

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALURGICA



**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN PROYECTO DE
EXPLOTACION Y TRANSFORMACION DE MARMOL**

TESIS

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

**ELABORADO POR:
ATILIO NIKI ZEGARRA MORENO**

**ASESOR
ING. JORGE GUSTAVO DIAZ ARTIEDA**

**LIMA – PERÚ
2015**

Dedicado a todos mis seres queridos, por
su apoyo incondicional en la culminación
de mi carrera

INDICE GENERAL

CAPITULO I: INTRODUCCION

1.1. IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD DEL PROYECTO	13
1.2. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.2.1 Objetivo general	14
1.2.2 Objetivos específicos	14
1.2.3 Justificación de la investigación	15
1.3. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.4. FUENTES DE INFORMACIÓN	15
1.5. METODOLOGÍA DE TRABAJO	16

CAPITULO II: ASPECTOS GENERALES

2.1 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD	18
2.2 MARCO GEOLÓGICO	19
2.2.1 Geología local	20
2.2.2 Geología estructural	21
2.2.3 Registros de logueo geomecanico	27
2.2.4 Ensayos axiales – triaxial	27
2.3 ANÁLISIS DE MERCADO	27
2.3.1 Datos de mercado	28
2.3.2 Análisis FODA del mármol en el Perú	32

CAPITULO III: MARCO TEORICO DE EXTRACCION DE MARMOL

3.1	DIMENSIONAMIENTO DE LAS EXPLOTACIONES	34
3.2	TÉCNICAS DE ARRANQUE MECÁNICO	34
3.2.1	Equipos de corte con hilo diamantado	34
3.2.2	Rozadoras de brazo	37
3.2.3	Equipos de chorro de agua	38
3.2.4	Cuñas manuales e hidráulica	39
3.3	TÉCNICAS DE ARRANQUE CON PERFORACIÓN Y VOLADURA	40
3.3.1	Etapas en la secuencia de extracción	40
3.3.2	Equipos de perforación para extracción de bloques	47
3.3.3	Tipos de explosivos y preparación de cargas	48

CAPITULO IV: PARAMETROS GEOMECHANICOS

4.1	PARÁMETROS PETROGRÁFICOS	51
4.2	PARÁMETROS GEOMECHANICOS Y DE ALTERABILIDAD	52
4.2.1	Peso específico aparente y coeficiente de absorción de agua	53
4.2.2	Resistencia a la compresión	54
4.2.3	Resistencia a la flexión	54
4.2.4	Resistencia al choque	56
4.2.5	Resistencia a las heladas	56
4.2.6	Resistencia al desgaste	57
4.2.7	Resistencia a los cambios térmicos	58

CAPITULO V: PROCESO DE EXPLOTACION

5.1	CARACTERIZACIÓN DE BLOQUES DE MÁRMOL	59
5.2	CALCULO DE RECURSOS POR BLOQUES DE MÁRMOL	66
5.3	PLAN PILOTO EJECUTADO	69
5.4	PLANIFICACIÓN DE MINADO	70
5.4.1	Dimensionado de la cantera de mármol	72
5.4.2	Recursos necesarios	74
5.4.3	Métodos de explotación	75
5.4.4	Costo de operación	82
5.5	VALORIZACIÓN COMERCIAL DE MATERIA PRIMA	83

CAPITULO VI: PROCESO DE INDUSTRIALIZACION Y COMERCIALIZACION

6.1	UBICACIÓN Y TAMAÑO DE PLANTA	86
6.2	INGENIERÍA DE LA INDUSTRIALIZACIÓN	87
6.3	PROYECCIONES FINANCIERAS	93
6.3.1	Economía y financiamiento	94
6.3.2	Flujo de caja	95
6.3.3	Análisis de sensibilidad	96
6.4	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DEL PROYECTO	96

CONCLUSIONES	98
---------------------	-----------

RECOMENDACIONES	100
------------------------	------------

REFERENCIAS	102
--------------------	------------

ANEXOS	104
---------------	------------

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Accesibilidad al Proyecto NM	19
Tabla 2.	Registro de Logueo de Corells de RON – 68	25
Tabla 3.	Registro de Logueo de Corells de RON – 87	26
Tabla 4.	Muestras ensayadas por método axial-triaxial.	27
Tabla 5.	Matriz FODA	32
Tabla 6.	Los factores para la viabilidad del recurso son las siguientes	59
Tabla 7.	Características Macroscópicas Bloque A	62
Tabla 8.	Características Macroscópicas Bloque B	63
Tabla 9.	Características Macroscópicas Bloque C.	64
Tabla 10.	Características Macroscópicas Bloque D.	65
Tabla 11.	Características Macroscópicas Bloque E.	66
Tabla 12.	Cuadro Total de Volumen	67
Tabla 13.	Recursos a explotar	69
Tabla 14.	Cuadro medidas recomendadas	69
Tabla 15.	Planeamiento de minado proyectado	72
Tabla 16.	Ranking de factores de ponderación, para la ubicación de la planta.	87
Tabla 17.	Tabla de estimación de la inversión	93
Tabla 18.	Flujo de caja proyectado (en US\$).	95
Tabla 19.	Análisis de sensibilidad	96

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aspectos de un estudio de factibilidad	17
Figura 2. Sección Geológica LS-10. Donde apreciamos el taladro Ron 87. Podemos dimensionar la profundidad del halo de mármol	23
Figura 3. Sección Geológica LS-13. Donde apreciamos el taladro Ron 68 Donde podemos dimensionar la profundidad del halo de mármol	24
Figura 4. Principales países importadores de piedra natural	28
Figura 5. Principales países exportadores de piedra natural	29
Figura 6. Principales mercados del marmol, travertino y alabastro del Perú.	30
Figura 7. Máquina de corte con poleas	26
Figura 8. Estructura del cable diamantado	37
Figura 9. Maquina rozadora marca Pellegrini	38
Figura 10. Máquina de chorro de agua	39
Figura 11. Cuña hidráulica	40
Figura 12. Diagrama de flujo	41
Figura 13. Extracción del macizo, primera etapa	42
Figura 14. Extracción del macizo, segunda etapa	43
Figura 15. Extracción del macizo, tercera etapa	44
Figura 16. Perforación de bloque con maquina Spherical	47
Figura 17. Carguío de taladros	48
Figura 18. Espaciamiento entre taladros	49
Figura 19. Plano perimétrico con áreas de mármol en superficie aflorando, cálculo de volúmenes sin el porcentaje del Castigo	61
Figura 20. Dibujo esquemático del diseño futuro de la cantera	73
Figura 21. Ciclo de minado por cada superbloque, en la extracción de mármol	75
Figura 22. Equipos necesarios en la extracción de mármol.	76
Figura 23. Ciclo de generación de la cara libre	78
Figura 24. Secuencia uno	79
Figura 25. Secuencia dos	80
Figura 26. Secuencia tres	81
Figura 27. Esquema del método de explotación de bloques de mármol	82
Figura 28. Diagrama del proceso de transformación	89
Figura 29. Diagrama de Operaciones y Procesos	90
Figura 30. Modelo de instalación de la planta (flow sheet)	95

RESUMEN

El presente estudio tiene por finalidad servir como herramienta de decisión para un posible proyecto de inversión, ya sea de Volcán Compañía Minera que actualmente es dueña de la concesión minera no metálica o de otra empresa interesada en comprar dicha concesión.

El estudio de factibilidad de la concesión minera de mármol intenta evaluar la rentabilidad del proyecto desde su análisis en explotación de cantera, procesamiento en planta y su comercialización al mercado extranjero, principalmente a Estados Unidos. La manera más común de exportar mármol o travertino es en forma de baldosas o planchas pulidas de diferentes medidas, siendo las más comerciales de: 12"x12", 18"x18", 24"x24" a 1.0 y 1.5 cm de espesor.

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 cuenta con un gran volumen de recursos, definidos por las perforaciones diamantinas, 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, para su exportación al mercado Norteamericano principalmente.

ABSTRACT

The present research has a main goal to be a decision making tool to start an investment Project in Volcán Compañía Minera which is currently the owner of the non-metallic mining concessions or in another enterprise interested in purchasing that concession.

The feasibility study of the marble mining concessions intends to assess the profitability of the project from the quarry mining analysis, processing plant to its commercialization to the foreign market mainly in the United States. The most common way to export marble or travertine is in floor tile or polished sheets in different sizes, being the most commercial ones: 12"x12", 18"x18", 24"x24" to 1.0 and 1.5 cm thick.

The main target market is the American market which annual demand of finished products in natural stone (including marble) is 50'000,000 m², that represents approximately US\$ 2,000'000,000.

Peru has a total surface of 1'285,215 km², with 3,970 non-metallic mining concessions with 1'083,908 hectares, from which 594,700 hectares (55 %) belong to marble and travertine.

In Peru, the extraction of marble or travertine is considered as small-scale mining due to the little tonnage in a monthly production; this is attributable to the lack of inversion in geologic studies that would increase its reserves before a constant world-wide demand.

INTRODUCCION

El mármol es considerado una roca ornamental, estas rocas son aquellas que luego de pasar por procesos de corte nos permiten tener un material apto para obras monumentales, escultóricas y además luego de ser debidamente elaborados nos brindan un material de enchape ya sea para interiores o exteriores. Estos mármoles están presentes en una gran cantidad de acabados de obras civiles, desde grandes pedestales, estatuas, columnas, lapidas, así como productos que han sido elaborados y poseen un fino acabado, tales como baldosas, planchas para exteriores, interiores, techados, etc.

El Perú posee grandes depósitos de mármol y travertino ubicados en su mayoría en la sierra central, el yacimiento que evaluaremos cuenta con recursos importantes y excelente calidad que motivaron su análisis. El presente estudio de factibilidad detallará la geología local, estructural y los ensayos realizados a las muestras obtenidas del yacimiento de mármol, pero no se detallará la ubicación exacta ni el nombre del Proyecto de exploración, porque por el momento es considerado

confidencial, debido a los aspectos sociales y técnicos definidos por Volcán Compañía Minera SAA.

Cuando hablamos de mármol debemos tener presente su valoración comercial, que a larga es el fin primordial del estudio. El color es una de las principales características para esta valoración, los mármoles blancos presentan escasa pigmentación; siguen los grises con bandeados decorativos de tonalidad más oscura. Los amarillos deben su color a la presencia de arcilla, llegando hasta el 10 % de contenido. Los mármoles rojos deben su gradación del rosa pálido al rojo intenso, a la dispersión del óxido de hierro o hematita. La presencia de material carbonatado da lugar a diversas tonalidades de marrón y la presencia de compuestos de magnesio origina mármoles de coloración violeta, variando su coloración desde el gris en diversos grados, hasta el negro intenso. La variedad de mármoles verdes deben su coloración a la presencia de serpentina, clorita, mica u óxidos ferrosos.

Siguiendo la clasificación italiana de acuerdo al color, los mármoles se agrupan en: blancos, turquesas, amarillos, rosas, negros y verdes diversos. Es de esperar que el mármol comercial s obtenerse pueda tener los siguientes grados en calidad:

1. Calidad 1: mármol de grano uniforme y fresco, fácilmente laborable, exento de manchas u otros defectos.
2. Calidad 2: mármol de pequeñas venillas o manchas de color cafecino, debido a la presencia de granates.
3. Calidad 3: mármol con machas y venas continuas de color cafecino; puede contener manchas gris negruzcas de sulfuros.

De acuerdo a la clasificación anterior, dentro del yacimiento de mármol encontramos los tres tipos de calidades en diferentes volúmenes, esto lo detallaremos en los capítulos siguientes con las respectivas denominaciones.

Bajo esta óptica de ver las rocas ornamentales y buscar su rentabilidad, surge el presente análisis de factibilidad, donde evaluaremos la geología, el planeamiento de minado, su transformación o procesamiento y finalmente su comercialización.

1.1. IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD DEL PROYECTO

En el Perú la mayor parte de yacimientos de mármol y travertino tienen reservas relativamente pequeñas y que por falta de inversión no exploran en toda su magnitud. 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. Las concesiones mineras no metálicas están principalmente concentradas en Cerro de Pasco, Junín, Huancavelica, Ayacucho y Huaraz, siendo la principal característica de estas canteras su localización sobre los 3,500 m.s.n.m. Sobre formaciones montañosas muy grandes con potencial extraordinario de gran calidad en dureza y brillo. Existen 6 o 7 plantas de grandes dimensiones en el Perú, de las cuales 3 grandes ubicadas en Lima, y 4 medianas en Huancayo, Lima y Arequipa.

El yacimiento en estudio cuenta con volúmenes muy grandes de mármol en sus diferentes calidades, las cuales pueden ser exportables a Estados Unidos o Europa. En el Perú la mayoría de canteras solo venden la materia prima para obtener sus ganancias, las cuales son marginales. La rentabilidad máxima se logra transformando esta materia prima en producto

terminado (baldosas y planchas pulidas o mate), por esta razón el presente estudio analiza la viabilidad de instalar una planta de procesamiento muy cerca de la zona de extracción de mármol. Por su ubicación estratégica dicha planta tendrá doble función, la de abastecerse de materia prima del yacimiento propio, pero también de abastecerse de materia prima de terceros, que podrán ser comprados en la sierra central del Perú.

Con esto está asegurado el aprovisionamiento de materia prima para la planta y también estar a la vanguardia de la demanda mundial en todo tipo de piedra ornamental (mármol, travertino, alabastros, etc.).

1.2. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Objetivo general

La investigación tiene 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.

1.2.2. Objetivos específicos

Del objetivo principal de la investigación se plantea los siguientes objetivos específicos:

- Proponer estrategias y un plan de acción para la identificación y apertura de nuevos mercados para el del sector no metálico.
- Proponer una herramienta de apoyo para la puesta en marcha de cualquier proyecto de explotación de mármol o su posterior comercialización.

- Impulsar el desarrollo de medianos y grandes productores de mármol en el Perú, buscando su tecnificación.
- Buscar que el gobierno central genere leyes específicas al sector de la piedra natural en el Perú, como sucede en países industrializados en este tema como Italia, España, Turquía, México, Brasil, etc.

1.2.3. Justificación de la investigación

Esta investigación tiene por finalidad permitir identificar mayores posibilidades de crecimiento en el sector de piedra natural u ornamental en el País, que justifiquen una mayor inversión, empleo e ingreso a través de la exportación de dichas piedras naturales como el mármol. Esto con el fin de contribuir a una mejor calidad de vida de todos los integrantes de la cadena productiva.

1.3. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La principal limitación de la presente investigación es la dificultad de conseguir información internacional sobre los precios actualizados del producto terminado, considerando que este varía de acuerdo al tipo de mármol a comercializar y al acuerdo que se tengan entre empresas productoras y empresas importadoras. Se considerará precios promedios por la calidad del producto y su comparación con otros productos peruanos en el extranjero

1.4. FUENTES DE INFORMACIÓN

Para la investigación se cuenta con información especializada, la cual corresponde a textos mundiales sobre roca ornamental, papers técnicos

sobre calidad de piedra natural del Perú, informes de consultores nacionales e internacionales sobre el estudio del mismo yacimiento no metálico, artículos del Instituto Italiano para el comercio Exterior – Lima (ICE), fuentes estadísticas como ADEX y el INEI. La información recolectada también se basa en testimonios de expertos en explotación, procesamiento y comercialización de mármol en el Perú e Italia, como Ingenieros especializados, Gerentes y dueños de empresas del rubro, a esto se suman personal de instituciones estatales como Sierra Exportadora, Gobiernos Regionales, etc.

1.5. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Esta investigación se realiza 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 primera parte de la investigación fue ejecutada en campo hasta la etapa del plan piloto, con la finalidad de enviar muestras de mármol a la feria de Chicago – EEUU (2013) y obtener precios referenciales del producto terminado (baldosas pulidas, grises y verdes).

La segunda parte del estudio es la propuesta del método de explotación en base a los recursos determinados anteriormente, también la propuesta de instalar una planta de procesamiento de mármol que ser abastecida por materia propia y de terceros, finalmente se detallara la propuesta de rentabilidad económica en la exportación del producto terminado.

Nos basaremos en los cinco aspectos de un estudio de factibilidad, descritos en la figura 1.



Figura 1. Aspectos de un estudio de factibilidad

CAPITULO II

ASPECTOS GENERALES

2.1 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El Proyecto en estudio lo denominaremos “Proyecto NM”, de la Compañía Minera Vichaycocha SAC, que es a su vez subsidiaría de Volcán Compañía minera SAA, localizado geográficamente en el flanco oeste de la cordillera oriental del centro del Perú. Tiene una altitud de 4500 msnm,

A través de décadas hoy denominado el Proyecto NM, fue visitado por innumerables personalidades de la Geología Peruana, y los argumentos son más asumidos hacia el rubro metálico. La evidencia de pequeñas labores mineras antiguas, sobre los afloramientos de skarn y vetas periféricas, indican que el distrito minero fue trabajado desde la época de la Colonia (Velasquez F. & Alvarado J., 1910).

Estanislao Dunín (1969) visita el Proyecto NM, hace una amplia pero rápida descripción de la geología y concluye que el yacimiento de “NM Este” es un metasomático de contacto, las vetas ocupan un lugar intermedio y recomienda un plan y secuencia de trabajos (en el acápite de no metálicos hace de referencia las canteras de mármol), pero que se basaba en una exploración subterránea sobre los lentes de mejor ley, para establecer controles de la mineralización, ubicar la forma de yacimiento, ubicarlo y sólo así planificar finalmente su explotación.

El proyecto NM está cubierto por 11 propiedades mineras con 5,111.69 hectáreas. La mayoría de las propiedades son de titularidad de CIA. Minera Vichaycocha S.A.C, el fin de la empresa es la exploración de mineralización metálica (Cobre, Molibdenos, Oro, etc.), en esta búsqueda se encontró grandes volúmenes de mármol, lo que motivó el presente estudio.

Tabla 1. Accesibilidad al Proyecto NM

	De	a	Acceso	Km.	Tiempo/Hrs
	Lima	Huánuco	Carretera asfaltada	385	8:00
	Huánuco	Distrito minero	Carrozable	45	1:30
	Distrito minero	Pueblo aledaño	Carrozable	10	0:30
	Pueblo aledaño	Proyecto NM	Trocha Carrozable	10	0:30
Total	Lima	Proyecto NM		450	10:30

2.2 MARCO GEOLÓGICO

El distrito minero se encuentra hacia el NE de una franja metalogenética, de yacimientos metasomáticos de contacto, constituyendo el lineamiento Milpo, Atacocha. La geología regional muestra formaciones que se presentan

desde el Paleozoico hasta el Cuaternario, dichas secuencias han sido intruídas por rocas intermedias a ácidas, del Cenozoico (Paleógeno).

2.2.1. Geología local y Regional

Grupo Pucara

Mc Laughlin, D.H. (1925), denominó por primera vez una serie de rocas calcáreas, ubicadas en las proximidades al túnel Pucará, en Goyllarisquizga. En la sierra central Megard, F. (1968) divide al grupo en 3 Formaciones: Chambará, Aramachay y Condorsinga. En el área del proyecto el conjunto de rocas carbonatadas presenta una morfología suave ondulada con relieves cársticos, ocasionalmente escarpados y encañonados.

La **Formación Chambará**, se caracteriza por constituir una secuencia relativamente monótona de calizas masivas, color gris azulino por intemperismo color amarillo arenoso, con nódulos de chert de formas irregulares¹. En la base la caliza es más dolomítica que no favorece la formación de skarn en el contacto con intrusivo, la parte media y superior de esta formación se comporta como roca huésped favorable para la mineralización de skarn. La potencia estimada de esta formación es de 700 metros, aflora entre Acejar y Pozo Salvador. En el Proyecto NM la base en sucesión hacia el techo son afectadas por esfuerzos y metamorfismo calentando y recristalizando las calizas que la constituyen, generando lo que hoy aflora como mármol.

La **Formación Aramachay** se caracteriza por presentar calizas tabulares del orden menor a 15 cm. de color gris oscuro a bituminoso, entre las lagunas Huarpuy y Acococha, presenta una morfología suave, con gran desarrollo de vegetación de altura, cuya potencia estimada es de 250 m. En el contacto con el Intrusivo, el desarrollo de skarn es casi nulo, como resultado del metamorfismo afloran en el contacto mármol silicatado y algo de hornfels.

Grupo Goyllarisquizga

Mc Laughlin D.H. (1924), Jenks, W. (1951), Wilson, J (1963), denominan con este nombre a toda una serie clástica y calcárea que aflora en la cuenca cretácea occidental del Centro Andino del Perú, denominados como Formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat.

En el proyecto, los sedimentos de este grupo se ubican, en el Cerro Pira Pira zona de Acejar, constituido por estratos de rumbo N20°W y un buzamiento de 50°NE, en capas de 0.20 a 1.00 m. de potencia, constituido por areniscas, cuarcitas de color blanco pardo y lutitas de color verde gris a negro. El espesor se estima de 600 m. y por la posición estratigráfica se le asigna una edad Cretácica Inferior.

2.2.2. Geología estructural

Regionalmente se encuentra en una zona de acortamiento relacionado a la epirogénesis del sistema dando lugar a la formación de fallas del sistema longitudinal y transversal; el emplazamiento de los intrusivos en forma de stocks, diques, sills, sigue la orientación Noroeste-Sureste.

