



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN MINAS

**Optimización de los procesos de explotación y producción
de la concesión minera Alquilula código 2609.**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERA EN MINAS

Autor:

CHRISTIAN ADRIAN ORDOÑEZ GUAYCHA

Director:

ERNESTO PATRICIO FELJOO CALLE

CUENCA – ECUADOR

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	¡Error! Marcador no definido.
ABSTRACT.....	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....	2
1.1 Información general del área de estudio.....	2
1.2 Ubicación Geográfica.....	2
1.3 Localización topográfica	3
1.4 Geología Regional.....	4
1.4.1. Terciario	4
1.4.2. Cuaternario	5
1.4.3. Geología Estructural Regional	6
1.5 Geología Local	6
CAPÍTULO II: ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL	9
2.1 Análisis técnico, ambiental y legal.....	9
2.1.1 Análisis Técnico.....	9
2.1.2 Análisis Ambiental	9
2.1.3 Análisis Legal.....	9
2.2 Descripción de los trabajos de la cantera (Situación Actual).....	10

2.2.1 Horario Laboral	10
2.2.3 Arranque	10
2.2.4 Carga.....	10
2.2.5 Venta de material.....	11
2.3 Evaluación de la producción de los trabajos	11
2.3.1 Arranque y Carga	11
2.4 Evaluación técnica de la zona de estudio	13
2.4.1 Acceso al frente de explotación.....	13
2.4.2 Planimetría de la concesión minera Alquilula	14
2.4.3 Frentes de explotación.....	14
2.4.4 Maquinaria.....	18
2.4.5 Zona de Stock.....	23
2.4.6 Campamento.....	23
2.4.7 Patio para estacionamiento de vehículos y maquinarias	23
2.4.8 Señalización.....	24
2.5 Análisis de costos y ventas	24
2.5.1 Gastos mensuales.....	24
2.5.2 Gastos de personal	25
2.5.3 Servicios básicos	25
2.5.4 Alimentación	26
2.5.5 Otros	26
2.5.6 Ventas	26
2.6 Evaluación Económica	27
2.6.1. Utilidad anual de la empresa.	27
2.6.2 Activos de la empresa.....	29
2.6.3 Indicadores económicos	29
2.6.4 Estado de resultados funcional de la empresa:	30

2.6.5. Punto muerto o punto de equilibrio.....	30
CAPÍTULO III: DISEÑO PROPUESTO DEL TRABAJO DE MINA.....	32
3.1. Topografía actual.....	32
3.2. Análisis geomecánico y geotécnico.....	32
3.2.1. Propiedades físico mecánicas de las rocas.....	32
3.3. Construcción de la envolvente de rotura	36
3.4. Caracterización del agrietamiento	36
3.5. Cálculo del Número de diaclasas por Metro Cúbico de Roca (Jv).....	37
3.6. Espaciamiento de las Discontinuidades.....	38
3.7. Condiciones de las Discontinuidades	38
3.8. Condiciones Hidrológicas	38
3.9. Proyección Estereográfica de las Familias de Discontinuidades	39
3.10. Evaluación de la calidad de la roca	39
3.10.1. Designación de la calidad de la roca.....	40
3.11. Clasificación de Bieniawski (1979).....	40
3.14. Determinación del ángulo de inclinación para los taludes del diseño de explotación	43
3.15. Factor de seguridad y altura máxima para los taludes del diseño de explotación	44
3.16. Cálculo de reservas.....	44
3.17. Propuesta del diseño de explotación.....	46
3.17.1. Acceso y Zona de stock	46
3.17.2. Diseño geométrico del método de explotación.....	47
3.17.3. Etapas de explotación	49
3.17.4. Acceso al frente de explotación	49
3.17.5. Etapa 1 de estabilización de los frentes de explotación.....	50

