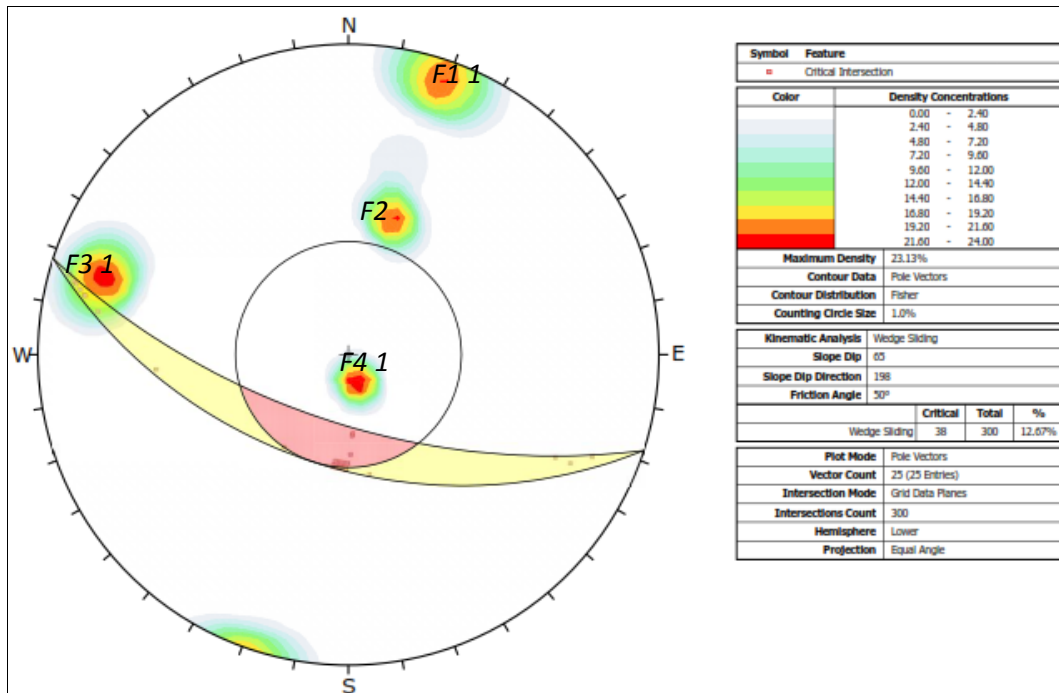
En este análisis determinaremos las fuerzas del macizo rocoso, como las características que influyen en ella para la determinación de la estabilidad del talud.



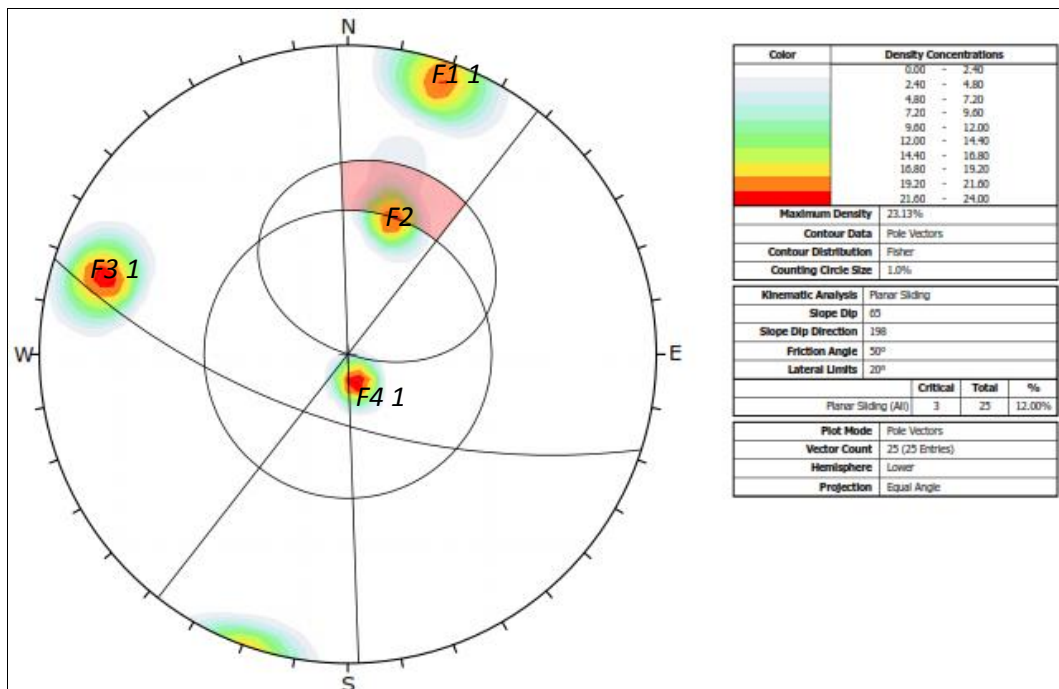
**Figura 397.** Análisis tensodeformacional del macizo rocoso de la Estación 2  
**Fuente.** Elaboración propia. (2017).

### ***Análisis de Rotura – Estación 2***

Aquí veremos dos tipos de análisis el de rotura planar y el de rotura en cuña, donde se mostrará el porcentaje de probabilidad que puede ocurrir.



**Figura 40.** Análisis de rotura por cuña en la Estación 2  
**Fuente.** Elaboración propia. (2017).



**Figura 8.** Análisis de rotura planar en la Estación 2  
**Fuente.** Elaboración propia. (2017).

## B. Análisis del Factor de Seguridad

Para este análisis trabajamos con el programa Slide donde determinaremos el factor de seguridad que presenta el macizo y a la vez el comportamiento de este en condiciones saturadas y sismicidad.

Se puede determinar que el factor de seguridad es mayor a 1 en todas las condiciones analizadas:

- **ANÁLISIS CON SOLO SISMICIDAD:**

FS = 1.33

- **ANÁLISIS EN CONDICIONES NORMALES:**

FS = 2.042.

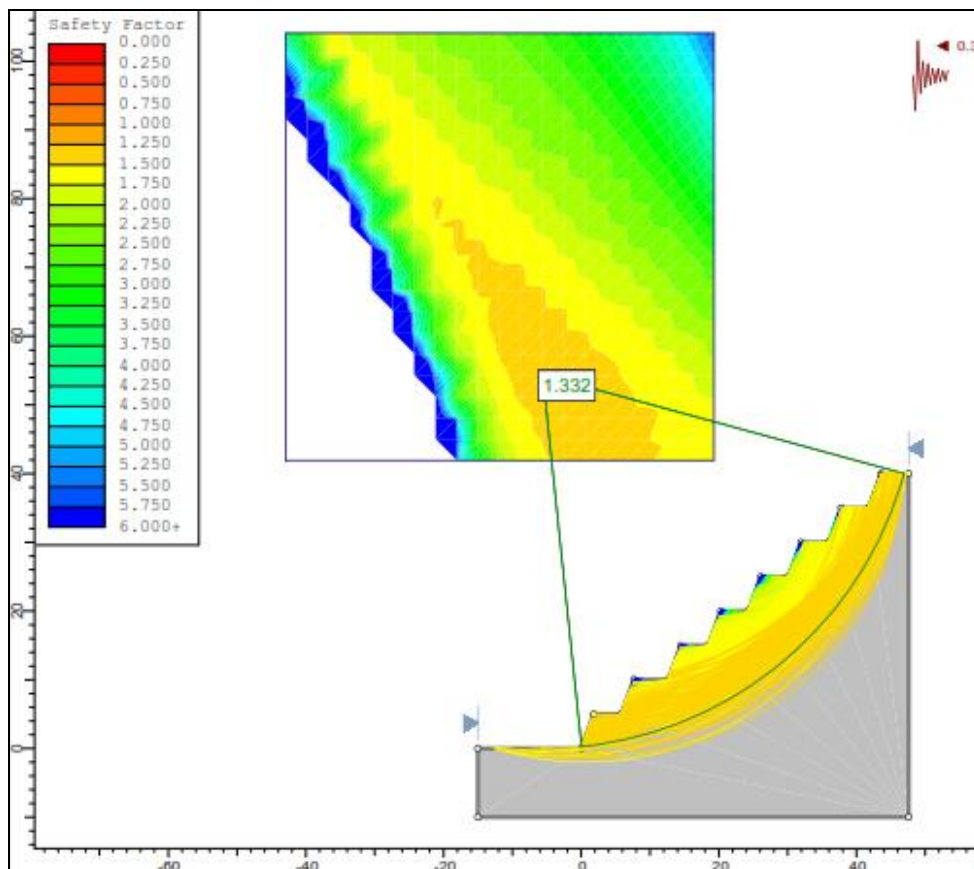
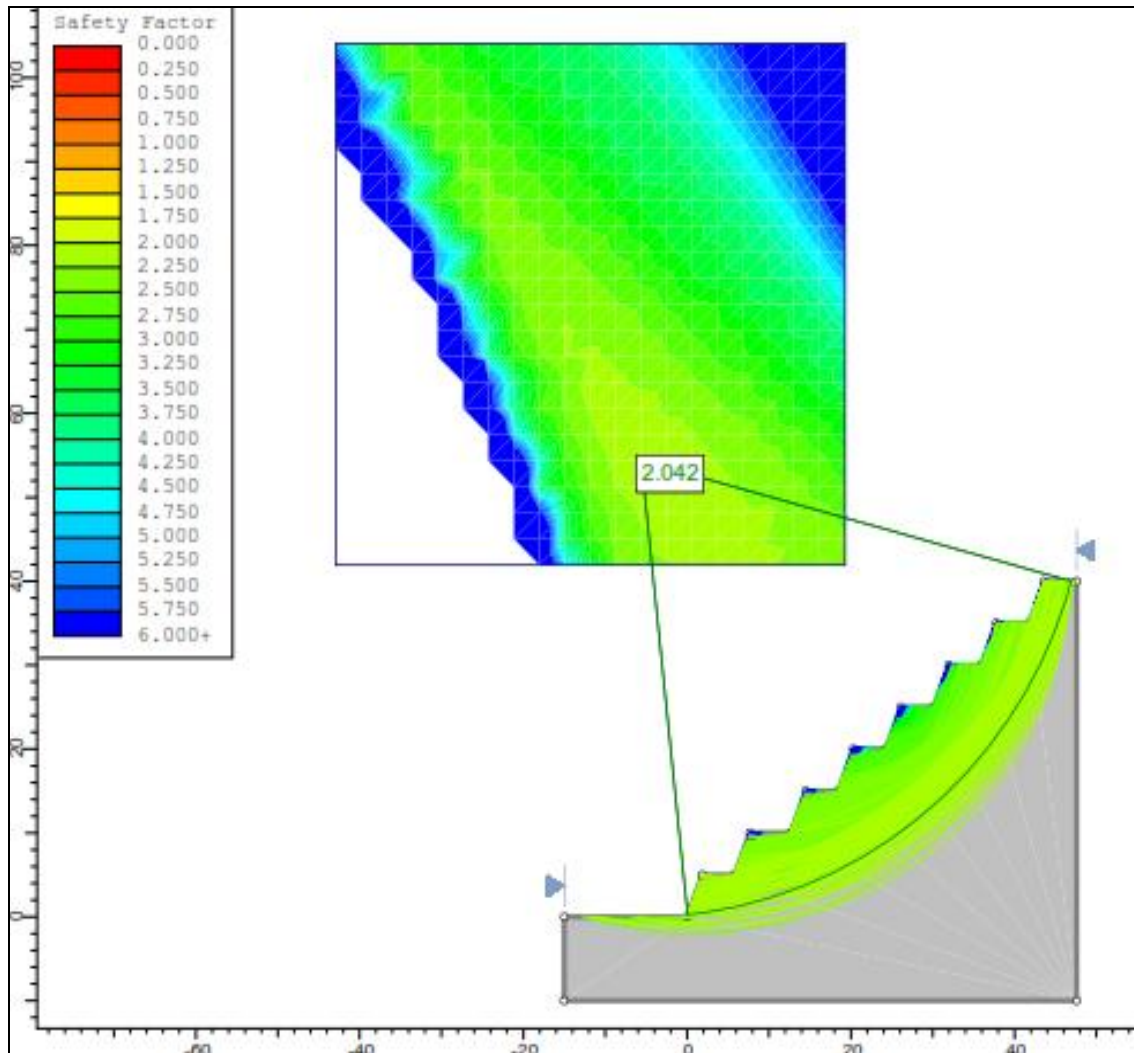


Figura 9. Análisis con solo sismicidad

Fuente. Elaboración propia. (2017).