Registros de Logueo Geológico

A partir del programa de diamantina, se destacó dos taladros de perforación para las interpretaciones respectivas. En primer lugar se determina como potencial de primer programa de minado al Bloque C (ver acápite de caracterización de bloques de mármol Bloque C.), por lo que se hace énfasis en su cubicación de cálculo de recurso probado.

En la sección LS-10 y LS-13 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.

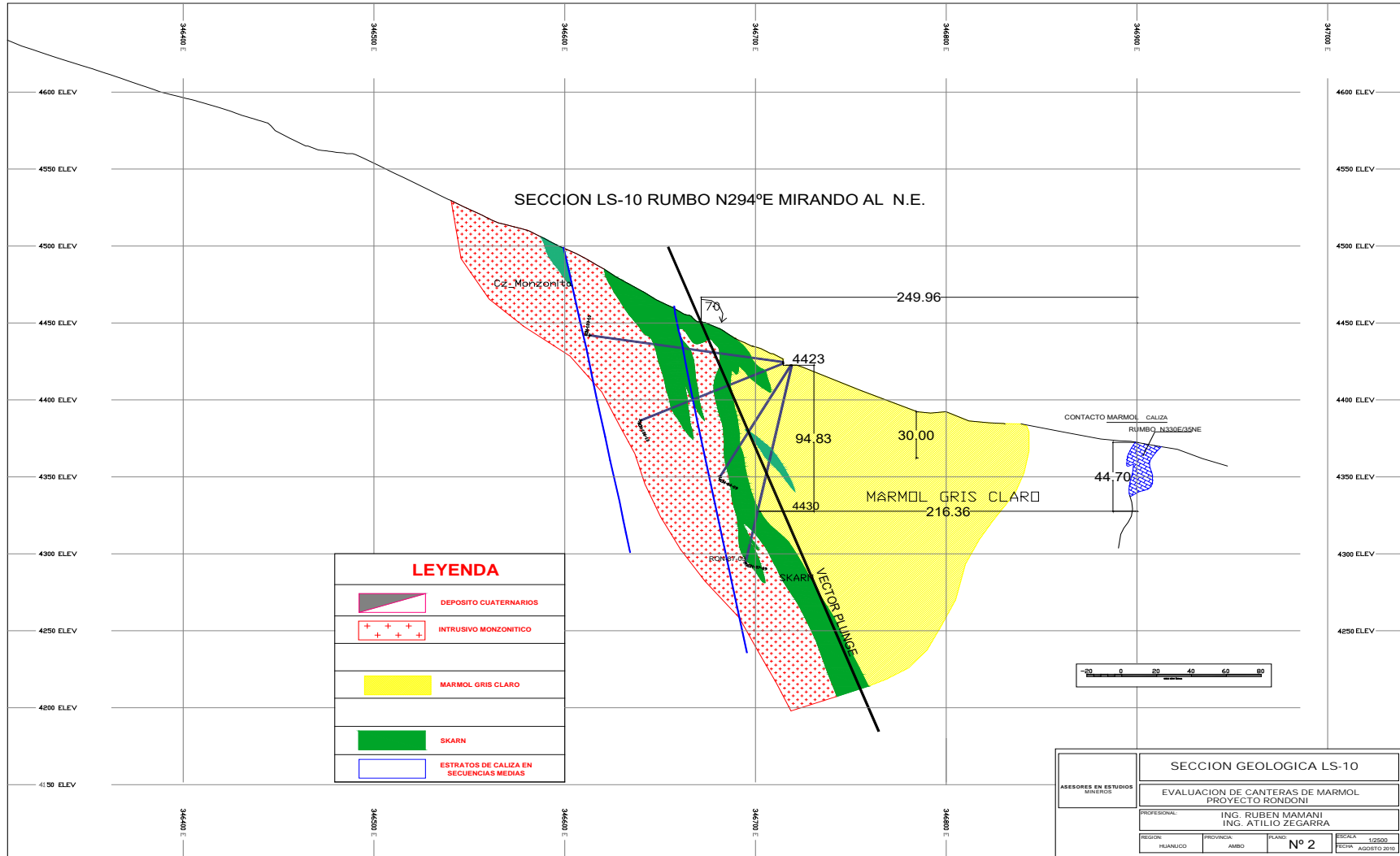


Figura 2. Sección Geológica LS-10. Donde apreciamos el taladro Ron 87. Podemos dimensionar la profundidad del halo de mármol.

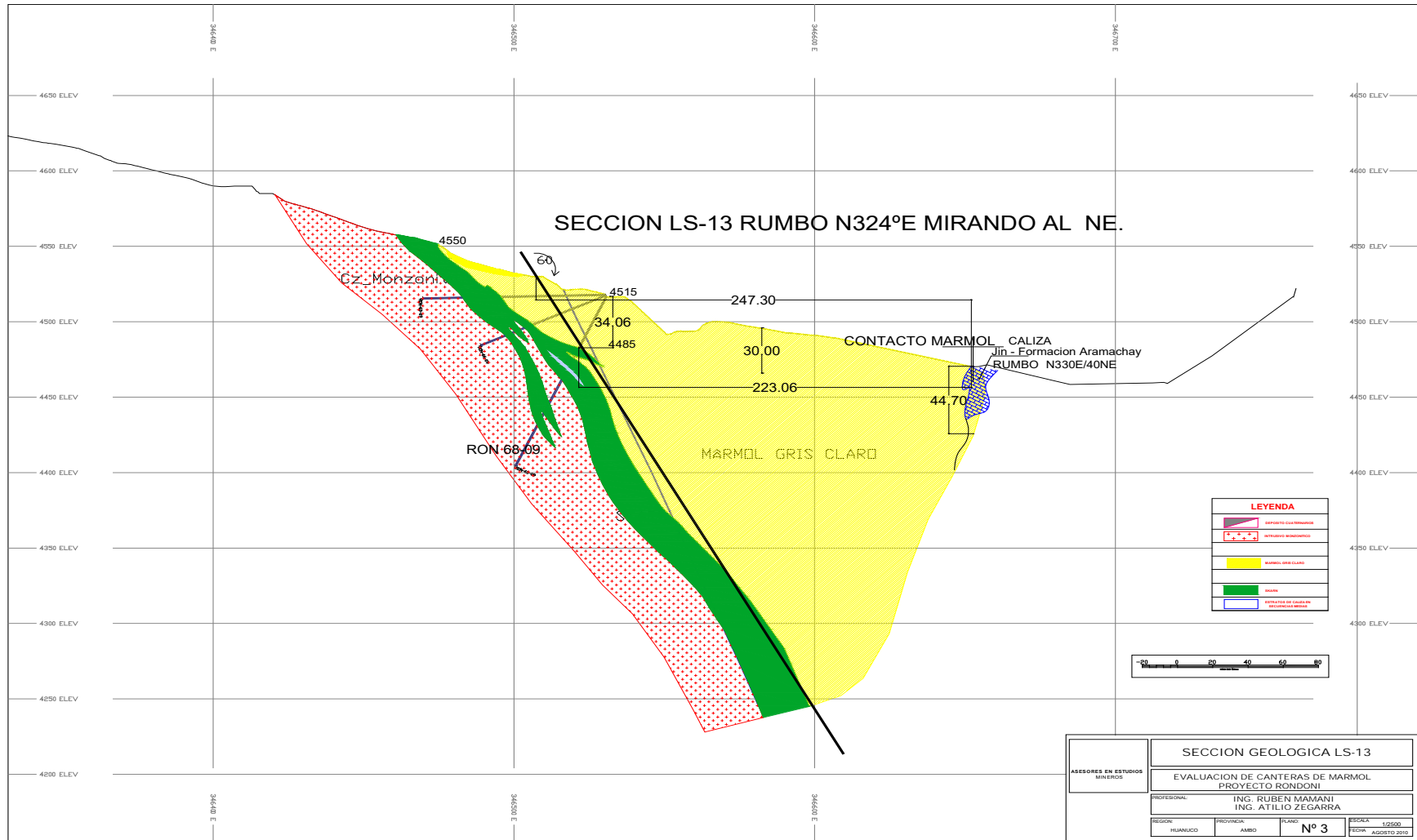
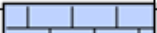




Figura 3. Sección Geológica LS-13. Donde apreciamos el taladro Ron 68. Donde podemos dimensionar la profundidad del halo de mármol.

Tabla 2. Registro de Logueo de Corells de RON – 68.






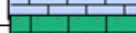







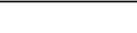
ZONA: JANCA PAMPA

Nº Taladro	Plataforma		Coordenadas			Azimut	Inclinación	Rumbo	Profundidad final
	Presupuesto 2009	Programa 2009	Este	Norte	Cota				
RON-68-09		LS - 13	346,530.28	8,873,245.49	4,516.41	324.19	-65.27	N 35°48'27" W	123.00
DESCRIPCIÓN									
De	A	Grosor m	Simbología	Litología, Mineralogía, etc.					
0.00	37.60	37.60		Mármol blanco con venillas de calcita					
37.60	43.00	5.40		Skarn de piroxenos, playas de po, cpy en coágulos, y playas					
43.00	44.70	1.70		Mármol gris con microvenillas de calcita					
44.70	51.90	7.20		Skarn de piroxeno y granate, playas de po, cpy, escasa diss y en fracturas					
51.90	52.75	0.85		Mármol gris con venillas finas rellenas de calcita y py					
52.75	60.05	7.30		Skarn de granate y piroxenos, escasa diss cpy					
60.05	78.15	18.10		Endoskarn en Qz-Monzonita, granate marrón claro pervasivo, trazas de cpy					
78.15	95.15	17.00		Skarn de granate marrón con piroxenos, playas de po, cpy en coágulos y diss					
95.15	123.00	27.85		Endoskarn en Qz-Monzonita, granate marrón claro pervasivo, fuertes halos de anortita y albita					

En el taladro Ron – 68, como podemos observar se intersecta mármol en un tramo de 52.75 m con pequeñas discontinuidades de 5-7 m. de grosor lo cual determina una cierta uniformidad gradual del macizo de mármol.

Tabla 3. Registro de Logueo de Corells de RON – 87.

ZONA: VENTANILLA

Nº Taladro	Plataforma		Coordenadas			Azimut	Inclinación	Rumbo	Profundidad final
	Presupuesto 2009	Programa 2009	Este	Norte	Cota				
RON-87-09		LS - 10	346,718.94	8,873,356.56	4,422.47	293.61	-78.31	N 66°23'19" W	131.3
DESCRIPCIÓN									
De	A	Grosor m	Simbología	Litología, Mineralogía, etc.					
0.00	41.00	41.00		Mármol gris con algunas intercalaciones de mármol blanco, esporádicos nódulos de <u>chert</u> , <u>estilolitos</u> con <u>mt</u> , <u>py</u> , <u>po</u> y <u>cpy</u> en <u>diss</u> muy fina					
41.00	45.10	4.10		Mármol blanco con venillas de <u>po-sf-gn-py</u>					
45.10	56.00	10.90		Mármol gris con bandas de sílice y nódulos de <u>chert</u> , <u>py</u> y <u>po diss</u>					
56.00	62.70	6.70		Skarn de granate marrón- <u>px</u> con <u>po</u> y <u>py diss</u> , escasa <u>cpy</u> , venillas de <u>po-asp-py-py-sf-gn</u> , <u>edidota</u> en la matriz, calcita en venillas y matriz					
62.70	81.60	18.90		Mármol blanco con nódulos de <u>chert</u> , <u>po</u> y <u>py diss</u> y en venillas, esporádicas venillas de <u>py-sf-gn</u>					
81.60	82.50	0.90		Skarn de granate verde con <u>piroxenos</u> , <u>po diss</u> , <u>mt diss</u> y <u>cpy diss</u>					
82.50	95.35	12.85		Mármol gris con fina <u>py</u> y <u>po diss</u> , venillas de calcita					
109.95	111.75	1.80		Endoskarn de plagioclasa en Diorita, parches de granate, venillas de calcita, óxidos de Fe en fracturas					
111.75	115.45	3.70		Endoskarn de granate <u>pervasivo</u> en <u>Qz-Monzonita</u> , clorita en venillas y parches					
115.45	116.85	1.40		Skarn de granate verde con parches de granate marrón, <u>py diss</u> , <u>po diss</u> y venillas					
116.85	118.30	1.45		Endoskarn de granate <u>pervasivo</u> , <u>po diss</u> y venillas, escasa <u>cpy</u>					
118.30	124.40	6.10		Skarn de granate verde-marrón con <u>cpy</u> en parches y venillas, <u>po</u> en parches y venillas, calcita en parches, venillas y fracturas, sílice en parches					
124.40	129.30	4.90		Skarn de granate verde con parches de calcita y <u>qz</u> , <u>po diss</u> , parches de <u>mt</u>					
129.30	131.30	2.00		Endoskarn de <u>Qz-Monzonita</u> con <u>po</u> y <u>cpy diss</u> , parches de <u>mt</u>					

En el taladro Ron – 87, podemos observar se intersecta mármol en un tramo de 118.30 m con pequeñas discontinuidades de 6-8 m. de grosor lo cual determina una cierta uniformidad gradual del macizo de mármol llegando así a más profundidad con un corte calculado desde la *Sección LS-10*. De 93 m. de Prof.

2.2.3 Registros de logueomecanico

2.2.4 Ensayos axial – triaxial

Consecuentemente para realizar el análisis de cohesión se determinó dos muestras de los siguientes taladros:

Tabla 4. Muestras ensayadas por método axial-triaxial.

Sección	Línea	Taladro	Profundidad	Segmento
LS-10	HQ	RON - 87	35.4	40 cm.
LS-13	HQ	RON - 68	34.3	40 cm.

2.3. ANÁLISIS DE MERCADO

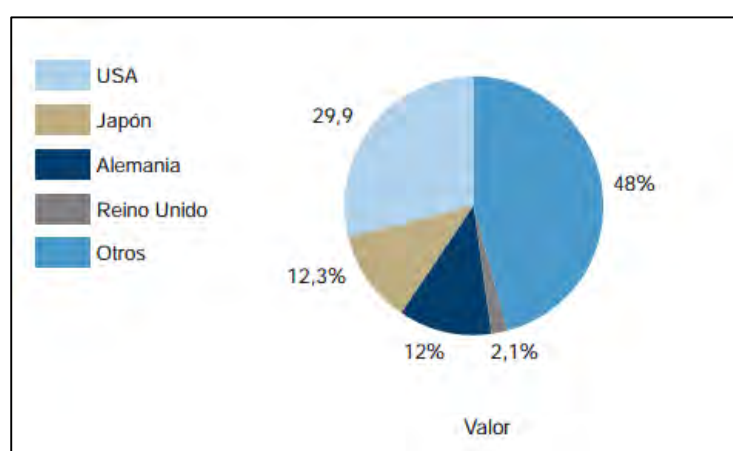
Dentro del sub sector minero no metálico se determina la importancia de la industria del mármol travertino principalmente debido a que el Perú posee grandes reservas de esta extraordinaria piedra ornamental que es ahora el principal producto minero no metálico exportado. Este producto no tradicional se puede extraer en la serranía peruana encima de los 3500 msnm, por lo que Sierra Exportadora cumple un papel crucial en otorgar el apoyo necesario. Un ejemplo tangible o intento de apoyo a la industria del mármol fue la creación de CEMACAN (2008) como centro promotor del mármol y canteras del Perú, que reúne a las principales empresas exportadoras de mármol y travertino. Lamentablemente aún falta lograr un mayor apoyo al sector de parte del gobierno central, sin olvidarnos que el Perú continuará su crecimiento sostenido si fortalecemos los productos no tradicionales como el mármol.

Los mármoles peruanos poseen vistosos colores, desde blancos (tipo Carrara en Cerro de Pasco), marrones (tipo Botticino en Yanahuanca, Cerro de Pasco), rojos (tipo Rosa Verona en Ancón Lima), negros (tipo Santa Ana en Lurín Lima), etc. El mármol en general ha sido usado en el arte de la escultura, arte funerario, revestimiento de edificaciones.

2.3.1. Datos de mercado

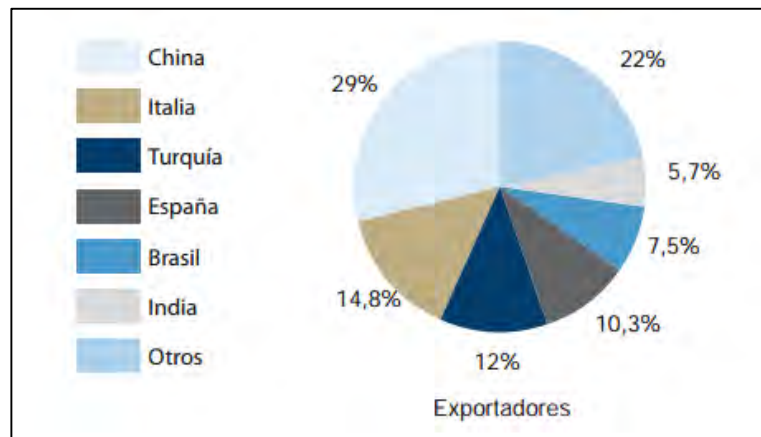
El principal mercado objetivo es el Norteamericano, cuya demanda anual de productos terminados en piedra natural es de 50'000,000 m², lo que representa aproximadamente US\$ 2,000'000,000. A pesar de la burbuja inmobiliaria ocurrida años anteriores, EEUU viene creciendo con mucha fuerza en el sector construcción y como país han proyectado un crecimiento del PBI del 2 % anual.

Por otro lado existe el crecimiento constante de otros mercados, tales como China, Corea del Sur, Taiwán, Rusia, incrementan la demanda global de piedra natural.



Fuente: UN Comtrade 2011

Figura 4. Principales países importadores de piedra natural



Fuente: UN Comtrade 2011

Figura 5. Principales países exportadores de piedra natural

La importación norteamericana es principalmente de origen Chino e Italiano, existen también otros países que vienen aperturando nuevas canteras con variedad de colores, nuevas alternativas en cuanto a textura, aunque el mercado norteamericano sigue prefiriendo colores neutros, como los blancos y cremas.

Exportación del Perú:

PRINCIPALES MERCADOS

Mercado	%Var 13-12	%Part. 13	FOB-13 (miles US\$)
Estados Unidos	17%	67%	13,997.44
Ecuador	-6%	15%	3,170.56
Venezuela	-31%	7%	1,514.37
Chile	50%	2%	402.62
Colombia	78713%	2%	399.32
Canadá	-46%	1%	238.63
Francia	27%	1%	220.62
Panamá	75%	1%	186.41
México	0%	1%	183.39
Otros Países (14)	—	3%	646.49

Fuente: SUNAT

Fuente: SUNAT 2012

Figura 6. Principales mercados del marmol, travertino y alabastro del Perú. Partida arancelaria 680221

Ventajas competitivas:

En la cordillera de los andina central existen aproximadamente 1`083,908 ha concesionadas para minería no metálica. 600,000 ha han sido concesionadas para la explotación de bloques de mármol. Recientemente el Gobierno Peruano, a través de su OPD SIERRA EXPORTADORA, está promoviendo un marco normativo actualizado y adecuado a las necesidades y realidad de la explotación, transformación del mármol, travertino para elevar su exportación.

Los precios de exportación FOB varían entre 20 – 24 US\$ FOB/m2 de baldosas de mármol – travertino.

Especificaciones técnicas del producto final:

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.

Normalización:

El proceso está diseñado para obtener baldosas bajo las siguientes normas americanas:

- ASTM C1527 – Standard Specification for Travertine Dimension Stone
- ASTM C97 – Standard Test Method for Absorption and Bulk Specific Gravity of Dimension Stone.
- ASTM C99 – Standard Test Method for Modulus of Rupture of Dimension Stone.
- ASTM C170 - Standard Test Method for Compressive Strength of Dimension Stone.
- ASTM C241 - Standard Test Method for Abrasion Resistance of Stone Subjected to Food Traffic.
- ASTM C880 – Standard Test Method for Flexural Strength of Dimension Stone.
- ASTM C1352 – Standard Test Method for Flexural Modulus of Elasticity of Dimension Stone.
- ASTM C1354 - Standard Test Method for Strength of Individual Stone Anchorages in Dimension Stone.

