



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

TESIS:

**“ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE MÁRMOL PARA SU
EXPLOTACIÓN MINERA EN LA CONCESIÓN SANTA
RITA EN EL DISTRITO JORGE CHÁVEZ, PROVINCIA
CELENDÍN, REGIÓN CAJAMARCA, 2017”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

Presentado por el Bachiller:

RIMARACHÍN RAFAEL, RONALD ALBERTO

CAJAMARCA - PERÚ

2017

DEDICATORIA:

A mis padres: Hipólito y María Esperanza, quienes son los pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos jamás hubiese podido cumplir mis metas, deseos y lo que ahora soy.

A mi novia, Berli y al tesoro que me la dio Dios, Xiomara compañía inseparable de cada jornada. Ellos representan gran esfuerzo y tesón en momentos de declive y cansancio.

A esta prestigiosa universidad Alas Peruanas, todos los docentes y personal administrativo por estar más cerca de mi persona y ayudarme a cumplir mis objetivos.

Ronald

AGRADECIMIENTO:

A Dios por ser la luz de todos los días y darnos la vida, salud y estar conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza, salud para continuar en las sendas del bien.

A mis padres: Hipólito Rimarachín y Esperanza Rafael.

A mi esposa, Berli y al fruto de mi amor Xiomara.

A mis hermanos, a todos ellos gracias por el apoyo, tanto sentimental como económico.

A todos los docentes de esta prestigiosa universidad, por sus consejos y enseñanzas para la superación y así cumplir con mis sueños.

Ronald

RECONOCIMIENTO:

A la Universidad Alas Peruanas por la oportunidad para desarrollar mis capacidades y optar el grado de ingeniería de minas.

A la ayuda del director de la escuela profesional, asesor de tesis por sus orientaciones y guiarme en esta importante tesis. A mis docentes que expandieron mi capacidad mental y entendimiento.

Ronald

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA:	ii
AGRADECIMIENTO:	iii
RECONOCIMIENTO:	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. Descripción de la Realidad Problemática.....	13
1.2. Delimitación de la Investigación	15
1.2.1. Delimitación Espacial	15
1.2.2. Delimitación Social	15
1.2.3. Delimitación Temporal.....	15
1.2.4. Delimitación Conceptual.....	15
1.3. Problemas de Investigación	16
1.3.1. Problema Principal	16
1.3.2. Problemas Secundarios	16
1.4. Objetivos de la Investigación	17
1.4.1. Objetivo General.....	17
1.4.2. Objetivos Específicos	17
1.5. Hipótesis y Variables de la Investigación	17

1.5.1.	Hipótesis General.....	17
1.5.2.	Hipótesis Secundarias.....	18
1.5.3.	Variables	18
1.6.	Metodología de la Investigación.....	20
1.6.1.	Tipo y Nivel de Investigación.....	20
1.6.2.	Método y Diseño de la Investigación	21
1.6.3.	Población y Muestra de la Investigación	21
1.6.4.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	22
1.6.5.	Justificación, Importancia y Limitaciones de la Investigación	23

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes del Problema.....	25
2.1.1.	Internacionales	25
2.1.2.	Nacionales.....	28
2.1.3.	Locales.....	30
2.2.	Bases Teóricas	32
2.2.1.	Estimación de Reservas.....	32
2.2.2.	Mármol	42
2.2.3.	Explotación de mármol.....	43
2.2.4.	Exploración e Investigación en el Sector de la Roca Ornamental	45
2.2.5.	Selección del Método y Sistema de Explotación	47
2.2.6.	Descripción del Proceso General de Explotación en las Canteras	48
2.2.7.	Criterios de Diseño de Canteras.....	51
2.2.8.	Estudio económico – Cash flow.....	53
2.3.	Definición de Términos Básicos.....	54

CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Análisis de tabla y gráficos.....	56
3.1.1. Ubicación:.....	57
3.1.2. Accesibilidad	60
3.2. Geología Regional	60
3.2.1. Formación Crisnejas.....	62
3.2.2. Formación Puyucana.....	62
3.3. Geología local	63
3.4. Estimación de mármol.....	64
3.4.1. Bloque A.....	67
3.4.2. Bloque B.....	69
3.4.3. Bloque C.....	71
3.5. Estimación de Reservas de Mármol	72
3.5.1. Cálculo de área (mediante ArcGis).....	72
3.5.2. Cálculo de reservas por bloques	75
3.6. Posible diseño de explotación:.....	77
3.6.1. Plan de minado:.....	79
3.6.2. Cálculo del factor de seguridad del talud aplicando Slide 5.0	80
3.7. Estudio económico.....	82
3.7.1. Flujo de caja (CASH FLOW)	82
3.7.2. Cálculo de vida útil:	82
3.7.3. Flujos entrantes y salientes:	82
3.8. Alcance ambiental.....	83
CONCLUSIONES	84
RECOMENDACIONES	85

FUENTES DE INFORMACIÓN	86
ANEXOS	89
Anexo 1: Matriz de consistencia.....	90
Anexo 2: Instrumento de la Investigación: Descripción Macroscópica de Rocas	91
Anexo 3: Instrumento de la Investigación: Modelo de Libreta de Campo	92
Anexo 4: Instrumento de la Investigación: Modelo de Hoja de cálculo	93
Anexo 5: Juicio de Expertos	94
PLANOS	97

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Operacionalización de las variables.	19
Tabla 2: Clasificación de reservas basada en la cuantificación kriging.	39
Tabla 3: Coordenadas de la concesion Santa Rita.....	57
Tabla 4: Accesibilidad a la concesion Santa Rita.	60
Tabla 5: Factores de explotacion de la concesion Santa Rita.	65
Tabla 6: Características macroscópicas del bloque A.	68
Tabla 7: Características macroscópicas del bloque B.	70
Tabla 8: Características macroscópicas del bloque C.	71
Tabla 9: Cuadro total de volumen.....	75
Tabla 10: Cuadro medidas recomendadas.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Histograma de las varianzas kriging (V_k) en 3 poblaciones:	40
Figura 2: Caliza ornamental.	43
Figura 3: Perforación de barrenos próximos.	44
Figura 4: Tamaño de comercialización de bloques de mármol.	49
Figura 5: Imagen satelital de la concesión Santa Rita.	58
Figura 6: Ubicación política de la concesión Santa Rita.	59
Figura 7: Relieve de la zona.....	61
Figura 8: Afloramiento kárstico de la formación Crisnejas.	62
Figura 9: Mármol de la concesión Santa Rita.....	63
Figura 10: Determinación del área del recurso.	66
Figura 11: Mármol rosado de la concesión Santa Rita.....	67
Figura 12: Bloque A.	68
Figura 13: Cortes de mármol en la planta.	69
Figura 14: Bloque B de mármol.....	70
Figura 15: Afloramiento del Bloque C.	71
Figura 16: Estimación del recurso utilizando ArcGis 10.3.	72
Figura 17: Estimación del recurso utilizando ArcGis 10.3.	73
Figura 18: Estimación del recurso utilizando ArcGis 10.3.	74
Figura 19: Diseño de primera etapa de explotación de mármol.	78
Figura 20: Diseño de Segunda etapa de explotación de de mármol.....	78
Figura 21: Bloques de mármol.	79
Figura 22: Diálogo View Limits(vea límites).	80
Figura 23: Límites ingresados al programa slide.....	81
Figura 24: Cálculo del factor de seguridad del aplicando Slide 5.0.....	81

RESUMEN

La empresa Santa Rita S.A. dueña de la concesión del mismo nombre dedicada a la explotación y comercialización de recursos no metálicos tales como mármol, no cuenta con un plan de explotación óptimo; no se han realizado estudios de viabilidad económica – técnica, es por ello necesario la estimación de reservas para explotar el recurso.

El objetivo principal de la tesis es determinar influye la estimación de reservas de mármol en la viabilidad de la explotación minera en la concesión minera Santa Rita.

Se calculó el área o superficie de interés para explotar mediante el software ArcGis, considerando la profundidad 30 m, el castigo 30% y la densidad 2.8 TM/m³. En total se calculó 3 573 549.29 toneladas métricas, en los tres bloques estudiados. De acuerdo a los estudios realizados se define que el método de explotación minera empleado debe ser a cielo abierto mediante bancos el cual tendrá 7.26 metros de alto con una berma inicial de 10 metros y la segunda de 8 metros, con un ángulo de talud de 63°. Este talud es apropiado ya que tiene un factor de seguridad de 1.651. Los bloques que se van a extraer son: En el bloque A va a tener las dimensiones 2.57 m X 1.7m X 1.20 m, el bloque B va a tener 2.8 m X 1.6 m X 1.30 m y el bloque C 2.6 m X 1.5 m X 1.20 m. Según el estudio económico, la vida útil de la concesión minera Santa Rita va a tener 85.1 años, los flujos entrantes son netamente la venta del mármol el cual asciende a 4 127 449 429.95 soles y los flujos salientes se calculó mediante el estudio de inversión de la empresa Santa Rita y asciende a 326 336 521.16 soles. El flujo de caja es 3 801 112 908.79 Soles.

Palabras claves: Estimación, concesión, reservas mineras, mármol.

ABSTRACT

The company Santa Rita S.A. owner of the concession of the same name dedicated to the exploitation and marketing of non-metallic resources such as marble, does not have an optimal exploitation plan; no economic-technical feasibility studies have been carried out, it is therefore necessary to estimate reserves to exploit the resource.

The main objective of the thesis is to determine the influence of the estimation of marble reserves on the viability of the mining exploitation in the Santa Rita mining concession.

The area or surface of interest to be exploited was calculated using the ArcGis software, considering the depth 30 m, the punishment 30% and the density 2.8 TM / m³. In total, 3 573 549.29 metric tons were calculated in the three blocks studied. According to the studies carried out, it is defined that the mining exploitation method must be open-pitted through banks, which will be 7.26 meters high with an initial berm of 10 meters and the second of 8 meters, with a slope angle of 63 meters. °. This slope is appropriate since it has a safety factor of 1,651. The blocks to be extracted are: In block A it will have the dimensions 2.57 m X 1.7m X 1.20 m, block B will have 2.8 m X 1.6 m X 1.30 m and the block C 2.6 m X 1.5 m X 1.20 m. According to the economic study, the useful life of the Santa Rita mining concession will be 85.1 years, the incoming flows are clearly the sale of marble which amounts to 4 127 449 429.95 soles and the outflows were calculated through the investment study of Santa Rita company and amounts to 326 336 521.16 soles. The cash flow is 3 801 112 908.79 Soles.

Keywords: Estimation, concession, mining reserves, marble.

INTRODUCCIÓN

La tesis se realizó en la región Cajamarca, provincia de Celendín, distrito de Jorge Chávez, específicamente en la concesión no metálica Santa Rita en la cual aflora rocas de mármol.

Hace unos años la competencia internacional se centraba en unas cuantas industrias, hoy en día esta competencia abarca no sólo todo el sector, sino que también se extiende al área de negocios y a las organizaciones de servicios. De esta manera, es necesario que las empresas enfoquen cada vez más sus esfuerzos en operar con mayor eficiencia, disminuir los costos y mejorar la calidad de los productos. Por otro lado, la disminución del tamaño de las compañías es una tendencia a la que no podemos ser ajenos.

La explotación hoy en día está paralizada debido a falta de inversión en la explotación, anteriormente se ha explotado seleccionando rocas de mármol grandes, limpiándolas y cortándolas, sin un método de explotación definida.

El Perú cuenta con una superficie total de 1'285,215 km², alberga 3,970 concesiones mineras no metálicas con 1'083,908 hectáreas, de las cuales 594,700 hectáreas (55 %) corresponden a mármol y travertinos.

El proyecto en estudio se considera que tiene un gran volumen de recursos, esto conllevó a un análisis del mineral no metálico y posteriormente a un planeamiento de minado, es aquí donde el presente estudio combinará el método de explotación convencional con el mecanizado. Finalmente se plantea que dicha materia prima (bloques de mármol) pase al proceso de transformación en la planta de corte o procesamiento, donde obtendremos el producto terminado en baldosas o planchas.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

En el mundo existen múltiples empresas dedicadas a la explotación, transformación y comercialización del mármol, hay de todo: las que se dedican únicamente a la producción de placas pulidas y talladas, las que se dedican únicamente a las artesanías, las hay mixtas, otras que exclusivamente explotan y comercializan el mármol, por último, existen empresas que solamente se dedican a la extracción del mineral y lo venden a las plantas beneficiadoras para su procesamiento. En su gran mayoría, las empresas orientadas a la explotación del mármol son pequeñas, e incluso muchas de ellas se identifican en el campo de la denominada minería social, lo cual tiene ciertas limitaciones, como por ejemplo que estos establecimientos suelen interesarse más en aspectos de la producción que en el de la promoción de ventas y en muchos casos, el propietario es al mismo tiempo artesano y trabaja junto con sus empleados. “La pequeña y mediana minería y la minería social enfrentan problemas de cuantificación de sus reservas, desconocimiento de la calidad de sus minerales, insuficiencia de capitalización y de recursos financieros por falta de garantías y carencia de asesoría técnica y capacitación para la exploración, explotación, beneficio y comercialización de los minerales” (Herrera, 2012).

En Perú, el mármol se encuentra en grandes cantidades en la sierra central, principalmente en el departamento de Junín, cuyos 25 millones de toneladas lo convierten en la principal reserva de América Latina. Otros productores son Ayacucho, Huancavelica y Lima. Debido a las altas variantes de los precios en que se cotizan la mayoría de minerales que se explotan en el Perú y el mundo, las empresas y profesionales que las conforman sienten la necesidad urgente de implementar toda la tecnología posible, que en su aplicación y uso signifique: rapidez, eficiencia y menor costo, para sus operaciones mineras y logro de resultados, y que ello obviamente contribuya al aumento de la rentabilidad del proyecto minero (Zegarra, 2015).

La revolución científico técnica en la geología y la minería, que ha abarcado durante décadas a todo el mundo, se manifiesta en un aumento brusco del ritmo de extracción y utilización de la materia prima mineral. Por este motivo los trabajos de búsqueda, exploración y evaluación geológica-económica de yacimientos minerales útiles, constituye una de las tareas más importantes en las empresas y compañías geo-mineras. En esta actividad el cálculo de reservas minerales útiles "in situ" juega un papel fundamental (Nuñez, 2013).

La estimación de reservas es una operación de alta responsabilidad que determina en gran medida el valor industrial de un yacimiento mineral, por ello es vital para la empresa Santa Rita S.A., dueña de la concesión del mismo nombre dedicada a la explotación y comercialización de recursos no metálicos tales como mármol, ya que no cuenta con un plan de explotación óptimo; no se han realizado estudios de viabilidad económica – técnica, es por ello necesario la estimación de reservas para explotar el recurso.

1.2. Delimitación de la Investigación

1.2.1. Delimitación Espacial

El estudio se llevó a cabo en el distrito de Jorge Chávez, provincia de Celendín y región Cajamarca, la concesión de mármol está a cargo de la empresa Santa Rita, la cual actualmente no está explotando mármol, pero lo hizo hasta el año pasado.

1.2.2. Delimitación Social

El estudio se realizó con los pobladores del distrito Jorge Chávez, trabajadores y representantes de la empresa Santa Rita, principalmente socios de dicha empresa.

1.2.3. Delimitación Temporal

La presente tesis profesional se ejecutó en 5 meses durante el año 2017.

1.2.4. Delimitación Conceptual

La reserva minera es aquella porción del recurso medido o indicado, económicamente extraíble de acuerdo a un escenario productivo, medioambiental, económico y financiero derivado de un plan minero.

Por estimación de recursos entendemos la determinación de la cantidad de materia prima contenida en un yacimiento o en una de sus partes. Las reservas se calculan en toneladas métricas. La estimación de recursos es un fin de cada etapa de los trabajos de prospección y exploración de yacimientos minerales y este proceso continua durante la explotación del depósito (Zegarra, 2015).

El mármol es una roca metamórfica compacta formada a partir de rocas calizas que, sometidas a elevadas temperaturas y presiones, alcanzan un alto grado de cristalización. El mármol se utiliza

principalmente en la construcción, decoración y escultura. A veces es translúcido, de diferentes colores, como blanco, marrón, rojo, verde, negro, gris, amarillo, azul, y puede aparecer de coloración uniforme, jaspeado (a salpicaduras), veteado (tramado de líneas) y diversas configuraciones o mezclas entre ellas (Santos, 2012).

1.3. Problemas de Investigación

1.3.1. Problema Principal

- ¿Cómo influye la estimación de reservas de mármol en la viabilidad de la explotación minera en la concesión minera Santa Rita en el distrito Jorge Chávez de la provincia de Celendín y departamento de Cajamarca, durante el año 2017?

1.3.2. Problemas Secundarios

- ¿Cuáles son las reservas probables de acuerdo a su estimación de reservas para la explotación minera de la concesión Santa Rita en el distrito Jorge Chávez de la provincia de Celendín y departamento de Cajamarca, durante el año 2017?
- ¿Cuál es el tipo de diseño apropiado para la explotación minera del yacimiento de mármol, tomando en cuenta la estimación de reservas de la concesión minera Santa Rita en el distrito Jorge Chávez de la provincia de Celendín y departamento de Cajamarca, durante el año 2017?
- ¿Cómo influye el estudio económico de la concesión Santa Rita en su estimación de reservas para la explotación minera, distrito Jorge Chávez, provincia de Celendín y departamento de Cajamarca, durante el año 2017?

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo General.