**Figura 10.** Análisis en condiciones normales  
**Fuente.** Elaboración propia. (2017)

### 3.1.5. Explotación de Caliza

#### 3.1.5.1. Cálculo de Reservas

Minera “Santa María” S.R.L., con sus especialistas realizó el desarrollo del planeamiento de minado anual del 2017, donde determinaron el cálculo de reservas usando el método de las secciones topográficas (mediante 3 perfiles).

Debido a las características que tiene la litología en el área de explotación conformada por la Formación Cajamarca que consiste en calizas y margas siendo reconocible en campo por la potencia de los estratos calcáreos y su continuidad.

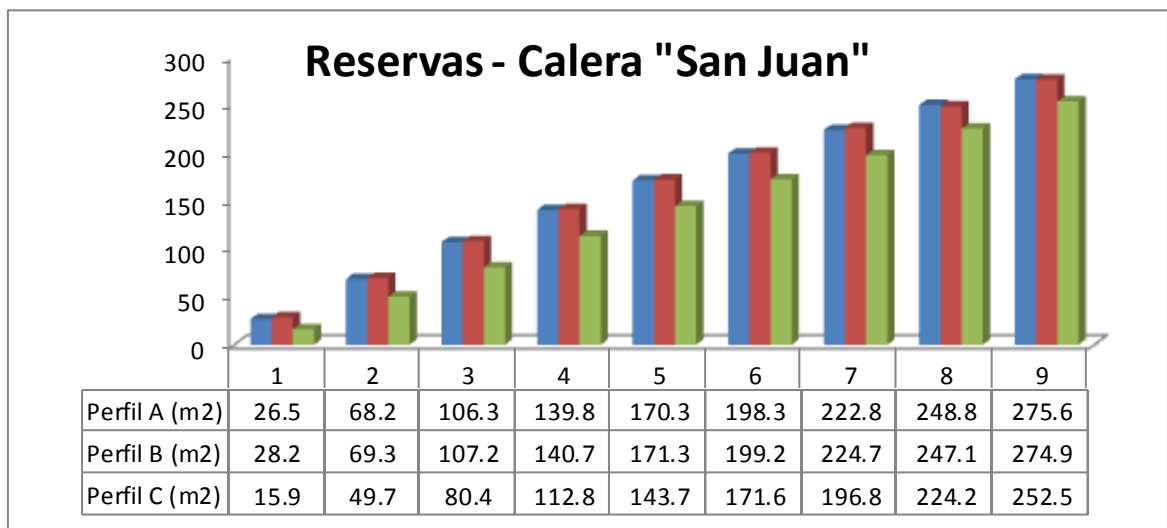
Se trabajó usando datos extraídos de los perfiles en base al Plano Topográfico de la zona, donde el modelo geomecánico arroja que es un Macizo de roca de tipo II de características buenas y se diseñaron 09 bancos de 5m de altura con 70° de ángulo de talud, a su vez los perfiles, pudiéndonos dar los cálculos:

**Tabla 17.** Cálculo de reservas de la Calera San Juan

Calculo de Reservas - Calera "San Juan"										
Cotas		N° Banco	Area Transversal (M <sup>2</sup> )				Distancia Total	Volumen (M <sup>3</sup> )	P.e	Tonelaje
Inicial	Final		Perfil A (m2)	Perfil B (m2)	Perfil C (m2)	Promedio (m2)				
2665	2670	01	26.5	28.2	15.9	23.533	100	2353.333	2.4	5648.00
2660	2665	02	68.2	69.3	49.7	62.400	100	6240.000	2.4	14976.00
2655	2660	03	106.3	107.2	80.4	97.967	100	9796.667	2.4	23512.00
2650	2655	04	139.8	140.7	112.8	131.100	100	13110.000	2.4	31464.00
2645	2650	05	170.3	171.3	143.7	161.767	100	16176.667	2.4	38824.00
2640	2645	06	198.3	199.2	171.6	189.700	100	18970.000	2.4	45528.00
2635	2640	07	222.8	224.7	196.8	214.767	100	21476.667	2.4	51544.00
2630	2635	08	248.8	247.1	224.2	240.033	100	24003.333	2.4	57608.00
2625	2630	09	275.6	274.9	252.5	267.667	100	26766.667	2.4	64240.00
<b>TOTAL</b>								<b>138893.333</b>		<b>333344.00</b>

**Fuente.** Elaboración propia. (2017).

La explotación en la Calera San Juan será por el método de bancos de explotación. Se utiliza este método por las características del macizo (topografía del área de trabajo, afloramiento muy superficial de esta roca).



**Figura 44.** Reservas de la calera San Juan, 2017  
**Fuente.** Elaboración propia. (2017).

### 3.1.5.2. Método de Explotación

La explotación en la Calera San Juan será por el método de bancos de explotación. Se utiliza este método por las características del macizo (topografía del área de trabajo, afloramiento muy superficial de esta roca).

Para su diseño se usan bancos superficiales para conformar los taludes y bermas correspondientes. Con el plano topográfico se elabora cortes de arriba hacia abajo, por medio de banqueos y derribo de material fragmentado remanente hasta llegar a la plataforma de carguío, terminado el primer corte se inicia con el segundo corte y así sucesivamente.

EL talud de trabajo (Talud de tajo) es de 41° y el talud de banco es de 70°, estos parámetros fueron calculados en base al estudio de estabilidad de taludes, realizado en el presente año.

La voladura permite que un 40% del material caiga directamente hasta la plataforma de carguío y el 60% del material remanente que queda en el banco es empujado hacia las plataformas de carguío con una retroexcavadora.

En las plataformas se realiza el carguío con un cargador frontal de 2.2 m<sup>3</sup> capacidad de cuchara, a volquetes de 15 y 20 m<sup>3</sup> de capacidad que acarrean el material a la zona de depósito de material a una distancia de 50 metros aproximadamente.

### 3.1.5.3. Diseño de la Explotación

#### A. Parámetros y lineamientos de explotación.

Los parámetros de explotación fueron en el estudio de estabilidad de taludes realizados el presente año, determinando los siguientes resultados.

**Tabla 18.** Parámetros y lineamientos de Explotación

<b>Parámetros y Lineamientos de Explotación</b>	
Talud de trabajo	41°
Talud de banco	70°
Altura del banco	5.0 metros
Berma de seguridad	6.0 metros
Ancho de rampa	6.0 metros
Gradiente	10 – 12%

**Fuente.** Elaboración propia. (2017).

## **B. Diseño del tajo en operaciones y explotación**

El límite final del tajo será determinado cuando desarrollemos el planeamiento de largo plazo.

## **C. Localización y diseño de botaderos y/o canchas**

La zona de explotación tiene poca cobertura de desmonte, el material remanente será almacenado para procesarlo como agregados.

Minera San María S.R.L., cuenta con excelentes instalaciones, que tienen una adecuada distribución de sus unidades: hornos, calera, zona de desmonte, etc.

Los desmontes donde se dejarán las calizas que no cumplan los requisitos de planta tales como algunos horizontes de margas y lutitas de la formación Cajamarca, se llevarán al botadero donde se almacenarán para su posterior comercialización.

Dadas las características litológicas de la Formación Cajamarca en la concesión minera San Juan, el porcentaje de margas y lutitas frente a calizas puras es de 10%, por lo que de cada 10 toneladas de material producido tendremos 1 tonelada de desmonte.

**Tabla 19.** Cálculo de desmonte - Calera San Juan

<b>Calculo de Desmonte - Calera "San Juan"</b>				
<b>N° Banco</b>	<b>Volumen (M³)</b>	<b>P.e</b>	<b>Tonelaje</b>	<b>Desmonte 10%</b>
01	2353.333	2.4	5648.00	564.80
02	6240.000	2.4	14976.00	1497.60
03	9796.667	2.4	23512.00	2351.20
04	13110.000	2.4	31464.00	3146.40
05	16176.667	2.4	38824.00	3882.40
06	18970.000	2.4	45528.00	4552.80
07	21476.667	2.4	51544.00	5154.40
08	24003.333	2.4	57608.00	5760.80
09	26766.667	2.4	64240.00	6424.00
<b>TOTAL</b>			<b>333344.00</b>	<b>33334.40</b>

Fuente. Elaboración propia, 2017.

Se ha dispuesto un área de 7500 m<sup>2</sup> al sureste de la concesión para el funcionamiento como botadero.

**Tabla 20.** Cálculo de capacidad del botadero.

<b>Área (M<sup>2</sup>)</b>	<b>Altura (M)</b>	<b>Volumen</b>	<b>P.e.</b>	<b>Capacidad (Tm)</b>
7500	3	22500	2.4	54000

Fuente. Elaboración propia, 2017.

Considerando la producción anual de 16224 TM de material, de las cuales 10% irán como desmonte al botadero, es decir 1622.40 TM/ año, por lo que la vida útil del botadero será:

$$\text{Vida útil de botadero} = \frac{\text{Capacidad}}{\text{producción anual de desmonte}}$$

$$\text{Vida útil de botadero} = \frac{54000}{1622.40}$$

Vida útil de botadero = 33.3 años

#### **3.1.5.4. Programa de Producción**

El programa de producción es elaborado de acuerdo a la proyección de ventas, realizado por el área comercial y las perspectivas de la empresa en cuanto a la calidad y granulometría de la materia prima requerida para la capacidad instalada de los hornos (La producción diaria, mensual y anual dependerá del mercado interno y externo).

La explotación de la roca caliza está directamente relacionada con la capacidad de los hornos. Se proyecta una producción diaria con tres hornos: uno construido con capacidad de 18 TM y dos con capacidad de 17 TM cada uno. Totalizando 52 TM

#### **Reservas estimadas**

El estudio geológico estimo como recursos de roca caliza probados y probables. La cantidad de 333.334 TM

#### **Vida útil de la Cantera:**

Para el cálculo de la vida útil de la cantera es la siguiente:

$$\text{Vida útil de Mina} = \frac{\text{Reserva}}{\text{producción anual de Material}}$$

$$\text{Vida útil de botadero} = \frac{333.344}{16224}$$

$$\text{Vida útil de Mina} = 20.55 \text{ años}$$

**Tabla 7.** Cálculo de capacidad del botadero.

Mineral	Producción Diaria (Tm)	Días Hábiles Mensuales	Prod. Mensual (Tm)	Prod. Anual (Tm)	Total Reservas (Tm)	Perspectiva De Vida De Mina (Años)
Caliza	52	26	1352	16224	333344	20.55

**Fuente.** Elaboración propia. (2017).

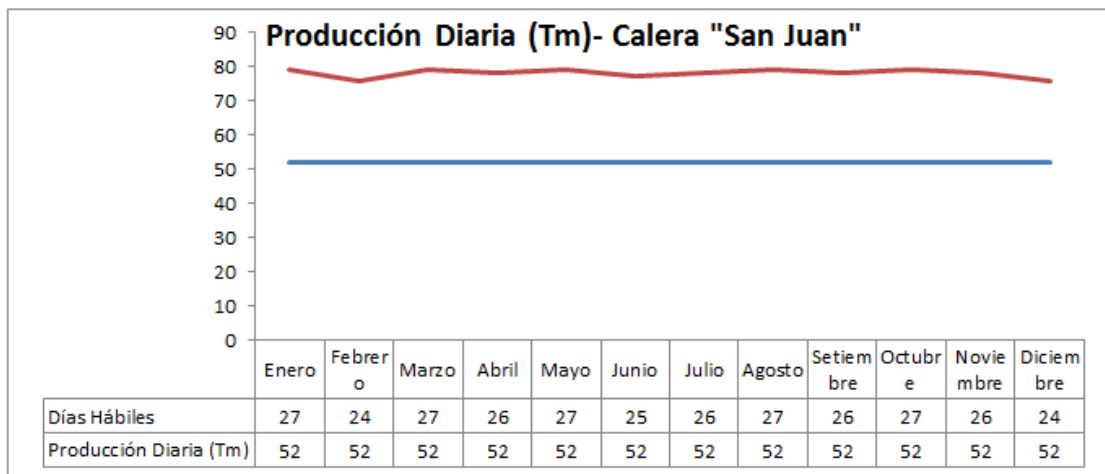
**Tabla 8.** Cronograma de Explotación de la Caliza (Tn)

Mes	Producción Diaria (Tm)	Días Hábiles	Tonelada de Caliza
Enero	52	27	1404
Febrero	52	24	1248
Marzo	52	27	1404
Abril	52	26	1352
Mayo	52	27	1404
Junio	52	25	1300
Julio	52	26	1352
Agosto	52	27	1404
Setiembre	52	26	1352
Octubre	52	27	1404
Noviembre	52	26	1352
Diciembre	52	24	1248
Total			16224

**Fuente.** Elaboración propia. (2017).

En la Tabla 22 de Cronograma de Explotación de la Caliza en toneladas desde el mes de enero a diciembre se aprecia que la producción diaria presenta un promedio de 52 Tm, y la producción promedio por días hábiles durante un año es de 26 días hábiles trabajados, siendo el mayor producción de caliza en el mes de enero, marzo y octubre con 1404 Tm de caliza en la calera San Juan.