3.17.6. Etapa 2	55
3.17.7. Etapa 3	59
3.17.8. Etapa 4	63
3.17.9 Etapa 5	67
3.17.10. Etapa 6 de liquidación final	71
3.18. Maquinaria.....	75
3.18.1. Arranque y carga.....	75
3.18.2. Transporte	75
3.18.3. Cargadora para ventas.....	75
3.18.4. Análisis de la productividad	77
3.18.5. Análisis de la productividad	78
3.18.6. Ritmo de explotación.....	78
3.19. Proyección de costos	80
3.19.1Costos detallados	81
3.20. Análisis financiero.....	83
3.20.1. Financiamiento.....	83
3.20.2. Flujo de caja.....	84
3.21. Análisis de sensibilidad	84
CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	86
4.1. Interpretación de resultados.....	86
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
BIBLIOGRAFÍA.....	92
ANEXOS	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Vía de acceso a la concesión minera Alquilula.	3
Figura 1.2. Mapa de Ubicación de la Concesión Minera Alquilula.....	4
Figura 1.3. Formación Turi	7
Figura 1.4. Mapa geológico regional	7
Figura 1.5. Mapa Litológico de la Concesión Minera Alquilula	8
Figura 2.1. Excavadora Cat 320 CL.....	10
Figura 2.2. Carga y transporte Cat 320 CL y Volqueta Hyundai.....	11
Figura 2.3. Cálculo entre superficies.....	13
Figura 2.4. Vía de acceso evidentemente deteriorada.....	14
Figura 2.5. Mapa planimétrico de las instalaciones la concesión Alquilula	14
Figura 2.6. Mapa de ubicación de los frentes de explotación de la concesión minera Alquilula.....	15
Figura 2.7. Frente A de explotación de la concesión minera Alquilula.....	16
Figura 2.8. Frente B de explotación de la concesión minera Alquilula	16
Figura 2.9. Mapa de pendientes del Frente A	18
Figura 2.10. Mapa de pendientes del Frente B.....	18
Figura 2.11. Características de la maquinaria excavadora Caterpillar CAT 320C. ...	19
Figura 2.12. Características de tren de rodaje y motor de la maquinaria excavadora Caterpillar CAT 320C.	19
Figura 2.13. Vista de perfil y características de la maquinaria excavadora Caterpillar CAT 320C.	20
Figura 2.14. Vista frontal y características de la maquinaria excavadora Caterpillar CAT 320C	21
Figura 2.15. Vista de pala mecánica y características de la maquinaria excavadora Caterpillar CAT 320C.	22
Figura 2.16. Campamento en adecuación, incluyendo sus características.....	23
Figura 2.17. Características del patio de estacionamiento de vehículos.	23
Figura 2.18. Mapa de señalética.....	24
Figura 2.19. Análisis del punto de Equilibrio.	31
Figura 3.1. Peso y volumen de una muestra de roca.....	33
Figura 3.2. Presión a la muestra.	33
Figura 3.3. Cubos tallados.....	33

Figura 3.4. Falla de la muestra.	34
Figura 3.5. presión a la muestra.	35
Figura 3.6. Cilindros de roca.	35
Figura 3.7. Falla de la muestra.	35
Figura 3.8. Obtención de C y ϕ a través de los resultados obtenidos en el laboratorio.	36
Figura 3.9. Proyección estereográfica de las familias de discontinuidades.	39
Figura 3.10. Imagen del macizo rocoso.	43
Figura 3.11. Proyección en la red estereográfica simulando un talud con inclinación de 60 grados.	44
Figura 3.12. Vista en planta de las secciones.	45
Figura 3.13. Perfiles cálculo de reservas.	45
Figura 3.14. Imagen que señala la nueva ruta de acceso.	47
Figura 3.15. Imagen donde muestra el lugar designado a la zona de stock.	47
Figura 3.16. Dimensión del talud de explotación.	48
Figura 3.17. Dimensión del talud de liquidación final.	48
Figura 3.18. Diseño de etapas de explotación.	49
Figura 3.19. Trazo vía de acceso a la parte superior de la cantera.	50
Figura 3.20. Topografía modificada con acceso a la parte superior de los frentes de exportación.	50
Figura 3.21. Perfiles y volumen a extraer Etapa 1.	52
Figura 3.22. perfiles y plano topográfico de la etapa 1.	53
Figura 3.23. Modelo Digital del Terreno Etapa 1.	54
Figura 3.24. Perfiles y volumen a extraer Etapa 2.	56
Figura 3.25. Perfiles y plano topográfico de la etapa 2.	57
Figura 3.26. Modelo Digital del Terreno Etapa 2.	58
Figura 3.27. Perfiles y volumen a extraer Etapa 3.	60
Figura 3.28. Perfiles y plano topográfico de la etapa 3.	61
Figura 3.29. Modelo Digital del Terreno Etapa 3.	62
Figura 3.30. Perfiles y volumen a extraer Etapa 4.	64
Figura 3.31. Perfiles y plano topográfico de la etapa 4.	65
Figura 3.32. Modelo Digital del Terreno Etapa 4.	66
Figura 3.33. Perfiles y volumen a extraer Etapa 5.	68
Figura 3.34. Perfiles y plano topográfico de la etapa 5.	69