2.3.2 Análisis FODA del mármol en el Perú

Tabla 5. Matriz FODA

	Fortalezas	Debilidades
	<p>1. Amplio conocimiento del proceso de exportación</p> <p>2. Calidad, variedad de tonalidades, abundancia de reservas</p> <p>3. Conocimiento y capacitación necesarios para éxito de la actividad exportadora</p> <p>4. En los últimos 5 años, se ha aumentado el número de empresas exportadoras de piedra.</p> <p>5. Bajos costos de mano de obra no calificada.</p> <p>6. Calidad e innovación en los diseños de corte.</p>	<p>1. Los medios de comunicación, gremios, regiones tienen un concepto limitado de la cultura exportadora</p> <p>2. Falta experiencia en gestión exportadora</p> <p>3. marco legal inadecuado para el sector.</p> <p>4. Infraestructura vial deficiente, flete elevado.</p> <p>5. Poca experiencia de las pequeñas y medianas empresas del sector en exportación.</p> <p>6. Poca investigación para generar valor agregado.</p>
Oportunidades	FO: Explotar	DO: Buscar
<p>1. Exportación de mármol peruano en aumento.</p> <p>2. Acuerdo nacional contempla promoción de exportación de piedra natural.</p> <p>3. Recursos de cooperación internacional para promover la cultura exportadora.</p> <p>4. Legislación favorable a la inversión y a la entrada de capitales externos.</p> <p>5. Posible integración de servicios (Universidad - empresa; estado- universidad, etc.)</p> <p>6. mercado regional con ventajas para el intercambio.</p> <p>7. Costo de mano de obra inferior a otros países. Trabajo a pobladores de las comunidades aledañas.</p> <p>8. Tendencia mundial al uso de materiales ecológicos y naturales.</p> <p>9. Programas de forestación en zonas aledañas a las canteras.</p>	<p>1. Explotación de nuevas canteras: F1, F2, F3, F4, F5, O1, O2, O3, O6, O7, O8</p> <p>2. Alianzas estratégicas para atraer inversión extranjera: F1, F2, F3, F4, F5, O1, O2, O3, O6, O7, O8</p> <p>3. Penetrar en el mercado americano (EEUU) y UE: F1, F2, F3, F4, F5, O2, O3, O4, O7, O8</p> <p>4. Aprovechar productos derivados (calcio, alimento balanceado, marmolina): F2, F3, F4, O1, O2, O3, O6, O7.</p> <p>5. Creación de organismos como CEMACAN, para promover la extracción, exportación e investigación de piedra natural.</p> <p>6. Desarrollo de capacidad productiva exportable: F1, F2, F3, F4, F5, O2, O3, O4, O7.</p>	<p>1. Alianzas entre productores, exportadores e instituciones: D1, D2.</p> <p>2. Explotación de nuevas canteras: F1, F2, F3, F4, F5, O1, O2, O3, O6, O7</p> <p>3. Investigar productos alternativos para exportación: D6, D7, D8, O1, O2, O3, O6, O7.</p>
Amenazas	FA: Confrontar	DA: Evitar
<p>1. Bajo nivel de organización y escasa vocación asociativa de pymes.</p> <p>2. Crecimiento lento de EEUU, después de la crisis hipotecaria.</p> <p>3. Entrada de competidores (China, Mexico, Colombia)</p> <p>4. Bajo nivel de investigación en inversión y desarrollo.</p> <p>5. Concentración de exportación totales se encuentran en Lima y Callao</p> <p>6. Informalidad del sector.</p> <p>7. 80 % del mármol y travertino extraídos es de junín. No hay buenos accesos principales a otras canteras.</p>	<p>1. Diversificación de mercados a exportar: F1, F2, F3, F4, F5, A2, A3</p> <p>2. Diversificación de productos a exportar: F1, F2, F3, F4, F5, A2, A3</p> <p>3. Inversión en tecnología con socios extranjeros: F4, F6, A4, A5</p> <p>4. Desarrollo de nuevos mercados: F1, F2, F3, F4, F5, A2, A3</p>	<p>1. Integración vertical hacia atrás por medio de la explotación de canteras: D1, D2, A1, A2, A3.</p> <p>2. Exportar productos derivados de la piedra natural con mayor valor agregado: D6, A2, A3.</p>

CAPITULO III

MARCO TEORICO DE EXTRACCION DE MARMOL

La planificación y la programación, como instrumento de previsión y organización de la gestión de las actividades extractivas (industria del mármol), aparecen en la industria del sector de rocas ornamentales solo en los últimos años, y en algunos aspectos de una manera marginal.

Por un lado es innegable el carácter artesanal, e incluso familiar, de las empresas del sector, si bien no se debe olvidar su importancia internacional, que permite conferirles el título de industrias.

Por otro lado, la comunidad científica ha olvidado durante mucho tiempo este sector, primando el concepto clásico de minería, de manera que no se han suministrado los conocimientos ni los instrumentos de evaluación científica y proyectual referidos a las materias específicas del sector.

Que todavía el elemento más importante, es decir, la dificultad que supone la interpretación de los fenómenos naturales y en consecuencia la planificación y gestión de la explotación de los yacimientos, cuyo profundo conocimiento requiere trabajos y costos sostenibles solo en el momento de la explotación, y esto a pesar

de los notables progresos en las técnicas de exploración e investigación de yacimientos y de la ingeniería minera.

3.1 DIMENSIONAMIENTO DE LAS EXPLOTACIONES

El dimensionamiento de una cantera responde a dos requisitos esenciales:

a) contener los volúmenes de roca necesarios para el periodo de producción deseado; b) tener espacios y longitudes de frente en cantidad tal como para garantizar una determinada productividad.

La explotación de una cantera puede ser descrita mediante la repetición periódica del ciclo elemental de producción, que es el conjunto de actividades que ejecutadas sobre un determinado volumen de roca insitu lleva a la producción de bloques

3.2 TÉCNICAS DE ARRANQUE MECÁNICO

La selección de los equipos de arranque se lleva a cabo considerando, en primer lugar, diferentes factores intrínsecos de la roca, como resistencia a compresión, dureza, tenacidad, porosidad, abrasividad, etc. Que determinan los rendimientos de corte.

La abrasividad es uno de los factores más importantes, pues es uno de los que marca en muchas técnicas el costo final de la unidad de superficie cortada. Por otro lado se deben tener en cuenta los ritmos de producción y el grado de mecanización de las labores que se desea alcanzar.

Las diferentes técnicas de arranque en rocas ornamentales raramente se emplean de manera individualizada dentro de una explotación, siendo habitual que coexistan al menos dos. En el grupo de rocas carbonatadas

(mármoles y caliza) en las primeras etapas del ciclo de explotación se utilizan fundamentalmente herramientas diamantadas (hilo diamantada, rozadoras o discos diamantados), sustituyendo a las hasta hace poco tradicionales de hilo helicoidal y corte con explosivo.

En las rocas silíceas (granitos y otras rocas eruptivas y areniscas cuarcíticas) las técnicas más ampliamente utilizadas en los cortes primarios eran la perforación y voladura y la lanza térmica, aunque están siendo sustituidas cada vez más por el hilo diamantado.

Para la división de grandes bloques secundarios y el escuadrado de los bloques comerciales se utilizan en ambos subsectores la perforación y las cuñas manuales o hidráulicas, debido a su efectividad en el corte de pequeñas superficies.

3.2.1. Equipos de corte con hilo diamantado

Esta técnica de corte con hilo (cable) fue desarrollada en Italia a principios del siglo pasado, y supuso, en su momento, un espectacular avance en el arranque de rocas ornamentales. El proceso consiste en mover con un sistema de poleas motrices y conductoras, y a una cierta velocidad, un hilo de acero, que actúa como vehículo de arrastre de la arena abrasiva y del agua refrigerante, en contacto con la roca que se desea cortar.

Los equipos eléctricos automáticos, están constituidos por un bastidor que soporta tanto el grupo motriz principal como el auxiliar para el desplazamiento a lo largo del carril. Este último movimiento se efectúa mediante un sistema de polea – cremallera que permite incluso trabajar en bancos inclinados. El piñón es accionado por un pequeño motor eléctrico de

velocidad variable (de corriente continua o alterna, según el fabricante), cuya velocidad de rotación se puede controlar manual o automáticamente en función de las exigencias de corte.

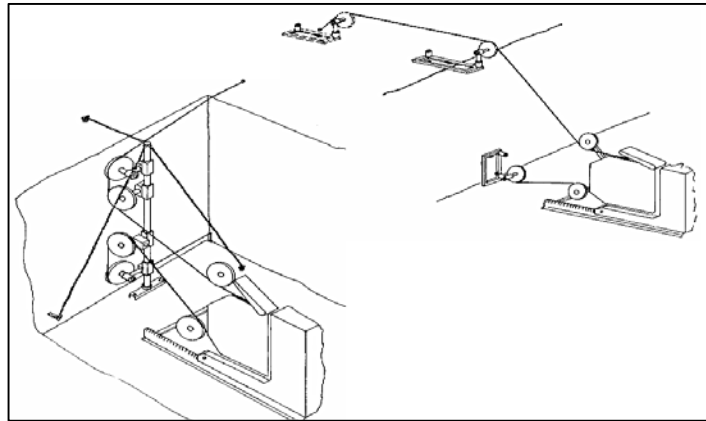


Figura 7. Máquina de corte con poleas

Hilo diamantado: Esta formado por un cable trenzado de hilos de acero, de 5 mm de diámetro, sobre el cual están insertados varios anillos diamantados, denominados perlinas, con un diámetro de 10 o 11 mm. Existen dos tipo de perlinas:

La velocidad de corte de los hilos con perlinas electrolíticas puede ser en un principio superior a la que se consigue con los hilos de concrecion, pero disminuye paulatinamente con el uso llegando a ser inferior a la de estos. Por el contrario, la velocidad de los hilos de concrecion se mantiene practicamente constante durante toda la vida util, que suele ser el doble que la de los otros hilos.

Los costos mas significativos corresponden al hilo diamantado, que suele representar mas del 60 % del costo total.

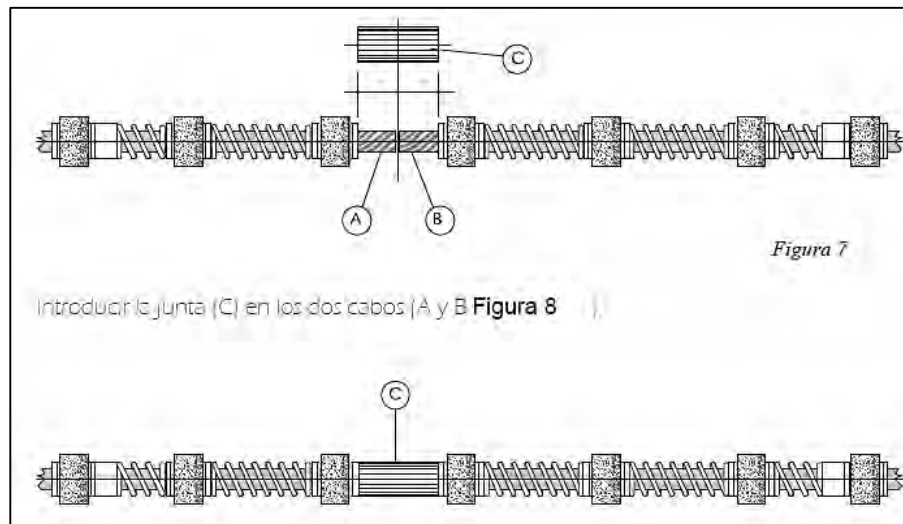


Figura 8. Estructura del cable diamantado

3.2.2. Rozadoras 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.

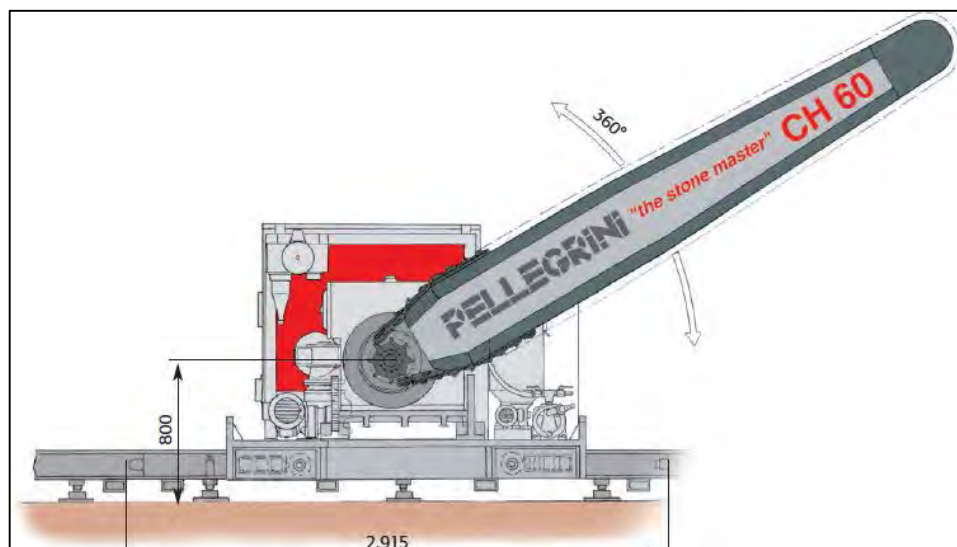


Figura 9. Máquina rozadora marca Pellegrini

3.2.3. Equipos de chorro de agua

El corte por chorro de agua es un proceso de índole mecánica, mediante el cual se consigue cortar cualquier material, haciendo impactar sobre éste un chorro de agua a gran velocidad que produce el acabado deseado.

El dispositivo consiste en un chorro de agua a presión, cuyo diámetro de la boquilla oscila entre 0,08 mm a 0,45 mm de diámetro, por el cual, sale una mezcla de agua y abrasivo lanzado a una presión muy elevada, capaz de cortar cualquier tipo de material.

Uno de los elementos más importantes es la boquilla por la que sale el chorro, de ella depende la cohesión del chorro que condiciona en gran medida la viabilidad técnica de la aplicación, pues si el chorro es cónico se pierde poder de corte, precisión, calidad y las características de corte en seco.

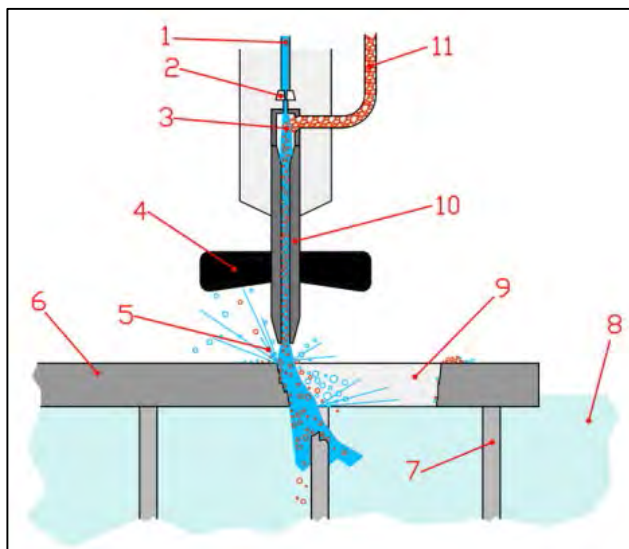


Figura 10. Máquina de chorro de agua

3.2.4. Cuñas manuales e hidráulicas

El empleo de cuñas insertadas en barrenos alineados es una de las técnicas de corte de la roca más clásica, pues ya se empleaba en la antigua Grecia. La puesta de tensión de las cuñas se consigue golpeando repetidamente por medio de un martillo o mazo de unos 4 o 5 kg de peso.

También tenemos las cuñas hidráulicas, que se utilizan en otros campos como es el de demolición, y cuyo principio de funcionamiento es muy sencillo. Básicamente están constituidas por una bomba hidráulica de alta presión y por varios cilindros hidráulicos, cada uno unido a la bomba a través de mangueras flexibles reforzadas. La bomba es accionada por un motor diesel, eléctrico o neumático.

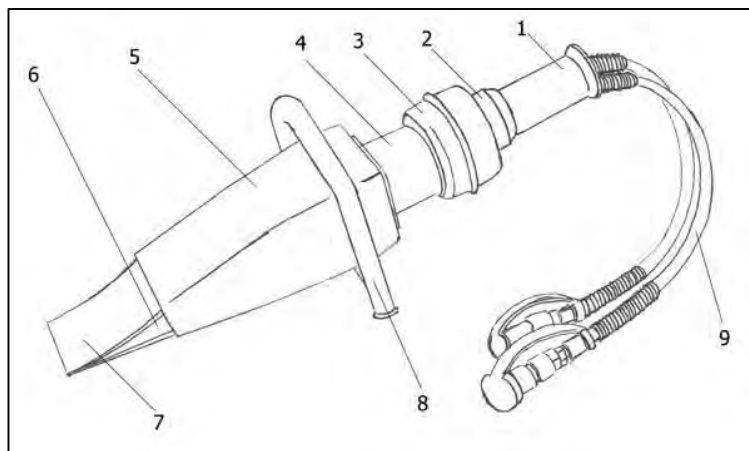


Figura 11. Cuña hidráulica

3.3 TÉCNICAS DE ARRANQUE CON PERFORACIÓN Y VOLADURA

Se basa en la extracción inicial de grandes bloques paralelepípedicos de roca, sin afectar al propio material que los constituye y a los macizos circundantes, y la posterior subdivisión de estos hasta llegar a los bloques comerciales.

Esta técnica también es conocida como el método Finandés, se trata de realizar voladura de contorno y no las convencionales.

3.3.1. Etapas en la secuencia de extracción

En el desarrollo de las operaciones es habitual seguir un ciclo de explotación o una secuencia de extracción, la cual se puede esquematizar de la siguiente manera

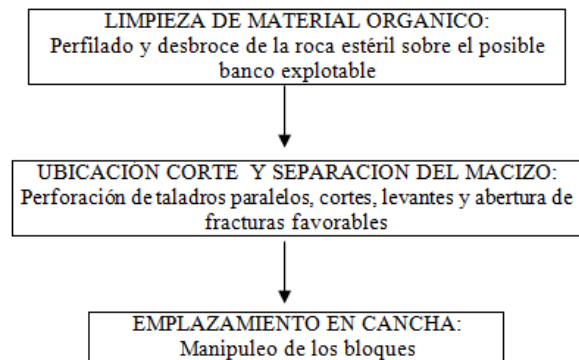


Figura 12. Diagrama de flujo

Sin embargo ha de tenerse en cuenta que una vez definidos los bancos de extracción se debe seguir una secuencia de explotación la cual es común y para trabajos en rocas ornamentales en general, en su corte y manipulación:

1. Aislamiento de un gran banco o bolón-Foto 2.
2. Desplazamiento o vuelco de los bancos.
3. Subdivisión del gran banco en bloques menores.
4. Manipuleo y extracción de los bloques.
5. Recuadre en bloques comerciales.

Alguna de estas secuencias o fases bien puede suprimirse, en virtud a la magnitud del método de explotación a realizar, favorecido o no por las secuencias u horizontes explotables. Teniendo en cuenta que entre un horizonte y otro a veces las secuencias estructurales no son similares al momento de realizar las aperturas, es por ello que, bien sólo se puede llegar a la separación del bloque comercial en el mismo frente.

Entre las técnicas a utilizarse en la subdivisión de los macizos es el de voladuras controladas y teniendo el debido cuidado de no maltratar la roca y generar el mínimo de descostramiento en la cara de los bloques.

Para ello, se efectuarán 03 Etapas, las cuales describo a continuación:

ETAPA I

Se genera el desprendimiento de un gran macizo de roca, con dimensiones considerables, utilizando técnicas de voladura controlada. Se han de tener especial cuidado a la hora de elegir la dirección de los cortes, el diámetro de los taladros, la longitud y el espaciamiento.

El paralelismo de los taladros es fundamental en la obtención de caras lo menos rugosas y deterioradas.

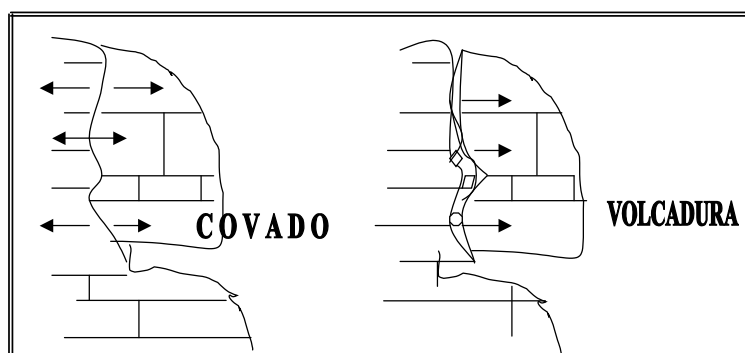


Figura 13. Extracción del macizo, primera etapa

ETAPA II

Para esta etapa también se utilizan las mismas técnicas que en la anterior, aunque luego de esta etapa el manipuleo de los bancos de roca debe de ser más acorde a las capacidades de los equipos de acarreo.

Se hace muy evidente la separación de los bolones en grandes planchas subhorizontales realizando levantes, para luego volcarlos en un canchón

que permita acomodarlos y así subdividirlo en tamaños pequeños o comerciales.



Fuente: Manual de rocas ornamentales del autor Lope Jimeno

Figura 14. Extracción del macizo, segunda etapa

ETAPA III

Se recuadran todos los grandes bancos que se generaron en la etapa anterior, aquí durante la perforación en línea de taladros paralelos se debe tener mucho cuidado en la desviación del paralelismo. La profundidad de los taladros para la separación de las caras de los bloques estará en función del tipo de roca y la altura de los bloques requeridos, dado que no todos los taladros deben de perforarse pasantes, pues algunos travertinos por ejemplo, poseen la propiedad de no desviarse en sus cortes cuando se le perfora y corta a una altura de $3/4$ a $2/3$ de la altura del bloque, consiguiéndose con esto ahorros en los costos directos de producción de los bloques finales; lo cual no es el caso de los mármoles y los granitos que si

requieren de la perforación de taladros pasantes, o sea taladros empiezan y terminan de cara a cara respectivamente (figura 12)



Fuente: Manual de rocas ornamentales del autor Lope Jimeno

Figura 15. Extracción del macizo, tercera etapa

TECNICAS DE CORTE

La operación de corte y separación de caras en bloques de roca ornamental, en cualquiera de sus secuencias cuenta en la actualidad con una amplia gama de equipos y maquinarias que individualmente o conjugado en sistemas mixtos de extracción, son parte fundamental de la operación.