**Figura 9.** Producción diaria de Tm, 2017

**Fuente.** Elaboración propia. (2017).

En la Figura 45, de producción diaria de Tm se aprecia que durante el año, los días hábiles son en un promedio de 26 días por mes, con una producción diaria en Tm de 52 % de la calera San Juan para el año 2017.

### 3.1.5.5. Diseño de labores Mineras

#### A. Perforación

El proceso de explotación comienza con la perforación del macizo rocoso, para lo cual se utilizará una perforadora Rock Drill modelo 848 HC de marca Atlas Copco como equipo principal.

El diseño de malla de perforación y voladura de rocas calizas en calera se realiza en función al tipo y las características del modelo geomecánicas del macizo rocoso, tomando como base primordial la fragmentación menuda, por lo tanto el diseño que se realiza nos dará como resultado una fragmentación pequeña.

Basándose en la estabilidad de taludes y en su modelo geomecánico y el tamaño de la calera, se realizó los cálculos de diseño de perforación y voladura para una altura de banco y diámetro de broca como se indica a continuación:

- Altura de banco : 5.0 m
- Diámetro de taladro : 36 mm

#### **a. Cálculo de la altura crítica del banco**

La altura crítica es en función del diámetro del taladro ( $\emptyset$ )

$$H_{critica} = \frac{\emptyset \text{ (mm)}}{15}$$

Para  $\emptyset = 36 \text{ mm}$

$$H_{critica} = \frac{36 \text{ mm}}{15}$$

$$H_{critica} = 2.4$$

#### **b. Altura Banco**

La altura del banco debe ser mayor que la altura crítica, para ello, a continuación se realiza el cálculo de la altura crítica que está en función directa del diámetro del taladro.

$$H_{Banco} \geq H_{Critica} \geq 2.4 \text{ m.}$$

$$H_{Banco} = 2.5 \text{ m}$$

### **C. Sobre Perforación (Sp)**

$$SP = 12 \text{ } \emptyset$$

$$SP = 12 \text{ (36 mm)}$$

$$SP = 432 \text{ mm}$$

$$\mathbf{SP = 0.4 \text{ m}}$$

### **d. Longitud de taladro (Lt)**

La longitud de perforación es igual a la altura de banco más la sobre perforación.

$$LT = (H) + SP$$

$$LT = 2.4 + 0.4$$

$$\mathbf{LT = 2.8}$$

### **e. Cálculo de Taco (T)**

Es la longitud de taladro que se coloca el material inerte (detritos o arcilla)

$$T = 30 \times \emptyset \text{ (Para calera)}$$

$$T = 30 \times (36 \text{ mm})$$

$$T = 1080 \text{ mm}$$

$$T = 1.08 \text{ m}$$

$$\mathbf{T = 1.1 \text{ m}}$$

### **f. Cálculo del burden (B)**

El burden es la distancia entre la fila de taladro y la cara libre.

**RMR: Clase II – Roca Buena**

**Resistencia: 50 -100 MPa**

$$B = 36 \text{ } \emptyset$$

$$B = 36 \times 36 \text{ mm}$$

$$B = 1296 \text{ mm}$$

$$B = 1.296 \text{ m}$$

$$\mathbf{B = 1.3}$$

**g. Calculo del espaciamiento (E)**

Es la distancia entre los taladros de una fila, malla cuadrada

$$E = K_e \times B \qquad \mathbf{k_e = 1}$$

$$E = 1 \times B$$

$$E = 1 \times 1.3 \text{ m}$$

$$E = 1.3 \text{ m}$$

**h. Radio de longitud del burden (l / b)**

Es la relación de la longitud del taladro y el burden, esta distancia no debe ser superior a 3.2

$$Rad = \frac{LT}{B}$$

$$Rad = \frac{2.8 \text{ m}}{1.3 \text{ m}}$$

$$Rad = 2.154$$

**i. Cálculo de carga de fondo (CF)**

Es la columna de carga de explosivo iniciando del fondo del taladro para obtener una mejor distribución de carga explosiva.

$$CF = 1.3 \times B$$

$$CF = 1.3 \times 1.3 \text{ m}$$

$$CF = 1.69 \text{ m}$$

#### **j. Carga de columna (CC)**

Es la columna de carga de explosivo que va luego de la carga de fondo.

$$CC = L_T - (CF + T)$$

$$CC = 2.8 \text{ m} - (1.69 \text{ m} + 1.08 \text{ m})$$

$$CC = 2.8 \text{ m} - 2.77 \text{ m}$$

$$CC = 0.03 \text{ m}$$

#### **k. Cantidad de explosivo por taladro (Q)**

La cantidad de explosivo por taladro es la suma entre la carga de fondo y la carga de columna, el cálculo se realiza de la siguiente forma:

##### **K.1 cantidad de explosivo en el fondo del taladro (Qf)**

$$Qf = \frac{De \times (3.15) \times (\emptyset^2) \times (CF)}{4}$$

Dónde:

De : densidad del explosivo

$\emptyset$  : diámetro del taladro

CF : longitud de carga de fondo

$$Q_f = \frac{1.17 \times (3.15) \times (0.036^2) \times (1.69) \times 1000}{4}$$

$$Q_f = 2.02 \text{ Kg}$$

**K.2 Cantidad de explosivo en la columna del taladro (QC)**

$$Q_c = \frac{0.78 \times (3.15) \times (\emptyset^2) \times (CC)}{4}$$

Dónde:

de : densidad del explosivo

$\emptyset$  : diámetro del taladro

CC : longitud de carga de columna

$$Q_c = \frac{0.88 \times (3.15) \times (0.036^2) \times (0.03) \times 1000}{4}$$

$$Q_c = 0.03 \text{ Kg}$$

**Entonces la cantidad de explosivo total por taladro es:**

$$Q = Q_f + Q_c$$

$$Q_f = 2.02 \text{ Kg} + 0.03 \text{ Kg}$$

$$Q_f = 2.05 \text{ Kg}$$

## I. Parámetros de perforación

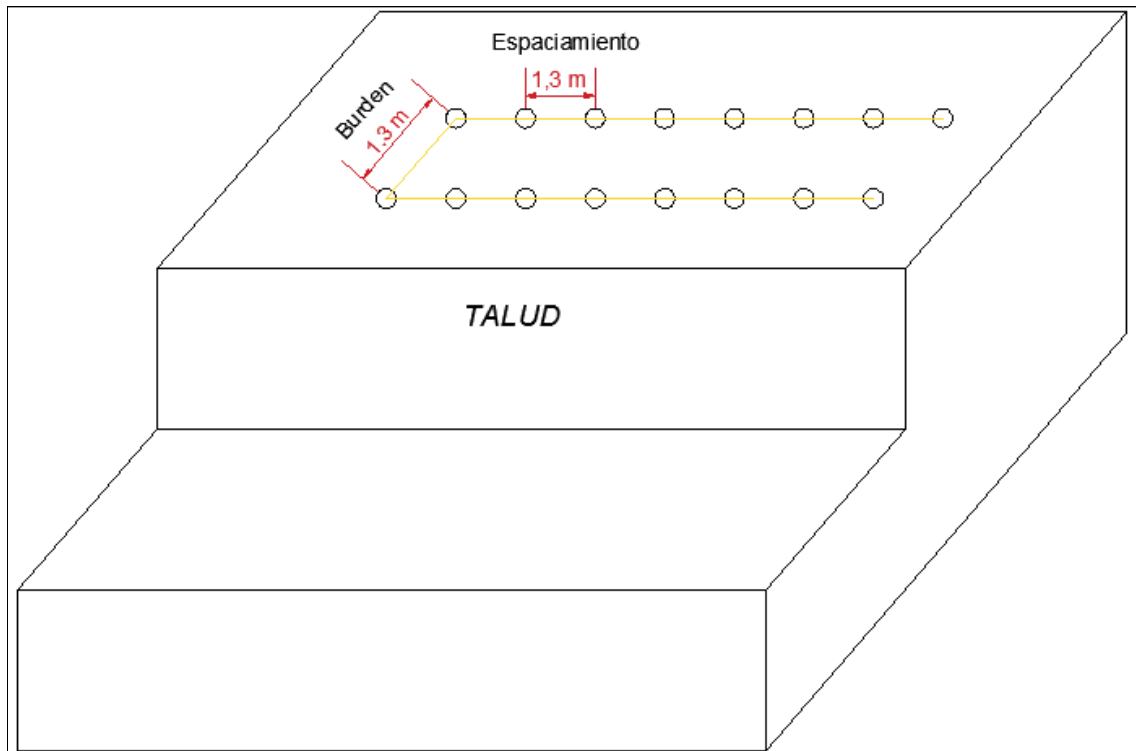
**Tabla 23.** Parámetros de Perforación

Parámetros de Perforación	
Altura de Banco	5 m
Diámetro de Taladro	36 mm
Sobre Perforación	0.4 m
Longitud de Perforación	2.8 m
Burden	1.3 m
Espaciamiento	1.3 m
Carga de Fondo	1.69 m
Carga de Columna	0.03 m
Explosivo Carga de Fondo	Emulsión de 1.17 densidad
Explosivo Carga Columna	Anfo de 0.8 de densidad

**Fuente.** Elaboración propia. (2017).

Para la explotación se va a emplear una perforación por banqueo la misma que garantiza tener una voladura que me brinde un frente libre para la salida y proyección del material y a su vez permitiendo una sistematización de las labores.

Para perforación se va a utilizar una malla de perforación de 7 taladros la misma que va contar con la sobre perforación de 0.4 m y un espaciamiento entre taladros de 1.3 metros.



**Figura 116.** Diseño de la Malla de Perforación  
**Fuente.** Elaboración propia. (2017).

## B. Voladura

Por la particularidad de este método de explotación se usa la técnica de voladura de máximo desplazamiento (Castblasting). Con esta técnica no solo se fragmenta, a su también desplazar al máximo, en nuestro caso para que la caliza caiga a las plataformas de carguío y el material remanente sea derribado con tractor buldozer.