- Realizar la estimación de reservas de mármol y su efecto en la explotación minera de la concesión Santa Rita, en el distrito Jorge Chávez de la provincia de Celendín y departamento de Cajamarca, durante el año 2017.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Estimar las reservas probables por bloques en la concesión Santa Rita, en el distrito Jorge Chávez de la provincia de Celendín y departamento de Cajamarca, durante el año 2017.
- Diseñar la explotación minera del yacimiento de mármol de la concesión Santa Rita a partir de la estimación de reservas para optimizar la producción, en el distrito Jorge Chávez de la provincia de Celendín y departamento de Cajamarca, durante el año 2017.
- Realizar el estudio económico de la concesión Santa Rita para realizar la explotación minera, en el distrito Jorge Chávez de la provincia de Celendín y departamento de Cajamarca, durante el año 2017.

1.5. Hipótesis y Variables de la Investigación

1.5.1. Hipótesis General

- Estimando las reservas de mármol se logrará optimizar la explotación minera de la concesión minera no metálica Santa

Rita, en el distrito Jorge Chávez, provincia Celendín, departamento de Cajamarca, durante el año 2017.

1.5.2. Hipótesis Secundarias

- Al determinar las reservas probables para la planificación a largo plazo se definirá su viabilidad económica para la explotación de la concesión minera no metálica Santa Rita, en el distrito Jorge Chávez, provincia Celendín, departamento de Cajamarca, durante el año 2017.
- Al diseñar la explotación del yacimiento de mármol se determinará el método a usar en la etapa de explotación de la concesión minera no metálica Santa Rita, en el distrito Jorge Chávez, provincia Celendín, departamento de Cajamarca, durante el año 2017.
- Con el estudio económico se determinará la viabilidad de la explotación de la concesión minera no metálica Santa Rita, en el distrito Jorge Chávez, provincia Celendín, departamento de Cajamarca, durante el año 2017.

1.5.3. Variables

a) Variable Independiente

Estimación de reservas.

b) Variable Dependiente

Explotación minera.

c) Operacionalización de las Variables

Tabla 1
Operacionalización de las variables.

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADOR
Explotación Minera	Dependiente	Consiste en realizar todos los estudio preliminares para determinar la posible explotación minera	Geología	Cubicación del mineral en toneladas
			Datos de exploración	Diseño de explotación
			Costo de equipos	Costo de equipos (US \$)
			Indicadores económicos y financieros	Costo fijo y variable (US \$/t)
Estimación de reservas	Independiente	Es aquella porción del recurso indicado, eventualmente medido, económicament e extraíble. Esta Reserva incluye el material diluyente, y pérdidas de explotación. Se incluyen estudios de factibilidad, mineros, ambientales, económicos.	Reservas mineras	Calidad del mármol Cubicación del yacimiento
			Estados financieros	NIIF 2012 Cash Flow
				Análisis de riesgo y sensibilidad (%)

Fuente: Elaboración propia (2017).

1.6. Metodología de la Investigación

1.6.1. Tipo y Nivel de Investigación

a) Tipo de Investigación

El tipo de investigación fue mixta (Hernández, 2006) predominantemente cuantitativa ya que se va a calcular el número de reservas de mármol existentes en la concesión Santa Rita; pero en tanto será cualitativa basada en la observación y descripción de las características físicas del mármol.

b) Nivel de Investigación

Se utilizó los siguientes niveles de investigación, según Hernández, 2006:

a. Descriptivo:

La investigación responderá a las preguntas: ¿Cómo se encuentran depositadas las reservas de mármol en la concesión Santa Rita? y ¿Cuántas son las reservas de mármol en la concesión Santa Rita?

b. Explicativo:

Con esta investigación podremos conocer por qué y cómo las reservas mineras de mármol condicionan a la explotación minera de la concesión Santa Rita.

c. Aplicativo:

La investigación conducirá a la definición del tipo de explotación minera y diseño de explotación del mármol presente en la concesión Santa Rita.

1.6.2. Método y Diseño de la Investigación

a) Método de Investigación

El método general de la presente investigación es el hipotético – deductivo, en el cual, partiendo de un problema de conocimiento identificado con el uso de la teoría se plantea la hipótesis para resolverlo. La hipótesis, que contiene variables definidas, se trata de probar en los hechos, recogiendo datos de campo (Hernández, 2006).

b) Diseño de Investigación

El diseño de la investigación corresponde al diseño correlacional, porque se muestra la relación que existe entre la variable dependiente y la independiente.

1.6.3. Población y Muestra de la Investigación

a) Población

Está conformado las 100 hectáreas de la concesión minera Santa Rita durante el año 2017.

b) Muestra

Se considera como muestra a las 80 hectáreas de terreno donde técnicamente se puede explotar el mármol de la concesión Santa Rita.

1.6.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

a) Técnicas

- Técnica de Observación

En esta investigación se considerará la técnica de observación como una de las técnicas de importancia como una de las técnicas de importancia cuyo propósito es la identificación de área, estudio de terreno, análisis de muestras de mármol y estimación de reservas.

- Técnica de Análisis Documental

Se considerará esta técnica porque se utilizará documentos oficiales que fueron brindados por la empresa Santa Rita S.A. con información relevante sobre la concesión del mismo nombre.

- Técnica de Entrevista

Se considerará esta técnica porque se utilizará entrevistas a los representantes y trabajadores de la empresa Santa Rita S.A. para obtener información importante sobre la concesión con el mismo nombre.

b) Instrumentos

De acuerdo a las técnicas antes mencionadas se utilizarán los siguientes instrumentos de investigación:

- Fichas de descripción macroscópica de la roca.
- Modelo de libreta de campo.
- Modelo de hoja de cálculo.

1.6.5. Justificación, Importancia y Limitaciones de la Investigación

a) Justificación

La información recopilada y procesada servirá de sustento para esta y otras investigaciones similares, ya que enriquecerá el marco teórico y/o cuerpo de conocimientos que existe sobre estimación de reservas para la explotación minera.

En ese sentido, la investigación tendrá carácter práctico, ya que se determinará la estimación de reservas y en función de ella se tomará decisiones para la explotación minera de la concesión.

Es evidente que la aplicación de los instrumentos de investigación va a servir para recopilar los datos, con lo cual se puede ser extensivo a las demás concesiones mineras no metálicas del país que presenten este problema de análisis y evaluación de reservas para mejorar la explotación minera.

b) Importancia

La tesis es importante para organizar y sistematizar las reservas de mármol, aplicados a la actividad geólogo - minera, así como para proponer soluciones a la explotación minera teniendo en cuenta las reservas de mármol. Como consecuencia de esto, se realiza la investigación para lograr mayor precisión en la estimación y caracterización de sus reservas minerales.

c) Limitaciones

- El yacimiento de mármol se encuentra gran parte debajo de los depósitos cuaternarios, por tanto, no se puede medir la potencia de estratos, y solo se obtiene un estudio a nivel de superficie.
- En el muestreo sólo se analizarán muestras intemperizadas en superficie, ya que no hay un talud de estudio.
- Para realizar la estimación de reservas de mármol, es necesario contar con estudios de exploración, debido a falta de estudios básicos se tuvo que realizar estudios breves con respecto a la concesión y retrasa el avance de tesis.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Problema

2.1.1. Internacionales

- Salinas (2012), realizó su Tesis para Optar el Título de Ingeniero Civil de Minas: “*Estimación de Recursos en un Yacimiento de Fierro*” en la Universidad de Chile; aplica la metodología utilizada para estimar variables regionalizadas mediante kriging y sus variantes. El objetivo principal de esta tesis fue estimar de forma óptima e insesgada los recursos de un yacimiento de fierro, con el fin de entregar finalmente un reporte de recursos confiable para los inversionistas y planificadores. El autor concluye que existe una diferencia de más de 50 millones de toneladas de recursos totales estimados (ley de corte 0%) entre el caso 1 y el caso 3. Este último además estima una ley media un 4% mayor que el primer caso. Todo esto se puede verificar además en los mapas de fierro magnético de manera visual (todos los mapas están a la misma escala). Además, el caso 3 arroja una ley de fierro magnético muy cercana a la de fierro total, sugiriendo que la gran mayoría del fierro presente es recuperable. Sin embargo, esto puede estar sujeto al cálculo del coeficiente que relaciona las medias de fierro total y magnético. De hecho, si se calcula la razón de magnetismo a posteriori en el caso 3, se ve que fluctúa cerca del coeficiente calculado (0.97). Debido a la baja cantidad de datos

- existente con respecto al tamaño del espacio muestral, se debió escoger una vecindad de kriging muy grande y además efectuar dos búsquedas de datos para encontrar información suficiente para efectuar una buena estimación. Esto resultó en tiempos de cálculo más altos, pero es una consecuencia de la cantidad de información inicial disponible.
- Vega (2013), realizó su Tesis para obtener el grado de ingeniero geólogo: "*Cálculo de Reservas de la Veta "Paraíso" Mina Paraíso – Distrito Ponce Enríquez*" en la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador; planteó aplicar la geoestadística en la veta Paraíso para el cálculo de las reservas de los bloques y lograr un planeamiento más eficiente de explotación en la mina.

Esta tesis se realizó en tres fases principales, la primera fase consistió en recopilar y analizar la información existente en la empresa previo al desarrollo de estudio, la segunda fase corresponde al trabajo del interior de la mina: en esta fase se realizó el estudio geológico de la veta. Igualmente, se identificaron galerías, chimeneas y tajos que no habían sido muestreados o que no hayan estado en la base de datos de muestreo. En la tercera fase se realizó el procesamiento de datos, síntesis e interpretación de la información obtenida, lo cual culminó en la redacción del tema de tesis,

En esta tesis el autor concluye que con toda la información existente de muestreo en el departamento geológico y el tratamiento geométrico y geoestadístico en el transcurso de la elaboración de esta tesis de grado, la veta "Paraíso" tiene 53817.15 TM de Recurso Mineral de con una ley media de 10.70 gr/TM, de las cuales 36579.05 TM corresponde a Reservas de Mena con una ley media de 10.67 gr/TM y una potencia media de 0.19 m. Además, La veta "Paraíso" se interpreta como una estructura epi-mesothermal de baja sulfatación, que parte de un rosario o flor positiva cuya estructura principal es la veta "3 Ranchos". Finalmente, el modelo geoestadístico planteado no

muestra una tendencia de mineralización en la veta “Paraíso”. Existen zonas de alta ley, pero están distribuidas en varias zonas de la veta.

- Cano y Sánchez (2013), realizaron su Tesis para obtener el grado de ingeniero petrolero: “*Metodología de las Estrategias de Explotación del Proyecto Arenque*” en la Universidad Nacional Autónoma de México, en esta tesis se presenta el resultado del análisis realizado, relacionado al Proyecto de Explotación Arenque. El cual es identificado por Petróleos Mexicanos (PEMEX) como un Proyecto de Explotación desarrollado por el Activo Integral Poza Rica-Altamira. Se planteó el uso de una metodología, la cual además del análisis económico determinístico, analizará el riesgo y la probabilidad de éxito del método, el mejor método sería el que mayor satisfacción económica nos ofrezca, pero que a la vez presente el menor riesgo. El autor concluye que:
 - Existe una gran incertidumbre en cada etapa, exploración, producción, perforación, distribución, administración, entre otras; además de enfrentar nuevos riesgos con frecuencia. Por lo tanto, es necesario utilizar diversos métodos y enfoques para evaluar los riesgos a los que nos enfrentamos. En la industria existe una gran cantidad de riesgos e incertidumbres, la mayoría de las decisiones que se toman en cualquiera de las áreas para algún proyecto conllevan algún porcentaje de riesgo, a medida que mejor evaluemos las alternativas posibles de una decisión y contamos con la mayor información posible, el éxito de un proyecto aumenta cuando el riesgo disminuye.
 - En los diagramas de tornado, pudimos observar que las variables que más impacto tienen en la producción y rentabilidad de los proyectos, son en primer lugar el volumen de producción. y en segundo lugar el precio del aceite.

- En los proyectos muchas veces se toma el escenario o alternativa que mayor satisfacción económica nos ofrezca, pero se deja a un lado el riesgo que representa ese método, ya que muchas veces la alternativa que mayor satisfacción económica nos ofrece también puede tener gran riesgo.

2.1.2. Nacionales

- Zegarra (2015), realizó su Tesis para Optar el Título de Ingeniero de Minas: "*Estudio de Factibilidad de un Proyecto de Explotación y Transformación de Mármol*" en la Universidad Nacional de Ingeniería, Perú; esta investigación realiza la metodología bajo un enfoque cuantitativo del tipo descriptivo, el estudio de factibilidad profundiza la investigación de mercado, detalla la tecnología a emplear, determina los costos totales y la rentabilidad del mismo. Siendo así la base en la que se apoyan los inversionistas para tomar una decisión. La investigación tuvo por objetivo principal analizar la viabilidad técnica – económica de explotar, transformar y comercializar mármol en un yacimiento minero no metálico, ubicado en la sierra central del Perú, con la finalidad de generar rentabilidad a mediano y largo plazo para la empresa.

El autor concluye que proyecto de explotación de mármol tiene un costo de operación de 33.04 US\$/m³ con una recuperación de material del 60 % en condiciones más desfavorables. Con un tiempo de vida de 80 años, explotando en promedio 3000 m³/mes. Además, se determina que la inversión para instalación de la planta, sin considerar costos sociales y administrativos externos es de US\$ 3,802,390. Con una tasa interna de retorno de 37.87 %, que está por encima del costo de oportunidad de 28 %, lo cual indica la rentabilidad del proyecto. Asimismo, la planta propiedad del Proyecto NM producirá baldosas de alta calidad en diferentes medidas, principalmente las más comerciales: 12"x12", 18"x18", 24"x24" a 1.0 y

1.5 cm y también a 2 y 3 cm de espesor. Con una capa de resina de poliéster como acabado para sellar los poros y darle brillo.

- Torres (2015), realizó su Tesis para Optar el Título de Ingeniero de Minas: *“Metodología para la Estimación de Reservas Minerales en Minera Bateas”* en la Universidad Nacional de Ingeniería, Perú; el modelo aplicado es el de bloques de los recursos, ya que, nos permite ubicar espacialmente los bloques que presentan mayores potencias y leyes, es en base a este que se realiza la estimación de reservas. En la metodología que presenta este trabajo de investigación se inicia definiendo el tipo de explotación a aplicar en las diferentes zonas para minar luego el cálculo de la dilución además se calculó el valor del becoff en base al tipo de explotación y al ancho de veta. Posteriormente se describió la metodología para la estimación de reservas donde en base a información geológica, geomecánica, dilución y becoff se realizó la evaluación económica en el modelo de bloques para obtener las reservas minerales. Las principales conclusiones son:
 - La dilución es uno de los parámetros más importantes en una mina, medirla y controlarla trae consigo extraer mineral de mejor calidad y en consecuencia una reducción de costos al no romper, extraer, procesar el material estéril.
 - Otro parámetro importante para la estimación de reservas minerales son los costos. El precio de los metales los define el mercado internacional y una empresa minera no puede tener control de estos, pero puede controlar sus costos y de esta manera volverse más rentable.
 - Tener automatizado todo el proceso de estimación de reservas minerales nos permite realizar corridas para diferentes escenarios de variación de los parámetros y con ello elaborar planes alternativos que nos sirvan para maximizar las utilidades de la empresa.

- Sánchez (2013), realizó su Tesis para Optar el Título de Ingeniero de Minas: “*Análisis y Evaluación del Reinicio de Operaciones de Mina Santander*” en la Universidad Nacional de Ingeniería, Perú; la metodología que utiliza el autor es un estudio aplicado, observacional de corte comparativo, con un nivel de investigación: DESCRIPTIVO – EXPLICATIVO, teniendo como problema general: ¿De qué manera el análisis y evaluación del reinicio de operaciones influye en la producción minera de la Mina Santander. Huaral 2013?, siendo el objetivo general, establecer si, el análisis y evaluación del reinicio de operaciones influye en la producción minera de la Mina Santander. Las principales conclusiones aprioris son: La aplicación estratégica de un análisis y evaluación en el reinicio de operaciones, mejorará en un 86.2% la producción minera de la Mina Santander. Huaral 2013. La seguridad estructural y los requisitos específicos de seguridad influyen significativamente en un 62.7%, en la producción minera de la Mina Santander – Huaral. El mejoramiento y ampliación del diseño de mina influye significativamente en un 83.6% en la producción minera de la Mina Santander – Huaral.

2.1.3. Locales

- Marquina (2013), realizó su Tesis para Optar el grado de Maestro en Ciencias con Mención en Ingeniería Geológica: “*Control Estructural y Potencial de Reservas Mineras del Distrito Minero Conga, Cajamarca – Perú*” en la Universidad Nacional de Ingeniería, Perú. El objetivo de esta investigación es proponer zonas de mineralización económica cercana a superficie o nuevos pórfidos de Oro – Cobre, posiblemente ocultos o cercanos a superficie como los depósitos Perol y Amaro. Se concluye que los Pórfidos de oro – cobre: Perol, Chailhuagón y Amaro se encuentran albergados en las Formaciones Yumagual y Mujarrún. Esto puede sugerir la existencia de pórfidos ocultos con

mineralización económica en estas Formaciones. Se sugiere perforar estos blancos, hacia la dirección de la anomalía magnética. Por otra parte, las brechas con mtz polvo de roca con granos de granate y sulfuros masivos, llamadas BxFm, en Perol y Amaro podrían estar relacionados a una actividad magmática Dacítica-Riolítica, caracterizado por domos o intrusiones aisladas de tapones de Pórfidos, equivalente a la ignimbrita Negritos hace 8.43 +/- 0.04 Ma.