Si bien la tendencia en operaciones altamente mecanizados es que las grandes bancadas sean separadas con técnicas de corte con hilo diamantado o rozadoras, pero en la subdivisión de los bloques comerciales, secundarios o menores son utilizadas las técnicas de corte con expansores manuales, debido a su efectividad a la hora de cortar superficies pequeñas

Taladros paralelos

Durante el escuadrado o recuadre de bloques de volúmenes menores a 10m^3 , se hace inherente el uso de perforación neumática o hidráulica, guardando un espaciamiento y paralelismo tal, que asegure el corte lo más homogéneamente posible. Los fallos o defectos que se puedan presentar para cada tipo de roca, formación, grado o dificultad para la perforación convencional. También el corte se ve favorecido en superficies pequeñas, superficies de corte subhorizontales y caras libres adyacentes a la superficie de corte de modo que la misma no se encuentre confinada en áreas aisladas. Una vez trazado con escuadra la línea a perforar se marca con una punta y comba pequeña la ubicación de los taladros a modo de hacer patillas con un espaciamiento de 130 mm. El diámetro de los taladros varía de acuerdo a la superficie a cortar, sin embargo estos varían desde 30 a 40 mm. para realizar el corte vertical, aunque para levantes o cortes subhorizontales puede superar esa cifra llegando incluso entre 60 - 80 mm.

Elementos de corte

Las cuñas manuales también denominados expansores están constituidos por dos elementos básicos:

Las lenguetas metálicas que se colocan en el taladro en sección longitudinal y en ángulo para transmitir la tensión de esfuerzo en las paredes del taladro y el macho con forma de cincel alargado que es introducido entre las dos lenguetas; la tensión sobre las paredes de los taladros se logra golpeando repetidamente el macho o larguero (tirafondo: para superficies amplias) con una comba de 5 ó 6 Kg. de peso

CRITERIOS DE FRACTURAMIENTO DE LAS ROCAS

Toda roca in situ presenta sistemas de fracturamiento ya sea por efectos tectónicos o por los fenómenos de contracción térmica durante el enfriamiento de las rocas ígneas y del flujo de las rocas sedimentarias. Entre otras causas del fracturamiento de las rocas son los efectos de las voladuras que ocasionan un fracturamiento, dañando la roca en todo el entorno de la carga explosiva.

No obstante ciertas fracturas o familias de fracturas siempre tienden a orientarse en ciertas direcciones, lo cual es muy favorable cuando se trata de las rocas ornamentales (la blocometría).

Cuando se disparan simultáneamente dos taladros adyacentes, se genera un campo de tensiones como consecuencia de las ondas de choque y cuando estos campos de tensiones, no superan a la resistencia a la compresión de la roca, en el instante en que colisionan las ondas de choque, en el punto medio aparecen unos esfuerzos de tracción complementarios y perpendiculares al eje axial que tenderán a causar un agrietamiento preferencial en el plano situado entre dichos taladros, por lo que la presión máxima desarrollada en esta región entre taladros será:

$$P = P_T \sqrt{\frac{r}{S/2}} \cdot e^{-kt}$$

P = Presión máxima
P_t = Presión de taladro
r= radio del taladro
s= espaciamiento entre barrenos
k= constante de tiempo
t= tiempo

Conforme la presión del taladro sea mayor, el daño sobre el taladro aumentará y si dicha presión sobre pasa a la resistencia a la compresión de la roca se producirá la trituración de la caña del taladro se producirá una rosa de grietas alrededor del mismo. El objetivo es entonces, para no dañar la roca o esta sea mínima, el utilizar cargas desacopladas, explosivos livianos (baja velocidad de detonación y baja densidad). Por otro lado el empleo de cargas paralelas disparadas simultáneamente a fin de garantizar la colisión de las ondas de choque en el punto medio entre taladros.

3.3.2. Equipos de perforación para extracción de bloques

Se usan perforadoras manuales con rieles para aumentar la velocidad de ejecución de los taladros, como por ejemplo la maquina modelo Spherical:

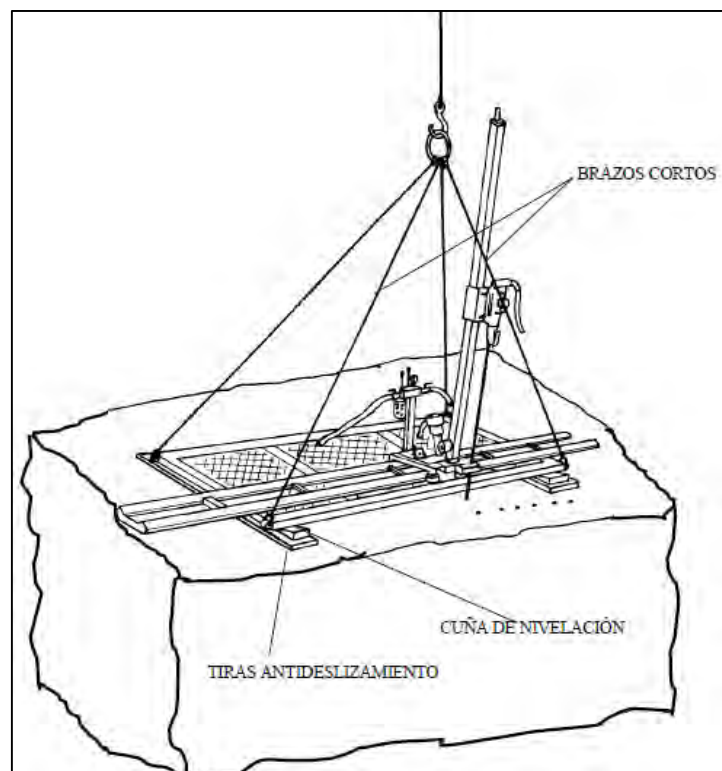


Figura 16. Perforación de bloque con maquina Spherical

3.3.3. Tipos de explosivos y preparación de carga

La presión de barrenos generada por una carga de explosivo acoplada al taladro se puede estimar con:

$$P_{te} = 228 \times 10^{-6} \rho_e \frac{VOD^2}{1 + 0.8 \rho_e}$$

P: Presión de barreno (MPa)

VOD: Velocidad de detonación (m/s)

ρ_e : Densidad del explosivos (g/cm³)

Presión de taladro equivalente (MPa)

$$P_{te} = P_t \left(\frac{d}{D} \right)^{2.4}$$

d: diámetro de la carga

D: diámetro del barreno

P_t: Cociente entre la longitud de carga y la longitud del barreno

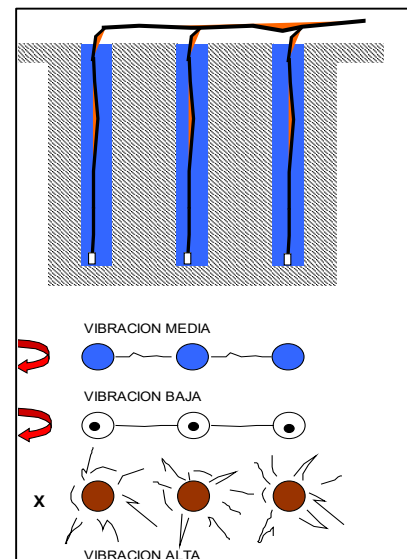


Figura 17. Carguío de taladros

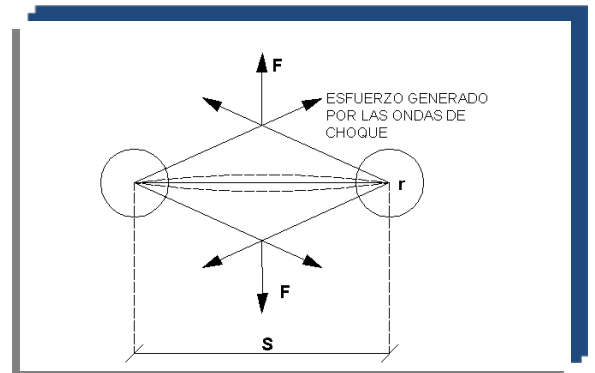
Espaciamiento óptimo (mm)

$$P_{te} \cdot D \geq (S - D) \cdot R_t$$

$$S \leq \frac{D \cdot (P_{te} + R_t)}{R_t}$$

P: Presión de barreno (MPa)
 D: Diámetro de perforación (mm)
 S: Espaciamiento entre barrenos (mm)

Rt: Resistencia a la tracción (MPa) *Figura 18. Espaciamiento entre taladros*



CAPITULO IV

PARAMETROS GEOMECANICOS

MARMOL, esta definición se aplica al conjunto de rocas constituidas principalmente por carbonatos (calcita y/o dolomita), capaces de adquirir un buen pulido. Esta denominación incluye los mármoles propiamente dichos, que son rocas metamórficas compuestas esencialmente de calcita o dolomita.

Las calizas denominadas marmóreas son rocas carbonatadas, frecuentemente recristalizadas compactas de grano fino, frecuentemente con vetas de calcita e impurezas que proporcionan colores variados y, a veces, contienen fósiles. Como complemento diremos que el termino griego *marmóreos* significa reluciente.

Es de hacer notar que en el mármol, los carbonatos llegan a constituir hasta el 99% de su mineralogía. Los minerales acompañantes: silicatos, anfíboles, piroxeno, olivino y otros, como óxidos de hierro y manganeso, sulfuros de hierro y materia orgánica; le dan ciertas tonalidades o pueden concentrarse en antiguas superficies de estratificación o esquistosidad proporcionándoles una estructura veteada. En

otras ocasiones son las sustituciones metálicas las que prestan color al material carbonatado.

Como roca afín está incluida el travertino, caliza de aguas dulces y termales, de precipitación química orgánica, famosa desde la antigüedad por sus variedades doradas y rojas, pero con propiedades mecánicas muy bajas para algunos casos.

Asimismo por poseer semejanza decorativa, esta también incluidas las serpentinas, rocas plutónicas metamorfizadas, cuyos minerales máficos han sido transformados en silicatos del grupo de las serpentinas. Son rocas verdes no carbonatadas y provistas de bandeamiento por variaciones de la composición mineralógica.

4.1 PARÁMETROSPETROGRÁFICOS

Las rocas poseen una diversidad de propiedades físicas, dichas propiedades hacen que una roca usada como roca ornamental, sea clasificada como de mayor o menor calidad, según las condiciones del producto acabado (belleza exterior, resistencia y durabilidad). Las principales propiedades físicas que se pueden mencionar son las siguientes:

COLOR: el color está determinado por los minerales que componen la roca. Entre ellos, los que adquieren un bello pulimento son el cuarzo, los feldspatos y los espatos calizos y dolomíticos.

LUSTRE: es el aspecto que presenta la superficie de una roca cuando es reflejada la luz en ella. Este reflejo hace que resalte su belleza natural.

TEXTURA: es la disposición, tamaño y forma de los minerales que conforman la roca.

ESTRUCTURA: disposición y cohesión de los minerales formadores de las rocas (masiva, compacta, fibrosa, laminar, etc.).

EXFOLIACIÓN: facilidad con que puede romperse en uno o más planos definidos (no es una propiedad importante en granitos, más si para las argilitas y pizarras).

DUREZA: análogamente a la resistencia que ofrece un mineral a ser rayado, una roca se denomina blanda, cuando puede ser cortada por una sierra (ejemplo el sillar), dura, cuando requiere de láminas de acero, arena y agua (marmol, ónix, travertino) y muy dura cuando necesita de discos de diamante (granito, granodiorita).

ALTERABILIDAD, POROSIDAD, PESO ESPECIFICO APARENTE Y COEFICIENTE DE ABSORCION DE AGUA: como es de notar, las propiedades arriba mencionadas estan íntimamente relacionadas y deben ser consideradas, con mucho cuidado, porque una roca usada para ornamentación, no debe contener agua ni minerales, que al ser expuestos a la intemperie puedan alterarse y/o descomponerse; debilitando o perjudicando el acabado de la roca. Entre los minerales más propensos a ser alterados figuran la piritita y la biotita.

4.2 PARÁMETROS GEOMECANICOS Y DE ALTERABILIDAD

Las propiedades de las rocas ornamentales (mármoles, travertinos, granitos, pizarras, etc.) sirven para poder diferenciarlas unas de otras y para poder dar a cada una la utilización más adecuada a sus características. La mayor parte de esas características será de gran importancia para evaluar la resistencia mecánica y estabilidad de parte o de la totalidad de las obras en que vayan a ser empleadas, otras tendrán incidencia en la seguridad de utilización de las construcciones o, en caso de incendio en la higiene y salud

de los usuarios, en la protección contra el ruido o en el ahorro de energía y aislamiento térmico de los edificios.

Detallaremos los principales parámetros geomecánicos y de alterabilidad que controlan la calidad del mármol y de las rocas ornamentales en general:

4.2.1. Peso específico aparente y coeficiente de absorción de agua

Para un mismo tipo de roca, cuanto mayor sea el peso específico aparente, menor es la porosidad y menor será el coeficiente de absorción de agua, por el contrario a menor peso específico aparente, mayor porosidad y mayor coeficiente de absorción de agua.

Una roca porosa absorberá más agua y sus minerales serán más susceptibles al ataque por la propia agua o por otros agentes químicos. Para un mismo tipo de roca, aquella que sea más porosa presentará valores más bajos de resistencia a esfuerzos mecánicos. El coeficiente de absorción de agua es de suma importancia cuando los materiales van a estar colocados a la intemperie, en contacto con agua o con la humedad del suelo.

Según el proyecto de investigación de la Universidad Nacional de Ingeniería (2005), sobre el control de calidad de las rocas ornamentales, se tiene:

Absorción: El cálculo del coeficiente de absorción de agua se hace según la siguiente fórmula:

$$Ca = \frac{Gn - Gs}{Gs} \times 100$$

Gn es el peso de la probeta después de la inmersión.

Gs es el peso en seco.

Se tomará como resultado definitivo la media aritmética de los resultados de las tres probetas.

Peso específico aparente: se obtiene aplicando la siguiente formula

$$Pe = \frac{Gs}{Gn - Ga}$$

Gs es el peso en seco

Gn es el peso de la probeta después de la inmersión

Ga es el peso de la probeta sumergida en agua.

Normas europeas para consulta:

UNE 7-008 Determinación del coeficiente de absorción de agua en baldosas y baldosines de cemento.

UNE 7-050 Cedazos y tamices de ensayos.

UNE 7-067 Determinación del peso específico de los materiales pétreos

UNE 22-170 Granitos ornamentales

4.2.2. Resistencia a la compresión

Este valor debe conocerse siempre que la roca tenga que soportar cargas elevadas, tanto en su propia utilización como durante el transporte y almacenamiento. En general puede decirse que las rocas empapadas de agua resisten menos que cuando están secas, y que las rocas estratificadas

resisten más cuando el esfuerzo se ejerce en dirección normal a la estratificación que cuando se ejerce paralelamente.

$$T = \frac{G}{A} \text{N/cm}^2$$

G es la carga máxima que admite la probeta, expresada en newton

A es el promedio de las áreas de las bases superiores e inferiores en cm².

Se debe especificar en cada caso, una vez promediados los resultados de las tres probetas si la resistencia a la compresión es perpendicular o paralela a la dirección de aserrado.

Normas europeas para consulta:

UNE 7-059 Resistencia a la compresión de ladrillos de arcilla cocida.

UNE 7-068 Ensayo de compresión de adoquines de piedra.

UNE 7-281 Verificación de la escala de cargas de las máquinas de ensayos de tracción.

4.2.3. Resistencia a la flexión

Este factor está presente en el caso de las pizarras de techar y en algunas de las utilidades de mármoles cortados en placas, como por ejemplo dinteles de huecos y peldaños de escaleras. Cobra particular relevancia en el caso de revestimiento exterior de rascacielos por los empujes a que son sometidas las placas por la acción del viento.

Según el proyecto de investigación de la Universidad Nacional de Ingeniería (2005), sobre el control de calidad de las rocas ornamentales, se tiene:

“Esta prueba es necesaria si la roca estará sujeta a levadas cargas de flexión; su valor está relacionado con la compresión (las más duras a la compresión más débiles a la flexión). Este examen cobra particular interés

en el caso de revestimientos interiores de edificios altos, por los empujes y vaivenes que experimentan las placas por la acción del viento y eventualmente los sismos.

Si un elemento constructivo debe trabajar a flexión, se producirán tracciones en algunas de sus partes y las rocas por lo general, resisten poco las tracciones. Por consiguiente, si los esfuerzos que ha de soportar una placa son elevados o los apoyos están muy separados, habrá que dotarla de un grosor mayor”.

4.2.4. Resistencia al choque

El valor de la resistencia al choque es importante para una roca que vaya a ser empleada en solados, peldaños de escaleras, en mostradores, aunque la rotura de las placas se suele producir generalmente en zonas próximas a las aristas o vértices, por problemas de asentamiento que ponen en evidencia un esfuerzo de flexión u otro efecto de rotura, más que un impacto producido por la caída de objetos.

4.2.5. Resistencia a las heladas

El valor de la resistencia a las heladas de una roca (mármol) puede llegar a restringir su utilización en pavimentos y revestimiento para exteriores de edificios en áreas geográficas con climas húmedos y fríos.

Según el proyecto de investigación de la Universidad Nacional de Ingeniería (2005), sobre el control de calidad de las rocas ornamentales, se tiene:

“La resistencia a las heladas pone de manifiesto la posibilidad de fractura por la acción de las heladas. Se define por la pérdida de peso, expresada en

tanto por ciento del peso inicial, determinada en el ensayo que se describe, después de haber sometido las probetas a 25 ciclos de heladas y deshielo”.

$$H = \frac{G1-G2}{G1} \times 100$$

G1 es el peso inicial de la probeta

G2 es el peso final de la probeta después de 25 ciclos de heladas u deshielo
Se tomará como resultado del ensayo la media aritmética de los resultados obtenidos en las tres muestras.

Se expresarán también las alteraciones superficiales así como la fracturación o destrucción de las probetas si las hubiera.

Normas europeas para consulta:

UNE 22-170 Granitos ornamentales.

UNE 7-062 Resistencia a la intemperie de ladrillos de arcilla cocida.

UNE 7-070 Helacidad de adoquines de piedra.

UNE 7-050 Cedazos y tamices de ensayo.

4.2.6. Resistencia al desgaste

Una roca que sea más resistente al desgaste por abrasión que otra, será más apropiada para ser empleada en pavimentos que vayan a estar sometidos a tráfico intenso, por el contrario, sus costos de transformación, elaboración y pulimento serán mayores.

$$D = \frac{Vi-Vf}{A} = \text{desgaste lineal (mm)}$$

Vi es el volumen inicial (mm³)

Vf es el volumen final (mm²)

A es la superficie de las caras de las probetas en contacto (mm²).

Se tomará como resultado definitivo la media aritmética de los desgastes lineales de cada una de las dos probetas con un error inferior a 0.1 mm.

Normas europeas para consulta:

UNE 7-015 Desgaste por rozamiento en baldosas y baldosines de cemento

UNE 7-050 Cedazos y tamices de ensayo.

UNE 7-069 Desgaste por rozamiento de adoquines del piedra..

4.2.7. Resistencia a los cambios térmicos

El resultado que se obtiene del ensayo de resistencia a los cambios térmicos se utiliza para predecir el comportamiento de un material pétreo frente a la acción de los agentes atmosféricos, de ahí su importancia para materiales que vayan a ser utilizados a la intemperie. El ensayo se realiza sometiendo a la roca a ciclos repetitivos de secado en estufa e inmersión en agua, por lo que la denominación de resistencia a los cambios térmicos tal vez resulte inadecuada y sea más apropiada llamarla resistencia a los cambios de humedad.

CAPITULO V

PROCESO DE EXPLOTACIÓN

5.1 CARACTERIZACIÓN DE BLOQUES DE MÁRMOL

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 6. Los factores para la viabilidad del recurso son las siguientes:

Factores	Descripción
Carácter Estructural	Presenta una forma tabular en un desnivel de 90 m. y reconocido por las perforaciones RON-68 y RON-87. (Bloque- C).
Limite económico	1. Limite skarn con un plunge de emplazamiento calculado de 60° de inclinación.
Deposición del material (Calidad)	2. La disposición de estas secuencias oscilan con un Rumbo de N30°W y buzamiento de 30-40°NE.
Posibilidad Cualitativa y Cuantitativa	5 bloques de recurso probado por taladros RON – 68, RON-87.
	Profundidades que superan los 30 m. por emplazamiento magmático.
Material libre de cobertura	Cubierto con material tipo Top Soil estimado de 0.5 a 1 m.

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

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:

Bloque A.

Esta localizado al contorno de la laguna Cococha, este Bloque se tipifica por mantener un Mármol color verde Andino, presentando vénulas de calcita silicificadopervasivamente gradando por sectores a facies de Hornfels.

Presenta una disposición estratificación de Rumbo: N335°/40° NE, el cual es la principal discontinuidad.