### Datos

Burden : 1.30 m

Espaciamento: 1.30m

Densidad de la roca: 2.4 g/cm<sup>3</sup>

Frecuencia sísmica: Velocidad de propagación de la onda sísmica longitudinal (m/s):4000 – 6000



Factor de potencia: 0.01 KG/TM con dinamita

Factor de potencia: 0.3 KG/TM con Anfo

El diseño de la malla de perforación se desarrollara de acuerdo al tonelaje requerido para la producción y stock diario.

- **Tipo de Malla:** cuadrada, irregular cuando amerita

Altura de banco: 5.00 m

Numero de taladros: 7/día

Diámetro de barreno: 36 mm

Longitud de barreno: 9 pies

- **Volumen Por Taladro**

$$V = B \times E \times H$$

$$V = 1.30 \text{ m} \times 1.30 \text{ m} \times 2.4 \text{ m}$$

$$V = 4.06 \text{ m}^3 / \text{taladro}$$

### **Toneladas**

$$T = V \times Pe$$

$$T = 4.06 \text{ m}^3 \times 2.4 \text{ tn/m}^3$$

$$T = 9.74 \text{ tn} \times 7 \text{ Tal} = 68.18 \text{ Ton/Día}$$

- **Requerimiento de Explosivos**

- Dinamita (SEMEXA DE 65% DE 7/8" X 7")

Números de unidades por taladro: 1

Número de taladros por día: 7

Unidades de dinamita por día : 7

Unidades de dinamita por mes : 182

Total por año: 2184

Unidades por caja: 308 unidades/caja

Total cajas por año: 7

- Fulminantes (N° 8)

Números de unidades por taladro: 1

Número de taladros por día : 7

Unidades de fulminantes por mes : 182

Total por año: 2184

Unidades por caja: 100

**Nota:** En voladura secundaria se utilizara un fulminante por taladro cuando quede bolones con un promedio de fulminantes igual a 4 por día

Total cajas por año: 22

- **Mecha Lenta**

Metros por malla: 1 m

Metros por día: 1 m

Metros por mes: 26 m

Total por año: 312 m

Metros por tambor: 1000 m

Nota:

En voladura secundaria se utilizara un metro de mecha lenta por taladro cuando quede bolones con un promedio igual a 4m por día.

Total tambores por año : 4 tambores

- **Anfo**

Kilogramos por taladro: 2.05kg

Kilogramos por día: 14.35 kg

Kilogramos por mes: 373 kg

Kilogramos por año: 4447.2 kg

Peso de bolsa: 25 kg/bolsa

Numero de bolsas por año : 179

- **Pentacord**

Numero de taladros : 7

Espaciamiento de taladros : 1.3 metro

Profundidad de taladro: 2.8 metros

Metros por día: 30 m

Metros por mes: 810 m

Metros por año: 9 720 m

Metros por tambor: 1000 m

Total de tambores por año: 10

**Tabla 10.** Requerimiento de explosivos.

Producto	Cantidad	Unidad
Dinamita	7	Cajas
Fulminante	22	Cajas
Mecha Lenta	4	Tambores
Anfo	179	Bolsas
Pentacord	16	Tambores

**Fuente** .Elaboración propia. (2017).

### Requerimiento de Personal

**Tabla 25.** Requerimiento de personal

Trabajadores	Cantidad
Obreros	10
Perforista	2
Ayudantes de perforista	4
Ingeniero de medio ambiente	1
Ingeniero de seguridad y salud ocupacional	1
Capataz	1
Personal Administrativo	3
Total	22

**Fuente.** Elaboración propia. (2017).

### Equipos de Protección Personal

**Tabla 26.** Equipo de protección personal

Implementos de Seguridad	Cantidad
Cascos	40
Respirador dos vías para material particulado	40
Lentes de seguridad	40
Guantes para cada tipo de tarea	35
Zapatos punta de acero	40
Botas de jebe puntas de acero	35
Mamelucos drill	35
Chalecos	35
Tapones auditivos	15
Arnés de seguridad	3

**Fuente.** Elaboración propia. (2017).

### **Derribo**

Luego de la voladura el 60% de la caliza se queda en los bancos de explotación y este material tiene que ser derribado hacia las plataformas de recepción, en este caso utilizamos un cargador frontal de 2.13 m<sup>3</sup> de capacidad de cuchara.

### **Carguío y Acarreo**

La caliza que ha sido derribado por efecto de la voladura es cargada por el cargador frontal 2.13 m<sup>3</sup> capacidad.

La caliza es transportada mediante volquetes de 15 y/o 20 m<sup>3</sup> desde la plataforma de carguío hacia la cancha de almacenamiento en pendiente negativa de -6% y retornan con la carga vacía.

## **CAPÍTULO IV. PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS**

### **4.1. Prueba de hipótesis general**

Considerando que la hipótesis planteada es cualitativa, no se aplica una prueba estadística para su contrastación. Pero los resultados de la interpretación de los datos analizados aseveran que la implementación de un plan de minado para la explotación de caliza apoyará en el desarrollo de la etapa de explotación en la concesión minera San Juan de la Empresa Minera Santa María S.R.L., Cajamarca en el 2017, y en efecto, se decide aceptarla como verdadera.

### **4.2. Prueba de hipótesis específicas**

La Empresa Minera Santa María S.R.L, no cuenta con un plan de minado por lo que la implementación de un plan de minado mejorará la etapa de explotación de caliza en la concesión minera San Juan, Cajamarca en el 2017. Esta hipótesis ha sido validada, haciendo uso de herramientas científicas y tecnológicas disponibles, que han permitido elaborar un plan de minado teniendo en cuenta el modelo geológico y geomecánico de los macizos rocosos en la concesión

minera San Juan, y esbozar un diseño de explotación de caliza a cielo abierto por tajeo de bancos.

- Para la segunda hipótesis específica, La implementación de un plan de minado para la explotación de caliza permitirá reducir los costos de explotación y tener mejor control de la operación en la concesión minea San Juan en la Empresa Minera Santa María S.R.L., Cajamarca en el 2017; se decide aceptarla como verdadera, dado que los cálculos numéricos como factor de seguridad ( $>1$ ) de la estabilidad geomecánica, así como los parámetros y lineamientos de la explotación, cálculo de reservas, y diseño de la explotación, aseguran una producción continua durante la vida útil de la mina.

## **CAPÍTULO V.DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Esta investigación se concluyó satisfactoriamente, alcanzando los objetivos propuestos, y validando las hipótesis previamente planteadas.

Según nuestros resultados, la Minera Santa María S.R.L, explotarán calizas de la Formación geológica Cajamarca, ampliamente conocida en la región por alto porcentaje de pureza en lo que concierne a Ca O, por lo que es aprovechada para la extracción de cal viva y cal hidratada.

La caracterización geomecánica del macizo rocoso nos resulta valores de RQD entre 79 y 88, y RMR entre 68 y 78, clasificándose como roca de calidad buena.

El análisis de estabilidad nos muestra, en la primera estación estudiada, la presencia de 3 familias de discontinuidades, con probabilidad de falla por cuña para la familia F2, y en la segunda estación estudiada, la presencia de 4 familias de discontinuidades con probabilidad de falla planar para la familia F2. Así mismo el análisis de estabilidad de taludes nos confiere un factor de seguridad  $>1$  asegurando su estabilidad geomecánica para una futura explotación por bancos.

Se determinó una reserva de 333344 TM de caliza que serán explotadas con una producción de 16224 TM/año, confiriendo una vida útil de 20.5 años.

La explotación se realizará por tajeo por pancos a cielo abierto, teniendo en cuenta los siguientes parámetros de perforación: altura de banco = 5 m, diámetro de taladro = 36 mm, sobre perforación = 0.4 m, longitud de perforación = 2.8 m, burden = 1.3 m, espaciamiento = 1.3 m, carga de fondo = 1.69 m, carga de columna = 0.03 m, explosivo carga de fondo = Emulsión de 1.17 densidad, explosivo carga columna = Anfo de 0.8 de densidad. Que aseguran la estabilidad geomecánica y la producción propuesta.



## CONCLUSIONES

La propuesta de un plan de minado a la empresa Santa María S.R.L permite la mejora de la productividad de la cantera, considerando el año de inicio 2007 hasta el año 2017.

La situación actual de la empresa con respecto a la caracterización geomecánica del macizo rocoso nos resulta valores de RQD entre 79 y 88, y RMR entre 68 y 78, clasificándose como roca de calidad buena, y por los cálculos realizados, la explotación deberá realizarse mediante tajeo por pancos a cielo abierto, teniendo en cuenta los siguientes parámetros de perforación y voladura: altura de banco = 5 m, diámetro de taladro = 36 mm, sobre perforación = 0.4 m, longitud de perforación = 2.8 m, burden = 1.3 m, espaciamiento = 1.3 m, carga de fondo = 1.69 m, carga de columna = 0.03 m, explosivo carga de fondo = Emulsión de 1.17 densidad, explosivo carga columna = Anfo de 0.8 de densidad. Que aseguran la estabilidad geomecánica y la producción de 16224 TM/año, durante una vida útil de 20.5 años.

Los beneficios del plan de minado para la explotación de caliza a corto y mediano plazo, se verán implementados como parte de sus instrumentos de gestión por la empresa Santa María S.R.L a fin de optimizar el proceso de extracción de caliza en la concesión minera San Juan.

## RECOMENDACIONES

Utilizar equipos más sofisticados para la caracterización geomecánica como el esclerómetro para la determinación de la resistencia, puesto que este trabajo esta propiedad se determinó utilizando solo martillo de geólogo y de ser posible realizar sondajes y ensayos triaxiales

A la empresa Santa María y demás empresas que se dedican a la explotación de caliza se recomienda cumplir con el plan de minado para evitar gastos innecesarios al desarrollar sus actividades.

Actualizar anualmente los modelos geológicos y geomecánico para utilizarlos en la validación de los planes de minado. Estos modelos ayudan a las investigaciones geotécnicas, al desarrollo de las operaciones de minado y ayudan a optimizar los ángulos inter-rampa de los taludes generando menos desbroce.

## Referencias Bibliográficas

Arnaudez O. (1977). *Cálculo del rendimiento del equipo de producción, Estudio de planta tratamiento y análisis económico de la cantera "Con Piedra"*, Caracas Venezuela: Universidad Central de Venezuela. En línea.:[http://bibliogeo.ing.ucv.ve/cgiwin/be\\_alex.cgi?Documento=T04150000760](http://bibliogeo.ing.ucv.ve/cgiwin/be_alex.cgi?Documento=T04150000760)

Aguilar, A (2013). "*Plan de minado subterráneo aplicado en la corporación minera ANANEA S.A.*" Lima. Perú. Universidad La Católica. En línea.:[http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1089/1/chavez\\_va.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1089/1/chavez_va.pdf).

Acevedo R.(2005) "*Factibilidad técnica y económica de la explotación de un yacimiento de Caliza en la Región Metropolitana*". En línea. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/111195>.

Aquino, M (2005) "Geología y caracterización regional de areniscas, de la formación monterá (Tms-m) chacatito – Ecuador" (Tesis de grado) Universidad Nacional de Cajamarca.

Callupe A. (2011) en su Tesis *Estabilidad de taludes del plan de minado para la vida de la mina*, en el Departamento de Lima, Perú, en la Universidad Nacional de Ingeniería. En línea.:<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1380>.

Corporación Venezolana Guayana. Ferrominera del Orinoco C.A. (2006). *Plan de explotación de la Cantera Concregua*. En línea.:<http://www.poz.unexpo.edu.ve/ocori/descargas/ferrominera.pdf>.

Cisneros, J. (2003). *Diseño de explotación a cielo abierto*. Ecuador. Consultado el 8 de diciembre de 2012, Minería Capma. En línea.: [www.mineriscapma.blogspot.com.pdf](http://www.mineriscapma.blogspot.com.pdf).

Díaz S., M. (1977). *“Diseño de explotación de la Cantera “Con Piedra “ Cerro la Danta,”* Distrito Caroní, Puerto Ordaz Edo. Bolívar. (Trabajo de grado). Universidad Central de Venezuela. Caracas. En línea:[http://bibliogeo.ing.ucv.ve/cgiwin/be\\_alex.cgi?Acceso](http://bibliogeo.ing.ucv.ve/cgiwin/be_alex.cgi?Acceso).