- Romero (2014), realizó su Tesis para Optar el grado de Licenciado en Administración de Empresas: "*Propuesta para la Gestión de Reservas en un Proyecto Minero. Caso: Proyecto La Granja-Cajamarca*" en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo. La presente tesis aportó una propuesta para la gestión de reservas como consecuencia de la exploración y explotación de un yacimiento minero en una zona rural del Departamento de Cajamarca, Provincia de Chota. El enfoque de la presente investigación es cualitativo y se ha realizado mediante entrevistas a los actores principales del proceso bajo estudio; estableciéndose sus percepciones y expectativas frente al proyecto minero La Granja. El autor presenta las siguientes conclusiones principales:
 - El proyecto cuprífero La Granja es un proyecto concesionado a la empresa Anglo-Australiana Rio Tinto. Este yacimiento se explotará a tajo abierto y actualmente se halla en la fase de exploración, En esta etapa se determinará el tamaño total del yacimiento y potencial real de explotación.
 - La Granja es uno de los depósitos de cobre, aún sin desarrollar, más grandes del mundo. El inventario actual de mineral inferido de las perforaciones es de 2.8 billones de toneladas con una ley de 0.51 por ciento de cobre y 0.11 por ciento de zinc, basados en una ley de corte de 0.3 por ciento.

Alarcón y Salazar (2016), realizaron su Tesis para Optar el grado de Ingenieros de Mina: "*Evaluación Económica para Explotación de Arcillas tipo Caolinita en la Concesión Minera Rumicucho, Centro Poblado Huayrapongo, Distrito Llacanora*" en la Universidad Privada del Norte – Sede Cajamarca.

La presente tesis tuvo por objetivo general realizar la evaluación económica para la explotación de arcillas tipo caolinita de la concesión Rumicucho. El tipo de diseño de investigación que utilizaron los tesisistas es No experimental, Transversal, Descriptivo. Los tesisistas presentan las siguientes conclusiones:

- El proyecto minero RUMICUCHO es viable para la explotación de arcillas tipo caolinitas.
- Se ha determinado la cantidad de minerales dentro de las muestras de caolinita, donde los más representativos son cuarzo, illita, montmorionita, caolinita, hematita y escasas cantidades de calcita. Estos resultados fueron emitidos por la empresa INGECONSULT & LAB S.R.L.
- Las reservas mineras calculadas mediante el método de inverso a la distancia son 194970.98 TM.
- La evaluación mediante CASH FLOW tenemos un tiempo de vida de 20.31 y un Pay Back de 1.06 por tanto el proyecto es viable.
- El precio del mercado es de 35 soles la tonelada puesto en cantera, su utilización es la cerámica, la concesión RUMICUCHO establecerá vínculos mercantiles con la empresa COMACSA CIA MINERA AGREGADOS CALCAREOS S.A.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Estimación de Reservas

Por estimación de recursos entendemos la determinación de la cantidad de materia prima contenida en un yacimiento o en una de sus partes. La mayoría de los recursos y reservas se calculan en

toneladas métricas, solo la de los metales preciosos (oro, plata y platino) se calculan en kilogramos, los diamantes en quilates y las reservas de gas natural, arena, piedras para la construcción, agua subterráneas, se estiman en metros cúbicos. Esta cuantificación formal de las materias primas minerales estimada por procedimientos empíricos o teóricos se denomina Inventario Mineral. Este a su vez se expresa en términos de recurso y reservas (Vega, 2013).

La estimación de recursos es un fin de cada etapa de los trabajos de prospección y exploración de yacimientos minerales y este proceso continua durante la explotación del depósito. Todos los trabajos de exploración de un yacimiento contribuyen ante todo a la estimación de las materias primas minerales.

La estimación de recursos/reservas se considera un proceso continuo que se inicia con la exploración y recopilación de la información seguida de la interpretación geológica y la estimación de recursos. Posteriormente se consideran los factores modificadores (mineros, metalúrgicos, ambientales, legales etc.) y se arriba al estimado de reservas. Durante las operaciones de la mina los estimados previamente calculados son modificados por los resultados del control de ley y los estudios de reconciliación. En estos apuntes se hace mayor hincapié en la estimación de los recursos (Vega, 2013).

Estos trabajos tienen como objetivo fundamental la mejor estimación de la ley y el tonelaje de los bloques de un cuerpo mineral así como determinar los errores probables de la estimación con cierto nivel de confianza. La relevancia de las estimaciones depende de la calidad, cantidad y distribución espacial de las muestras y el grado de continuidad de la mineralización.

La cantidad de reservas de un yacimiento, como uno de los factores principales que determinan su viabilidad económica, posee una gran influencia en la vida útil del yacimiento, su producción anual y la decisión final de construir la empresa minera.

Los distintos métodos de estimación de recursos que se emplean en la actualidad son definidos por los principios de interpretación empleados y las técnicas de interpolación espacial. Así tenemos los métodos clásicos de cálculos desarrollados y utilizados desde los principios de la minería hasta nuestros días, que se basan en procedimientos manuales y donde los principales parámetros son estimados a partir de la media aritmética y la media ponderada. Por otra parte, los métodos asistidos por computadoras que incluyen el método de ponderación por el inverso de la distancia y los geoestadísticos y que se fundamentan en procedimientos matemáticos de interpolación definidos a partir de información espacial y estadística presente en los datos. Estos métodos surgieron con el desarrollo de las computadoras (Vega, 2013).

a) Sistemas y criterios de clasificación de recursos y reservas.

El éxito de cualquier negocio minero depende directamente de la calidad de las estimaciones de los recursos y reservas realizadas a partir de la información generada durante las campañas de exploración.

Este cálculo, como cualquier estimación basada en un número limitado de muestras está sujeto a variaciones o errores respecto al valor real. De aquí precisamente surge la necesidad de establecer clasificaciones de recursos que indican los riesgos de las estimaciones realizadas (Vega, 2013).

Los principales sistemas de clasificación que se emplean hoy en el mundo se fundamentan en la confianza geológica y en la viabilidad económica. Todos los esquemas de clasificación hacen uso del grado de confiabilidad o certidumbre como factor discriminante entre las distintas clases, entre tanto ninguno de esos sistemas muestra claramente como calcular el error asociado con cada estimación. Un elemento que complica aún más el proceso de categorización es la imposibilidad de cuantificar el error cometido en la creación del modelo geológico del yacimiento. Producto de las dificultades encontradas en cuantificar el error de estimación, los sistemas de clasificación se apoyan más en aspectos cualitativos que en medidas reales de la dispersión de los valores obtenidos. Dado este elemento de subjetividad es que se introduce en la mayoría de los sistemas de clasificación el concepto de persona competente (código JORC) (Vega, 2013).

Los principales métodos a través de los cuales los recursos minerales pueden ser categorizados se dividen en 2 grupos: (1) Criterios tradicionales o clásicos, (2) Criterios geoestadísticos (Vega, 2013).

- **Métodos tradicionales de categorización**

Los métodos tradicionales de categorización hacen uso de los siguientes criterios.

Continuidad geológica: La clasificación de recursos y reservas minerales depende en primer lugar de la comprensión de la génesis del yacimiento y de la

valoración de la continuidad geológica del volumen mineralizado. Aquí es muy importante establecer la continuidad física o geometría de la mineralización o de las estructuras controladoras. La continuidad física o geométrica no es fácilmente cuantificable. Para establecer este tipo de continuidad es necesario interpretar los datos disponibles y establecer el modelo geológico del yacimiento sobre la base del conocimiento existente y la experiencia previa obtenida en depósitos similares (Vega, 2013).

Densidad de la red de exploración (grado de estudio): Para las distintas categorías se recomienda un determinado espaciamiento de la red de exploración lo cual está en función del tipo de yacimiento. Las redes para cada categoría se argumentan sobre la base de la experiencia (principio de analogía) en otros yacimientos similares (Vega, 2013).

Interpolación contra extrapolación: Los bloques cuyos valores han sido estimados por interpolación o sea están localizados dentro de la red de muestreo son clasificados en categorías más confiables que los localizados más allá de la última línea de pozos (extrapolados). La mayoría de los sistemas de clasificación exige no incluir bloques extrapolados en la clase de recursos medidos (Vega, 2013).

Consideraciones tecnológicas: incluye determinados aspectos que pueden ser utilizados para discriminar o rechazar un recurso en una categoría dada. Como ejemplo se puede citar la presencia de elementos perjudiciales que impiden la buena recuperación o hacen extremadamente cara la

extracción del componente útil durante el proceso de beneficio (Vega, 2013).

Calidad de los datos: La recuperación del testigo, el volumen de las muestras, la forma en que fueron tomadas y el método de perforación influyen directamente sobre la calidad de los datos. Los sectores donde existen problemas de representatividad o confiabilidad de los análisis deben ser excluidos de la categoría de recurso medido (Vega, 2013).

- **Alcance del variograma**

El variograma permite cuantificar la continuidad o nivel de correlación entre las muestras que se localizan en una zona mineralizada dada. El grado de esa correlación ha sido frecuentemente utilizado para clasificar los recursos y reservas. Existen 3 clases de clasificación (Vega, 2013):

- Bloques en el área muestreada ubicados dentro del radio de influencia definido por el alcance del variograma.
- Bloques en el área muestreada ubicados más allá del radio de influencia definido por el alcance del variograma.
- Bloques dentro del yacimiento ubicados a una distancia grande de los pozos (incluyendo los bloques extrapolados).

Típicamente se han empleado 2 enfoques para clasificar los recursos usando el variograma

El primero se basa en la subdivisión arbitraria del alcance observado. Ejemplo, todos los bloques estimados con un número mínimo de muestras y ubicados dentro de un determinado radio de influencia podrían ser clasificados como recursos medidos mientras que todos los bloques estimados con cierto número mínimo de muestras y localizados más allá del radio de influencia serían clasificados como indicados. En el segundo enfoque las categorías de recursos están basadas en los valores de la meseta. Por ejemplo, los bloques comprendidos dentro de un alcance del variograma correspondiente a $2/3$ del valor de la meseta pueden ser clasificados como medidos, el resto son indicados (Vega, 2013).

- **Varianza Kriging**

El kriging permite obtener, además de la estimación del valor de un bloque, una indicación de la precisión local a través de la varianza kriging (V_k). Desde el inicio del desarrollo del Kriging la V_k ha sido empleada para determinar los intervalos de confianza de las estimaciones. Para esto es necesario asumir que esta se ajusta a un modelo normal. Sin embargo, en la práctica es raro que los errores de estimación se subordinen a estos modelos de distribución (Vega, 2013).

Como para el cálculo de la varianza kriging se emplea solamente la configuración de las muestras en el espacio y no sus valores locales, esta no debe ser interpretada como una medida de la variabilidad local.

Por otra parte como V_k es calculado a partir del variograma medio del yacimiento no es solo un índice de la disposición espacial de las muestras sino también caracteriza las varianzas medias globales permitiendo la discriminación entre las clases o categorías de recursos (Vega, 2013).

Tabla 2: Clasificación de reservas basada en la cuantificación kriging

Autores	Probada	Probable	Posible	Inferida
Diehl & David (1982)	Error: +- 10% Conf.: >80%	Error: +- 20% Conf.: >60-80%	Error: +- 40% Conf.: >40-60%	Error: +- 60% Conf.: >20-40%
Wellmer (1983)	Error: +- 10% Conf.: >90%	Error: +- 20% Conf.: >90%	Error: +- 30% Conf.: >90%	Error: +- 50% Conf.: >90%

Fuente: Vega. (2013).

El método propuesto por Diehl y David (1982) se basa en definir niveles de confianza y de precisión (error): la precisión se expresa en función de la desviación estándar kriging y el valor estimado kriging (Vega, 2013).

$$\text{Precisión} = ((k \times 100 \times Z1 - 0) / tki$$

Donde:

K - Es la desviación estándar kriging

t_{ki} - Valor del bloque estimado por kriging

Z1- Valor de la variable estandarizada distribuida normalmente con un nivel de confianza (1- 0)

Si se fija la precisión en 10 % (reservas probadas) entonces se puede determinar la razón (k/ t_{ki} que divide las reservas probadas de las probables (Vega, 2013).

$$10 = ((k \times 100 \times Z_{80}) / t_{ki})$$

$$(k / t_{ki} = 10 / (100 \times 1.282) = 0.078)$$

Es bueno señalar que no existe consenso internacional sobre los niveles de confianza y precisión que deben tener las distintas categorías de reservas.

El segundo método para categorizar los recursos se basa en la construcción de la función de densidad de probabilidades o el histograma de las varianzas kriging. El histograma se examina para detectar evidencias de poblaciones complejas que pueden representar 3 poblaciones superpuestas (probable, posible e inferida) (Vega, 2013).

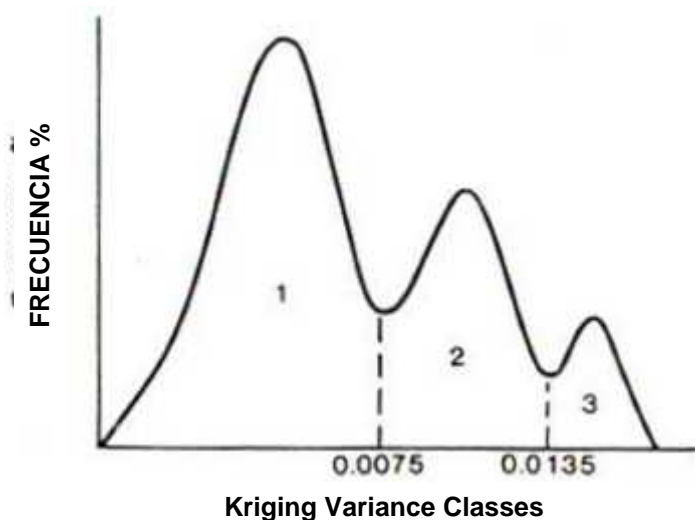


Figura 1: Histograma de las varianzas kriging (V_k) en 3 poblaciones:
Fuente: Vega (2013).

b) Métodos clásicos de estimación de reservas

Los métodos clásicos, desarrollados y empleados desde los mismos comienzos de la minería, se basan fundamentalmente en los principios de interpretación de las variables entre dos puntos contiguos de muestreo, lo que determina la construcción de los bloques geométricos

a los que se le asignan las leyes medias para la estimación de recursos (Vega, 2013).

Los principios de interpretación de estos métodos son los siguientes:

- El principio de los cambios graduales presupone que los valores de una variable (espesor, ley, etc.) varían gradual y continuamente a lo largo de la línea recta que une 2 puntos de muestreo contiguos (Vega, 2013).
- El principio de vecinos más cercanos admite que el valor de la variable de interés en un punto no muestreado es igual al valor de la variable en el punto más próximo (Vega, 2013).
- El último de los principios permite la extrapolación de los valores conocidos en los puntos de muestreo a puntos o zonas alejadas sobre la base del conocimiento geológico o por analogía con yacimientos similares (Vega, 2013).

Todos estos principios de interpretación son utilizados para la subdivisión del yacimiento mineral en bloques o sectores, los cuales son evaluados individualmente y posteriormente integrados para determinar los recursos totales del yacimiento (Vega, 2013).

Los métodos clásicos o tradicionales han soportado el paso del tiempo, pero están siendo superados progresivamente por los métodos geoestadísticos. Estos métodos son aun aplicables en muchas situaciones, donde incluso pueden arrojar resultados superiores. Siempre es necesario realizar una valoración crítica del empleo de la geoestadística antes de desechar

completamente las técnicas tradicionales. El uso de las técnicas kriging está supeditado a la existencia de una red de exploración que permita la generación de los modelos matemáticos que describen la continuidad espacial de la mineralización del yacimiento que se evalúa. Cuando no existe suficiente información de exploración o la variabilidad es extrema se deben emplear los métodos geométricos o tradicionales (Vega, 2013).

Los métodos clásicos de estimación más conocidos son:

- Método del promedio aritmético o bloques análogos
- Método de los bloques geológicos
- Método de los bloques de explotación
- Método de los polígonos
- Método de las isolíneas.
- Método de los perfiles.

2.2.2. Mármol

El mármol es una roca ornamental con un origen generalmente metamórfico de calizas marmóreas, que sometidas a alto grado de presión y temperatura alcanzan un alto grado de cristalización. Tiene una dureza de 3-4 en la escala Mohs y una resistencia entre 40 y 100 MPa (Nuñez, 2013).

Esta definición es correcta geológicamente hablando, pero debemos aclarar que comercialmente se les denomina también mármol a rocas calizas ornamentales que una vez pulidas se utilizan en suelos y fachadas de obras civiles y edificación. este tipo de material es común en las zonas de Murcia y Alicante. Un material de peor calidad estructural pero que presenta una variedad de colores que les hace triunfadores en el mercado (Santos, 2012). España es actualmente el segundo productor mundial de mármol, sólo superado por Italia. La zona del sureste español tiene abiertas

importantes explotaciones mineras donde se extrae el mármol que se exporta a diferentes partes del mundo (Nuñez, 2013).



Figura 2: Caliza ornamental.
Fuente: Nuñez (2013).