Figura 3.35. Modelo Digital del Terreno Etapa 5.....	70
Figura 3.36. Perfiles y volumen a extraer Etapa 6.	72
Figura 3.37. Perfiles y plano topográfico de la etapa 6.....	73
Figura 3.38. Modelo Digital del Terreno Etapa 6.	74
Figura 3.39. Características de la Volqueta Hyundai.....	75
Figura 3.40. Retroexcavadora Caterpillar CAT 420C.	76
Figura 3.41. Diagrama de procesos productivos.....	77
Figura 3.42. Análisis de sensibilidad	85
Figura 4.1. Producción por día de la empresa.....	86
Figura 4.2. Producción de la excavadora.	87
Figura 4.3. Costos por metro cúbico de material.	87
Figura 4.4. Utilidad Neta.....	88
Figura 4.5. Comparación de los puntos de equilibrio.	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Ficha Técnica	2
Tabla 1.2. Puntos con las coordenadas de la Concesión Alquilula.....	3
Tabla 2.1. Duración del ciclo	12
Tabla 2.2. Resumen gastos mensuales de la concesión minera Alquilula	24
Tabla 2.3. Costo mensual de los trabajadores	25
Tabla 2.4. Servicios básicos	25
Tabla 2.5. Alimentación.....	26
Tabla 2.6. Equipos de protección personal y señalética.....	26
Tabla 2.7. Gastos operacionales.....	26
Tabla 2.8. Promedio de ventas mensual desde enero de 2016 hasta marzo del 2017 de la concesión minera Alquilula.....	27
Tabla 2.9. Utilidad anual de la empresa:.....	27
Tabla 2.10. Estado de resultados.....	28
Tabla 2.11. Activos de la empresa	29
Tabla 2.12. Estado de Resultados Funcionales de la Cantera Alquilula.....	30
Tabla 3.1. Propiedades físico-mecánicas de la roca.....	32
Tabla 3.2. Datos del ensayo de resistencia a compresión uniaxial de la roca	34
Tabla 3.3. Datos del ensayo a la tracción de la roca.	35
Tabla 3.4. Familias de planos de discontinuidades.....	37
Tabla 3.5. Familias de diaclasas medidas in situ.	37
Tabla 3.6. Espaciamiento de discontinuidades para cada sistema de grietas.....	38
Tabla 3.7. Condición de las discontinuidades (Bieniawshi)	38
Tabla 3.8. Clasificación de las rocas en función del RQD.....	40
Tabla 3.9. Tabla de clasificación de parámetros de Bieniawski (1979).....	41
Tabla 3.10. Correlación del RMR mediante ajuste por orientación de discontinuidades (Bieniawshi, 1979)	41
Tabla 3.11. Parámetros valorados para Bieniawski.	42
Tabla 3.12. Valoración del RMR	42
Tabla 3.13. Reservas Cantera concesión Alquilula.....	46
Tabla 3.14. Etapas de explotación.....	44
Tabla 3.15. Cálculo de volumen método de perfiles Etapa 1.....	51
Tabla 3.16. Cálculo de volumen método de perfiles Etapa 2.....	55

Tabla 3.17. Cálculo de volumen método de perfiles Etapa 3	59
Tabla 3.18. Cálculo de volumen método de perfiles Etapa 4.....	63
Tabla 3.19. Cálculo de volumen método de perfiles Etapa 5.....	67
Tabla 3.20. Cálculo de volumen método de perfiles Etapa 6.....	71
Tabla 3.21. Volúmenes a extraer.....	78
Tabla 3.22. Resumen de proyección de costos.	80
Tabla 3.23 Proyección Costo mensual de los trabajadores.....	81
Tabla 3.24. Proyección de costos de Servicios básicos	81
Tabla 3.25. Alimentación.....	82
Tabla 3.26. Equipos de protección personal y señalética.....	82
Tabla 3.27. Gastos operacionales.....	82
Tabla 3.28. Flujo de caja.....	84
Tabla 4.1. Cuadro comparativo del modelo actual vs la propuesta de minado.....	89