Estudios mineros del Perú S.A.C. (s/f). Manual de minería. Consultado el 5 de diciembre de 2012, Ingenieros de minas. p 210. Recuperado de: [http://ingenierosdeminas.org/biblioteca\\_digital/libros/Manual\\_Mineria.pdf](http://ingenierosdeminas.org/biblioteca_digital/libros/Manual_Mineria.pdf).

Gimenez. A, & Domingo. I (2006). *Plan de Explotación Minero de la cantera “C.A.* Caracas, Venezuela, Universidad Central de Venezuela. Recuperado de: [http://bibliogeo.ing.ucv.ve/cgi-win/be\\_alex.5=png](http://bibliogeo.ing.ucv.ve/cgi-win/be_alex.5=png).

Gonzales .T. (2010) *Diseño de minas a tajo abierto*, Lima En Perú, en la Universidad Nacional de Ingeniería, (Tesis de pre grado). Recuperado de: [file:///C:/Users//Downloads/gonzales\\_pt%20\(2\).pdf](file:///C:/Users//Downloads/gonzales_pt%20(2).pdf).

Herrera H., J. (2006). *Método de minería a cielo abierto*. Madrid: Editado por la

H. Sampieri (2014). *Metodología de la Investigación*. Méjico, Editorial McGraw-Hill, 6° edición. En línea: [https://www.esup.edu.pe/descargas/dep\\_investigacion/Metodologia](https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia).

Portal Minero S.A. (2006). *Manual General de Minería y Metalurgia*. Chile: Editorial Portal Minero Ediciones. Recuperado de: <http://www.portalminero.com/pages/viewpage.action?pagelid=56068474>.

Nieves M. (2013) *Elaboración de una propuesta para la explotación a cielo abierto de charnockita, etapa de ingeniería conceptual, cerro la danta-sector cambalache estado Bolívar*. Universidad de Venezuela, Caracas. En línea: [http://bibliogeo.ing.ucv.ve/cgiwin/be\\_alex.cgi?Documento=T041500007608/0&Nombred](http://bibliogeo.ing.ucv.ve/cgiwin/be_alex.cgi?Documento=T041500007608/0&Nombred).

## **ANEXOS**

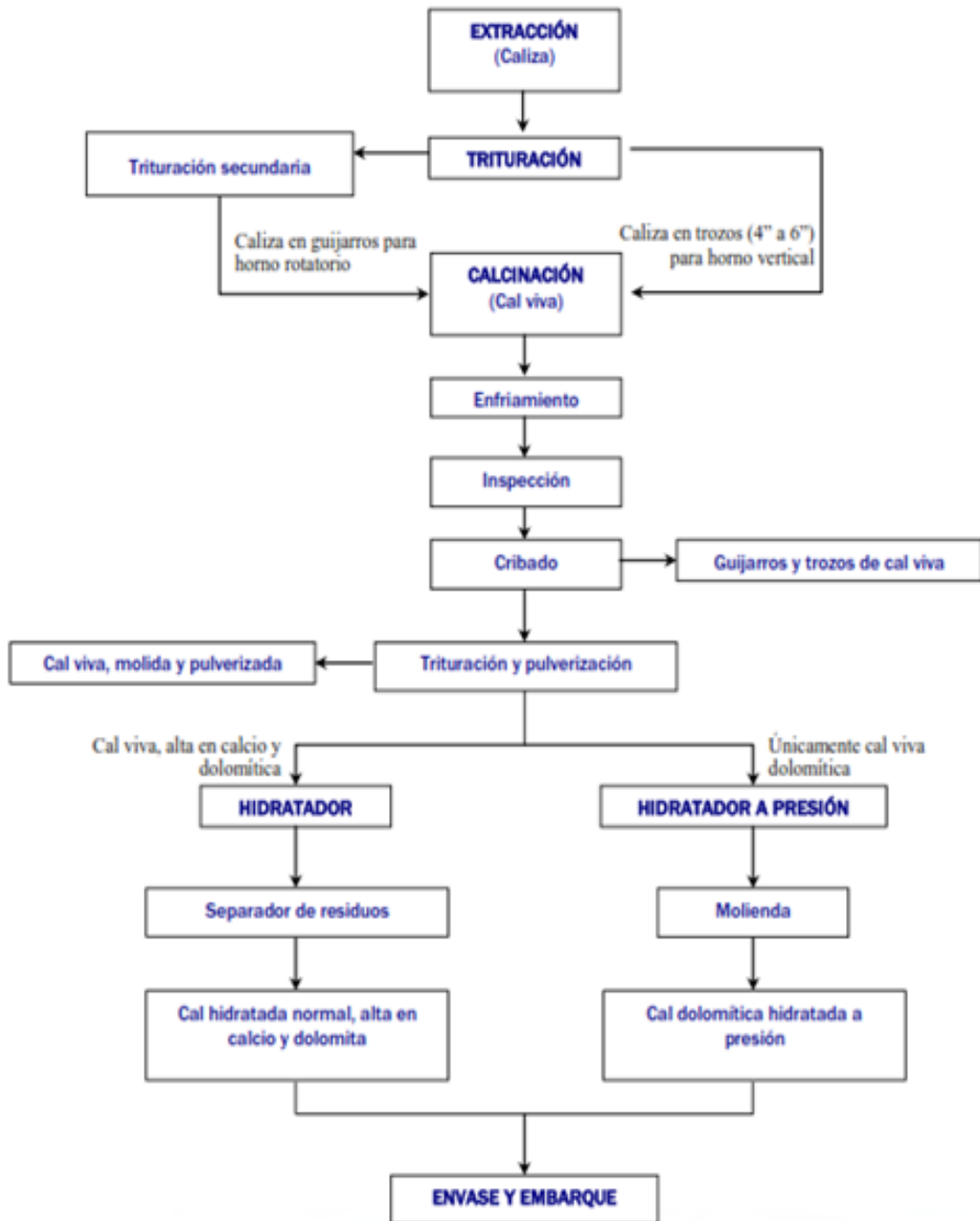
## Anexo 1: Matriz de Consistencia

**Tabla 27.** Propuesta de un plan de minado para la explotación de caliza en la concesión minera San Juan de la empresa minera Santa María S.R.L.

Problema	Hipótesis	Objetivo	Variables	Definición conceptual	Indicadores	Metodología	Fuente	Técnica	Instrumento
-¿Cómo aplicar un plan de minado para la explotación de caliza en la concesión minera San Juan de la Empresa Minera Santa María S.R.L., Cajamarca, 2017?	- La propuesta de un plan de minado para la explotación de caliza beneficiara en un 75% el desarrollo de la etapa de explotación en la concesión minera San Juan de la Empresa Minera Santa María S.R.L., Cajamarca en el 2017.	Proponer un plan de minado para la explotación de caliza en la concesión minera San Juan de la Empresa Minera Santa María S.R.L., Cajamarca, 2017.	V.I: Plan de minado.	Es el aprovechamiento del mineral se realizará en forma descontrolada, obteniendo una recuperación baja y dificultando las operaciones técnicas de minería.	- Discontinuidades - Tipo de yacimiento - Formación del macizo rocoso - Dureza del macizo - Fracturamiento del macizo rocoso - Factores climáticos - Inclinación del banco - Estaciones geomecánicas	<u>Tipo de Investigación</u> investigación por su orientación es aplicativa  <u>Nivel de Investigación</u> - Descriptiva, explicativa <u>Método</u> Deductivo. <u>Diseño de Investigación</u> - Transversal. <u>Población:</u>  Establecida la población por todas las canteras ubicadas al sur este de la ciudad de Cajamarca, durante el año 2017.	Lectura directa	Formato de inspección de vehículos	Encuestas
- ¿Cuál es la situación actual de la empresa con respecto a la propuesta de un plan de minado para la explotación de caliza en la concesión minera San Juan de la Empresa Minera Santa María S.R.L., Cajamarca en el 2017? - ¿Cuáles son los beneficios que representa la propuesta de un plan de minado para la explotación de caliza en la concesión minera San Juan de la Empresa Minera Santa María S.R.L., Cajamarca en el 2017?	- El nivel de productividad antes de proponer el plan de minado es deficiente en la concesión minera San Juan de la Empresa Minera Santa María S.R.L., Cajamarca en el 2017.  - El nivel de productividad después de proponer el plan de minado mejora significativamente en un 75% en la cantera en la etapa de producción de la concesión minera San Juan de la Empresa Minera Santa María S.R.L., Cajamarca en el 2017.	- Determinar la situación actual de la empresa con respecto a la propuesta de un plan de minado para la explotación de caliza en la concesión minera San Juan de la Empresa Minera Santa María S.R.L., Cajamarca en el 2017.  - Identificar los beneficios que representa la propuesta de un plan de minado para la explotación de caliza en la concesión minera San Juan de la Empresa Minera Santa María S.R.L., Cajamarca en el 2017.							

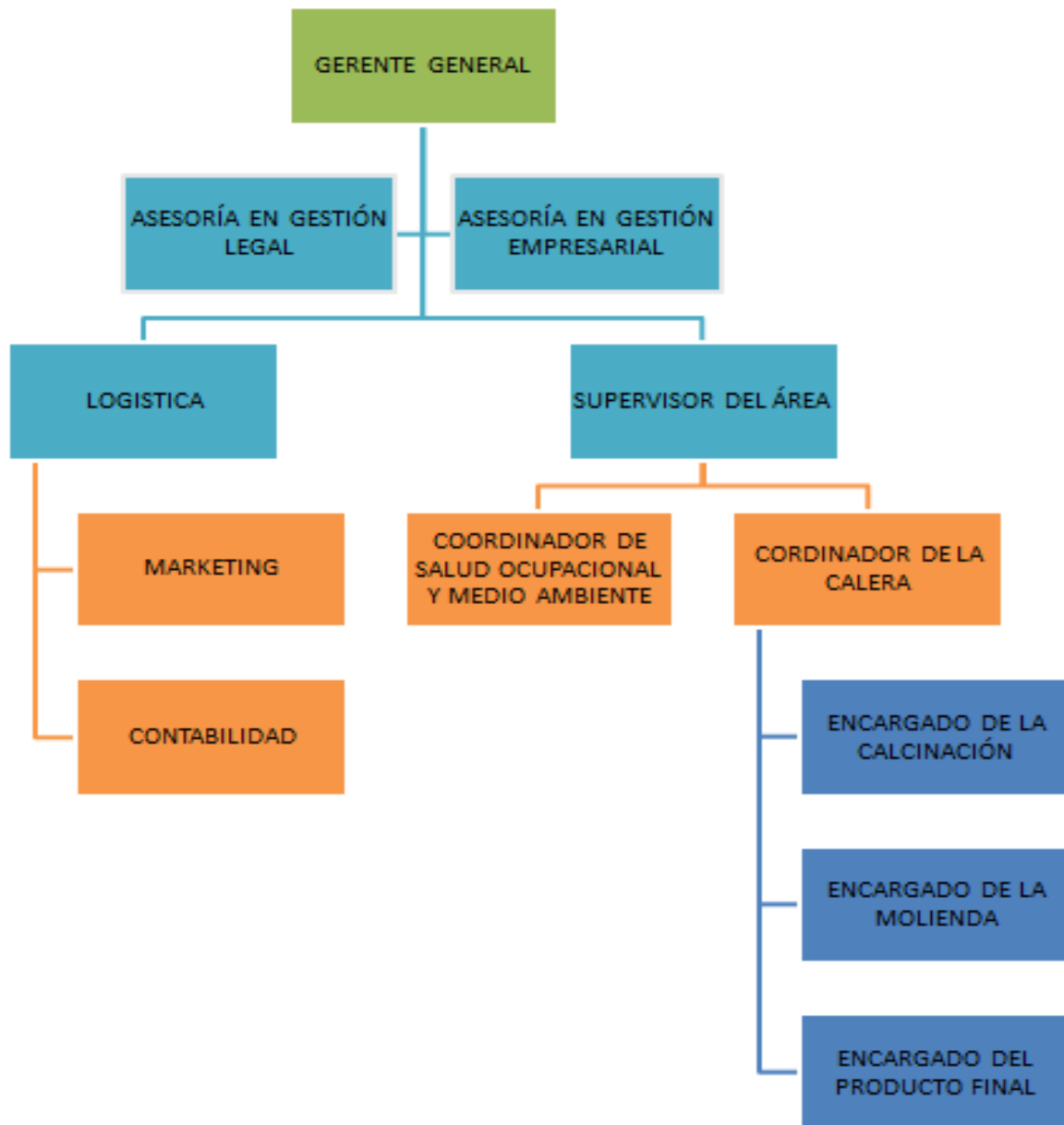
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