Tabla 7. Características Macroscópicas Bloque A

<i>Textura</i>		<i>Red Cristalina</i>	
<i>Color</i>	<i>Verde Andino</i>	<i>Porosidad</i>	
<i>Granularidad</i>	<i>Muy Fina-Fina</i>	<i>Tinción</i>	
<i>Resistencia a la rotura</i>	<i>Muy buena</i>	<i>Reacción al HCl</i>	<i>(+)</i>
<i>Cohesión</i>	<i>Alta</i>	<i>Fluorescencia</i>	
<i>Fisibilidad</i>	<i>Ausente</i>	<i>Densidad</i>	<i>2.6</i>
<i>Tipo de fractura</i>	<i>Concoidea</i>	<i>Radioactividad</i>	

Bloque B.

Está localizado al sur de la laguna Coccocha, este Bloque se tipifica por mantener un Mármol color negro tipo San Alfonso, 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°/35° NE, el cual es la principal discontinuidad.

Tabla 8. Características Macroscópicas Bloque B

<i>Textura</i>		<i>Red Cristalina</i>	
<i>Color</i>	<i>Negro (San Alfonso)</i>	<i>Porosidad</i>	
<i>Granularidad</i>	<i>Fina</i>	<i>Tinción</i>	
<i>Resistencia a la rotura</i>	<i>Muy buena</i>	<i>Reacción al HCl</i>	<i>(+)</i>
<i>Cohesión</i>	<i>Moderada</i>	<i>Fluorescencia</i>	
<i>Fisibilidad</i>	<i>Ausente</i>	<i>Densidad</i>	<i>2.8</i>
<i>Tipo de fractura</i>	<i>Concoidea</i>	<i>Radioactividad</i>	

Bloque C

Esta localizado en la zona Ventanilla, (denominado sector polvorín), este Bloque se tipifica por mantener un Mármol color gris claro, presentando vénulas de calcita silicificadopervasivamente gradando por sectores a facies de Hornfels.

Presenta una disposición estratificación de Rumbo: N330°/30-45° NE, el cual es la principal discontinuidad.

Tabla 9. Características Macroscópicas Bloque C.

<i>Textura</i>		<i>Red Cristalina</i>	
<i>Color</i>	<i>Gris claro</i>	<i>Porosidad</i>	<i>Ausente</i>
<i>Granularidad</i>	<i>Medía a Gruesa</i>	<i>Tinción</i>	
<i>Resistencia a la rotura</i>	<i>Muy buena</i>	<i>Reacción al HCl</i>	<i>(+)</i>
<i>Cohesión</i>	<i>Alta-Compacta</i>	<i>Fluorescencia</i>	
<i>Fisibilidad</i>	<i>Ausente</i>	<i>Densidad</i>	<i>2.7</i>
<i>Tipo de fractura</i>	<i>Concoidea</i>	<i>Radioactividad</i>	

Bloque D

Esta localizado al sur del sistema se encuentra adyacente al Bloque C, (denominado sector Jaca pampa), este Bloque se tipifica por mantener un Mármol color gris oscuro, presentando vénulas de calcita silicificadopervasivamente gradando por sectores a facies de mármol gris oscuro-negro. Presenta una disposición estratificación de Rumbo: N330°/30-45° NE, el cual es la principal discontinuidad.

Tabla 10. Características Macroscópicas Bloque D.

<i>Textura</i>		<i>Red Cristalina</i>	
<i>Color</i>	<i>Gris oscuro</i>	<i>Porosidad</i>	<i>Ausente</i>
<i>Granularidad</i>	<i>Fina a Media</i>	<i>Tinción</i>	
<i>Resistencia a la rotura</i>	<i>Buena</i>	<i>Reacción al HCl</i>	<i>(+)</i>
<i>Cohesión</i>	<i>Moderado</i>	<i>Fluorescencia</i>	
<i>Fisibilidad</i>	<i>Ausente</i>	<i>Densidad</i>	<i>2.7</i>
<i>Tipo de fractura</i>	<i>Convexa</i>	<i>Radioactividad</i>	

Bloque E

Está localizado al noroeste de la laguna Coccocha, (denominado sector pórvido norte), este Bloque se tipifica por mantener un Mármol color gris claro, presentando vénulas de calcita silicificadopervasivamente gradando por sectores a facies de mármol gris oscuro-negro. Presenta una disposición estratificación de Rumbo: N330°/30-45° NE, el cual es la principal discontinuidad.

Este bloque presenta ciertas relaciones texturales y de color con el Bloque C, puesto que se encuentra alineadas y por el efecto de calentamiento a partir de las intrusiones esta zona reflejaría la zona mas caliente del sistema, en vista de que no presenta impurezas muy comunes y extendiéndose hacia el SE. Con perfectas relaciones de granulometría como es el Bloque C.

Tabla 11. Características Macroscópicas Bloque E.

<i>Textura</i>		<i>Red Cristalina</i>	
<i>Color</i>	<i>Gris claro</i>	<i>Porosidad</i>	<i>Ausente</i>
<i>Granularidad</i>	<i>Fina a Media</i>	<i>Tinción</i>	
<i>Resistencia a la rotura</i>	<i>Buena</i>	<i>Reacción al HCl</i>	<i>(+/-)</i>
<i>Cohesión</i>	<i>Moderado</i>	<i>Fluorescencia</i>	
<i>Fisibilidad</i>	<i>Ausente</i>	<i>Densidad</i>	<i>2.7</i>
<i>Tipo de fractura</i>	<i>Convexa</i>	<i>Radioactividad</i>	

5.2 CALCULO DE RECURSOS POR BLOQUES DE MÁRMOL

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

Calculo de Medidas

Área: Calculo de los polígonos cartografiados en plano geológico.

Profundidad:

1. En función a la geometría limitada por el plunge de skar con 60 grados de inclinación.
2. El otro factor es que el halo de mármol se comporta en forma tabular paralelo al estrato R: N30°W/40°NE.

3. En función a las cotas en la línea SEC-10 presenta un desnivel de 94.83 m. con respecto a la plataforma a 4423 m.snm y el nivel de intersección reconocido en el Taladro RON-87 a los 75 m.

4. En función a las cotas en la línea SEC-13 presenta un desnivel de 34.06 m. con respecto a la plataforma a 4515 m. y el nivel de intersección reconocido en el Taladro RON-68 a los 4485 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 12. Cuadro Total de Volumen

Bloque	Color	Superficie (m ²)	Profundidad (m)	Castigo (%)	Volumen (m ³)
Bloque A	Verde andino	155000	30	30%	3255000
Bloque B	Negro San Alfonso	215625	30	35%	4204688
Bloque C	Gris Claro	121250	30	30%	2546250
Bloque D	Gris Claro	130625	30	35%	2547188
Bloque E	Gris plomizo	138750	30	35%	2705625
Total		761250			15258750

La aureola de mármol se encuentra periféricamente al El emplazamiento de los diferentes tipos de intrusivos que cortan las calizas Pucará 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 negro San Alfonso, se debe a la presencia de material bituminoso en los estratos de caliza calentados y afectados por el metamorfismo.

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 para efectos de voladura.
- El carácter de su presentación es de grano medio.
- La profundidad está comprobada por el taladro RON-68 y RON – 87.
- Es un color comercial en el mercado local.

En la sección LS-10 y LS-13 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.

Por estas razones el cálculo de recursos se resume en la explotación de los bloques A, B y C, en los siguientes valores:

Tabla 13. Recursos a explotar

Bloque	Color	Superficie (m2)	Profundidad (m)	Castigo (%)	Volumen (m3)
Bloque A	Verde andino	155 000	30	30%	3 255 000
Bloque B	Negro San Alfonso	215 625	30	35%	4 204 688
Bloque C	Gris Claro	121 250	30	30%	2 546 250
TOTAL					10 005 938

5.3 PLAN PILOTO EJECUTADO

Se extraerán 80 m³ 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 14. Cuadro medidas recomendadas

	Dimensiones			Volumen (m3)	Densidad (TM/m3)	Peso (TM)
Bloque N° 1	2.57	1.70	1.20	5.24	2.8	14.68
Bloque N° 2	2.80	1.60	1.30	5.82	2.8	16.31
Bloque N° 3	2.60	1.50	1.20	4.68	2.8	13.10
Bloque N° 4	2.75	1.75	1.60	7.70	2.8	21.56
Bloque N° 5	2.50	1.60	1.50	6.00	2.8	16.80
Bloque N° 6	2.40	1.55	1.35	5.02	2.8	14.06

Planificación de la Extracción: El contratista 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. Lo

recomendable sería llevar solo al personal (6 obreros calificados) con sus respectivas herramientas, ya que la maquinaria necesaria y los explosivos se tienen en el proyecto NM.

El tiempo aproximado de extracción de estos bloques debe ser de 15 días, considerando que se tiene que descubrir algunas zonas intactas.

Transporte del Mármol: Estos seis bloques se tienen que trasladar por unidad en un camión o volquete de 12 m³, esto debido a la peligrosidad de la carretera desde el Proyecto NM hacia Huánuco, aquí se debe alquilar una zona de almacenamiento para estos bloques. Desde este punto se realizará el carguío con ayuda de un cargador frontal (CAT 980 o Volvo 150) hacia tres tráileres con capacidad de 35 TM, el destino de estos bloques será el Callao y Lurín.

5.4 PLANIFICACIÓN DE MINADO

La planificación productiva puede considerarse a largo o a corto plazo. En el primer caso el objeto puede ser incluso el yacimiento entero, y por lo tanto se toma en consideración un horizonte temporal de producción desde un año hasta una decena de años. En el segundo caso, el objeto puede ser una porción limitada del yacimiento, y por lo tanto se considerara un periodo que abarca desde meses hasta un año.

Datos principales y básicos para la planificación son:

- Topografía del área
- Forma y dimensiones del yacimiento y aperturas
- Estado de fracturación
- Calidades

- Plan de producción
- Contexto geográfico y ambiental

Planificación a mediano – largo plazo

Se debe tener en cuenta los siguientes puntos para su evolución en el tiempo:

- Frentes de explotación
- Secuencia de explotación de los frentes
- Definición y jerarquías de los grandes volúmenes
- Direcciones de avance del frente
- Infraestructuras (carreteras principales, secundarias y accesos)
- Áreas de servicios
- Zona de desmonte
- Restauración y protección ambiental.

Criterios principales:

- Garantizar en cada instante la amplitud del frente, adecuada a la capacidad productiva del proyecto
- Garantizar el acceso funcional a la cantera
- Garantizar durante todo el proyecto una determina constancia de las distancias de transporte, al menos por áreas.
- Limitar la visibilidad de la cantera en las áreas frágiles del terreno
- Limitar los impactos en el terreno
- Garantizar la posibilidad de ejecución de la restauración de los terrenos
- Garantizar la racionalidad de los servicios como: energía eléctrica, aprovisionamiento de los materiales, etc.

Planificación a corto plazo

El rendimiento total de explotación, es decir, la relación entre el volumen del producto útil y el volumen total explotado, se puede expresar como una sumatoria de los rendimientos parciales de cada categoría comercial de bloques, clasificados tanto por dimensiones y formas (tipo de máquina de extracción, mal dimensionamiento) como por categorías de elección “estética”.

5.4.1. Dimensionado de la cantera de mármol

Inicialmente el proyecto demandará de un periodo de apertura de cantera de **un año** para preparar las plataformas donde se posicionaran las maquinas eléctricas de corte, periodo en cual se mejoraran los accesos. El volumen de producción que se adjunta es el recomendado:

Tabla 15.Planeamiento de minado proyectado

PLANEAMIENTO DE PRODUCCION

	Unidades	cantidades
SUPERBLOQUE DE 8 x 6 x 1,5	m3	72
% RECUPERACION	%	60%
m3 EXTRAIDOS POR SUPERBLOQUE	m3	43.2
SUPERBLOQUES POR DIA	und	3
SUPERBLOQUES POR MES	und	72
m3 POR MES	m3	3110.4

RECURSOS CALCULADOS	m3	10005938
AJUSTE	%	30%
RECURSOS CALCULADOS	m3	3001781
TIEMPO DE EXPLOTACION	años	80

El objetivo será alcanzado en el año 3, para luego mantener la producción y crecer moderadamente al año 10.

TIPO	Und	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
BLOQUES	m3	500	800	3000	3200	3200	3200	3500	3500	3600	4100

Esquema del proceso del diseño de la cantera paso a paso:

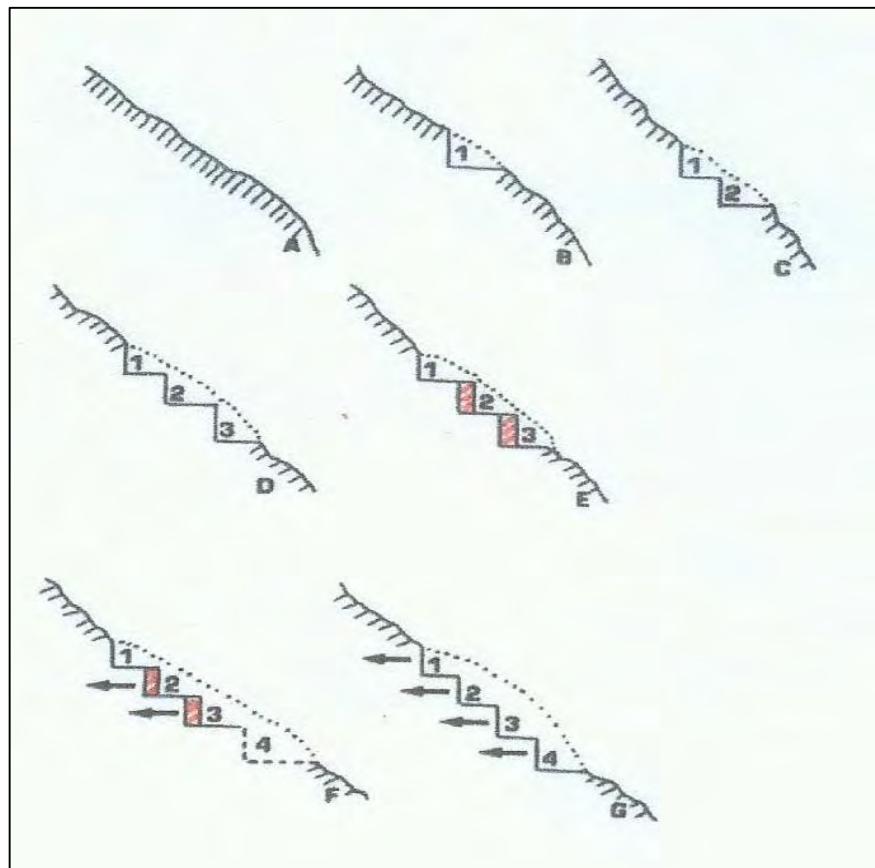


Figura 20. Dibujo esquemático del diseño futuro de la cantera

Ciclo de minado

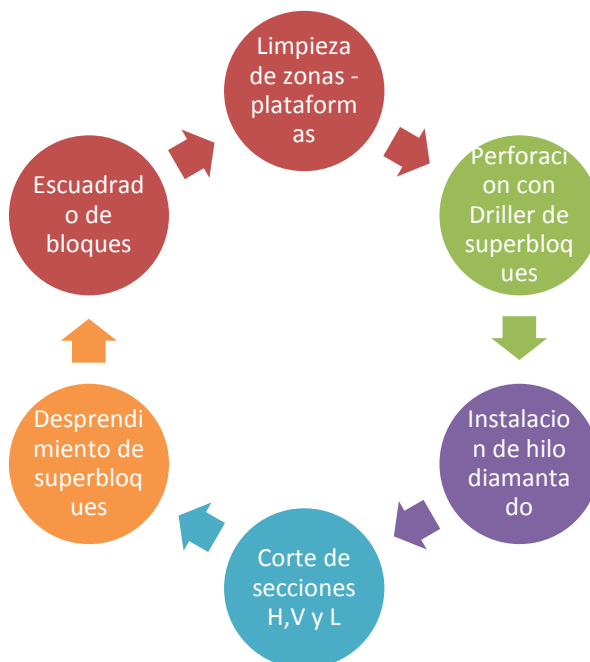


Figura 21. Ciclo de minado por cada superbloque, en la extracción de mármol.

5.4.2 Recursos necesarios

Los equipos necesarios para una producción aproximada de 3000 m³/mes, son los mismos equipos si aumentáramos la producción a 5000 m³/mes, con la salvedad que los materiales consumibles aumentarán (hilo diamantado, combustible, accesorios, aceites, grasas, etc.). Lo único que se ajustaría para el aumento de la producción, sería aumentar la velocidad de corte (en las poleas) en las máquinas de corte de bloques.

Maquinas y accesorios	Unidades	Cantidad	Observaciones
* Maquinas hilo diamantado 50 a 60 HP	Und	3	Máquina de hilo diamantado mod. "MAR-FIL" equipada con motor eléctrico de 40 ó 50 HP y volante capaz de obtener una velocidad de 39 m/s.
Maquinas hilo diamantado 20 a 30 HP	Und	2	Un dispositivo electrónico regula la velocidad de retromarcha de la máquina, manteniendo constante la tensión del hilo según los valores de absorción (amperaje) preseleccionados, deteniendo la máquina y la rotación del volante en caso de anomalías o roturas del hilo. Un dispositivo especial permite realizar desplazamientos rápidos de la máquina sobre la vía durante el posicionamiento. La rotación del volante principal de 360° y la traslación lateral (carrera de 500 mm) son de accionamiento manual.
* Perforadora Driller	Und	2	Perforadora neumática de 3.7 pulg de diametro. Perfora agujeros destinados a hacer pasar hilos diamantados.
* Perforadora manuales - jackleg	Und	4	
* Perforadora spherical	Und	2	Completamente neumática, está formada por una columna portaperforador, que al ser colocada en un carro especial puede desplazarse sobre una vía específica y permitir la realización de agujeros alineados.
Compresora de 600 CFM	Und	2	
Grupo electrogeno 250 kw	Und	2	
Cargador frontal (minimo CAT 980)	Und	2	
Excavadora (minimo CAT 330)	Und	1	
Gata neumática o bolsas de acero	Und	3	
* Hilo diamantado completo	m	3000	Los hilos diamantados están compuestos de perlas diamantadas engastadas en un cable portador de acero de alta resistencia. La maquina diamantina la hace girar con sus poleas. Es un consumible importante.
* Accesorios para hilo diamantado y para de todas las maquinas			

* En el apéndice se encuentra los datos técnicos y fotos de estos equipos.

Figura 22. Equipos necesarios en la extracción de mármol.

5.4.3. Métodos de explotación

El método de explotación de la cantera es superficial, tajo a cielo y sistema de bancos en media ladera, dependiendo básicamente de las características

del yacimiento. *El sistema a emplear es de corte y desprendimiento por bloques o cubos.*

Como se vio en el capítulo anterior, existen dos formas de extraer los bloques de mármol: el método convencional (arranque con perforación y voladura) y el mecanizado (arranque mecánico). En el Proyecto "NM" utilizaremos un mix de ambos por la geomorfología que presenta.

La técnica convencional se usará para iniciar el desbroce por zonas dada las fuertes pendientes del cerro, dando paso a plataformas más amplias donde podrán ser instalados los equipos de corte con hilo diamantado o rozadoras.

El corte de los superbloques y bloques consiste en hacer varias perforaciones verticales con una profundidad de 15 m. y perforaciones horizontales con una profundidad de diámetro de 7.5 m. Una vez cortado el bloque grande, por todos sus lados, se separa la gran masa de travertino abriéndolo con gatas hidráulicas y cuñas. En la parte baja se corta a bloques más pequeños para su transporte a Lima.

La explotación de los bloques mármol tiene una recuperación de 40% a 60% de la cantera, lo demás pasan a ser bloques menores o quedan fragmentados en lo que se denomina "escalla". Las medidas de seguridad minera a implementarse en el desarrollo de la explotación de la cantera serán las siguientes:

Altura de los bancos	5 a 10 mt
Talud	67° a 80°
Almacenamiento área	2500 m ²

Generación de la cara libre:

En la figura 7 se muestra como se genera la cara libre en una zona preparada con plataforma, donde se puede seguir la secuencia de explotación de superbloques en dos direcciones. Para este fin utilizaremos la perforadora Spherical y la maquina cortadora MAR FIL.