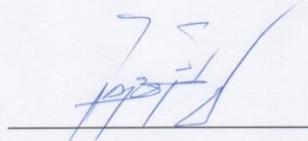
ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis estereográfico.....	93
Anexo 2. Determinación del factor de seguridad y altura máxima para los taludes del diseño de explotación	96
Anexos 3. Cálculo de parámetros para el levantamiento topográfico con dron	99
Anexo 4. Mapa topográfico	102
Anexo 5. Informe del laboratorio de geotécnica y materiales.....	103
Anexo 6. Cálculo de maquinaria	105
Anexo 7. Tabla de amortización.....	106

**OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE EXPLOTACIÓN Y PRODUCCIÓN
DE LA CONCESIÓN MINERA ALQUILULA CÓDIGO 2609**

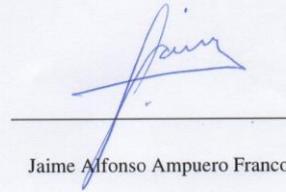
RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo proponer un diseño de explotación para optimizar los procesos de producción de la cantera Alquilula, para lo cual se realizó un análisis detallado de la situación que presenta actualmente. Se tuvo en cuenta cuestiones técnicas, legales y costos. Una vez caracterizada la cantera se propuso un diseño de explotación de bancos múltiples descendentes y los costos y beneficios de aplicar esta propuesta.



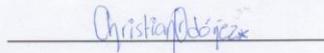
Ernesto Patricio Feijoo Calle

Director del Trabajo de Titulación



Jaime Alfonso Ampuero Franco

Coordinador de Escuela



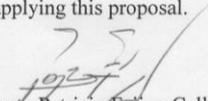
Christian Adrian Ordoñez Guaycha

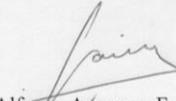
Autor

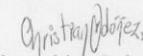
**OPTIMIZATION OF THE EXPLOITATION AND PRODUCTION PROCESSES OF
THE ALQUILULA CODE 2609 MINING CONCESSION**

ABSTRACT

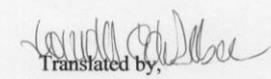
This research aimed to propose an exploration design to optimize the production processes of the *Alquilula* quarry; for which a detailed analysis of the current situation was carried out. Technical, legal and cost issues were taken into account. Once the quarry was characterized, an exploration design for downward multi-benches was proposed. The study also included the costs and benefits of applying this proposal.


Ernesto Patricio Feijoo Calle
Thesis Director


Jaime Alfonso Ampuero Franco
School Coordinator


Christian Adrian Ordoñez Guaycha
Author


UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas


Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Ordóñez Guaycha Christian Adrian

Trabajo de Titulación

Ing. Ernesto Patricio Feijoo Calle

Noviembre, 2017

OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE EXPLOTACIÓN Y PRODUCCIÓN DE LA CONCESIÓN MINERA ALQUILULA CÓDIGO 2609

INTRODUCCIÓN

Las empresas mineras alrededor del mundo, tienden a trazarse grandes metas y expectativas en el mejoramiento de sus actividades para lograr maximizar el nivel de producción y optimizar la productividad de manera significativa, reducir el número de procesos implementados y obtener mejoras en la rentabilidad para así maximizar los beneficios operacionales obtenidos.

La elaboración del presente proyecto de titulación tiene por finalidad plantear un diseño para la extracción de materiales pétreos en la concesión minera Alquilula.

Actualmente en la cantera se extrae el material pétreo (lastre) de manera desorganizada, no existe un diseño y planificación de explotación específico a seguir, a través de este trabajo se analizará los aspectos técnicos, legales, ambientales, económicos, productivos, además de realizar una caracterización del área de interés, con el fin de obtener información de la cantera y plantear un diseño de explotación donde se optimizará los procesos, aumentando de esta manera la producción maximizando las utilidades de la empresa, teniendo siempre presente el cuidado al medio ambiente, cumpliendo con las leyes y técnicas adecuadas para garantizar que la explotación minera sea responsable y segura.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Información general del área de estudio

A continuación, se detalla información necesaria para identificar a la concesión minera Alquilula.