## Anexo 2: Procesamiento de la cal - cantera San Juan



**Figura 47.** Procesamiento de la cal - cantera San Juan  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

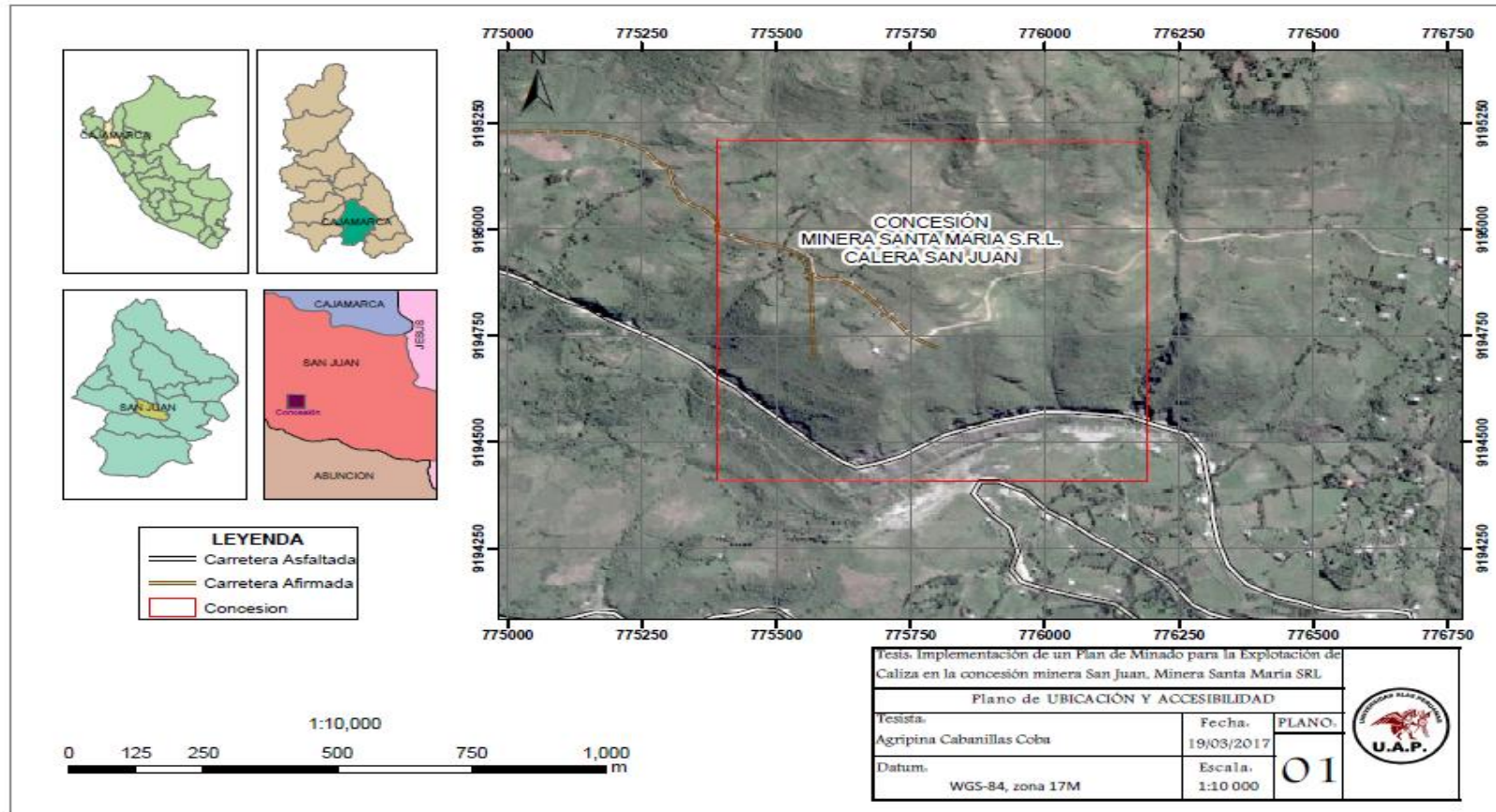
### Anexo 3: Organigrama - cantera San Juan



**Figura 48.** Organigrama - cantera San Juan  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

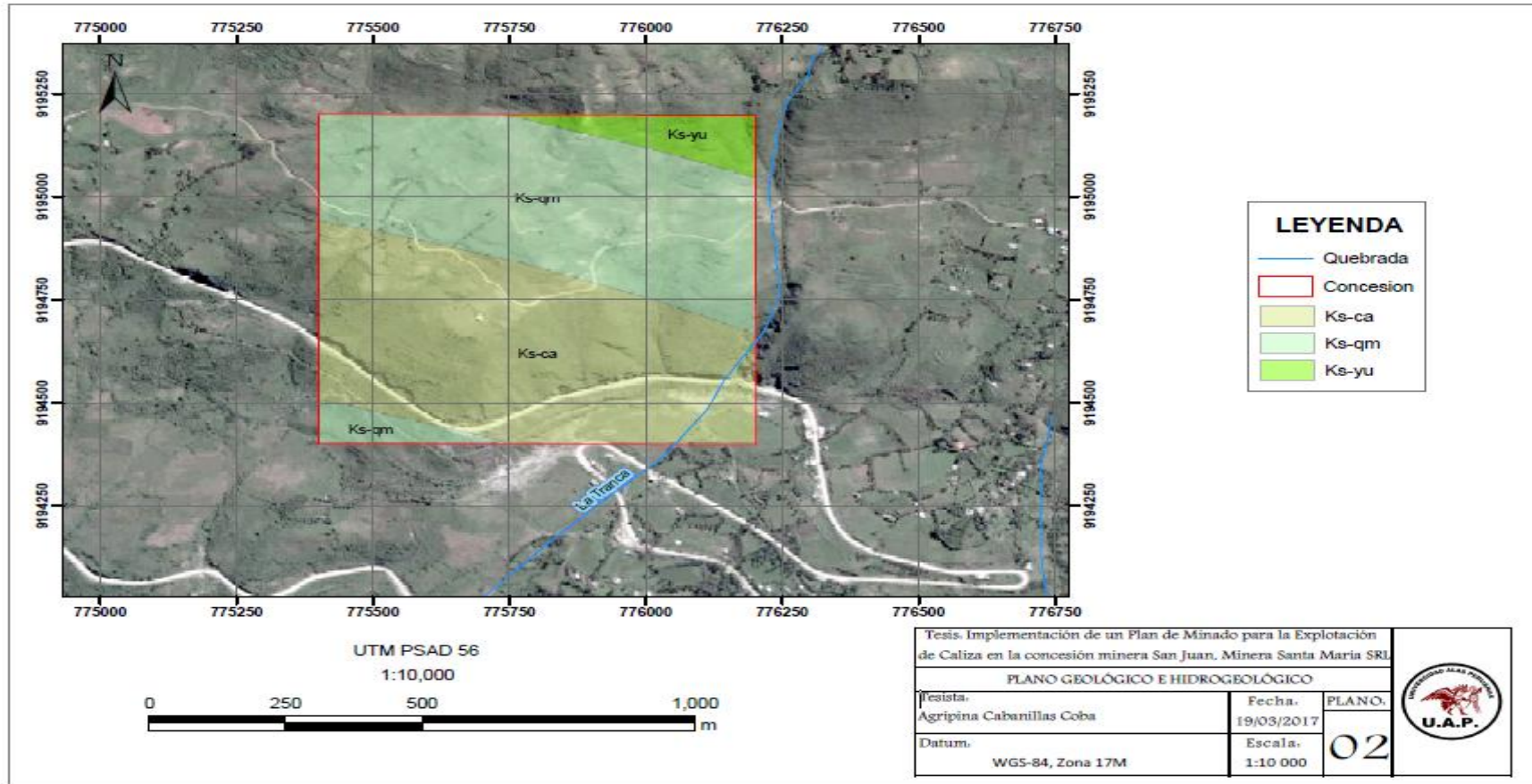


## Anexo 4: Plano de ubicación y accesibilidad Calera San Juan



**Figura 49.** Plano de ubicación y accesibilidad - Calera San Juan  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