2.2.3. Explotación de mármol

Son explotaciones a cielo abierto en los que se utilizan distintos sistemas para el corte de bloques, que resumimos brevemente a continuación (Reynoso, 2013):

a) Perforación de barrenos próximos:

Primero se independiza de la masa rocosa un gran bloque, al que se le realizan numerosas perforaciones verticales de pequeño diámetro. Posteriormente se realiza la rotura entre barrenos mediante el empleo de explosivos débiles con cargas conformadas o con cordón detonante o mediante el uso de cuñas hidráulicas. Este método en la práctica sólo se utiliza en recorte de bloques, el bloque se va dividiendo en bloques más pequeños hasta obtener un bloque de tamaño vendible (Trigueros, 2013).



Figura 3: Perforación de barrenos próximos.
Fuente: Trigueros (2013).

b) Corte con hilo diamantado:

Constan de un grupo motor eléctrico, un conjunto guiador y unos sistemas automáticos de control. El hilo diamantado es un cable de acero inoxidable que lleva engarzados unos insertos diamantados de forma cilíndrica y separados por muelles (similar a un rosario) (Reynoso, 2013).

c) Corte con rozadora de brazo:

Consiste en un brazo accionado, móvil y orientable por el que se desplaza una cadena provista de elementos de corte y desgaste de carburo de tungsteno (picas). Es necesario disponer de alturas de banco limitadas por el

alcance del brazo. Como ventaja permite obtener bloques finales directamente (Santos, 2012).

2.2.4. Exploración e Investigación en el Sector de la Roca Ornamental

Cada una de las diferentes etapas que se deben cubrir hasta conseguir un producto acabado, conllevan una serie de técnicas y normativas para llegar a la perfecta comercialización de las rocas ornamentales. Con estas técnicas y especificaciones se pretende dar a conocer la calidad y cantidad del producto esencialmente en los aspectos físicos y mecánicos, aparte de las características estéticas de la piedra que es uno de los primeros y más importantes factores que se consideran.

En la etapa de localización y determinación del emplazamiento de una cantera, una vez estimada la belleza de la piedra se debe definir el grado de canterabilidad mediante la determinación de un conjunto de factores, unos medibles, otros menos objetivos y parte de ellos muy variables, dependiendo de las condiciones socioeconómicas y ambientales de la región o país en donde se desarrolle el proyecto. Dentro de estos factores y, de forma general, hay que tener en cuenta dos conjuntos de aspectos, geológicos y económicos. Entre los primeros destacan los factores estructurales, de gran importancia ya que condicionan el tamaño de los bloques y deben permitir obtener en la cantera masas importantes susceptibles de ser trabajadas con la mínima pérdida de material y la extensión del yacimiento y sus posibilidades, definiendo su tamaño mínimo. Los aspectos económicos están ligados a la explotación de la cantera y entre los más importantes a tener en cuenta están (DDM, 2015):

- La localización, que condiciona los costes de transporte.
- Las condiciones de acceso y las posibilidades de evacuación de los materiales.
- Los costes del terreno.

- Los espesores y la naturaleza del recubrimiento.
- Las condiciones de extracción del material y del recubrimiento.
- Las dificultades particulares de elaboración del material y obtención de bloques homogéneos.
- La disponibilidad de agua, electricidad, etc.

La importancia de estos parámetros depende siempre del precio final del producto, influenciado a su vez por la concurrencia de productos similares existentes en el mercado. Asimismo, el nivel de canterabilidad está influenciado por la normativa medioambiental y planes de restauración que imperen en ese momento en cada región o país (DDM, 2015).

Las características estéticas, aspectos de primer orden, son, sin embargo, las más subjetivas y sometidas a las fluctuaciones de la moda, difíciles de prever. La homogeneidad del color, sobre todo en los granitos, es de capital importancia, mientras que en los mármoles los defectos se consideran, a veces, como atractivos para el material. Definida la canterabilidad del producto a partir de los aspectos anteriormente mencionados, es necesario determinar su calidad, lo que se realiza a partir de la normativa que surgió al objeto de que las rocas industriales cumplieran un código de normas mínimas de calidad a fin de prestigiar los productos de cara a la comercialización y exportación. Para conocer de forma cuantitativa la calidad de una roca, se la somete a una serie de ensayos que tratan de simular las condiciones límites de esfuerzos y agresiones a que estará expuesta. En España se siguen las normas UNE, pero cada vez que un fabricante desea vender su producto en otro país, tiene que someterlo, conforme a las normas industriales o criterios legales vigentes en el mismo, a un proceso de comprobación y certificación.

En líneas generales, las diferentes normas contemplan los siguientes aspectos (DDM, 2015):

- Bloques.
- Tamaño de grano.
- Absorción de agua y peso específico aparente.
- Resistencia al desgaste por rozamiento.
- Heladicidad o resistencia a las heladas.
- Resistencia a la compresión
- Resistencia a la flexión.
- Módulo elástico
- Reacción al choque o cambio térmico.
- Resistencia al impacto.
- Microdureza Knopp.
- Resistencia a los ácidos.
- Contenido en carbonatos.
- Resistencia al SO₂.
- Resistencia a los anclajes.

Como complemento a estas características físico – mecánicas de las diferentes variedades, se deben adjuntar los rasgos petrográficos y petrológicos más importantes, especialmente las relativas a (Nuñez, 2013):

- Reconocimiento de visu.
- Estudio microscópico.
- Clasificación.

2.2.5. Selección del Método y Sistema de Explotación

Una vez investigado un yacimiento de roca ornamental y constatada su viabilidad con la apertura de algún frente piloto y diversos estudios previos, se procede a realizar el proyecto de

explotación minera. Este contendrá, al menos, los siguientes capítulos:

- La evaluación de reservas mineras.
- La definición de la Geología del yacimiento y sus condicionantes.
- La selección del método y sistema de explotación.
- La selección del emplazamiento.
- El diseño de la cantera.
- Las reservas explotables con el método y diseño aplicados.
- La selección y dimensionamiento del parque de maquinaria a emplear.
- La definición de las necesidades de personal.
- La planificación de las labores.
- La definición de las estructuras mineras necesarias.
- Los condicionantes de finalización del proyecto. Restauración ambiental.

El no considerar estos aspectos solo hace que se llegue a una operación minera poco racional, perdiéndose una buena parte de las ventajas técnicas y económicas que un proyecto bien orientado llevan parejas. Cuando se aborda la selección del método, la clasificación tradicional hace que se hable de explotaciones de cantera a cielo abierto y subterránea (Nuñez, 2013).

2.2.6. Descripción del Proceso General de Explotación en las Canteras

En líneas generales, en cualquier cantera a cielo abierto de roca ornamental, el ciclo comienza con una independización primaria del macizo rocoso en un gran bloque, con forma de paralelepípedo y de dimensiones conformes con la tecnología de corte a utilizar, y al que se procede a subdividir durante un conjunto de etapas sucesivas hasta obtener bloques de dimensiones tales que faciliten la labor de los equipos de carga para llegar al escuadrado final y

obtención de bloques comerciales y dentro de la gama de tamaños que comercialmente requiere la industria de transformación, que son de los siguientes tamaños (Nuñez, 2013):

Longitud	De 1,90 m a 3,30 m
Anchura	De 1,00 m a 1,50 m
Altura	De 0,90 m a 1,20 m

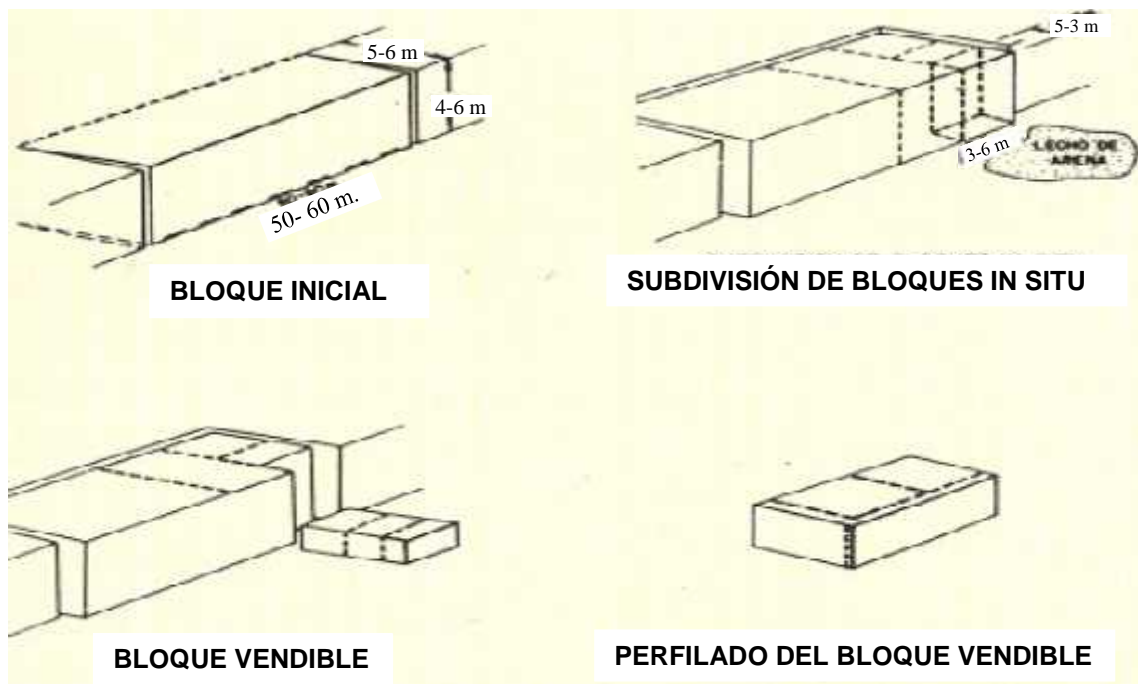


Figura 4: Tamaño de comercialización de bloques de mármol.
Fuente: Carrero (2013).

Además de esta secuencia general, tradicionalmente se han dado algunas clasificaciones en función de los tamaños y dimensiones de los bloques primarios (Carrero, 2013):

a) Método de rebanadas verticales:

Se trata de una técnica de actuación realmente poco extendida y de aplicación exclusivamente cuando el yacimiento presenta dificultades de acceso, pues consiste en la división del yacimiento explotable en rebanadas verticales, de altura similar al espesor de la propia zona a explotar y de varios miles de metros cúbicos de volumen, que se vuelcan sucesivamente con empujadores hidráulicos o con explosivos. Una vez volcados

estos inmensos bloques, se procede a dividirlos sucesivamente hasta obtener los bloques comerciales. Para amortiguar la caída, se emplean lechos constituidos con escombros finos y tierras (Nuñez, 2013).

b) Métodos de banqueo con bancos altos:

Se aplican a los yacimientos masivos de granito, mármol y calizas, así como aquellos estratiformes con espesores importantes, tienen alturas que desde los 3 a los 15 m y pretenden mejorar los rendimientos de las técnicas de corte y, al mismo tiempo, reducir las labores preparatorias del bloque primario y aumentar al máximo el aprovechamiento de la roca. Fundamentalmente en el sector del mármol y según sean las delimitaciones de las bancadas, se distinguen tres tipos de bancadas (Zegarra, 2015):

- Bancada clásica: tiene una altura y una longitud del orden de una decena de metros y un espesor que varía entre 1,2 y 3 m (Zegarra, 2015).
- Gran bloque, que tiene las tres dimensiones del mismo orden de magnitud y que van desde los 3,5 - 4m hasta los 6 – 8 m, aunque siempre con la altura ligeramente superior a la anchura (Zegarra, 2015).
- Bancada larga: se adopta habitualmente en yacimientos sedimentarios poco fracturados y con espesores medios (Zegarra, 2015).
-

c) Métodos de banqueo con bancos bajos:

Son métodos empleados en yacimientos masivos muy homogéneos y poco fracturados, donde la altura de los bancos se hace igual a la altura de los bloques comerciales, pues estos se configuran directamente sobre el propio macizo que se explota. Estos métodos son

más versátiles que los de bancos altos, pues la dirección de los cortes puede cambiarse fácilmente en un mismo banco para adaptarse a las características de calidad y fracturación de cada sector y alcanzar el máximo aprovechamiento, son mucho más seguras al ser los frentes mucho más estables, la roca está menos dañada, son más fáciles de inspeccionar y, en caso de caídas de material o de personal, está tiene lugar desde alturas reducidas (Ruiz, 2012).

2.2.7. Criterios de Diseño de Canteras

Como en cualquier otra explotación minera, para el diseño de una cantera es necesario partir de la adecuada, correcta y suficiente investigación geológico – minera que permita la definición del modelo del yacimiento con todas sus características geológicas, estructurales, cualitativas, mineras, etc., que permitirán el estudio y establecimiento de la geometría del hueco final de la explotación y su estudio de optimización. De esta manera se podrá establecer la planificación de las labores, el control y la previsión de la calidad de las rocas y, en definitiva, la rentabilidad final de la operación. La etapa de ingeniería de una cantera de roca ornamental debe, inexcusablemente, tener en cuenta los siguientes condicionantes (Herrera, 2012):

- Condiciones de calidad y vistosidad de la roca a explotar (Herrera, 2012).
- Condicionantes geométricos, que serán función de la estructura y morfología del yacimiento, la pendiente del terreno, los límites de propiedad, etc. (Herrera, 2012).
- Condicionantes geotécnicos, que establecerán las condiciones de estabilidad de los taludes a lo largo de la vida operativa de la cantera y posteriormente en la restauración final (Herrera, 2012).

- Condicionantes operativos, derivados de las dimensiones y geometrías mínimas necesarias para que la maquinaria empleada trabaje de alta eficiencia y seguridad operativas (Herrera, 2012).
- Condicionantes medioambientales, que permitan garantizar una afección relativamente baja al entorno de la explotación (Herrera, 2012).

Se trata también de garantizar la sostenibilidad de la operación como garantía de la viabilidad de su desarrollo. Por tanto, el problema de diseño de una cantera de roca ornamental es idéntico al problema de diseño de cualquier explotación minera moderna, aunque bien es cierto que es necesario introducir las necesarias particularidades derivadas del tipo de material que se extrae y de las técnicas que se emplean en el proceso extractivo y que, en definitiva, introducen una serie de condicionantes adicionales, pero también de ventajas con respecto a otros tipos de explotaciones.

Conforme la tecnología de extracción ha ido avanzando, se han ido también adoptando diferentes métodos, sistemas y técnicas que, al mismo tiempo, también aprovechaban las características intrínsecas de las rocas con el fin de mejorar el rendimiento de su extracción. El grado de fracturación de la roca y su distribución a pequeña y a gran escala dentro de la formación, son factores que condicionan tanto la elección del método como la tecnología de arranque. Por ello, las técnicas e incluso los métodos varían de un yacimiento a otro, como varían los tamaños de los bloques extraídos y las fases de trabajo de una cantera a otra.

Generalmente el sentido de avance de la extracción es de arriba hacia abajo, de igual manera a cómo operan un gran número de canteras actualmente. Sin embargo, existen explotaciones en las cuales los avances pueden ser distintos en función de la morfología

del yacimiento y del relieve del terreno. Por ello, hay explotaciones donde el avance puede ser lateral, aumentando el número de bancos conforme la topografía del terreno se eleva (Herrera, 2012).

Otro aspecto al que en ocasiones se presta poca atención hasta que la explotación se encuentra en marcha, lo que da lugar a importantes errores, es la no consideración de la diferencia existente entre los yacimientos masivos (rocas ígneas, metamórficas, calizas, etc.), y los estratificados (pizarras, rocas calizas con diferentes grados de cristalización, travertinos, etc.) (Herrera, 2012).

2.2.8. Estudio económico – Cash flow

El Flujo de Caja o Cash Flow, como comúnmente se lo denomina, aún en países de habla hispana, se puede calcular para cualquier rango temporal: diario, semanal, mensual, anual, denominaremos “período” a este lapso de tiempo fijo.

¿Cuáles son los ingresos reales de dinero en el período?

Ventas

– Créditos por ventas

¿Cuáles son los egresos reales de dinero en el período?

Costos variables

+ Costos fijos (imputables y no imputables)

+ Impuestos

+ Bienes de cambio

+ Bienes de uso

– Proveedores

También podemos verlo como un ajuste de lo contable a lo financiero, teniendo en cuenta no sólo los materiales y productos terminados que salieron de la empresa en su proporción

correspondiente a las ventas, sino también lo que se acumuló o desacumuló de stock. Por otra parte, al igual que hacíamos con nuestros clientes, ahora corregimos por deudas de períodos anteriores con nuestros proveedores que hayamos saldado en el presente período, y por compras que hicimos, pero aún no pagamos. El hecho de incluir Bienes de Uso significa que en general aparece una erogación importante al inicio del proyecto, al adquirir maquinarias, y al final se puede o no considerar su reventa luego de X años (Carrero, 2013).

$$\text{Flujo de Caja} = \text{Utilidad Neta} + \text{Amortización} - (\text{Créditos por ventas} + \text{Bienes de cambio} - \text{Proveedores}) - \text{Bienes de uso}$$

2.3. Definición de Términos Básicos

a. Cantera:

Es el 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 (Trigueros, 2013).

b. Estudio económico:

Consiste en expresar en términos monetarios todas las determinaciones hechas en el estudio técnico (Marquina, 2013).

c. Exploración Minera:

La exploración supone también un elevado riesgo económico, derivado éste del hecho de que supone unos gastos que solamente se recuperan en caso de que la exploración tenga éxito y suponga una explotación minera fructífera. Sobre estas bases, es fácil comprender que la

exploración supone la base de la industria minera, ya que debe permitir la localización de los recursos mineros explotados, al mínimo coste posible.