Tabla 1.1. Ficha Técnica

Nombre del Área Minera	Código	Fase Minera	Superficie Minera	Ubicación	
Alquilula	2609	Explotación	44Has	Coordenada WGS84 X: 729841 Y: 9673926	
Fecha de Vigencia	Provincia	Cantón	Parroquias	Sector	Recursos para la explotación
Sustituido el 10 de mayo de 2010	Azuay	Cuenca	Santa Ana, Valle		Materiales áridos y pétreos
Nombre del Gerente			Representante Legal		
Sr. Rubén Chalco			Sr. Elvis Medina		

1.2 Ubicación Geográfica

La concesión minera Alquilula está ubicada en las parroquias Santa Ana y Valle, cantón Cuenca, provincia del Azuay. Para su acceso desde la ciudad de Cuenca se toma la avenida Circunvalación Sur hasta llegar a la intersección con la vía Camino del Valle, continuamos por la vía Camino del Valle, a partir del Valle seguimos por la vía a San Bartolomé 7 km aproximadamente, luego continuamos 1.6 km por la vía a San Antonio de Laurales, hacemos un giro para dirigimos por un camino de tercer orden por 800 metros aproximadamente en donde se encuentra la concesión minera.



Figura 1.1. Vía de acceso a la concesión minera Alquilula.

1.3 Localización topográfica

La concesión se encuentra formada por 44 hectáreas, cuyas coordenadas U.T.M del punto de partida y los demás vértices, referenciados al DATUM PSAD – 56 y WGS 84 a la zona geográfica número 17, son:

Tabla 1.2. Puntos con las coordenadas de la Concesión Alquilula.

Puntos	Coordenadas PSAD 56		Coordenadas WGS84	
	X	Y	X	Y
1	735700	9684700	735450	9684335
2	735700	9684400	735450	9684035
3	735300	9684400	735050	9684035
4	735300	9684500	735050	9684135
5	735400	9684500	735150	9684135
6	735400	9684700	735150	9684335

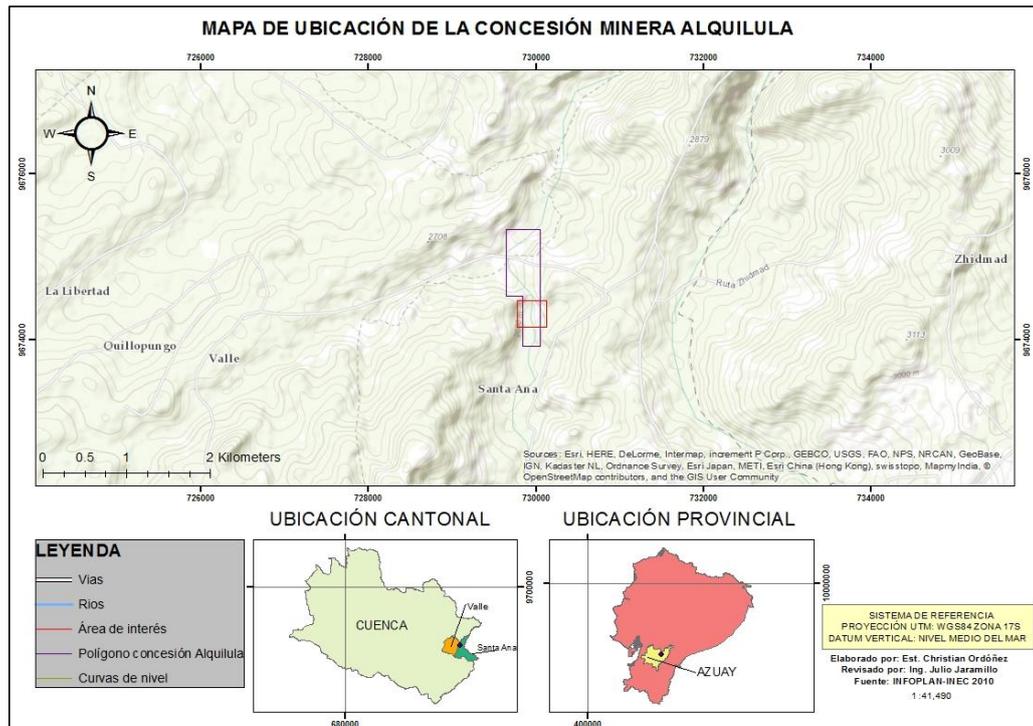


Figura 1.2. Mapa de Ubicación de la Concesión Minera Alquilula.
Fuente: (INFOPLAN-INEC, 2010)