## Anexo 5: Plano Hidrogeológico Calera San Juan



**Figura 50.** Plano Hidrogeológico Calera San Juan  
Fuente: Elaboración propia, 2017.

## Anexo 6: Plano Áreas de explotación Calera San Juan

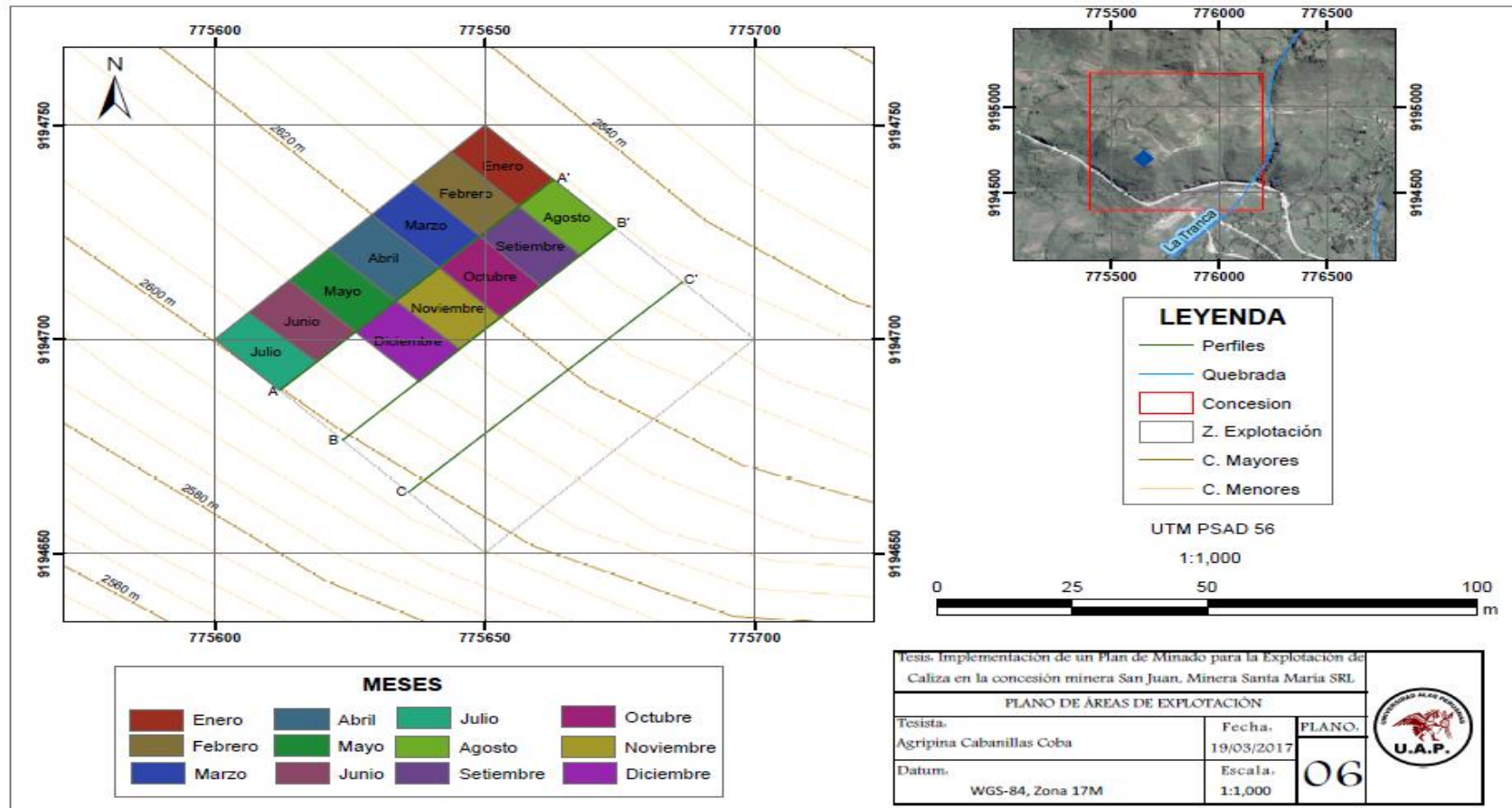
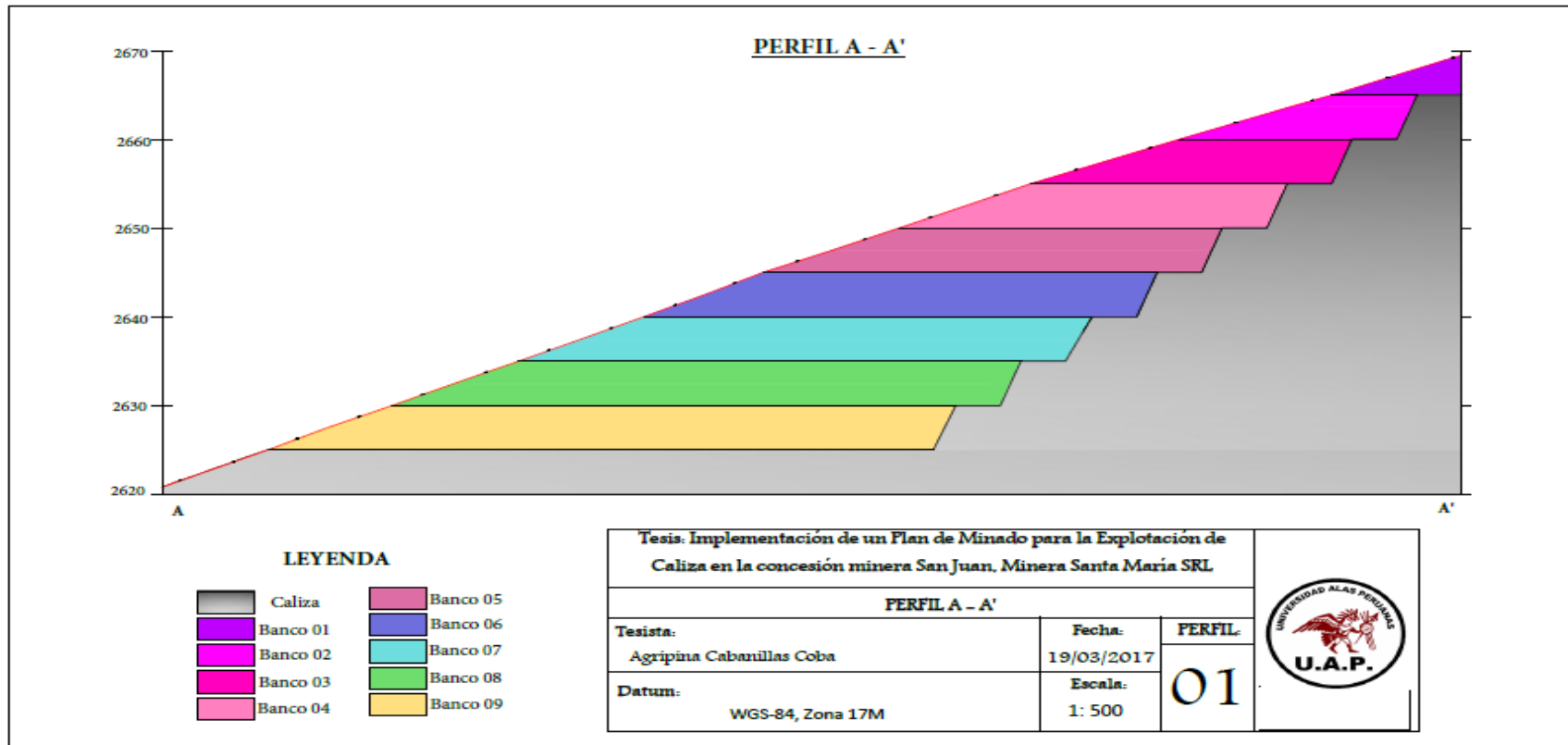


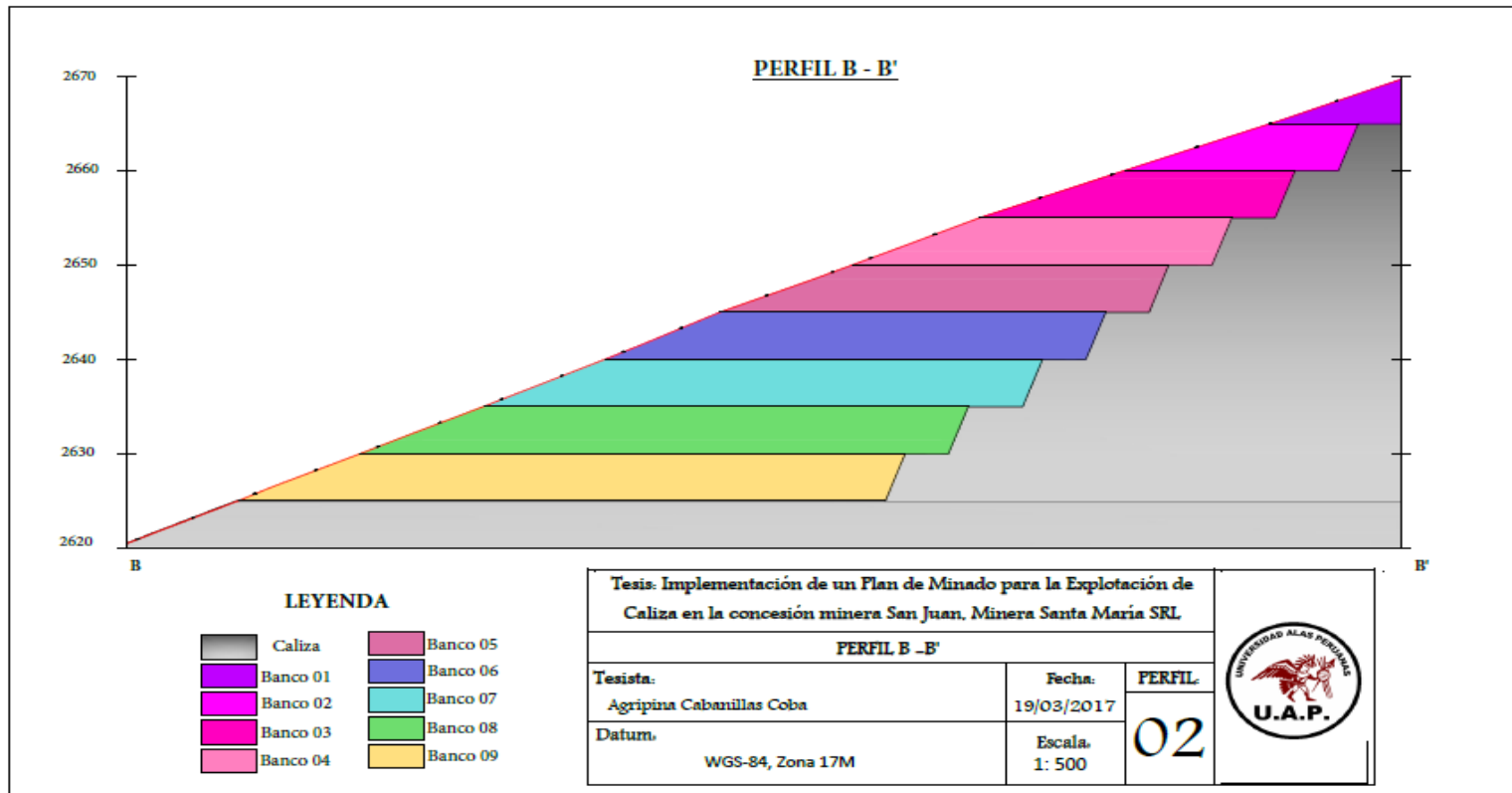
Figura 51. Plano Áreas de explotación Calera San Juan  
Fuente: Elaboración propia, 2017.

## Anexo 7: Minera San Juan- empresa Minera Santa María Perfil-A



**Figura 52.** Minera San Juan- empresa Minera Santa María. Perfil-A  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

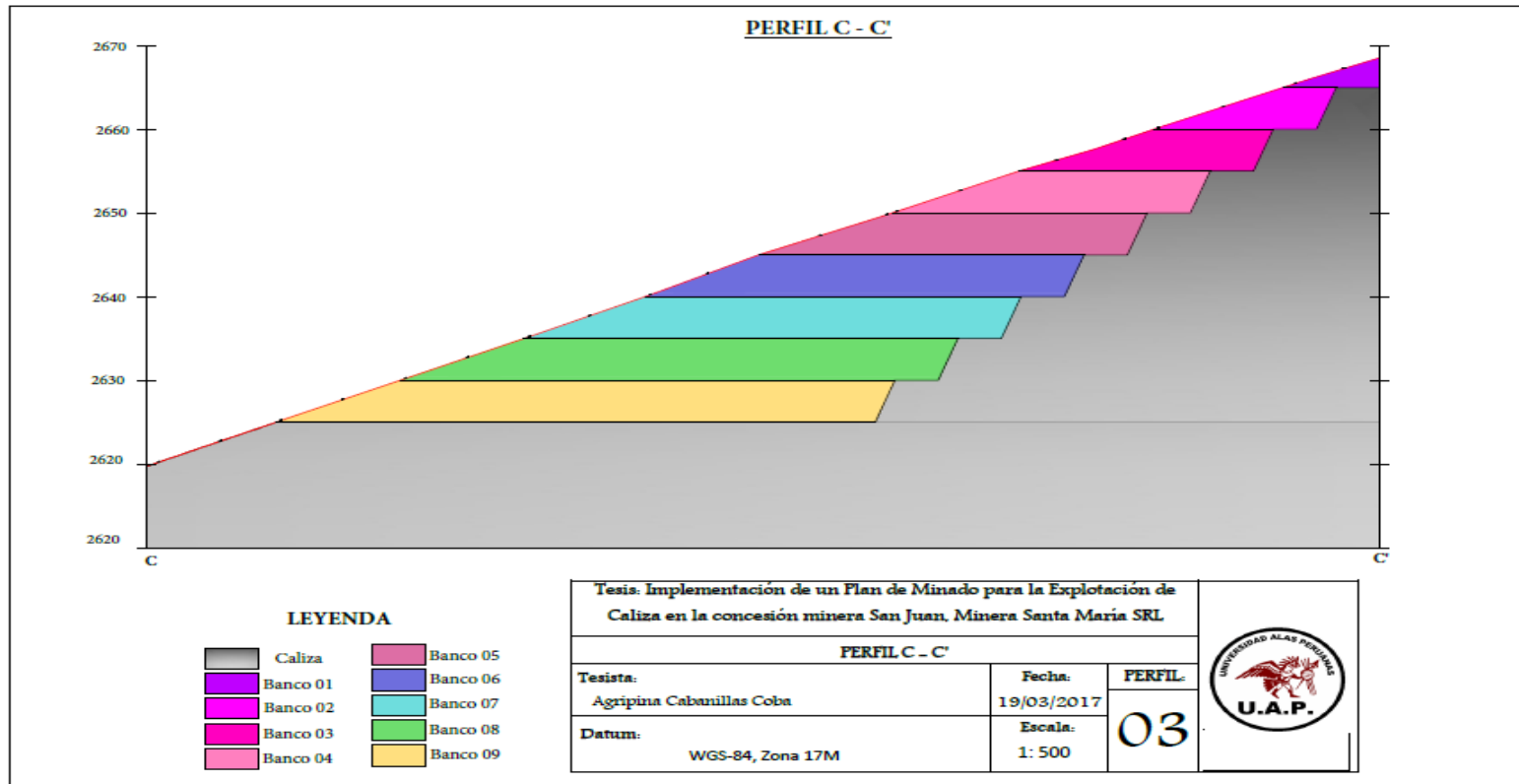
## Anexo 8: Minera San Juan- empresa Minera Santa María Perfil-B



**Figura 53.** Minera San Juan- empresa Minera Santa María. Perfil-B  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.