Una vez establecidas las posibilidades de la región estudiada, se pasa al estudio sobre el terreno. En esta fase aplicaremos las diversas técnicas disponibles para llevar a cabo de forma lo más completa posible el trabajo, dentro de las posibilidades presupuestarias del mismo. Su objeto final debe ser corroborar o descartar la hipótesis inicial de existencia de mineralizaciones del tipo prospectado (Herrera, 2012).

d. Explotación minera:

Es el conjunto de las actividades socioeconómicas que se llevan a cabo para obtener recursos de una mina (un yacimiento de minerales) (Marquina, 2013).

e. Mármol:

Es una roca metamórfica compacta formada a partir de rocas calizas que, sometidas a elevadas temperaturas y presiones, alcanzan un alto grado de cristalización. El componente básico del mármol es el carbonato cálcico, cuyo contenido supera el 90 %; los demás componentes son los que dan gran variedad de colores en los mármoles y definen sus características físicas (Carrero, 2013).

f. Reservas Mineras:

Las reservas mineras son la porción de recursos medido o indicado económicamente extraíble la cual incluye factores geológicos, metalúrgicos, geotécnicos, medioambientales, sociales y gubernamentales. El cálculo de reservas busca entregar el potencial económico que pueden tener los recursos mineros dando origen a diseños mineros que sustentan el plan minero a partir del cual es calculado el flujo de caja del proyecto (Santos, 2012).

CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Análisis de tabla y gráficos

La presente tesis profesional, se ejecutó en la concesión Santa Rita distrito Jorge Chávez, provincia de Celendín y departamento de Cajamarca. La finalidad es calcular su estimación de reservas de mármol y luego la explotación minera, es una minera no metálica, ubicado al norte del Perú, tiene una altitud de 2500 m.s.n.m. Pertenecientes a las formaciones Crisnejas, Puylucana, Grupo Quilquiñan, Formación Chota y Formación Celendín pertenecientes al Cretáceo Medio y Superior y distalmente las formaciones Farrat, Carhuaz, Formación Santa y Formación Chimú pertenecientes al Cretáceo Inferior.

El proyecto en estudio se considera que tiene un gran volumen de recursos pero solo se tomara una cierta parte de los 3 bloques, esto conllevó a un análisis del mineral no metálico y posteriormente a un planeamiento de minado, los estratos se encuentra con un rumbo de N30°W y un Buzamiento 30-40°NE, y una cobertura (top soil) de 0.5 a 1.5 metros.

El trabajo de investigación se elaboró desde el 05 de Marzo al 11 de Junio de 2017, en un total de 104 días por lo cual se evaluó específicamente las

reservas que se tienen, el tipo de depósito que se presenta, la calidad del material a explotar.

3.1.1. Ubicación:

a) Ubicación Geográfica:

Localizado en el flanco este de la cordillera occidental del norte del Perú, tiene una altitud de 2500 m.s.n.m. Geográficamente presenta las siguientes coordenadas:

Tabla 3: *Coordenadas de la concesion Santa Rita.*

Vértices	UTM WGS-84	
	Norte	Este
V1	9 233 650.19	821 736.42
V2	9 233 639.81	822 736.58
V3	9 231 640.35	822 743.25
V4	9 231 641.44	821 724.12

Fuente: Elaboración propia (2017).

b) **Misión:**

Empresa minera de origen cajamarquino, teniendo en cuenta la salud, seguridad, medio ambiente, relaciones comunitarias. Con el compromiso, participación y liderazgo de nuestra gente contribuir en el desarrollo de la empresa y de nuestro pueblo.

c) **Visión:**

Ejemplo cajamarquino y excelencia minera en el mundo, con responsabilidad social y con un equipo humano comprometido y altamente calificado. Trabajando por el desarrollo del mañana.

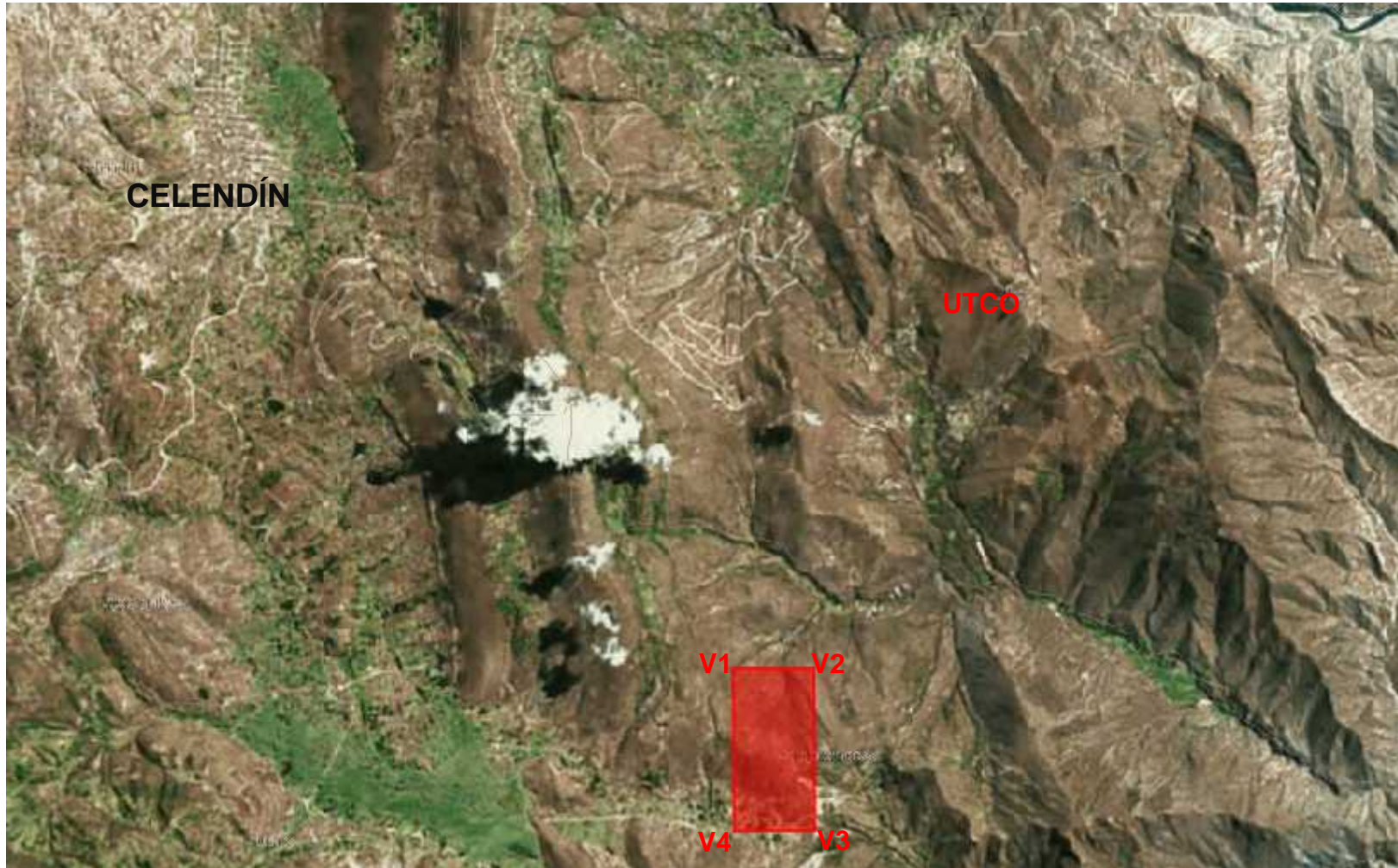


Figura 5: Imagen satelital de la concesión Santa Rita.
Fuente: Elaboración propia (2017).

d) Ubicación Política:

Políticamente se ubica en la región Cajamarca, Provincia de Celendin, Distrito de Jorge Chávez. Se encuentra dentro de la Zona 17S del hemisferio Internacional PSAD 56 y se halla en el cuadrángulo 14-G de Celendin.

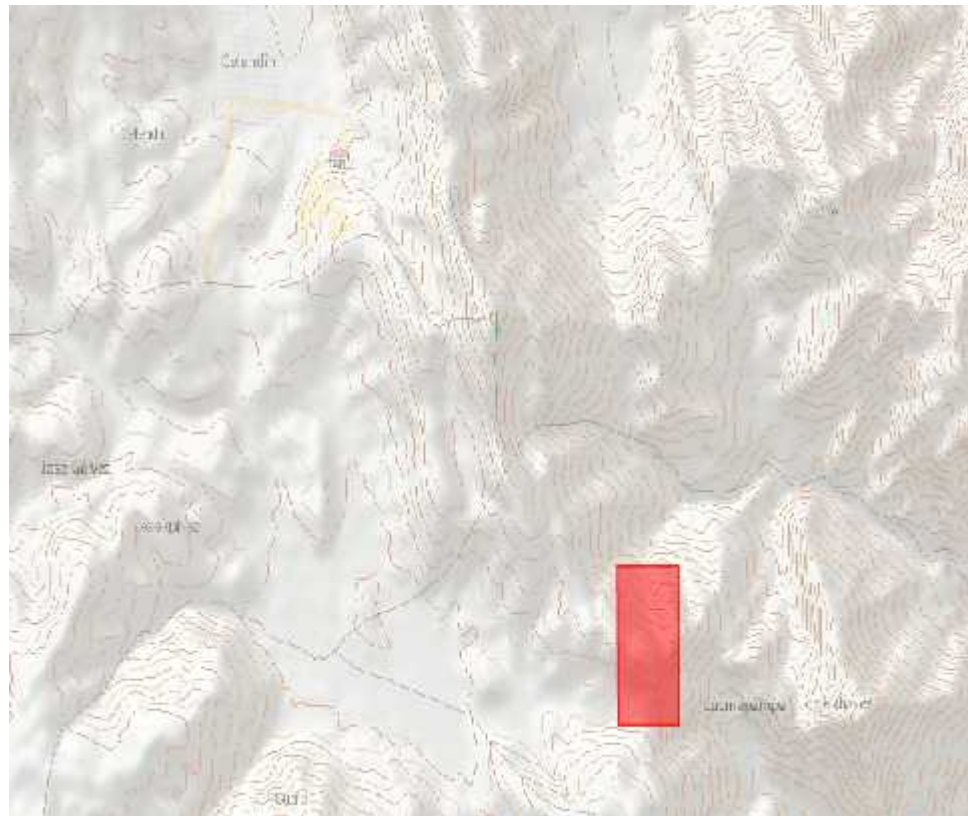


Figura 6: Ubicación política de la concesión Santa Rita.
Fuente: Elaboración propia (2017).

3.1.2. Accesibilidad

La accesibilidad es buena partiendo desde Celendín con carretera asfaltada hasta el poblado de José Gálvez y luego carretera afirmada hasta el distrito de Jorge Chávez.

Para la accesibilidad desde la ciudad de Lima existen vuelos comerciales hasta la ciudad de Cajamarca y luego 2.0 horas de carretera asfaltada hasta la provincia de Celendín.

Es accesible desde la ciudad de Cajamarca se muestra en la tabla

Tabla 4
Accesibilidad a la concesión Santa Rita.

Desde	Hasta	Km	Tiempo/Hrs	Tipo de Vía	Estado de Vía
Cajamarca	Celendín	107	2.0 horas	Asfaltada	Buena
Celendín	José Gálvez	9	20 min	Asfaltada	Buena
José Gálvez	Jorge Chávez	6	10 min	Afirmada	Regular
Jorge Chávez	Concesión Santa Rita	1	5 min	Trocha	Regular
Total		123	2.35 hrs		

Fuente: Elaboración propia (2017).

3.2. Geología Regional

La Geología regional lo conforman paquetes de rocas pertenecientes a las formaciones Crisnejas, Puyucana, Grupo Quilquiñan, Formación Chota y Formación Celendín pertenecientes al Cretáceo Medio y Superior y distalmente las formaciones Farrat, Carhuaz, Formación Santa y Formación Chimú pertenecientes al Cretáceo Inferior.

La litología en el Cretáceo Superior está compuesta Formación Celendín y Formación Chota y su litología son capas delgadas de caliza y caliza nodular intercalada con margas lutitas grises. En el extremo inferior se ubican secuencias de conglomerados intercalados con arcillas y areniscas.

La litología del Cretáceo Medio está representada por las formaciones Crisnejas, Formación Puylucana y Formación Quilquiñan cuyo paquete de rocas se encuentran más próximas al área de estudio y estas se extienden en dirección Nor-Oeste a Sur-Este formando discordancias de bajo ángulo con buzamiento hacia el Sur-Oeste. Jhon Wilson (1998 INGEMMET).

Este paquete de rocas calcáreas intercaladas con lutitas y areniscas de edad Cretácea se extiende en la parte central del cuadrángulo de Celendín (14g) elaborado por el INGEMMET en casi 60 Km. De longitud por unos 15 Km de ancho. Este paquete presenta potencias variables, pero se ha podido reconocer en el sector de Celendín por lo menos 1000 metros de rocas pertenecientes al Cretáceo Superior y Medio lo que nos indica que estos depósitos han sido importantes dentro de la cuenca.

El INGEMMET en su publicación del cuadrángulo de Celendín (14g) señala un control de sobre-escurrimientos de orientación NW-SE, sin embargo, estas estructuras no han sido posibles verlas dentro del área de estudio.



Figura 7: Relieve de la zona.

Fuente: Elaboración propia (2017).

3.2.1. Formación Crisnejas

De acuerdo al INGEMMET la Formación Crisnejas está representada por algunos cientos de metros de margas lutitas, areniscas y calizas que afloran al este de Celendín. Dentro del área de estudio este se ubica en la parte basal del paquete de rocas en las cotas 1700m.s.n.m. a 2300 m.s.n.m. aproximadamente. Estas rocas son bastante fosilíferas se han encontrado fósiles mixtos, pero se ha logrado reconocer amonites.

En el área de estudio existe una carretera que lleva a la central hidroeléctrica que se ubica muy cerca del río marañón. En el corte de carretera se puede identificar este paquete rocas en su descenso en cota.



Figura 8: Afloramiento kárstico de la formación Crisnejas.
Fuente: Elaboración propia (2017).

3.2.2. Formación Puylucana

El grupo Puylucana en el área de estudio se presenta en algunos cientos de metros, de acuerdo a INGEMMET este tiene intercalaciones de caliza, marga y arenisca y se divide en las formaciones Yumagual y Mujarrún pero en el trabajo de

reconocimiento no se ha podido diferenciar. Pero si se ha podido identificar el contacto con la formación Crisnejas en una discordancia angular de bajo ángulo siendo el Formación Puylucana supra yacente a la Formación Crisnejas.

En el extremo superior del paquete de rocas calcáreas del grupo Puylucana se ha identificado el recurso de mármol en un área muy extensa, es probable que se tenga más de 50 hectáreas de mármol con distintas calidades y colores.

En el área de estudio se ha reconocido algunas variedades de mármol que se presentan como horizontes con buzamiento de bajo ángulo. En el sector basal del paquete forman pliegues y sobre-escurrimientos.



Figura 9: Mármol de la concesión Santa Rita.
Fuente: Elaboración propia (2017).

3.3. Geología local

La geología local está constituida por rocas calcáreas, margas, conglomerados y areniscas las cuales se intercalan dentro de todo el paquete. Las formaciones presentes en el área de estudio proximales y

cercanas a las propiedades mineras son la formación Crisnejas y el Grupo PuyLucana.

3.4. Estimación de mármol

Se ha determinado en campo que el área posible de inicio de explotación tiene las siguientes características:

- El área escogida es cercana a una vía de acceso, la carretera que pasa por el lugar es de 10 m. de ancho aproximadamente, suficiente para ser utilizado por vehículos de carga de hasta de 20 Tn, para el traslado de los bloques de mármol.
- Existencia de energía eléctrica cerca de la cantera, esto facilita la utilización de herramientas eléctricas, hidráulicas para la extracción de los bloques de mármol.
- La inclinación de la cantera es moderada, es una cantera en ladera sobre terreno en pendiente, por ello la extracción de los bloques se empezará por los niveles inferiores, aumentando la altura y el número de bancos del frente de explotación.
- La cantera San Rita, se encuentra cerca al pueblo de Jorge Chávez, esto hace que exista buena señal de telefonía para la instalación del campamento.
- El área para la estimación del recurso explotable no contiene zonas de cultivo ni componentes ambientales que impidan otorgar permisos de explotación.
- El tipo de estimación del mármol es a través del método asistido por computadora, utilizando las curvas de nivel de la topografía real del terreno, estas representan a que altura está cada una y de esta forma se calcula el volumen que existe en el área seleccionada.
- De acuerdo a los datos geológicos, los datos de las perforaciones diamantinas y las inspecciones en campo podemos realizar un bloqueo de las zonas del proyecto por tipo de mármol.

Tabla 5*Factores de explotación de la concesión Santa Rita.*

Factores	Descripción
Carácter estructural	Se encuentran en forma tabular.
Límite económico	Afloramiento de skarn con plunge de 60°.
Deposición del material	Estrato con Rumbo N30°w y Buzamiento 30-40° NE.
Cobertura	Cubierto con top soil de 0.5 a 1.5 metros.

Fuente: Elaboración propia (2017).