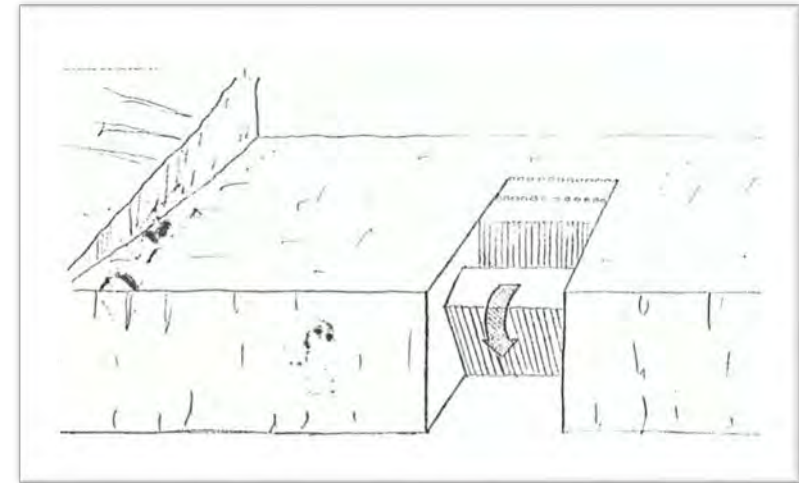
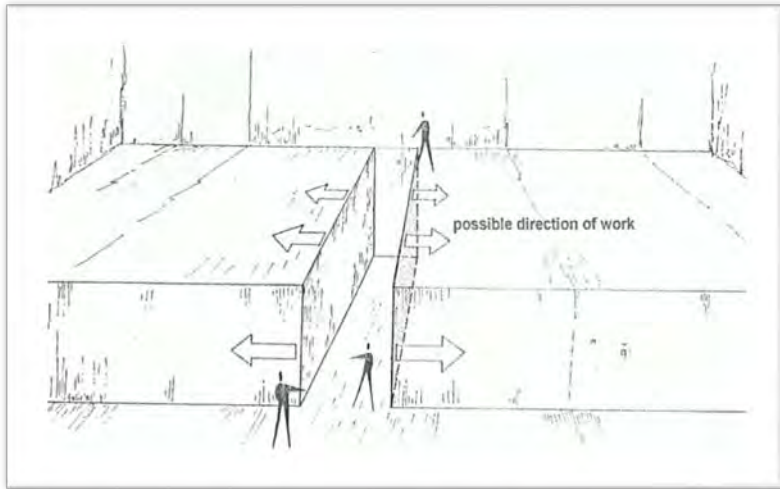
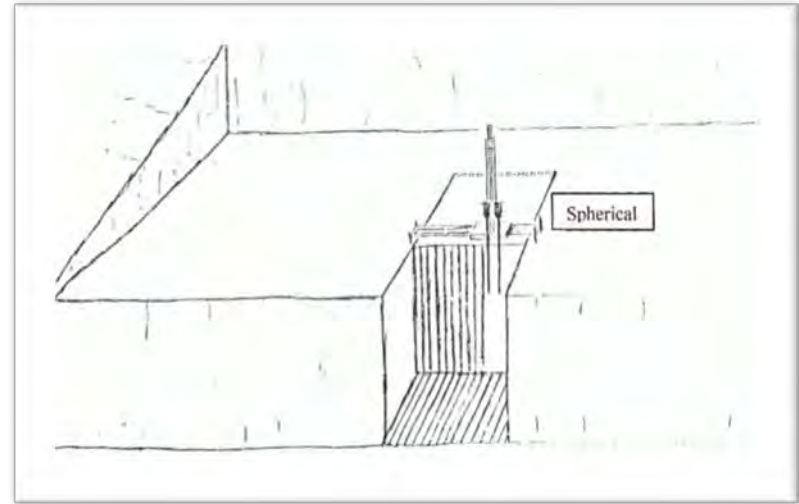
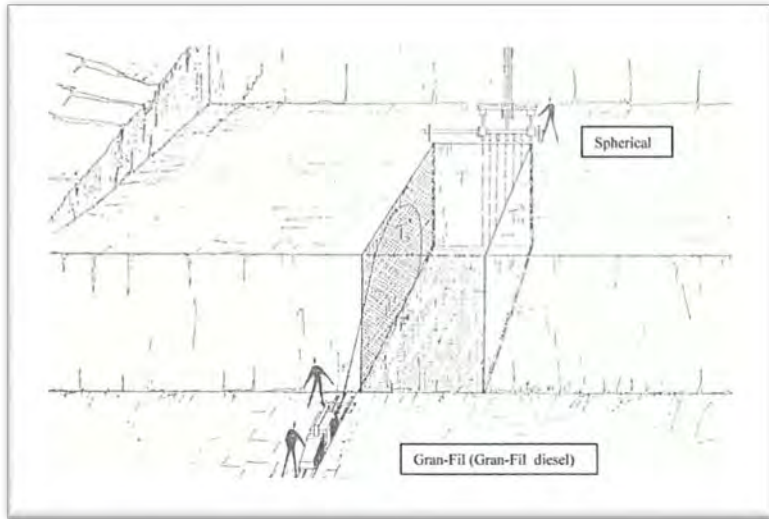
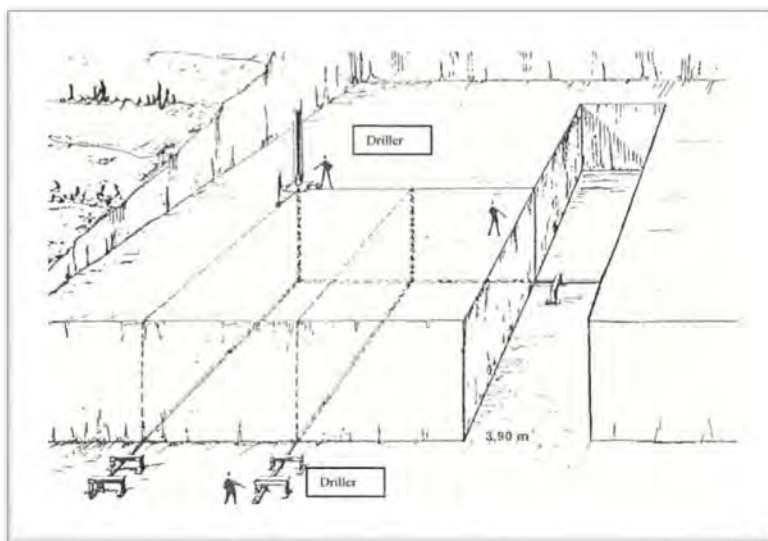


Figura 23.Ciclo de generación de la cara libre

Secuencia 1: El superbloque previamente es perforado por sus vértices a lo largo de todo el ángulo que forman las caras libres del bloque a extraer, todas las perforaciones horizontales y verticales se realizan con la perforadora Driller, El diámetro de los taladros es de 90mm. Generalmente se busca trabajar con 3 o 2 caras libres como mínimo, una vez intercomunicado el superbloque con taladros a lo largo de sus vértices y ángulos diedros, se inicia el proceso de recorrido al hacer pasar por estos el cable de hilo diamantado para efectos del corte, siendo estos accionados por motores estacionarios (cortadoras eléctricas) alimentados con energía a través de un grupo electrógeno.



Preparación del superbloque, perforando con Driller taladros de 3.7 pulg.

Corte del superbloque, con máquina de hilo diamantado

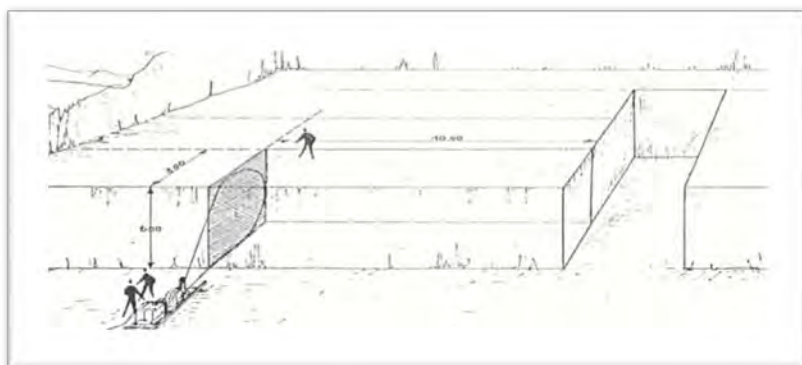


Figura 24. Secuencia uno

Secuencia 2: Luego de cortado el superbloque se procede a seccionarlo con dos máquinas de corte eléctricas para reducir sus dimensiones. Una vez cortado se instalan gatas neumáticas entre cada tajada de los nuevos bloques para realizar su inclinación vertical e ir inclinándolos poco a poco hasta caer a una cama de piedras preparada especialmente antes de su derrumbe

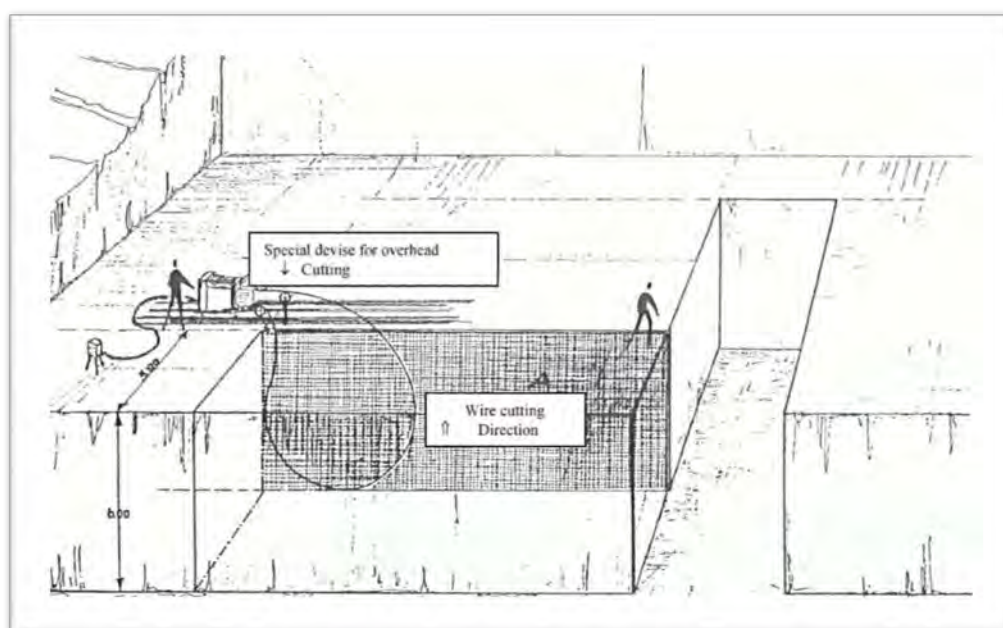


Figura 25. Secuencia dos

Secuencia 3: Se efectúan trabajos de corte secundario en cubos de dimensiones menores conforme lo requiera la planta de corte, este trabajo lo realiza la máquina perforadora Spherical, la cual perfora taladros de 2 pulg de diámetro, distanciados aprox. 10 cm entre si y alineados según el corte que se requiera, apoyado de una cuadrilla de 2 obreros que utilizan expansores metálicos (cuñas manuales) y martillos neumáticos que desprenderán los bloques comerciales de la rebanada (obtenida del superbloque). En algunos casos se usa material detonante para subdividir estos bloques o cemento expansivo (encarece la operación), normalmente

se subdivide el banco por fracturamiento (siguiendo las venillas) ayudado de la fuerza física de los expansores.

Esta última parte de escuadrado de bloques también se puede realizar con máquinas de hilo diamantado para darle mayor velocidad de corte.

Según las normas internacionales AFNOR, ASTM, UNI y UNE, las medidas de los bloques comerciales son:

BLOQUE DE TAMAÑO COMERCIAL

	MINIMO	MAXIMO
LARGO (m)	2,3	3,3
ALTO (m)	0,9	1,5
ANCHO (m)	1,1	1,6

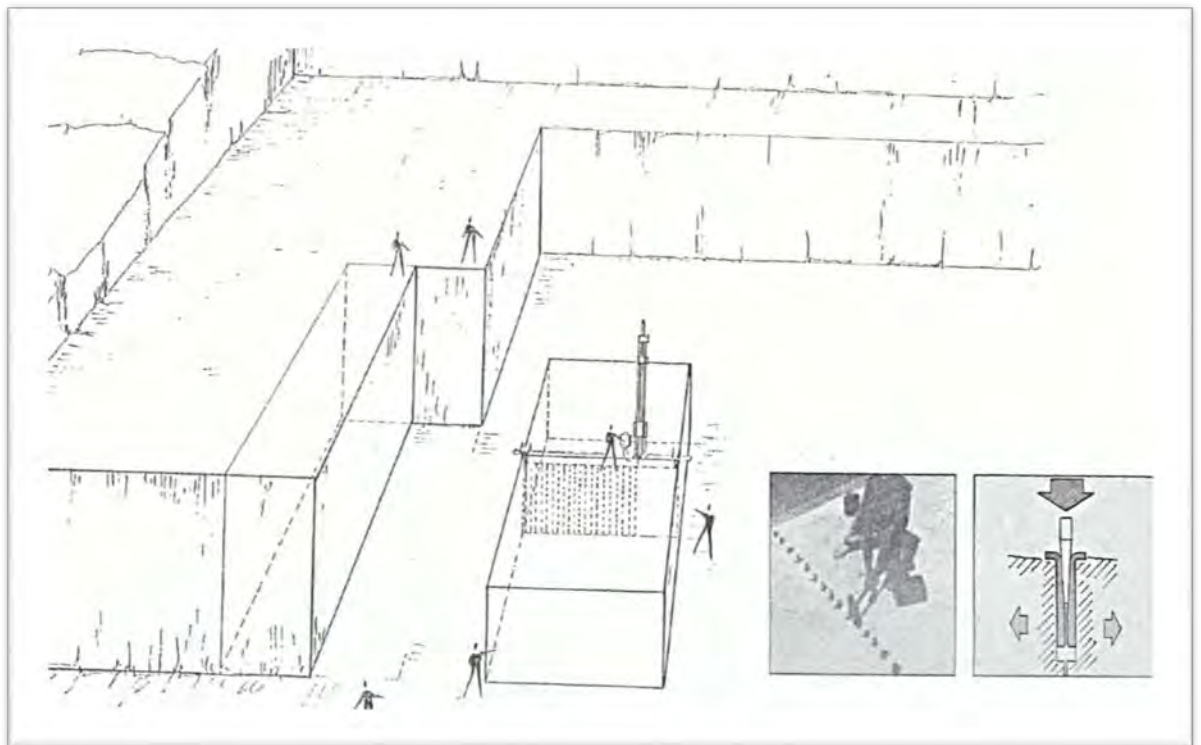


Figura 26. Secuencia tres

Resumen del método de explotación

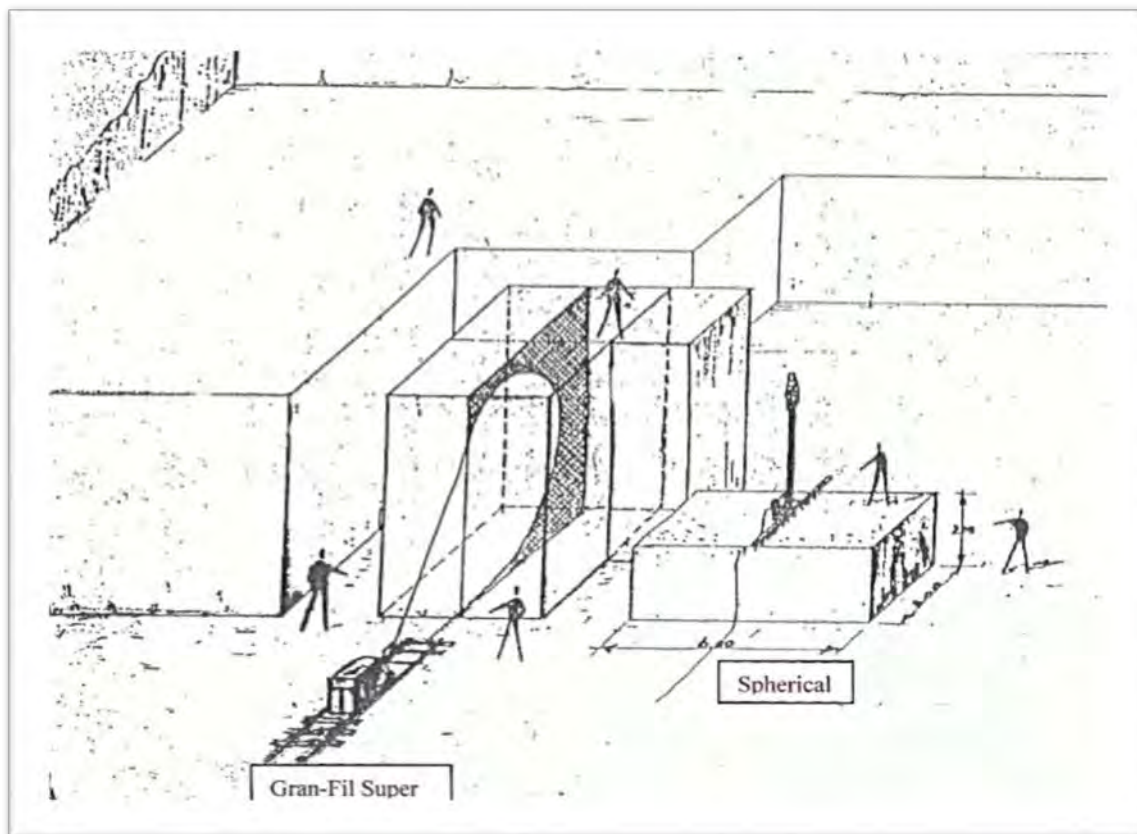


Figura 27. Esquema del método de explotación de bloques de mármol.

5.4.4. Cálculo del costo de operación (US\$/M³)

Las operaciones para la extracción de los bloques se pueden idealmente dividir en tres fases. Esta secuencia operativa permite una mejor eficiencia de los trabajos de corte y encuadrado de los bloques, reduciendo también en lo posible la apertura de superficies de corte respecto al volumen producido.

Estas tres fases son, las describimos en la secuencia de minado:

FASE I: Corte del superbloque del yacimiento (corte primario).

FASE II: División del superbloque en porciones (corte secundario)

FASE III: Corte y encuadre de los bloques más pequeños (encuadre)

NOTA: los equipos considerados son de las siguientes marcas y se consideran datos técnicos promedios (rendimientos) de otras canteras de mármol en el Perú:

- Perforadora de 3.7 pulg de diámetro, modelo Driller de la marca Marini QuarriesGroup SRL.
- La máquina de corte que se considera para el presente cálculo es el modelo MA-FIL, de la marca Marini QuarriesGroup SRL.

El detalle del costo de operación se encuentra en el **ANEXO A**. Siendo el resumen del costo el siguiente:

A)	COSTOS TOTALES (US\$)	4757.88
	SUPERBLOQUE CONSIDERADO (m3)	360
	RECUPERACION (%)	0.6
	COSTO DE OPERACIÓN /US\$/m3)	22.03

B)	COSTOS TOTALES (US\$)	4757.88
	SUPERBLOQUE CONSIDERADO (m3)	360
	RECUPERACION (%)	0.4
	COSTO DE OPERACIÓN /US\$/m3)	33.04

5.5 VALORIZACIÓN COMERCIAL DE MATERIA PRIMA

En caso la empresa opte por dedicarse exclusivamente a ser extractor de materia prima, podrá optar por vender su producto al mercado nacional. El destino final de los bloques serán las siguientes empresas estratégicamente seleccionadas por su presencia en el exterior y por su capacidad productiva:

1. Marmolería Gallos S.A. (planta Lurín)
2. Compañía Nacional de Mármoles (planta Callao)
3. Mármoles y Granitos S.A. (planta Callao)

Esta comercialización es la menos recomendada por ser un negocio marginal, salvo los intereses de la empresa sean otros, como aplicar un criterio de responsabilidad social o filantropía empresarial.

Se recomienda las siguientes alternativas, que son materia del presente estudio:

1. Venta al exterior en Bruto (sin planta de transformación)
2. Venta al exterior procesado en baldosas o planchas (con planta de transformación).

CAPITULO VI

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION Y COMERCIALIZACION

Los bloques obtenidos del proyecto NM, vendrían a ser la materia prima principal para la *planta de transformación de piedra natural* que será ubicada estratégicamente en la ciudad de Huánuco y aprovechará el caudal de agua del río aledaño. El precio de venta de la materia prima es bajo comprándolo con el margen de utilidad que se obtiene de fabricar baldosas de mármol, se le otorga valor a la cadena de producción.

No olvidemos que la extracción de bloques de mármol del proyecto NM se realizará con poco uso de explosivos (desbroce para plataformas), utilizando equipos eléctricos para la explotación, optimizando el control de la seguridad y el medio ambiente de los pueblos. Siguiendo con esta política, la instalación de esta moderna planta de transformación aporta industrialización en la zona (Ambo, Huánuco) y tecnificación a los pobladores en un negocio en pleno auge.

Una ventaja competitiva, que genera una diferenciación frente a sus posibles competidores en el sector del mármol, será la ubicación (Huánuco) y el abastecimiento de materia prima (propia y de terceros). Las baldosas de mármol

como producto final serán transportadas directamente al Callao para su almacenamiento y exportación. Con esto se genera un ahorro significativo en cuanto a los fletes, porque el producto que transportarán los trailers serán productos terminados y no materia prima (procesamiento en Lima) como ocurre actualmente.

A manera de resumen, indicamos que la inversión total estimada para la instalación de la planta es de US\$ 3.8 millones, y el tiempo de total requerido para la construcción de la planta es de aproximadamente 12 meses, con una meta de exportación en el primer año de 240,000 m2 sostenida con el aporte de materia prima del Proyecto NM y de terceros (inicialmente en menor escala).

6.1 UBICACIÓN Y TAMAÑO DE PLANTA

Macro localización

Para definir la localización de la planta se hizo el análisis por ponderación de dos posibles lugares, el sur de Lima (Lurín) y de Huánuco (Ambo) por encontrarse cerca al centro de abastecimiento de la materia prima.