## Anexo 9: Minera San Juan- empresa Minera Santa María Perfil-C



**Figura 54.** Minera San Juan- empresa Minera Santa María. Perfil-C  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

## Anexo 10: Perfil de mercado calera San Juan

<b>MINERÍA SANTA MARÍA S.R.L CALERA SAN JUAN</b>	<b>PERFIL DE MERCADO</b>		
	<b>Área: Contabilidad</b>	<b>Versión: I</b>	
	<b>Código: MSM – CSJ – PM - 02</b>	<b>Páginas: 5</b>	
<b>PRODUCTO</b>	<b>CAL</b>	<b>UNIDAD MINERA SAN JUAN</b>	
<b>METALURGIA</b>	<b>USOS ESPECIFICOS</b>		
<b>INDUSTRIA DEL ACERO</b>	<p>Como fundente en la purificación del acero y en la oxigenación básica, y en hornos eléctricos.</p> <p>Para remover fósforo, azufre y sílice y para desechar el azufre.</p> <p>Actúa como lubricante cuando las varillas de acero son estiradas por medio de dados en la fundición de lingotes y escorias de altos hornos.</p> <p>Neutraliza los últimos rastros del ácido adherido al metal y protege temporalmente de la corrosión.</p>		
<b>FABRICACIÓN DE MAGNESIO Y ALUMINA</b>	<p>Se usa en la mayoría de los procesos para la fabricación de magnesio.</p> <p>Para quitar la sílice del mineral de bauxita y para la <u>caustización</u> en manufactura de alúmina.</p>		
<b>FLOTADO DE METALES</b>	<p>Para recuperar metales no ferrosos, mercurio y <u>xanatos</u>, así como de oro y plata y para controlar el pH.</p> <p>En la flotación de zinc, níquel y metales <u>antifriccionantes</u> de mineral de plomo.</p> <p>En la concentración de fosfato rocoso en procesos de flotación precipita fluoruros.</p>		
<b>FUNDICIÓN DE METALES NO FERROSOS</b>	<p>En la fundición y refinamiento los vapores nocivos del gas del SO<sub>2</sub> pueden ser neutralizados a través de una lechada en un lavador.</p> <p>Después del fundido del níquel, éste se precipita en una solución de lechada a alta temperatura.</p> <p>Como fundente en la manufactura de bajo carbono y ferrocromos.</p>		
<b>CONSTRUCCION</b>	<b>USOS ESPECIFICOS</b>		
<b>MATERIALES DE CONSTRUCCION</b>	<p>Los productos de concreto resisten más al agua; mejora la <u>reflectividad</u> y se reducen las pérdidas por rompimientos.</p> <p>Se emplea con puzolanas o cementos Portland en la manufactura de productos celulares ligeros de concreto.</p> <p>Sirve como un agente aglomerante, reaccionando químicamente con la <u>silica</u> libre, formando silicatos de calcio. La reacción cal-<u>silica</u> es empleada para hacer aislantes de <u>microporitos</u>.</p>		

**Figura 55.** Perfil de mercado calera San Juan

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

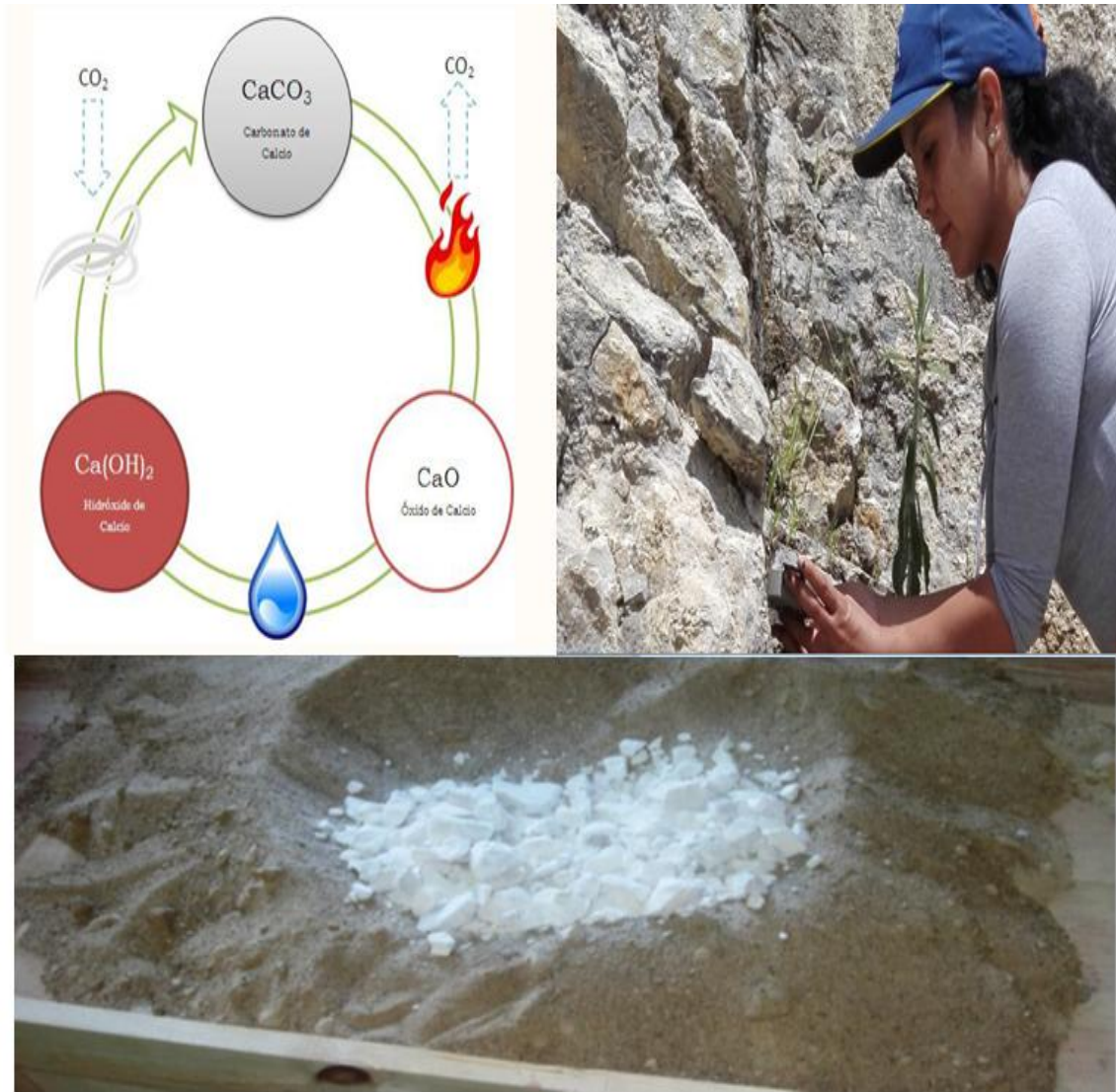
## Anexo 11: Obtención de la cal



**Figura 56.** Obtención de la cal.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017

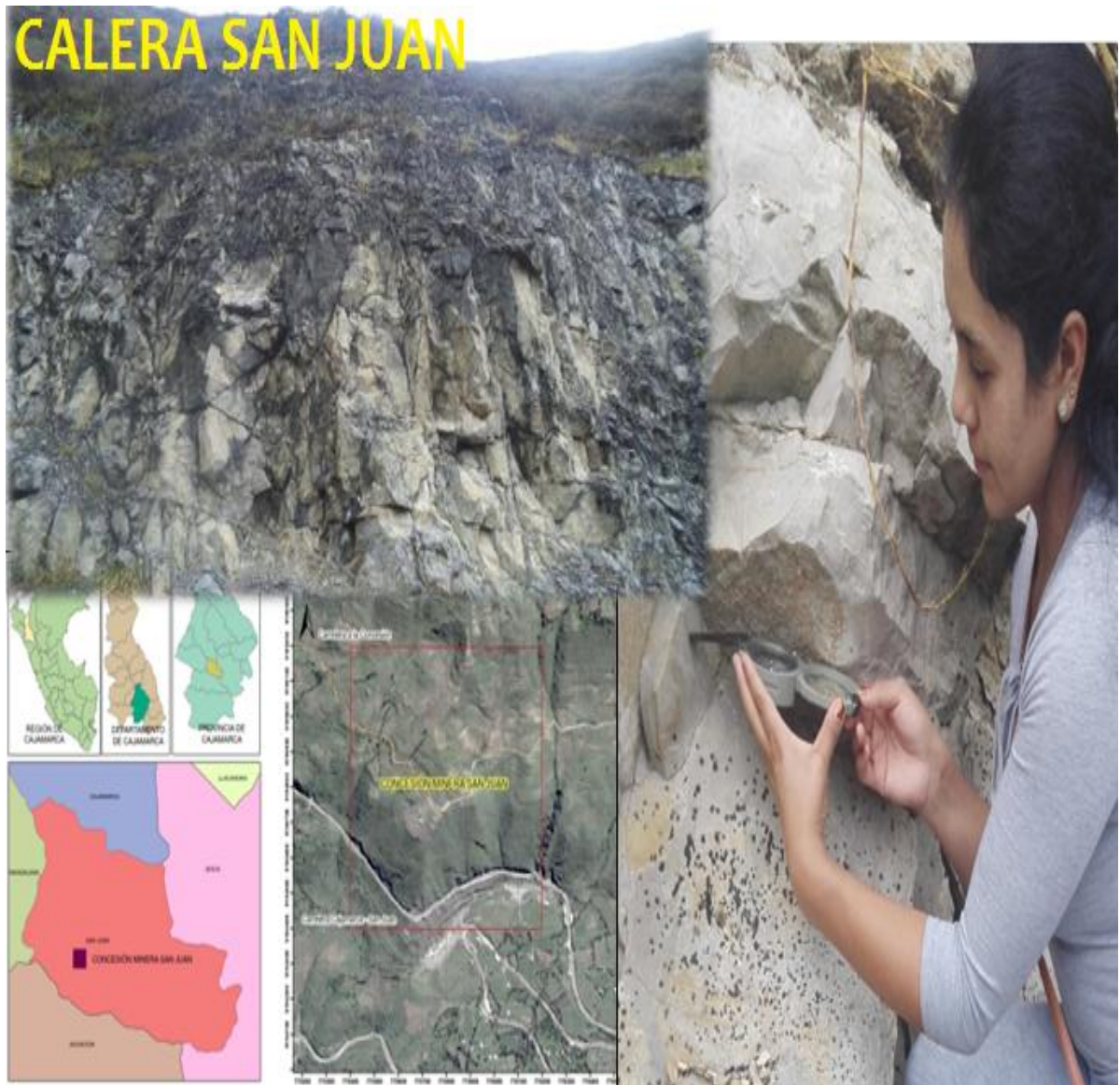


## Anexo 12: Procesamiento de la Cal – Tesista



**Figura 57.** Procesamiento de la Cal – Tesista.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

## Anexo 13: Calera San Juan - Tesista



**Figura 58.** Zona de ubicación - Calera San Juan - Tesista.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.