Indicamos que las estructuras de los afloramientos de mármol se encuentran concordantemente con los planos de estratificación de los estratos de caliza con Rumbo: N330°W/30°NE, y claramente se resalta con mayor disposición por su color y calidad en tres bloques A, B, C

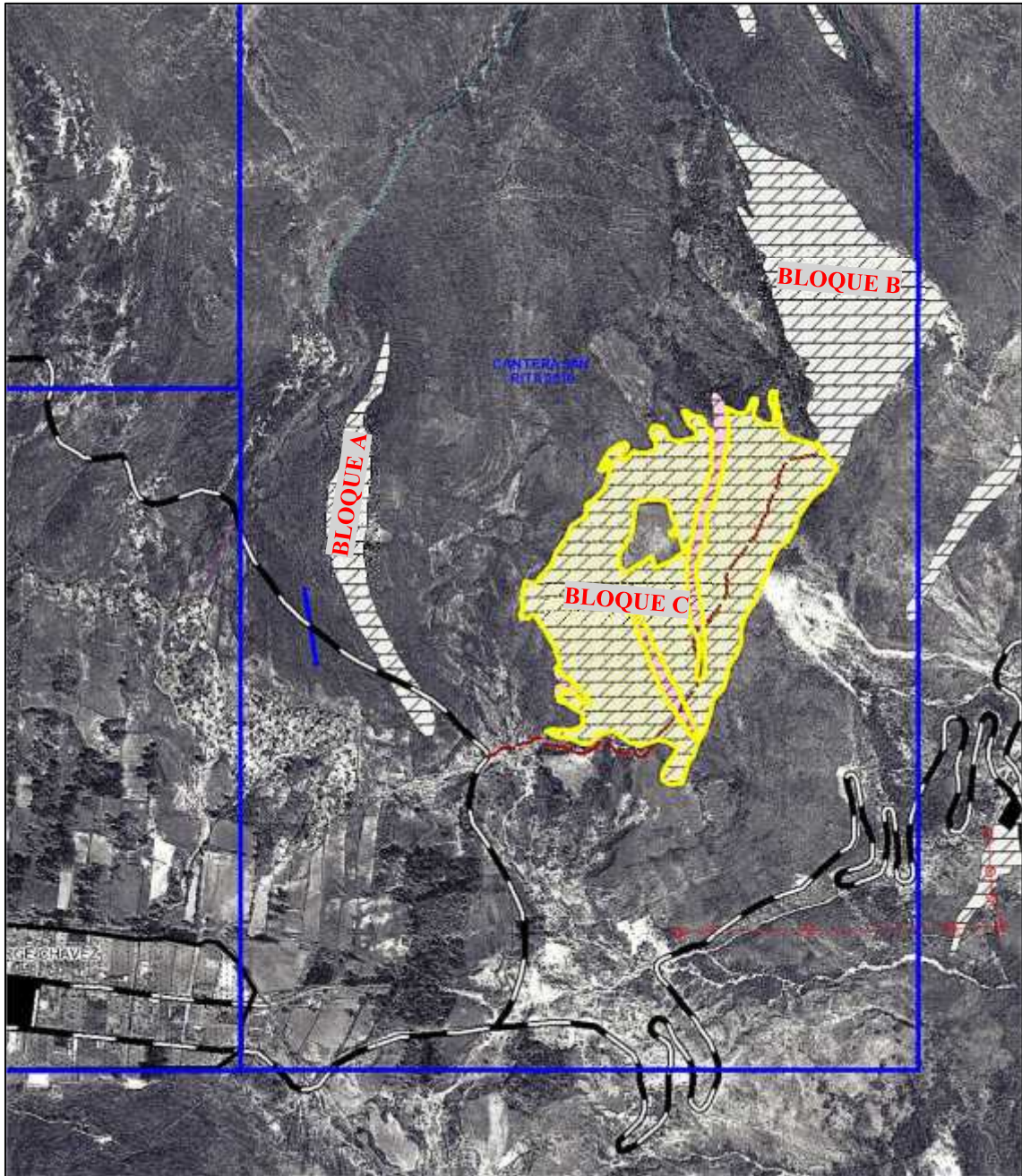


Figura 10: Determinación del área del recurso.
Fuente: Elaboración propia (2017).

En función a las observaciones de color, cohesión volúmenes compactos en afloramiento, predominio de impurezas y control estructural; se determinó un comportamiento radial de los cuerpos de mármol en función al borde del skarn manteniendo en profundidad una forma de un cono invertido limitado por el skarn hacia el oeste, las mejores exposiciones de mármol se encuentran en la zona de Ventanilla, como resultado del levantamiento cartográfico se determinó 5 tipos de canteras de mármol:

3.4.1. Bloque A

Está localizado al Oeste de la concesión Santa Rita, este Bloque se tipifica por mantener un Mármol color rosado, presentando vénulas de calcita silicificado pervasivamente gradando por sectores a facies de Hornfels. Presenta una disposición estratificación de Rumbo: N335°/40° NE, el cual es la principal discontinuidad.



Figura 11: Mármol rosado de la concesión Santa Rita.
Fuente: Elaboración propia (2017).



Figura 12: Bloque A.
Fuente: Elaboración propia (2017).

Tabla 6
Características macroscópicas del bloque A.

Textura		Red Cristalina	
Color	Rosáceo	Porosidad	
Granularidad	Muy Fina	Reacción al HCl	(+)
Resistencia a la Rotura	Muy Buena	Fluorescencia	
Cohesión	Alta	Densidad	2.8
Fractura	Conoidea	Radioactividad	

Fuente: Elaboración propia (2017).



Figura 13: Cortes de mármol en la planta.
Fuente: Elaboración propia (2017).

3.4.2. Bloque B

Está localizado al Norte de la concesión Santa Rita, este Bloque se tipifica por mantener un Mármol color gris, su coloración se debe a la presencia de caliza gris con material bituminoso, con presencia de óxidos de Fe y M por sectores, Encontrándose en contacto con el mármol del bloque A, Presenta una disposición de estratificación de Rumbo: $N325^{\circ}/35^{\circ}$ NE, el cual es la principal discontinuidad.

Tabla 7

Características macroscópicas del bloque B.

Textura		Red Cristalina	
Color	Gris	Porosidad	
Granularidad	Fina	Reacción al HCl	(+)
Resistencia a la Rotura	Muy Buena	Fluorescencia	
Cohesión	Moderada	Densidad	2.8
Fractura	Conoidea	Radioactividad	

Fuente: Elaboración propia (2017).



Figura 14: Bloque B de mármol.

Fuente: Elaboración propia (2017).

3.4.3. Bloque C

Está localizado en la zona Este de la concesión Santa Rita, este Bloque se tipifica por mantener un Mármol color gris claro, presentando vénulas de calcita silicificado pervasivamente gradando por sectores a facies de Hornfels. Presenta una disposición estratificación de Rumbo: N330°/30-45° NE, el cual es la principal discontinuidad.



Figura 15: Afloramiento del Bloque C.
Fuente: Elaboración propia (2017).

Tabla 8
Características macroscópicas del bloque C.

Textura		Red Cristalina	
Color	Gris Claro	Porosidad	
Granularidad	Media a Gruesa	Reacción al HCl	(+)
Resistencia a la Rotura	Muy Buena	Fluorescencia	
Cohesión	Alta compacta	Densidad	2.7
Fractura	Conoidea	Radioactividad	

Fuente: Elaboración propia (2017).

3.5. Estimación de Reservas de Mármol

3.5.1. Cálculo de área (mediante ArcGis)

ArcGis cuenta con numerosas herramientas para cálculos topográficos de todo tipo, entre ellas, cálculos de área. En nuestro caso, partimos de las curvas de nivel tomadas de un ráster Evaluación geológica y topográfica de la concesión minera Cantera San Rita, estas representan a que altura está cada una y de esta forma se el área delimitada según la figura N°16.

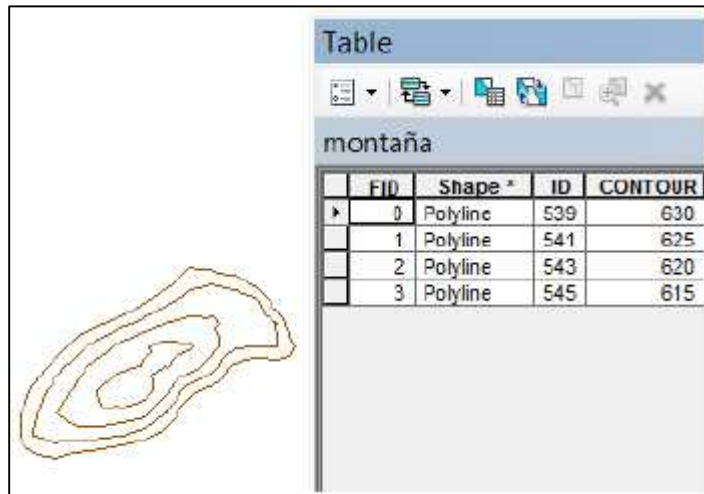


Figura 16: Estimación del recurso utilizando ArcGis 10.3.

Fuente: Elaboración propia (2017).

Comenzaremos por hacer de esta figura un ráster.

Para ello, acudiremos a la herramienta "Topo to raster", desde 3D analyst tools > Raster interpolation> Topo to raster.

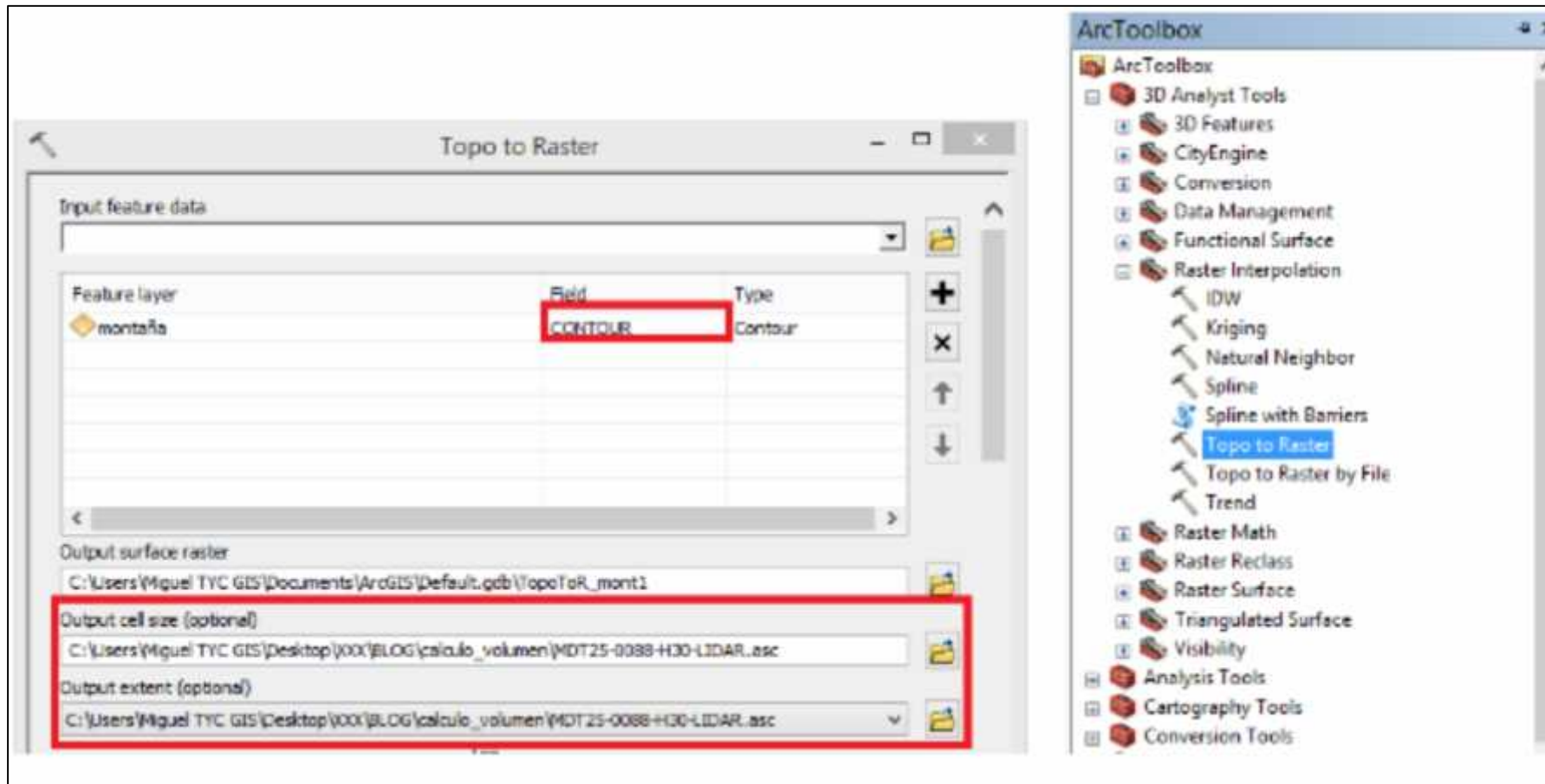


Figura 17: Estimación del recurso utilizando ArcGis 10.3.
Fuente: Elaboración propia (2017).

En ella, debemos darnos cuenta que en "field" se marcará el campo que haga referencia a la altura, en este caso el campo "contour". El tamaño de celda y el campo de extensión lo hemos sacado de lo preestablecido donde hemos sacado estas curvas de nivel.

Ahora, debemos delimitar el área de cálculo, para ello tenemos que extraer por máscara y, por lo tanto, debemos tener una máscara, esta será la base de la montaña.

Por lo tanto, seleccionaremos la línea base mediante la herramienta indicada y hacemos clic en extraer pulsando con el botón derecho sobre la capa y extraer

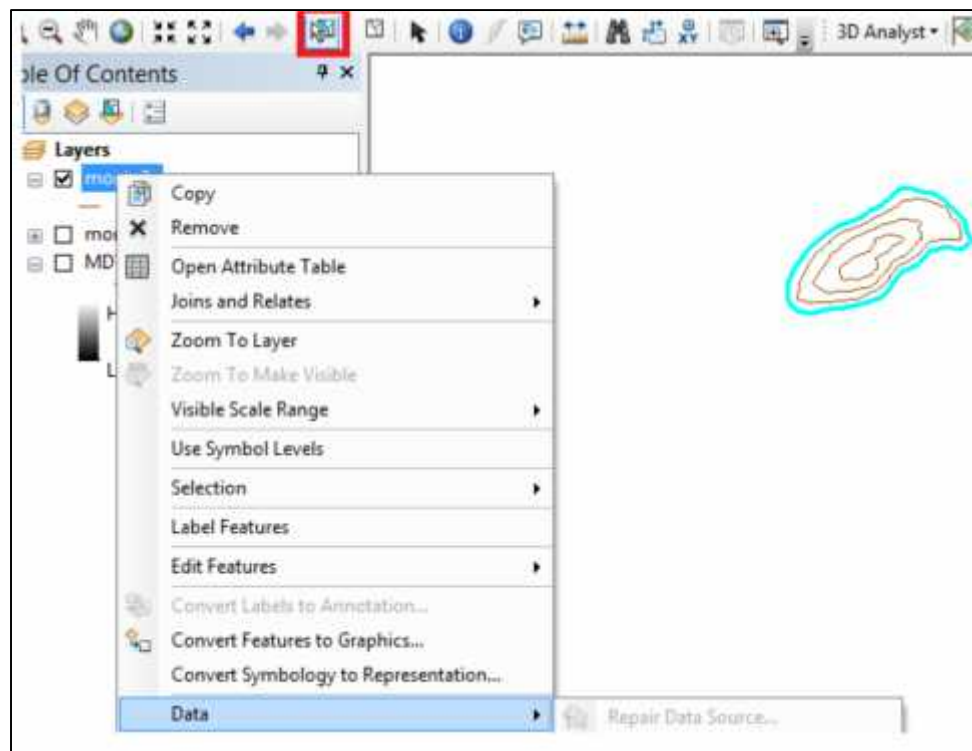


Figura 18: Estimación del recurso utilizando ArcGis 10.3.

Fuente: Elaboración propia (2017).

Ahora, como esto es una línea, tendremos que pasarlo a polígono.
Data Management Tools > Features > Feature to Polygon.

Ahora, tenemos el polígono base y extraeremos por máscara usando esta como máscara.

Spatial Analyst Tools > Extraction > Extract by Mask.

Aquí nos indica que el área 491 875 m².

El área del bloque A es de 155 000 metros cuadrados.

El área del bloque B es de 215 625 metros cuadrados.

El área del bloque C es de 121 250 metros cuadrados.

3.5.2. Cálculo de reservas por bloques

En función al acápite de factores de delimitación de recursos visto con anterioridad, calculamos lo siguiente:

a. Cálculo de Medidas

- Área: Cálculo de los polígonos cartografiados mediante arcGis detallados en el ítem 3.5.1.
- En función a la geometría limitada por el plunge de skar con 60 grados de inclinación.
- El otro factor es que el halo de mármol se comporta en forma tabular paralelo al estrato R: N30°W/40°NE.
- En función a las cotas en la sección 1 presenta un desnivel de 94.83 m. En función a las cotas en la sección 2, presenta un desnivel de 34.06 m. Por lo que según los cálculos se determina una profundidad de ≈ 30 m. como constante probado con fines de un primer programa de minado.
- Castigo: Consideramos un castigo entre 30% a 35%, como margen para la explotación y la falta de definición de los bloques al detalle (esto se conocerá mejor en el proceso de explotación)

Tabla 9
Cuadro total de volumen.