1.4 Geología Regional

A continuación, se describe la geología que se encuentra presente en la concesión minera

1.4.1. Terciario

- **Formación Azogues (MAZ). Mioceno Medio.**

Se extiende desde el norte de Cuenca hasta desaparecer en la formación Turi. Litológicamente está constituida por areniscas tobáceas gruesas de color café, pero generalmente los depósitos de limolitas y arcilla generalmente no pasan el metro de espesor.

- **Formación Mangán (MM). Mioceno Superior**

Consiste en argilitas, lutitas, y areniscas de grano fino, estratificadas en capas de un metro de espesor, las arcillas y lutitas tienen coloración clara, las argilitas son grises bastante compactos. (Navas, 2013)

1.4.2. Cuaternario

- **Formación Turi (PTU). Pleistoceno.**

Está conformada por conglomerados que forman escarpas, sobre las cuales vienen una sucesión de capas gujarrosas, limosas y arenosas; el material conglomerado tiene cambios toscos en el tamaño de los cantos de acuerdo al buzamiento, la parte alta de la formación contiene argilitas y areniscas con cierto contenido de bloques angulares, el conglomerado es básicamente de origen volcánico.

- **Formación Tarqui (PT). Pleistoceno**

Está formada por rocas piroclásticas ácidas, pero se observa de vez en cuando lavas. También se puede observar flujos oscuros de granos finos de composición andesítica sobre este nace una secuencia de tobas de composición dacítica y riolítica. (Navas, 2013)

- **Deposito Coluvial. Holoceno**

En los Valles amplios tienen laderas cubiertas con una capa de material coluvial, se encuentra formado por clastos, arena, limo y arcillas, carece de estratificaciones.

- **Deposito. Holoceno**

General consiste de estratos gredosos supra yacentes a un depósito de rocas gruesas. Las corrientes que cruzan afloramientos volcánicos.

- **Travertino. Holoceno**

Los depósitos de travertinos son de gran importancia por la elaboración de cemento, cal, fertilizantes y piedras ornamentales. Se han encontrado huesos humanos y varias conchas en los depósitos, pero se desconoce la edad de los depósitos erosionados. (Navas, 2013)

- **Terrazas Glaciales. Holoceno**

Se reconocen cinco niveles de terrazas principales alrededor de Cuenca. Se componen de rocas gruesas. Son considerados como depósitos fluvio-glaciares que provienen del flanco Este de la Cordillera Occidental.

1.4.3. Geología Estructural Regional

- **Falla inferida (-----)**

Observando el mapa geológico regional se puede ver que existe una falla inferida al noreste del punto B de estudio con una inclinación de 47° y una longitud aproximada de 7km.

- **Estratificación horizontal (+)**

También existe estratificación horizontal en la formación turi por lo tanto en la zona de estudio.

- **Depósito aluvial**

Se debe a que muy cerca de la zona del Guzho pasa el Río Tarqui. Está formado por depósitos de roca gruesa.

- **Estratificaciones inclinadas (X)**

Se encuentran al Este de la zona del Guzho. (Navas, 2013).

1.5 Geología Local

Según los mapas geológicos, el área de interés de la cantera se encuentra en la formación Yunguilla

- **Formación Yunguilla**

Esta formación se encuentra al NE, a lo largo de la Cordillera Occidental y descansa concordante sobre la Formación Macuchi. Su litología predominante es una argilita negra que se presenta en bancos bien estratificados en capas centimétricas a decimétricas en espesor, además ocurren areniscas consolidadas de grano fino de color gris, asociadas con capas milimétricas de tobas oscuras con material calcáreo en algunos lugares. Esta secuencia presenta estructuras sedimentarias que indican turbidez, lo cual demuestra que fueron depositados en aguas profundas (Navas, 2013).