Tabla 16. Ranking de factores de ponderación, para la ubicación de la planta.

Factores de localización	Ponderación	Lima		Huanuco	
		calif.	Puntaje	calif.	Puntaje
Proximidad a materia prima	25%	2	0,50	8	2,00
Cercanía al puerto	20%	7	1,40	3	0,60
Servicio de transporte (producto final)	6%	8	0,48	3	0,18
Servicio de transporte (materia prima)	6%	3	0,18	8	0,48
Disponibilidad de mano de obra	4%	8	0,32	3	0,12
Terrenos	5%	4	0,20	8	0,40
Eliminación de desechos	5%	2	0,10	7	0,35
Condiciones de vda	5%	8	0,40	5	0,25
Abastecimiento de energía	4%	9	0,36	6	0,24
Abastecimiento de agua	10%	5	0,50	9	0,90
Servicio de construcción, montaje y mantenimiento	4%	6	0,24	4	0,16
Clima	3%	8	0,24	3	0,09
Reglamentaciones fiscales y legales	3%	6	0,18	4	0,12
	100%		5,10		5,89

De la ponderación se determina realizar la planta en el departamento de Huánuco – Ambo.

Superficie:

Área total de terreno 10,000 m²

Área de producción 2,500 m²

Área de almacenamiento de bloques de producto terminado 1,500 m².

Oficinas administrativas 300 m²

Costo del terreno: US\$ 150,000

6.2 INGENIERÍA DE LA INDUSTRIALIZACIÓN

Proceso de fabricación: los bloques son trasladados desde el almacén mediante grúa puente, y posteriormente son depositados sobre el carro porta – bloques, fijándose firmemente sobre su base.

El bloque es llevado por el carro sobre rieles posicionándose debajo de la maquina corta-bloques. Esta máquina es la que genera la provisión de material a procesar para el resto de la línea por lo que es el limitante de la capacidad productiva (cuello de botella). El corte-bloque entonces actúa retirando y recuadrando la primera cama de trabajo, cuya profundidad de corte será igual a la altura de baldosa que se requiere obtener. Mediante pasadas sucesivas de uno o varios discos diamantados, va cortando el bloque obteniéndose tiras (placas o filagnas) de espesor aproximado al doble de la baldosa final y de longitud igual al máximo posible que se puede obtener.

Posteriormente las filagnas son recuadradas en sus extremos mediante una maquina “descabezadora” monodisco, de esta forma se logra retirar las imperfecciones fruto del corte del bloque en cantera.

La filagna descabezada pasa a una maquina desdobladora, cuya función es cortarla longitudinalmente en dos, logrando así duplicar la provisión de filagnas al resto de la línea de producción. El espesor obtenido ahora es casi el final del producto terminado.

La filagna es llevada a la maquina calibradora que rectificará la superficie y obtendrá el espesor nominal final, dejándola además alisada para poder recibir la capa de resina de poliéster.

Posteriormente se seca las filagnas y se le aplican manualmente una capa de poliéster para sellar la superficie y así obtener un producto de mayor aceptación en el mercado objetivo.

Esta filagna luego es abrillantada y cortada a medias finales de baldosa. Finalmente las baldosas son secadas mediante sopladores y un túnel de calor, de esta manera las baldosas se encuentran listas para el embalaje.

Diagrama del proceso:



Figura 28. Diagrama del proceso de tranformacion

Capacidad sugerida: la línea de corte nos debe permitir producir por lo menos 380 m² por turno de 8 horas de producción, lo que hace que la capacidad máxima de la planta sea de aproximadamente de 1000 m² diarios.

Diagrama de operaciones y Procesos (DOP):



Diagrama de Operaciones y procesos (DOP)		○	⇒	D	□	▽
Item	Actividades					
1	Bloque de marmol en bodega					
2	Se sujeta el bloque mediante ganchos					
3	Se transporta mediante una grúa distribuidora					
4	Se descarga sobre uncarro deslizante					
5	Se fija al carro portabloques					
6	Se verifica que se encuentra en posición correcta					
7	Se configura el equipo controles de mando					
8	Transporte del bloque sobre el carro porta bloques					
9	Se toman "medidas" para cortar las partes sobrantes en centímetros					
10	Abrir la llave de paso del agua para la sierra					
11	La sierra corta partes sobrantes del bloque de marmol					
12	Se sujeta la filagna mediante ganchos					
13	Se almacena las filagnas en proceso					
14	Se transporta mediante una grúa distribuidora 3					
15	Se descarga sobre mesa de rodillos 4					
16	La filagna se desliza hacia la maquina descabezadora 5					
17	La maquina 5 descabeza dejando extremos de filagna rectos					
18	La filagna se desliza hacia la maquina desdobladora 7					
19	La maquina 7 desdobra filagna, generando dos piezas					
20	Filagnas se transporta hacia almacen de P intermedios					
21	Filagna es acoplada para almacenaje intermedio					
22	Se transporta hacia el departamento de calibracion 10					
23	La maquina 10 calibra y prepara filagna para resina					
24	Filagna transportada hacia el departamento de resinatura 12-13-14					
25	La filagna es resinada manualmente					
26	Inspeccion de filagna resinada y seca					
27	Transporte de filagna a zona de pulido					
28	La maquina 16 pule la filagna					
29	Transporte de filagna a zona de dimensionamiento final					
30	Filagna es cortada por maquina 20 en multiples baldosas					
31	Baldosas son transportadas a zona de biselado					
32	Filagna es biselada y calibrada en maquina 22					
33	Baldosas son transportadas a zona de acabado final					
34	Baldosas son secadas					
35	Baldosas son inspeccionadas					
36	Baldosas son seleccionadas y embaladas					
37	Almacenaje de cajas de baldosas					
TOTAL		16	14	0	3	4

Figura 29. Diagrama de Operaciones y Procesos.

Composicion de la linea de produccion:

- 2 cortabloques a 4 columnas, disco maximo de corte \varnothing 1600 mm.

Potencia aproximada mandrino principal 132 kw.

- 3 grúas a columna para la descarga de las filagnas. Capacidad 500 kg. Alcance maximo del brazo 5 m incluye pinzas.

- Descabezadora semiautomatica monodisco \varnothing 600 mm.

- Desdobladora de filagna maxima de 630 mm y espesor maximo de 70 mm.

- Calibradora / pulidora automatica a puente fijo de 3 + 3 motores. Capacidad maxima de filagna 600 mm de ancho.

- Horno electrico para el secado de la filagna. Para entrada del resinado. Capacidad de filagna maxima 610 x 3500 mm.

- Mesa transportadora de 18 m para la aplicación de resina poliester.

- Horno de catalisis para el curado de la resina. Capacidad de filagna maxima 610 x 3500 mm.

- Lustradora de filagna de 12 motores. Capacidad de filagna 600 mm.

- Refiladora longitudinal 610 mm.

- Descabezadora semiautomatica multidisco. Para la elaboracion de baldosa. Ancho de trabajo 61 cm.

- Calibradora biceladora de baldosas, 4 lados. Ancho máximo 65 cm.
- Línea de terminado con sopladores
- Línea de empaque e inspección.

Materia primas e insumo:

- La materia prima son bloques de mármol o travertino en bruto de medidas aproximadas de 2.8 x 1.5 x 1.2 m, equivalente a 5 m³.
- La materia prima se proveerá de la cantera propia NM y en el corto plazo de canteras de terceros.
- El rendimiento de cada bloque está alrededor del 35 %.
- Para nuestra capacidad sugerida necesitamos **570 m³** mensuales, para el primer año, aumentando a **3000 m³** en los próximos años.

Servicios auxiliares necesarios:

- Capacidad instalada de energía eléctrica, 1.2 MVA, cliente libre a 22.9/0.44 kv.
- Grupo electrogénico de 200 kw
- Agua 1500 lt/min, planta de tratamiento.
- Compresor de 600 lt/min de aire.

6.3 PROYECCIONES FINANCIERAS

Costo de producción: consideramos el costo de producción del proyecto NM de 33.04 US\$/m³ y el costo de materia de terceros de 250 US\$/m³ (incluido flete). Para el cálculo financiero consideraremos un costo promedio de materia prima de **141.52 US\$/m³**.

Además se estima gastos de insumos como herramientas de corte y resina en alrededor de 3.0 US\$/m² de baldosas.

Estimado de inversión:

Tabla 17. Tabla de estimación de la inversión.

Item	Rubro	Monto US\$
	Inversión tangible:	
1	Equipos directos	1,308,401
2	Instalación de los equipos directos	392,520
3	Equipos indirectos	261,330
4	Instrumentación y control instalados	13,084
5	Tuberías instaladas	65,420
6	Servicios eléctricos instalados	130,840
7	Edificios (incluye servicios)	104,672
8	Terreno	150,000
9	Mejoras del terreno	13,084
10	Mobiliario y otros	21,000
	Total Tangible	2,460,351
	Inversión intangible:	
1	Ingeniería y supervisión	196,260
2	Interese preoperativos	200,000
3	Costos de contratistas	196,260
4	Contingencias	392,520
	Total Intangible	985,040
	Capital de trabajo:	
1	Caja y bancos	42,087
2	Inventarios materias primas e insumos	178,571
3	Cuentas por pagar	136,341
	Total capital de trabajo	356,999
	Inversión total	3,802,390

6.3.1. Economía y financiamiento

Para la evaluación económica y financiera hemos asumido como costo de capital del inversionista o costo de oportunidad, el valor de 28 %.

Se obtuvo una muestra del proyecto NM y se procesó en una planta en Lima, para obtener producto terminado y enviarlo a la feria de Chicago (Remodeling Show Chicago 2013), donde se pudo obtener un precio tentativo para la materia prima, en caso se quisiera comercializar en bruto, el precio fue de **250 US\$/m³**.

6.3.2. Flujo de caja

Tabla 18. Flujo de caja proyectado (en US\$).

Años	0	1				2				3	4	5	6	7	8	9	10
Trimestre	1	2	3	4	1	2	3	4	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ingresos																	
Saldo inicial	356,998	178,427	377,893	631,176	887,207	1,145,986	1,319,826	1,496,414	1,675,750	1,857,834	3,660,995	5,022,176	6,503,564	8,054,575	9,604,383	11,154,191	12,703,999
Venta al contado		0	0														
Cobranza		1,090,725	1,227,066	1,227,066	1,227,066	1,227,066	1,227,066	1,227,066	1,227,066	7,362,395	7,362,395	7,362,395	7,362,395	7,362,395	7,362,395	7,362,395	7,362,395
Total ingresos de efectivo	356,998	1,269,152	1,604,959	1,858,242	2,114,273	2,373,052	2,546,892	2,723,480	2,902,816	9,220,229	11,023,390	12,384,571	13,865,959	15,416,970	16,966,778	18,516,586	20,066,394
Egresos																	
Materias primas	-118,667	-356,001	-356,001	-356,001	-356,001	-356,001	-356,001	-356,001	-356,001	-2,136,005	-2,136,005	-2,136,005	-2,136,005	-2,136,005	-2,136,005	-2,136,005	-2,136,005
Insumos	-59,904	-179,712	-179,712	-179,712	-179,712	-179,712	-179,712	-179,712	-179,712	-1,078,272	-1,078,272	-1,078,272	-1,078,272	-1,078,272	-1,078,272	-1,078,272	-1,078,272
Mano de obra directa		-13,770	-13,770	-13,770	-13,770	-13,770	-13,770	-13,770	-13,770	-82,620	-82,620	-82,620	-82,620	-82,620	-82,620	-82,620	-82,620
Mano de obra indirecta		-17,213	-17,213	-17,213	-17,213	-17,213	-17,213	-17,213	-17,213	-76,194	-76,194	-76,194	-76,194	-76,194	-76,194	-76,194	-76,194
Servicios auxiliares		-79,859	-79,859	-79,859	-79,859	-79,859	-79,859	-79,859	-79,859	-479,151	-479,151	-479,151	-479,151	-479,151	-479,151	-479,151	-479,151
Mantenimiento y repuestos		-24,604	-24,604	-24,604	-24,604	-24,604	-24,604	-24,604	-24,604	-98,414	-98,414	-98,414	-98,414	-98,414	-98,414	-98,414	-98,414
Otros		-34,454	-34,454	-34,454	-34,454	-34,454	-34,454	-34,454	-34,454	-137,816	-137,816	-137,816	-137,816	-137,816	-137,816	-137,816	-137,816
Gasto administrativo		-80,325	-80,325	-80,325	-80,325	-80,325	-80,325	-80,325	-80,325	-321,300	-321,300	-321,300	-321,300	-321,300	-321,300	-321,300	-321,300
Gastos de promocion y propaganda		-61,353	-61,353	-61,353	-61,353	-61,353	-61,353	-61,353	-61,353	-368,120	-368,120	-368,120	-368,120	-368,120	-368,120	-368,120	-368,120
Gastos financieros		-43,968	-43,968	-41,220	-38,472	-35,724	-32,976	-30,228	-27,480	-82,440	-38,472	-2,748	0	0	0	0	0
Amortizacion del prestamo		0	-82,524	-82,524	-82,524	-82,524	-82,524	-82,524	-82,524	-330,095	-330,095	-82,524	0	0	0	0	0
Participacion de los trabajadores						-20,018	-20,018	-20,018	-20,018	-84,195	-195,132	-232,363	-235,935	-236,210	-236,210	-236,210	-236,210
Impuesto a la renta						-54,049	-54,049	-54,049	-54,049	-227,326	-526,855	-627,380	-637,026	-637,768	-637,768	-637,768	-637,768
Pago de dividendos						-13,620	-13,620	-13,620	-13,620	-57,286	-132,768	-158,100	-160,531	-160,717	-160,717	-160,717	-160,717
Total egresos de efectivo	-178,571	-891,259	-973,783	-971,035	-968,287	-1,053,226	-1,050,478	-1,047,730	-1,044,982	-5,559,234	-6,001,214	-5,881,007	-5,811,384	-5,812,587	-5,812,587	-5,812,587	-5,812,587
Saldo en caja	178,427	377,893	631,176	887,207	1,145,986	1,319,826	1,496,414	1,675,750	1,857,834	3,660,995	5,022,176	6,503,564	8,054,575	9,604,383	11,154,191	12,703,999	14,253,807

6.3.3. Análisis de sensibilidad

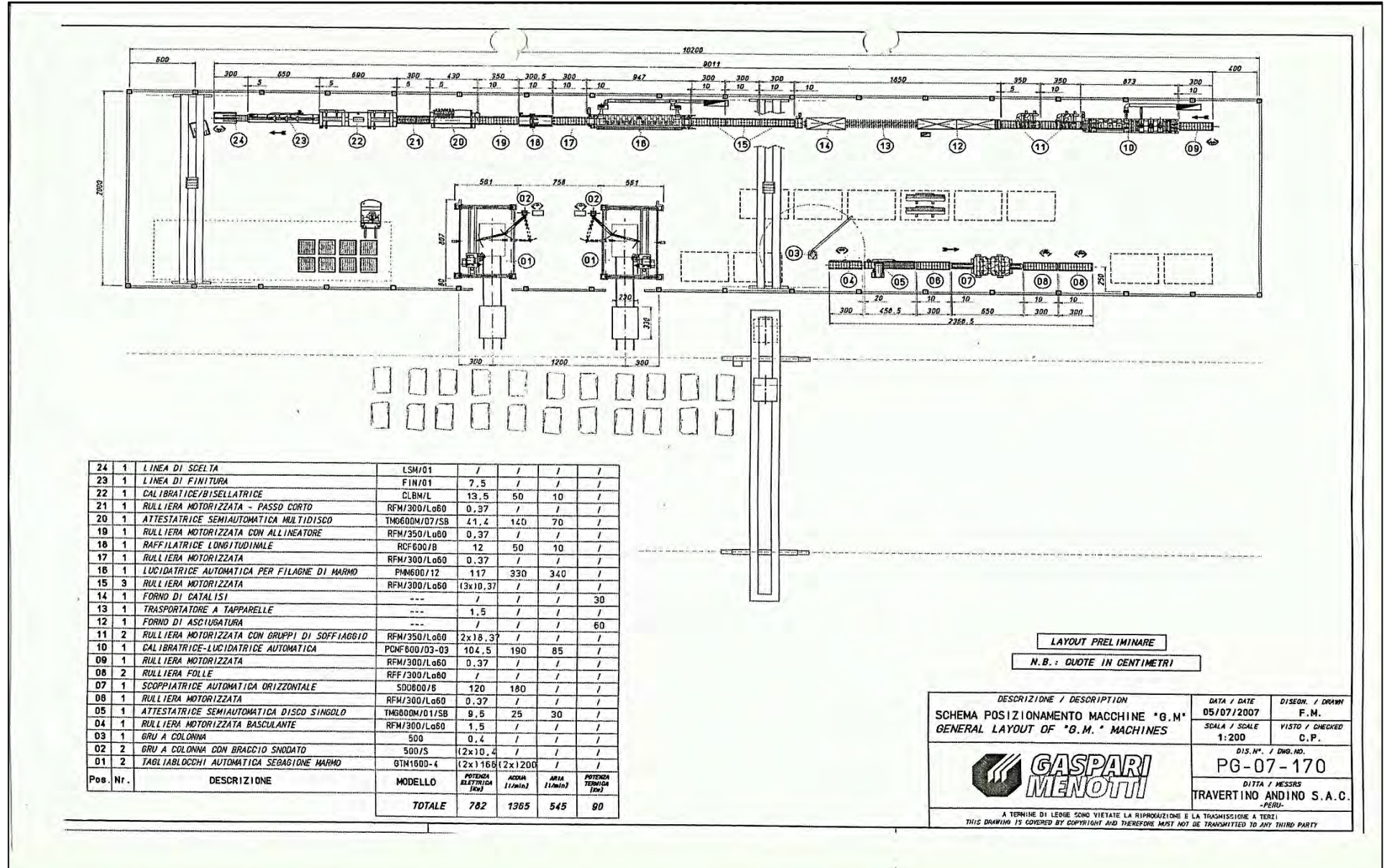
Tabla 19. Análisis de sensibilidad

Descripción	Valores
Valor Actual Neto (VAN) US\$	3,389,701
Relación Beneficio / Costo	1.89
Tasa Interna de Retorno (TIR) %	37.87

6.4 INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DEL PROYECTO

- Los indicadores demuestran que la inversión resulta atractiva. La tasa interna de retorno es mayor a 30 %, muy superior al costo de oportunidad del capital que es 28 %.
- El constante crecimiento del tamaño del mercado internacional, justifican posteriores estudios de ampliaciones de la capacidad productiva de la planta de transformación.
- Es imprescindible la constante capacitación de la mano de obra para el mejor aprovechamiento de los recursos naturales.
- Las reservas probadas de sedimentos calcáreos en la sierra central andina garantizan la provisión constante de materia prima.

Figura 30. Modelo de instalación de la planta (flowsheet)



LAYOUT PRELIMINARE

N.B.: QUOTE IN CENTIMETRI

DESCRIZIONE / DESCRIPTION	DATA / DATE	DISEGN. / DRAWN
SCHEMA POSIZIONAMENTO MACCHINE "G.M."	05/07/2007	F.M.
GENERAL LAYOUT OF "G.M." MACHINES	SCALA / SCALE	VISTO / CHECKED
	1:200	C.P.
		DIS. N° / DWG. NO.
		PG-07-170
DITTA / MESSRS		
TRAVERSINO ANDINO S.A.C.		
-PERU-		
A TERMINI DI LEGGE SONO VIETATE LA RIPRODUZIONE E LA TRASMISSIONE A TERZI		
THIS DRAWING IS COVERED BY COPYRIGHT AND THEREFORE MUST NOT BE TRANSMITTED TO ANY THIRD PARTY		

CONCLUSIONES

1. El 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.
2. La evaluación de recursos presentan el siguiente orden:

Bloque	Color	Superficie (m ²)	Profundidad (m)	Castigo (%)	Volumen (m ³)
Bloque A	Verde andino	155 000	30	30%	3 255 000
Bloque B	Negro San Alfonso	215 625	30	35%	4 204 688
Bloque C	Gris Claro	121 250	30	30%	2 546 250
TOTAL					10 005 938

La prioridad de cantera está emplazada para el Bloque C por los siguientes factores:

- ✓ Presenta una calidad de mármol homogénea y compacta para efectos de voladura.
 - ✓ El carácter de su presentación es de grano medio.
 - ✓ La profundidad está comprobada por el taladro RON-68 y RON – 87.
 - ✓ Es un color comercial en el mercado local.
3. Los colores predominantes son: el Verde Andino, Negro y Gris Fátima, dichos colores son comerciales y económicos para su exportación. Se

cuenta con un precio de esta materia prima (bloques) de 250 US\$/m³, obtenido de la muestra enviada a la feria “Remodeling show Chicago 2013”.

4. Para la extracción de bloques se considera un mix de métodos de explotación: el desbroce y preparación de plataformas se ejecutará por el método convencional (perforación y voladura), y la extracción de bloques con el método mecanizado (hilo diamantado).
5. La ubicación de la planta de transformación de bloques, estará en el distrito de Ambo – Huánuco, estratégicamente por ubicada por la utilización del agua de río y para el abastecimiento de materia prima de terceros.
6. 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.
7. El tiempo de compra de equipos, compra de terreno, gestión administrativa, etc. Propiamente de la instalación de la planta, se estima en un año y medio.
8. 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.
9. Las baldosas como producto terminado serán transportados a Lima – Callao, directo para su exportación en containers preparados.
10. La mano de obra requerida en la explotación de bloques es no calificada, por lo que la demanda será cubierta con pobladores de la zona. La mano de obra para la planta de transformación será calificada y no calificada, generando trabajo en la ciudad de Huánuco.