Bloque	Color	Superficie (m²)	Profundidad (m)	Castigo (%)	Volumen (m³)
Bloque A	Rosáceo	155 000	30	30%	3 255 000
Bloque B	Gris	215 625	30	35%	4 204 688
Bloque C	Gris claro	121 250	30	30%	2 546 250
Total		491 875			10 005 938

Volumen (m³)	Densidad (TM/m³)	Tonelaje (TM)
3 255 000	2.8	1 162 500
4 204 688	2.8	1 501 674.29
2 546 250	2.8	909 375
10 005 938	2.8	3 573 549.29

Fuente: Elaboración propia (2017).

- La aureola de mármol se encuentra periféricamente al emplazamiento de los diferentes tipos de intrusivos que cortan las calizas y los procesos subsecuentes de metamorfismo y metasomatismo, han originado un cuerpo irregular con respecto a su carácter (textura).
- Los afloramientos de mármol se presentan al borde del contacto intrusivo - caliza cambiando en gran medida por el color debido a la presencia de impurezas, sin embargo, cabe resaltar que la presencia de mármol rosáceo, se debe a la presencia de ortosa en los estratos de caliza calentados y afectados por el metamorfismo.

b. A manera de resumen tenemos:

- La prioridad de cantera está emplazada para el Bloque C por los siguientes factores:
 - Presenta una calidad de mármol homogénea y compacta.
 - El carácter de su presentación es de grano medio.
 - Es un color comercial en el mercado local.
- En la sección 1 y 2 podemos apreciar el comportamiento del halo de mármol en profundidad, sin embargo, con el reconocimiento de superficie visto en el plano geológico - perimétrico vista en campo se recomienda la explotación para los primeros 30 m de profundidad.

c. Plan Piloto Ejecutado

Se extraerán 80m³ de bloques de la zona en exploración de diferentes medidas internacionales y de diferentes tonalidades de colores (gris claro, verde andino y negro), esto es para acondicionar seis tráileres con dos bloques cada uno y para tres diferentes empresas.

Tabla 10

Cuadro medidas recomendadas.

Bloque	Dimensiones			Volumen (m³)	Densidad (TM/m³)	Peso (TM)
Bloque A	2.57	1.70	1.20	5.24	2.8	14.68
Bloque B	2.80	1.60	1.30	5.82	2.8	16.31
Bloque C	2.60	1.50	1.20	4.68	2.8	13.10

Fuente: Elaboración propia (2017).

d. Planificación de la Extracción:

La empresa a cargo de la extracción de bloques deberá ser evaluado previamente en conocimientos de perforación y voladura controlada necesarios e imprescindibles para la explotación de mármol, porque la mala práctica causaría fisuras del frente.

3.6. Posible diseño de explotación:

De acuerdo a la evaluación geológica y al desarrollo de la topografía del lugar el método de explotación será por Cortes en bancos definidos (a tajo abierto)

El diseño del tajo nos dará el Angulo correcto para los taludes sin embargo esto depende mucho de la velocidad con la que se desea explotar el recurso.

Dentro del estudio se muestra un posible método de explotación de este recurso de mármol de coloración gris con cuerpos de mármol rosado.

- Altura de bancos de explotación: altura de 8 m. con la finalidad de asegurar la estabilidad del mismo.
- El talud del Banco tendrá 63° que garantiza la estabilidad para un material competente.
- El avance de los bancos de explotación será en forma descendente.
- El factor de seguridad calculado es 1,65 que demuestra la estabilidad del talud.

De acuerdo a la sección 1 (A–A') de la figura 16, se plantea un posible diseño de explotación

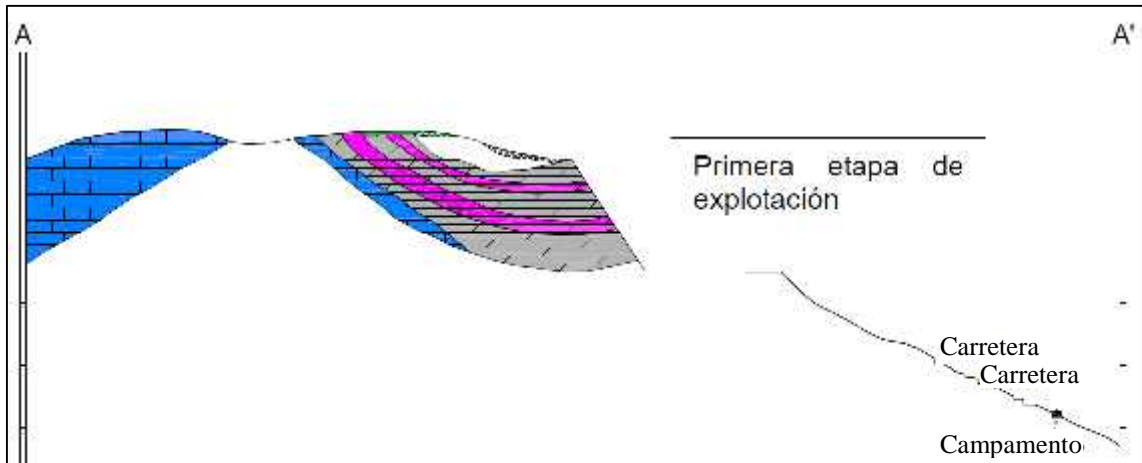


Figura 19: Diseño de primera etapa de explotación de mármol.

Fuente: Elaboración propia (2017).

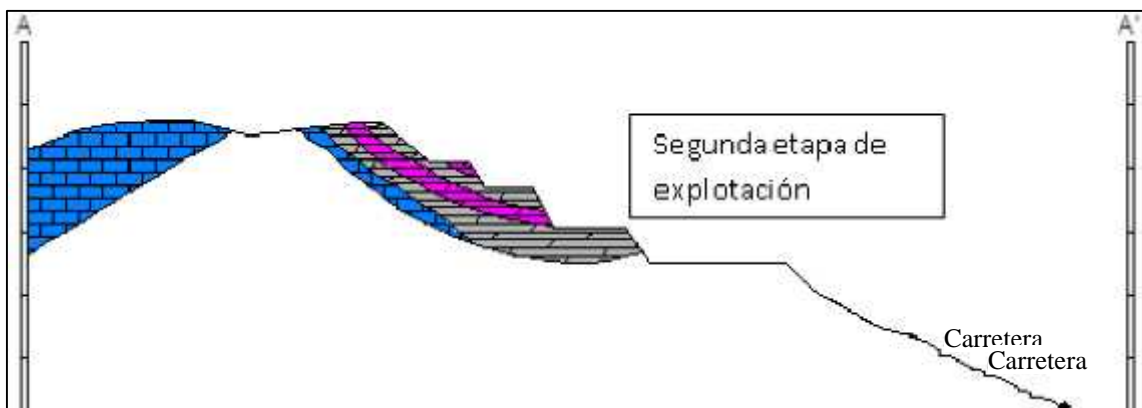


Figura 20: Diseño de Segunda etapa de explotación de mármol.

Fuente: Elaboración propia (2017).

3.6.1. Plan de minado:

Clasificación: Pequeño Productor Minero

Material a Explotar: Mármol de coloración gris y rosado.

Producción Programada: 116.6 TM/día

Reservas Mineras Disponible: 3 573 549.29TM.

Método de Explotación: Cortes en bancadas definidas (cielo Abierto).



Figura 21: Bloques de mármol.

3.6.2. Cálculo del factor de seguridad del talud aplicando Slide 5.0

Características del modelo:

- Talud de material único del macizo rocoso, homogéneo.
- Ninguna presión de agua, seco.
- Búsqueda de superficie de desplazamiento circular (búsqueda de cuadrícula).

Primero ajustamos los límites de la región del dibujo, de manera que podamos ver al modelo siendo creado cuando ingresemos la geometría.

Select View – Limits (seleccione: vista – límites).

Se ingresa las coordenadas x – y mínimas y máximas en diálogo.

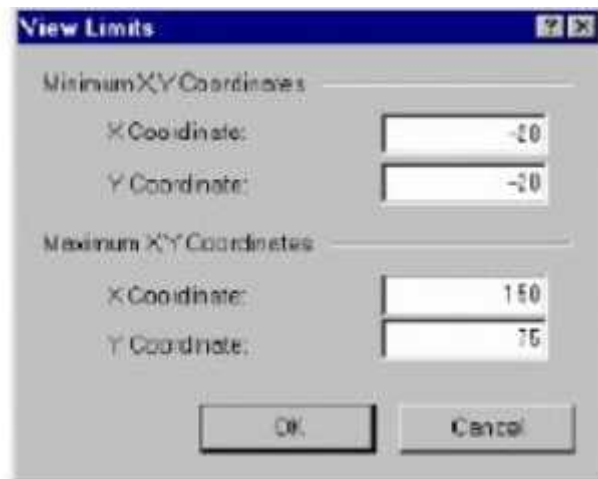


Figura 22: Diálogo View Limits(vea límites).

Fuente: Elaboración propia (2017).

Se ingresa los contornos, el primer contorno que debe ser definido para cada modelo slide, es el contorno externo, el cual es una poli línea cerrada comprendiendo la región de suelo que se va a analizar.

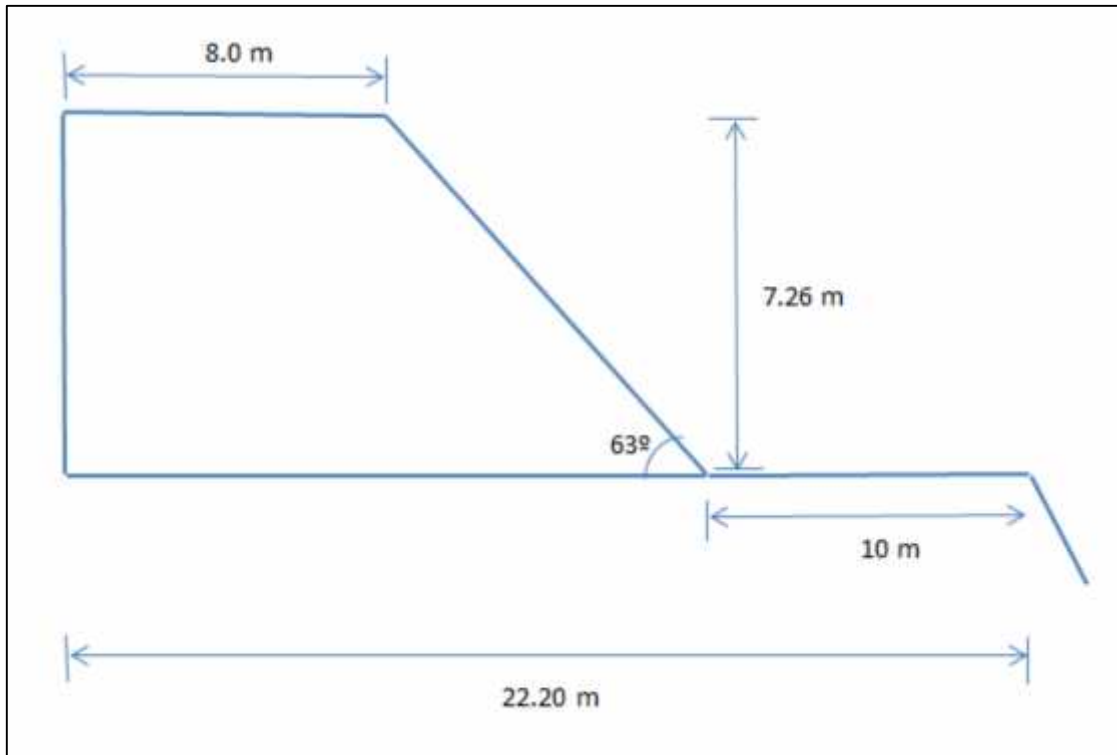


Figura 23: Límites ingresados al programa slide.
Fuente: Elaboración propia (2017).

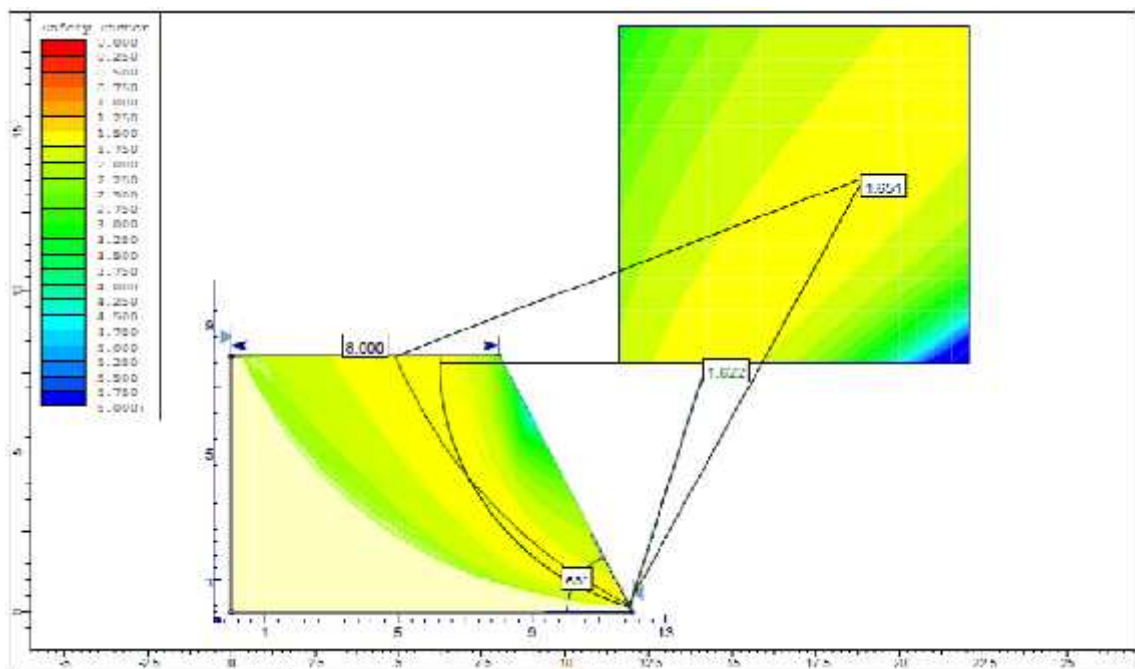


Figura 24: Cálculo del factor de seguridad del aplicando Slide 5.0.
Fuente: Elaboración propia (2017).

3.7. Estudio económico

Se ha evaluado mediante el código NIIF aprobado en 2012.

El objetivo de esta NIIF es especificar la información financiera relativa a la exploración y evaluación de recursos minerales.

Para la evaluación de la empresa Santa Rita se consideró desembolsos relacionados con la explotación neta.

Mediante la extracción de mármol, se demostrará la factibilidad técnica y la viabilidad comercial de la extracción caolinita.

3.7.1. Flujo de caja (CASH FLOW)

La minería no metálica cuenta con costos más baratos que la minería metálica.

La empresa minera Santa Rita solo explotará el mármol, el transporte correrá por cuenta del comprador.

Por tanto, consideramos:

3.7.2. Cálculo de vida útil:

$$V \quad U \quad e \quad a \quad \tilde{n}o = \frac{3\,573\,549.29 \text{ TM}}{3\,500 \text{ TM/mes}} = \frac{1\,021.01 \text{ mes}}{12 \text{ mes/año}} = 85.1 \text{ año}$$

Por tanto, la concesión minera Santa Rita tiene una vida útil de 85.1 años, produciendo 3500 Tm mensuales y 116.6 TM/día de mármol.

El precio del mármol por tonelada es de 1 200 soles en cantera (según la empresa Mármol Perú S.A.C).

3.7.3. Flujos entrantes y salientes:

- Si el tonelaje es de 3 573 549.29 Tm y el precio de la tonelada en cantera es de 1 200 soles. Implica un ingreso de 4 127 449 429.95 soles, en los 85.1 años de explotación.
- Los flujos salientes son:
 - Mano de obra.
 - Electricidad

- Consumo de combustible
- Perforación con hilo diamantado
- Hilo diamantado
- Excavadora

Considerando que el castigo es 30% y la recuperación 70%.

Según el estudio financiero realizado por la empresa Santa Rita el costo de operación es de 91.32 soles por tonelada.

Para las 3 573 549.29 a 91.32 soles, mi flujo saliente es de 326 336 521.16 soles en los 85.1 años.

$$C_{hf} = F_e - F_s$$

$$\text{CASH FLOW} = 4\,127\,449\,429.95 - 326\,336\,521.16$$

$$\text{CASH FLOW} = 3\,801\,112\,908.79 \text{ Soles}$$

3.8. Alcance ambiental

En esta etapa se relaciona las actividades del proyecto con cada componente ambiental. La identificación y evaluación de impactos ambientales teniendo en cuenta la ley: 28611 siendo una herramienta que permite predecir los potenciales impactos, tanto positivos y negativos, sobre los factores ambientales que conforman el área de influencia sobre la que actuará el proyecto, obteniéndose resultados que orientan estructurar planes y programas de manejo ambiental que optimicen, prevengan y mitiguen las distintas situaciones. Previo a la valoración cuantitativa de los impactos, se realizó una valoración cualitativa de éstos, para identificar los potenciales impactos ambientales en el área de influencia del proyecto. Se identificaron los impactos más relevantes y significativos con el objetivo de detectar situaciones de causa efecto que dan origen a impactos ambientales.

CONCLUSIONES

La estimación de reservas de mármol en la concesión minera Santa Rita es de 3 573 549.29 toneladas métricas y su efecto en la explotación minera es positivo ya que se pudo determinar un cash flow de 3 801 112 908.79 soles. Por tanto, la explotación de la concesión minera Santa Rita es viable.