Figura 1.3. Formación Yunguilla.
Fuente: (Navas, 2013)

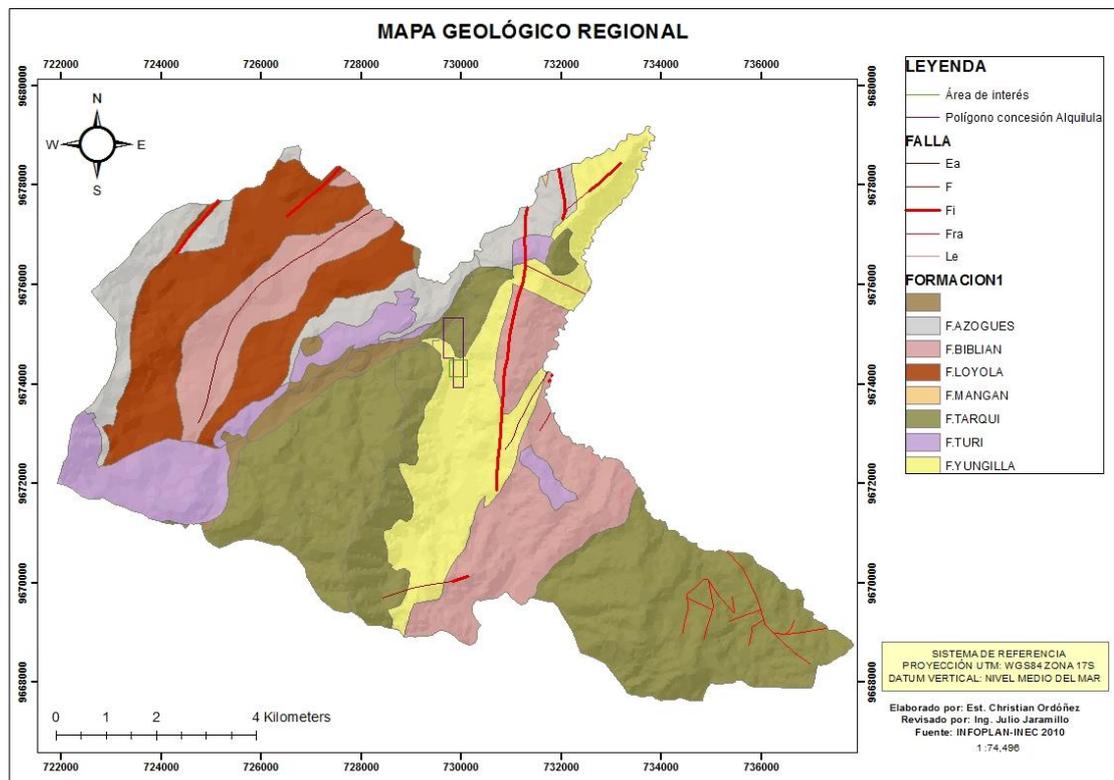


Figura 1.4. Mapa geológico regional.
Fuente: (INFOPLAN-INEC, 2010)