RECOMENDACIONES

1. Inicialmente los bloques producidos en la cantera deben ser almacenados en Ambo – Huánuco, para que sirvan de inventario al instalar la planta de transformación. Se recomienda mientras dure el tiempo de instalación, vender los bloques al mercado local (plantas en Lima) para no generar un exceso de inventario.
2. Continuar con la exploración de yacimientos de mármol – travertino en la zona centro del país, en la búsqueda de encontrar una mayor variedad de colores, textura, etc. Para tener una oferta variada al cliente final, sin olvidarnos que este mercado cambia por las nuevas tendencias en el sector inmobiliario y construcción.
3. La planta de transformación, por su flexibilidad técnica, puede cortar bloques de mármol, bloques de travertino y bloques de granito. Esto le da un tiempo de vida prolongado y una mayor rentabilidad para la empresa en caso el mercado mundial cambie de gusto
4. La compra de bloques de mármol o travertino a terceros, debe ser estratégico y selectivo, para que la oferta inicial de la empresa sea la venta de los bloques de mármol producidos en la propia cantera (Proyecto NM).
5. Posteriormente de acuerdo a la ampliación y diversificación del mercado se puede ofertar bloques de otras variedades y segmentar los clientes por tipo

de material (propio del proyecto NM, propio de otra cantera y de compra a terceros).

6. Luego de la puesta en marcha del proyecto de explotación y transformación de mármol, se recomienda difundir las nuevas tecnologías de la industrialización de la planta, difundir el uso limitado de explosivos en la cantera por la implementación de técnicas mecanizadas (equipos eléctricos de hilo diamantado). Para reforzar la imagen de la empresa en la comunidad y sociedad en general.
7. En resumen se busca 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.
8. Analizar la posibilidad de aprovechar los granates producto del metamorfismo de contacto en el skarn, pudiendo comercializar estos granates como material refractario. El producto industrializado puede generar ladrillos refractarios, morteros refractarios o apisonables refractarios.
9. Se recomienda la instalación de una planta (u hornos) de cal para el aprovechamiento de las escallas producidas en la generación de bloques de mármol.
10. Analizar la posibilidad de aprovechar los escallas con la instalación de una pequeña planta de molienda, para producir finos de carbonato de calcio los cuales se utilizan en la industria de pinturas.
11. Las escallas de caliza también podrían ser comercializadas en el sector cementero, para la generación del Clinker dentro del proceso de fabricación del cemento.

REFERENCIAS

1. Marfany A. (2004). Tecnología de canteras y graveras. Madrid, España: Fueyo editores.
2. Lopez C. (2006). Manual de rocas ornamentales. Madrid, España: Arias Montano.
3. Kroenberg, W. (2002, 5 marzo). Estudio económico para un método ideal de extracción en una cantera de mármol, Presentación de estudio para Compañía Minera Lafayette, Lima, Perú.
4. Primavori, P. (2010, 15 diciembre). Cerro Rondoni Marble Project, Diagnostic study. Presentación de estudio para Compañía Minera Vichaycocha, Lima, Perú.
5. Cruz C. C. (1998). Yacimiento mineralizado de mármol en Huaccramarca: Minerales Industriales del Perú.
6. Espourteille, F. (1981). Informe Interno Proyecto Rondoni(pp 41).
7. García del Cura, M.A. (1999). Los Mármoles Comerciales "Marrón Imperial " y "Marrón Emperador". Caracterización Petrológica y Criterios de Exploración. En: Boletín Geológico y Minero(pp. 67-76). España.
8. Mamani, R. (2007). Calculo de Recursos de travertino y mármol, Informe Interno Marmoleriay Granitos S.A. (pp 15).

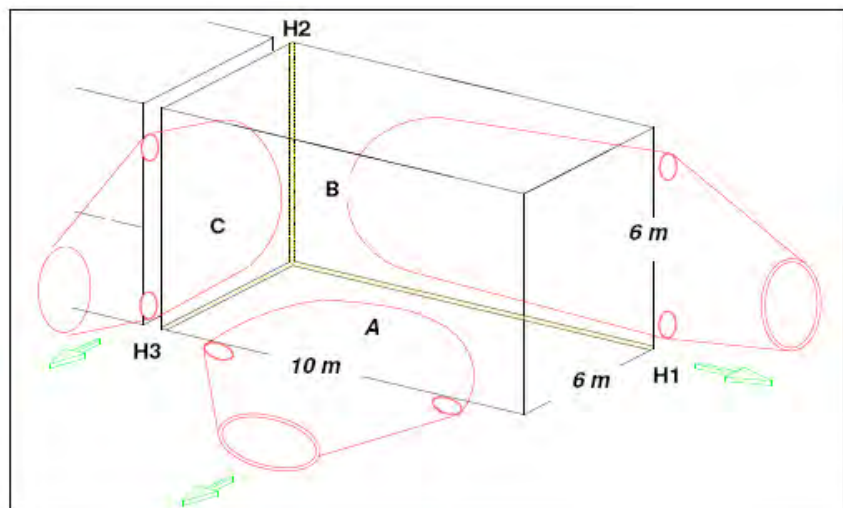
9. Tume, B. V. (1998). El mármol en el Perú, su explotación y beneficio. En: *Minerales Industriales del Perú*.
10. Valdivia, L. (2009). Geología del Proyecto Rondoni. Informe Anual Interno Cía. *Minera Vichaycocha S.A.C, Perú*.
11. Porras, A. (1993). La Importancia de los Mármoles en la Región Central del Perú. En: *IX Simposium Nacional de Minería (pp 48 – 69)*. Perú

ANEXOS

Anexo N° 1

CALCULO DEL COSTO DE OPERACIÓN DEL BLOQUE (US\$/M3)

FASE I: Corte primario



- A. Corte horizontal (orientado según la estratificación o fracturación primaria).
- B. Corte lateral (*)
- C. Corte vertical (perpendicular al corte lateral) *

Nota (*): los cortes horizontal y vertical se refieren a la orientación de la fracturación primaria que tiene que ser respetada para reducir los descartes.

A. CORTE HORIZONTAL

Tabla de perforación	Unidades	Cantidad
Mano de obra	obreros	3
Metros de perforación H1	m	10
Metros de perforación H3	m	6
Total H1 +H3	m	16
Velocidad de perforación	cm/min	15.0
Tiempo de perforación	hr	1.87
Tiempo muerto	hr	0.20
Tiempo total	hr	2.07
Consumo de combustible	lt/hr	12.50

Tabla de corte	Unidades	Cantidad
Mano de obra	obreros	3
Superficie a cortar (A)	m ²	60
Velocidad de corte	m ² /hr	6.00
Tiempo de corte	hr	10.00
Tiempo muerto	hr	1.00
Total de tiempo	hr	11.00
Consumo de electricidad	kw	35
Consumo de agua	lt/min	25

B. CORTE VERTICAL

Tabla de perforación	Unidades	Cantidad
Mano de obra	obreros	3
Metros de perforación H2	m	6
Velocidad de perforación	cm/min	15.0
Tiempo de perforación	hr	0.80
Tiempo muerto	hr	0.20
Tiempo total	hr	1.00
Consumo de combustible	lt/hr	12.50

Tabla de corte	Unidades	Cantidad
Mano de obra	obreros	3
Superficie a cortar (B)	m ²	60
Velocidad de corte	m ² /hr	6.00
Tiempo de corte	hr	10.00
Tiempo muerto	hr	1.00
Total de tiempo	hr	11.00
Consumo de electricidad	kw	35
Consumo de agua	lt/min	25

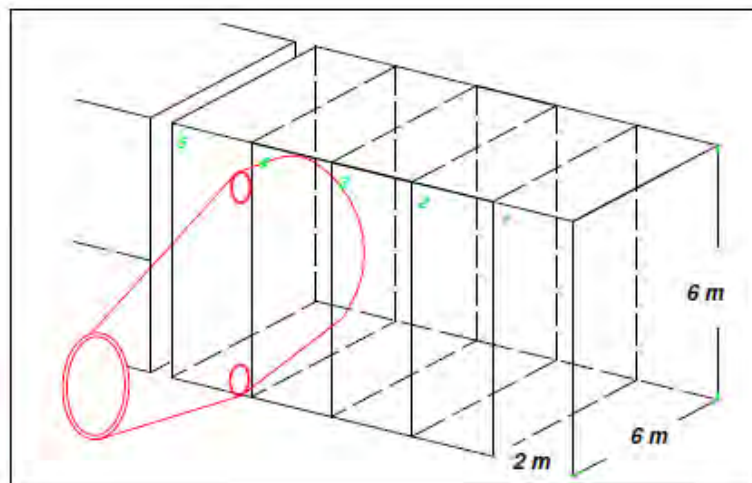
C. CORTE LATERAL

Tabla de corte	Unidades	Cantidad
Mano de obra	obreros	3
Superficie a cortar (C)	m ²	36
Velocidad de corte	m ² /hr	6.00
Tiempo de corte	hr	6.00
Tiempo muerto	hr	1.00
Total de tiempo	hr	7.00
Consumo de electricidad	kw	35
Consumo de agua	lt/min	25

RESUMEN DE LAS TABLAS FASE I

	Unidades	Cantidad
Perforación para el hilo diamantado	m	22
Área cortada con hilo	m ²	156
Electricidad requerida	kwh	910
Operación del compresor	hr	3
Consumo de combustible	lt	37.5
mano de obra	hr	96
Consumo de agua	m ³	39

FASE II: Corte secundario



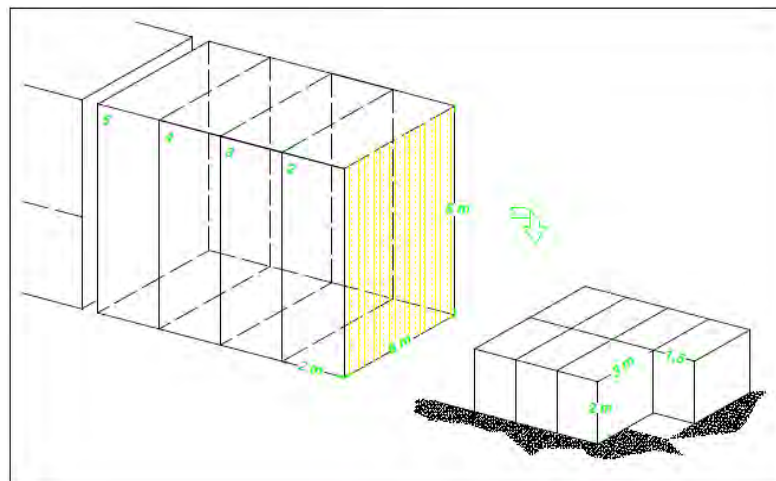
Para cortar las porciones 1, 2, 3, 4 y 5 se utiliza la maquina MAR FIL, con los siguientes datos operativos:

Tabla de corte por cara	Unidades	Cantidad
Mano de obra	obreros	3
superficie a cortar por cara	m ²	36
Velocidad de corte	m ² /hr	6.00
Tiempo de corte	hr	6.00
Tiempo muerto	hr	1.00
Total de tiempo	hr	7.00
Consumo de electricidad	kw	35
Consumo de agua	lt/min	25

RESUMEN DE LAS TABLAS FASE II

	Unidades	Cantidad
Ancho de cada banco	m	2
Cantidad de caras a cortar	und	4
Área total cortada	m ²	144
Consumo de electricidad	kwh	840
Mano de obra	hr	84
Consumo de agua	m ³	36

FASE III: Encuadre



Cada porción puede ser dividida en bloques de dimensiones que dependen de varios factores, como límites de peso transportable, tipo de maquina utilizada en los aserraderos o plantas de procesamiento final (telares, cortabloques, etc.), El tamaño de los bloques determina el número de cortes en cada porción (1, 2, 3, 4 y

5) y en consecuencia el número de perforaciones. Otro factor a considerar es que las dimensiones de los bloques comerciales sean los correctos para reducir la cantidad de desechos o descartes.

Para nuestro calculo, determinaremos bloques comerciales de 3.0 x 1.5 x 2.0 m

Consideramos dos etapas:

A. Empuje de la porción: para empujar cada porción se utiliza un HIDRO BAG (bolsa de acero con agua) y un BULL (gata neumática), conjuntamente con excavadora, dicho equipo también es usado para preparar la “cama” donde la porción caerá:

1. EMPUJE

	Unidades	Cantidad
Mano de obra	obreros	4
Tiempo de empuje	hr	3
Tiempo de uso de excavadora	hr	1

datos para perforación

	Unidades	Cantidad
Largo de la rebanada	m	6
Ancho de la rebanada	m	6
Altura de la rebanada	m	2
largo del bloque comercial	m	3.0
Ancho del bloque comercial	m	1.5
Altura del bloque comercial	m	2.0
Cortes del largo de la rebanada	und	3
Cortes del ancho de la rebanada	und	1
Volumen de cada bloque	m3	9
Peso específico del material	tm/m3	3
Peso de cada bloque	tm	27
Numero de bloques por rebanada	und	8

B. Perforación: Una vez volcada la porción, para la subdivisión de los bloques se usa la máquina perforadora SPHERICAL.

2. PERFORACION CON SPHERICAL

Tabla de perforacion	Unidades	Cantidad
Mano de obra	obreros	2
Distancia entre taladros	cm	10
Cantidad de taladros	und	236
Largo de cada taladro	m	2.0
Metros totales de taladros	m	472
Velocidad de perforación	cm/min	40
Tiempo de perforación	hr	19.4
Tiempo muerto	hr	1
Tiempo total		20.4
Consumo de combustible	lt/hr	12.50

Uso de expansores

	Unidades	Cantidad
Mano de obra	obreros	2
Tiempo usado	hr	8

Realizadas estas perforaciones en la rebanada, se procede a desprender los bloques con el uso de **expansores** de 30 o 50 cm, que son una especie de cinceles especiales, los cuales se colocan en cada agujero y se golpea manualmente logrando el fracturamiento. Esta técnica es la más económica, puesto que existen otra formas de lograr este desprendimiento como es el uso de cemento expansivo o las propias máquinas de corte

RESUMEN DE LAS TABLAS FASE III

Para cada rebanada	Unidades	Cantidad
Total de perforación	m	472
Tiempo del uso de compresor	hr	20
Consumo de combustible	lt	243
Mano de obra	hr	73
Tiempo de excavadora	hr	1

Para todas las rebanadas	Unidades	Cantidad
Rebanadas	und	5
Mano de obra	hr	364
Perforación total	m	2360
Consumo de combustible	lt	1213
Tiempo de excavadora	hr	5

ANALISIS DE COSTOS

Consideraciones

	Unidades	Cantidad
Mano de obra (642 US\$/mes)	US\$/hr	1.67
Combustible diesel (4.2 US\$/gal)	US\$/lt	1.07
* Electricidad del generador	US\$/kwh	0.29
Hilo diamantado	US\$/m	85
Ratio del hilo diamantado	m2/m	80
Costo de corte de hilo diamantado	US\$/m2	1.06
Costo perforacion para hilo	US\$/m	0.40
Costo perforacion para encuadre	US\$/m	0.15
Excavadora (incl. diesel)	US\$/hr	70.0
Agua para hilo diamantado	US\$/m3	0

El costo de electricidad, se asume un generador de 115 kw, con un consumo de diesel de 32 lt/hr.

(*) Considerando $32 \text{ lt} \times 1.07 \text{ US\$/lt} = 34.24 \text{ US\$/hr}$.

$34.24 \text{ US\$/hr} : 115 \text{ kw} = 0.29 \text{ US\$/kwh}$

Item	Fases	Unidades	cantidad	US\$
MANO DE OBRA	FASE I	hr	96.2	160.67
	FASE II	hr	84.0	140.28
	FASE III	hr	364.0	607.88
	TOTAL			908.83
CONSUMO DE COMBUSTIBLE DIESEL	FASE I	lt	37.5	62.63
	FASE II	lt		
	FASE III	lt	1212.5	1297.38
	TOTAL			1360.00
ELECTRICIDAD	FASE I	Kwh	910	263.90
	FASE II	Kwh	840	243.60
	FASE III	Kwh		
	TOTAL			507.50
HILO DIAMANTADO	FASE I	m2	156	165.75
	FASE II	m2	144	153.00
	FASE III	m2		
	TOTAL			318.75
PERFORACION PARA EL PASE DE HILO DIAMANTADO (DRILLER)	FASE I	m	22	8.80
	FASE II	m		
	FASE III	m		
	TOTAL			8.80
PERFORACION PARA ENCUADRE (SPHERICAL)	FASE I	m		
	FASE II	m		
	FASE III	m	2360	354.00
	TOTAL			354.00
EXCAVADORA	FASE I	hr		
	FASE II	hr		
	FASE III	hr	5	350.00
	TOTAL			350.00
OTROS	Costos de izaje y movimiento de equipos			500.00
	Repuestos y lubricantes			450.00
	TOTAL			950.00

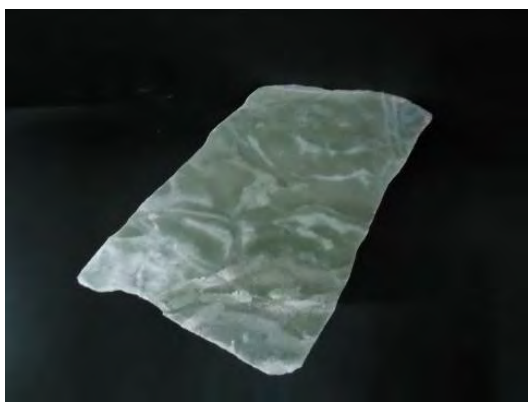
En resumen el costo de operación está relacionado directamente a la recuperación de cada superbloque, presentamos dos costos de operación con recuperación de 60 % y 40 %, debido a la realidad geológica del yacimiento y calidad demandada por los futuros clientes (color, venillas, tipo de corte al agua o la veta, etc.)

A)	COSTOS TOTALES (US\$)	4757.88
	SUPERBLOQUE CONSIDERADO (m3)	360
	RECUPERACION (%)	0.6
	COSTO DE OPERACIÓN /US\$/m3)	22.03

B)	COSTOS TOTALES (US\$)	4757.88
	SUPERBLOQUE CONSIDERADO (m3)	360
	RECUPERACION (%)	0.4
	COSTO DE OPERACIÓN /US\$/m3)	33.04

Anexo Nº 2

FOTOS DE MARMOL PULIDO DEL PROYECTO





Anexo N° 3

FOTOS DEL YACIMIENTO DE MARMOL



Vista frontal de la cantera de mármol de prioridad para efectos de minado denominado **Bloque C.**



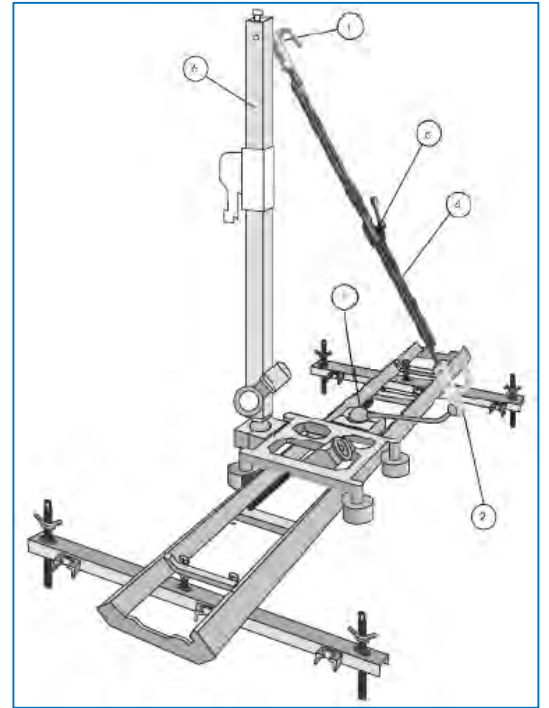
Afloramientos compactos de mármol gris claro. Lo cual indican horizontes.

Anexo N° 4

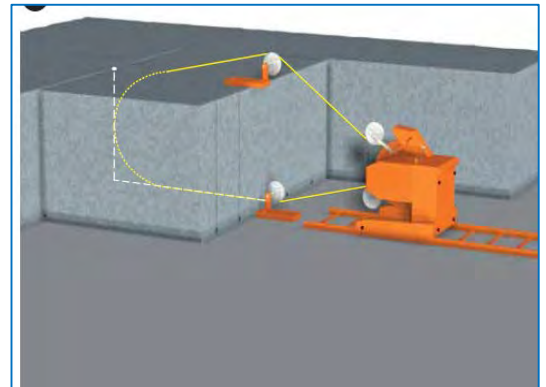
FOTOS DE MAQUINARIA PARA CORTE



Perforadora Driller, de Marini Group



Perforadora Spherical, de Marini Group



Máquina de corte de hilo diamantado, de Marini Group.



Cantera Italiana mecanizada