Para determinar las reservas probables, primero se ha realizado el cálculo de área o superficie de interés para explotar mediante el software ArcGis, considerando la profundidad 30 m, el castigo 30% y la densidad 2.8 TM/m³. En total se calculó 3 573 549.29 toneladas métricas, en los tres bloques estudiados.

De acuerdo a los estudios realizados se define que el método de explotación minera empleado debe ser a cielo abierto mediante bancos el cual tendrá 7.26 metros de alto con una berma inicial de 10 metros y la segunda de 8 metros, con un ángulo de talud de 63°. Este talud es apropiado ya que tiene un factor de seguridad de 1.651. Los bloques que se van a extraer en el bloque A tiene las dimensiones 2.57 m X 1.7m X 1.20 m, el bloque B tiene 2.8 m X 1.6 m X 1.30 m, el bloque C tiene 2.6 m X 1.5 m X 1.20 m

Según el estudio económico, la vida útil de la concesión minera Santa Rita va a tener 85.1 años, los flujos entrantes son netamente la venta del mármol el cual asciende a 4 127 449 429.95 soles y los flujos salientes se calculó mediante el estudio de inversión de la empresa Santa Rita y asciende a 326 336 521.16 soles. El cash flow es 3 801 112 908.79 Soles.

RECOMENDACIONES

Difundir los nuevos conocimientos en la explotación minera no metálica especialmente del mármol, teniendo en cuenta los impactos positivos, negativos para la región Cajamarca y así implementar las técnicas mecanizadas (equipos eléctricos de hilo diamantado). Para reforzar la imagen de la empresa, comunidad y sociedad en general.

Buscar una responsabilidad social activa, menor contaminación al medio ambiente y cumplimiento de las normas de seguridad minera e industrial, con altos estándares de calidad en sus productos terminados.

Realizar un resumen de ingresos y egresos económicos en la extracción de mármol, de acuerdo a la calidad del producto, Para luego definirlo en el mercado.

.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alarcón, D., & Salazar, F. (12 de Junio de 2016). Evaluación Económica para Explotación de Arcillas tipo Caolinita en la Concesión Minera Rumicucho, Centro Poblado Huayrapongo, Distrito Llacanora. Cajamarca, Cajamarca, Perú. Recuperado el 22 de Abril de 2017, de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/7558/Salazar%20Briones%20Francisco%20C%3%A9sar%20Alarc%3%B3n%20V%3%A1squez%20Deyver.pdf?sequence=1>
- Cano, I., & Sánchez, G. (2013). Metodología de las Estrategias de Explotación del Proyecto Arenque. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado el 25 de Mayo de 2017, de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle>
- Carrero, R. (2013). Caracterización Geológica y Cálculo de Volumen de Calizas en una Zona Ubicada al Norte de San Sebastián de los Reyes, Edo Aragua. 30-35. Caracas, Venezuela. Recuperado el 17 de Mayo de 2017, de http://bibliogeo.ing.ucv.ve/cgi-win/be_alex.cgi?Documento=T041500
- Cuador, J. (2002). *Estudios de Estimación y Simulación Geoestadística para la Caracterización de Parámetros Geólogo - Industriales en el Yacimiento Laterítico Punta Gorda*. Cuba.
- DDM. (2015). Estudio de la Cadena Productiva del Mármol. *CGMinería*, 30-48.
- Hernández, R. (2006). Metodología de la Investigación. 5, 257-300. México : Interamericana Editores. Recuperado el 15 de Mayo de 2017, de <https://www.esup.edu.pe>
- Herrera, J. (2012). *Diseño de Explotaciones de Cantera*. Madrid.
- Marquina, L. (18 de Mayo de 2013). *Control Estructural y Potencial de Reservas Mineras del Distrito Minero Conga, Cajamarca – Perú*. Recuperado el 28 de Abril de 2017, de Cybertesis: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1085/1/sanchez_gl.pdf
- Molina, A., & Soto, D. (2004). *Diseño de un Sistema de Planeación y Control de la Producción en Panamericana de Mármoles LTDA*. Bogotá.
- Núñez, A. (5 de Octubre de 2013). *Revista MG*. Recuperado el 18 de 04 de 2017, de REDALY.ORG: <http://www.redalyc.org/pdf/2235/223516052004.pdf>

- Nuñez, V. (2013). Cadena Productiva de Mármol. *Ensayo de Tesis*, 30-40. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Recuperado el 11 de Mayo de 2017, de http://economia.gob.mx/files/comunidad_negocios.
- Reynoso, A. (2013). Problemática de la Exportación de Mármol Mexicano en el Mercado Norteamericano. 120-129. Jalisco, México. Recuperado el 18 de Mayo de 2017, de <http://www.buenastareas.com/materias/>
- Romero, K. (04 de Marzo de 2014). Propuesta para la Gestión de Reservas en un Proyecto Minero. Caso: Proyecto La Granja-Cajamarca. *Tesis profesional*, 22-30. Cajamarca, Chota, Perú. Recuperado el 25 de Abril de 2017, de http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/usat/67/1/TL_Romero_Palacios_Kattia_Sairu.pdf
- Ruiz, Y. (2012). *Aplicación de Software Libre para la Estimación de Recursos y para la Evaluación Técnica Económica de las Reservas Minerales*. Piura.
- Salinas, I. (2012). Estimación de Recursos en un Yacimiento de Fierro. *Tesis profesional*. Santiago de Chile: Universidad de Chile. Recuperado el 20 de Mayo de 2017, de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/111542>
- Sánchez, L. (2013). Análisis y Evaluación del Reinicio de Operaciones de Mina Santander. *Tesis profesional*, 20-40. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Recuperado el 28 de Abril de 2017, de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1085/1/sanchez_
- Santos, A. (2012). Residuo de Mármol como Insumo en la Construcción Civil - Diagnóstico de la Comarca Lagunera. *Tesis profesional*, 15-30. México. Recuperado el 16 de Mayo de 2017, de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_
- Torres, J. (2006). *Estudio de Impacto Ambiental por la Explotación de Mármol en la Zona San José de Minas y su Plan de Manejo Ambiental*. Quito.
- Torres, J. (2015). Metodología para la Estimación de Reservas Minerales en Minera Bateas. *Tesis profesional*, 35-47. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Recuperado el 8 de Mayo de 2017, de <http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1203/>
- Trigueros, E. (2013). Parámetros de Viabilidad para la Explotación de Mármol y Calizas Marmóreas Mediante Métodos de Explotación Subterráneos.

Tesis profesional, 62-85. España. Recuperado el 15 de Mayo de 2017, de <http://www.tdx.cat/handle/10803/51995>

Universidad Nacional de Rosario. (2013). *Mármoles y granitos: Técnicas de diseño y ejecución*. Argentina.

Vega, A. (2013). Cálculo de Reservas de la Veta "Paraíso" Mina Paraíso – Distrito Ponce Enríquez. *Tesis profesional*, 25-30. Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral. Recuperado el 20 de Mayo de 2017, de http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/title/calculo-reservas-veta-paraiso.

Zegarra, A. (2015). Estudio de Factibilidad de un Proyecto de Explotación y Transformación de Mármol. *Tesis profesional*, 42-55. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Recuperado el 28 de Mayo de 2017, de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1300>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Tabla 1: Matriz de Consistencia.

Fuente: Elaboración propia (2017).

PROBLEMA(S) DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVO(S) DE LA INVESTIGACION	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	VARIABLES E INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
<p>Problema principal:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Cómo influye la estimación de reservas de mármol en la viabilidad de la explotación minera en la concesión minera Santa Rita en el distrito Jorge Chávez de la provincia de Celendín y departamento de Cajamarca, durante el año 2017? 	<p>Objetivo General:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Realizar la estimación de reservas de mármol y su efecto en la explotación minera de la concesión Santa Rita, en el distrito Jorge Chávez de la provincia de Celendín y departamento de Cajamarca, durante el año 2017. 	<p>Hipótesis general:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estimando las reservas de mármol en la concesión Santa Rita se logrará optimizar la explotación minera de la concesión minera no metálica Santa Rita, en el distrito Jorge Chávez, provincia Celendín, departamento de Cajamarca, durante el año 2017. 	<p>Variable dependiente Explotación minera</p>		<p>Tipo de investigación El tipo de investigación será mixta. predominantemente cuantitativa ya que se va a calcular el número de reservas de mármol existentes en la concesión Santa Rita; pero en tanto será cualitativa basada en la observación y descripción de las características físicas del mármol.</p> <p>Nivel de investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Descriptivo - Explicativo - Aplicativo <p>Diseño de investigación El diseño de la investigación corresponde al diseño correlacional, porque se muestra la relación que existe entre la variable dependiente y la independiente.</p> <p>Población Está conformado por las 100 hectáreas de la concesión minera Santa Rita durante el año 2017.</p> <p>Muestra Se considera como muestra a las 80 hectáreas de terreno donde técnicamente se puede explotar el mármol de la concesión Santa Rita.</p>
<p>Problemas secundarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuáles son las reservas probables de acuerdo a su estimación de reservas para la explotación minera de la concesión Santa Rita en el distrito Jorge Chávez de la provincia de Celendín y departamento de Cajamarca, durante el año 2017? - ¿Cuál es el tipo de diseño apropiado para la explotación minera del yacimiento de mármol, tomando en cuenta la estimación de reservas de la concesión minera Santa Rita en el distrito Jorge Chávez de la provincia de Celendín y departamento de Cajamarca, durante el año 2017? - ¿Cómo influye el estudio económico de la concesión Santa Rita en su estimación de reservas para la explotación minera, distrito Jorge Chávez, provincia de Celendín y departamento de Cajamarca, durante el año 2017? 	<p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estimar las reservas probables por bloques en la concesión Santa Rita, en el distrito Jorge Chávez de la provincia de Celendín y departamento de Cajamarca, durante el año 2017. - Diseñar la explotación minera del yacimiento de mármol de la concesión Santa Rita a partir de la estimación de reservas para optimizar la producción, en el distrito Jorge Chávez de la provincia de Celendín y departamento de Cajamarca, durante el año 2017. - Realizar el estudio económico de la concesión Santa Rita para realizar la explotación minera, en el distrito Jorge Chávez de la provincia de Celendín y departamento de Cajamarca, durante el año 2017. 	<p>Hipótesis secundarias:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Al determinar las reservas probables para la planificación a corto plazo se definirá su viabilidad económica para la explotación de la concesión minera no metálica Santa Rita, en el distrito Jorge Chávez, provincia Celendín, departamento de Cajamarca, durante el año 2017. - Al diseñar la explotación del yacimiento de mármol se determinará los equipos y materiales a usar en la etapa de explotación de la concesión minera no metálica Santa Rita, en el distrito Jorge Chávez, provincia Celendín, departamento de Cajamarca, durante el año 2017. - Con el estudio económico se determinará la viabilidad de la explotación de la concesión minera no metálica Santa Rita, en el distrito Jorge Chávez, provincia Celendín, departamento de Cajamarca, durante el año 2017. 	<p>Variable independiente Estimación de reservas</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Fichas de descripción macroscópica de la roca. - Modelo de libreta de campo. - Modelo de hoja de cálculo. 	

Anexo 2: Instrumento de la Investigación: Descripción Macroscópica de Rocas

TESISTA:

Fecha:.....

MUESTRA N°.....



I. ASPECTOS GENERALES:

1. COLOR:
 - 1.1 SUPERFICIE INTERPERIZADA:
 - 1.2 SUPERFICIE FRESCA:
2. BRILLO:
3. DUREZA:
4. ESTRUCTURA:

II. TEXTURA:

1. GRADO DE CRISTALIZACIÓN:
2. TAMAÑO DE LOS CRISTALES:
3. FORMA DE LOS CRISTALES:
4. RELACIONES MUTUAS DE LOS CRISTALES:

III. CLASIFICACION:

1. SILICE:
2. ALUMINIO:.....
3. HIERRO - MANGANESO:
4. MODO DE OCURRENCIA GEOLÓGICA:

IV. COMPOSICIÓN MINERALÓGICA:

1. MINERALES PRIMARIOS:
 - 1.1 MINERALES ESCENCIALES:
.....
.....
.....
.....
 - 1.2 MINERALES ACCESORIOS:
.....
.....
.....
.....
2. MINERALES SECUNDARIOS:

V. NOMBRE DE LA ROCA:

Anexo 3: Instrumento de la Investigación: Modelo de Libreta de Campo

TITULO DEL TRABAJO:

.....

LUGAR:

LIBRETA N°:.....

FECHA:.....

CALCULADO POR:

REVISADO POR:.....

V.AT	EST.	V.AD.	D.I	AZIMUT		ANG.V		D.H	D.V	COTA
				GRAD	RAD	GRAD	RAD			

Fuente: Elaboración propia (2017).

Anexo 4: Instrumento de la Investigación: Modelo de Hoja de cálculo

V.AT	EST.	V.AD.	D.I	AZIMUT		ANG.V		D.H	D.V	COOR. PARCIALES		COOR. TOTALES		COTA
				GRAD	RAD	GRAD	RAD			N	E	LATIT.	LONG.	

Fuente: Elaboración propia (2017).

Anexo 5: Juicio de Expertos

I. NOMBRE DEL INSTRUMENTO A VALIDAR:

.....

II. DATOS INFORMATIVOS: EXPERTO 1

Apellidos y nombres del especialista o experto	Grado académico, cargo, institución donde labora	Autor de la investigación
		Bach. Rimarachín Rafael Ronald Alberto
Título de la investigación: "ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE MÁRMOL PARA SU EXPLOTACIÓN MINERA EN LA CONCESIÓN SANTA RITA EN EL DISTRITO JORGE CHÁVEZ, PROVINCIA CELENDÍN, REGIÓN CAJAMARCA, 2017"		

III. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE 0-20%	REGULAR 21-40%	BUENA 41-60%	MUY BUENA 61-80%	EXCELENTE 81-100%
CLARIDAD	Formulado con lenguaje apropiado					
OBJETIVIDAD	Expresado en conductas observables					
ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología					
ORGANIZACIÓN	Existe una secuencia lógica					
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y claridad					
INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de la investigación					
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico-científicos					
COHERENCIA	Entre ítems, indicadores y dimensiones					
METODOLOGÍA	Corresponde al propósito de la propuesta					
OPORTUNIDAD	Propicio para su aplicación en el momento adecuado					

IV. OPINIÓN DE APLICACIÓN

.....
.....

V. PROMEDIO DE VALIDACIÓN

.....

Cajamarca, Mayo de 2017		
Lugar y fecha	DNI	Firma del experto

I. NOMBRE DEL INSTRUMENTO A VALIDAR:

.....

II. DATOS INFORMATIVOS: EXPERTO 2

Apellidos y nombres del especialista o experto	Grado académico, cargo, institución donde labora	Autor de la investigación
		Bach. Rimarachín Rafael Ronald Alberto
Título de la investigación: "ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE MÁRMOL PARA SU EXPLOTACIÓN MINERA EN LA CONCESIÓN SANTA RITA EN EL DISTRITO JORGE CHÁVEZ, PROVINCIA CELENDÍN, REGIÓN CAJAMARCA, 2017"		

III. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE 0-20%	REGULAR 21-40%	BUENA 41-60%	MUY BUENA 61-80%	EXCELENTE 81-100%
CLARIDAD	Formulado con lenguaje apropiado					
OBJETIVIDAD	Expresado en conductas observables					
ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología					
ORGANIZACIÓN	Existe una secuencia lógica					
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y claridad					
INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de la investigación					
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico-científicos					
COHERENCIA	Entre ítems, indicadores y dimensiones					
METODOLOGÍA	Corresponde al propósito de la propuesta					
OPORTUNIDAD	Propicio para su aplicación en el momento adecuado					

IV. OPINIÓN DE APLICACIÓN

.....
.....

V. PROMEDIO DE VALIDACIÓN

.....

Cajamarca, Mayo de 2017		
Lugar y fecha	DNI	Firma del experto

I. NOMBRE DEL INSTRUMENTO A VALIDAR:

.....

II. DATOS INFORMATIVOS: EXPERTO 1

Apellidos y nombres del especialista o experto	Grado académico, cargo, institución donde labora	Autor de la investigación
		Bach. Rimarachín Rafael Ronald Alberto
Título de la investigación: "ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE MÁRMOL PARA SU EXPLOTACIÓN MINERA EN LA CONCESIÓN SANTA RITA EN EL DISTRITO JORGE CHÁVEZ, PROVINCIA CELENDÍN, REGIÓN CAJAMARCA, 2017"		

III. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE 0-20%	REGULAR 21-40%	BUENA 41-60%	MUY BUENA 61-80%	EXCELENTE 81-100%
CLARIDAD	Formulado con lenguaje apropiado					
OBJETIVIDAD	Expresado en conductas observables					
ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología					
ORGANIZACIÓN	Existe una secuencia lógica					
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y claridad					
INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de la investigación					
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico-científicos					
COHERENCIA	Entre ítems, indicadores y dimensiones					
METODOLOGÍA	Corresponde al propósito de la propuesta					
OPORTUNIDAD	Propicio para su aplicación en el momento adecuado					

IV. OPINIÓN DE APLICACIÓN

.....

.....

V. PROMEDIO DE VALIDACIÓN

.....

Cajamarca, Mayo de 2017		
Lugar y fecha	DNI	Firma del experto

PLANOS