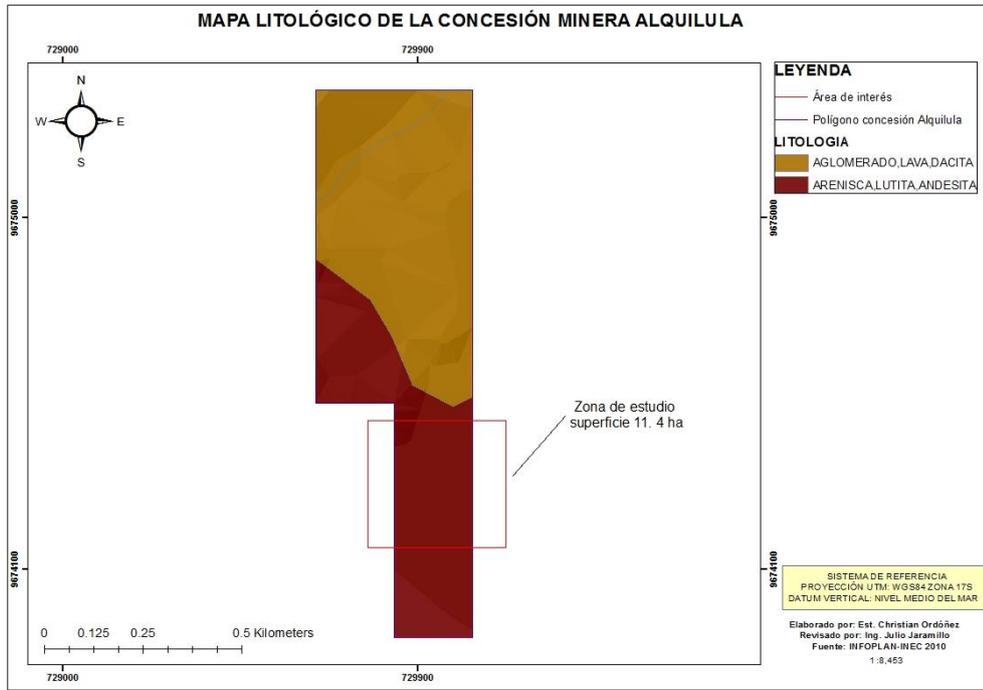


Figura 1.5. Mapa Litológico de la Concesión Minera Alquilula.
 Fuente: (INFOPLAN-INEC, 2010)

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL

2.1 Análisis técnico, ambiental y legal.

2.1.1 Análisis Técnico.

En la concesión minera Alquilula se realiza la extracción del material pétreo. Cabe destacar que en la cantera se realizan las actividades sin ningún manejo técnico, las operaciones son empíricas sin ninguna organización, no existe diseño de explotación.

Actualmente cuenta con dos frentes de explotación, estando operativo solo uno de ellos, mientras el otro frente de explotación permanece abandonado. Estos frentes de explotación no garantizan la seguridad de los trabajadores.

2.1.2 Análisis Ambiental

Desde el punto de vista ambiental, el área de interés de la cantera se encuentra ubicada en una zona donde la capa de suelo es de escasos centímetros. En sus procesos productivos no se utiliza el recurso agua, por lo que esta actividad no genera repercusiones importantes en el medio ambiente.

Cabe destacar que, se debe realizar lo estipulado en el estudio de impacto ambiental que se realizará por la empresa con el objeto de minimizar sus potenciales repercusiones negativas y maximizar las positivas de esta actividad productiva.

2.1.3 Análisis Legal

Desde el punto de vista legal, debido al cambio de competencia, el Ministerio de Minas del Ecuador, traslado la potestad de regulación y control a los Gobiernos Autónomos Descentralizados municipales, en el caso de la concesión minera Alquilula se debe al Municipio de Cuenca, donde el título minero de la concesión se encuentra legalmente registrado.

2.2 Descripción de los trabajos de la cantera (Situación Actual)

En la cantera se realiza la explotación de Argilitas negra, este material es utilizado para el mejoramiento de vías, más conocido como lastrado de vías.

2.2.1 Horario Laboral

La jornada laboral se realiza en un horario diurno de 8 horas, la jornada inicia desde las 8:00 am y termina a las 5:00 pm, con un descanso, la hora de almuerzo que comprende entre las 12:00 y 1:00 pm; recalcando que el horario laboral se cumple de lunes a viernes, acotando que los días sábado, la jornada laboral es de 8:00 am hasta las 12:00 pm. Cabe destacar que los días domingos y feriados no son laborables.

2.2.3 Arranque

La extracción del mineral se hace de manera mecánica con el uso de una excavadora CAT 320 CL, con una capacidad de 1m³, la cual ingresa hasta el frente de explotación, arranca el material con el brazo de la máquina.



Figura 2.1. Excavadora Cat 320 CL.

2.2.4 Carga

Para este proceso se utiliza la misma excavadora CAT 320 CL, no se realiza transporte interno, el material es transportado desde el frente de explotación hasta su destino final a través de volquetas propias o alquiladas de los clientes de la cantera.



Figura 2.2. Carga y transporte Cat 320 CL y Volqueta Hyundai.

2.2.5 Venta de material

La oficina administrativa se encuentra a 1.2 km de la cantera. Se manejan dos tipos de ventas, la primera que incluye el transporte y material hacia el lugar que desea el cliente y la segunda venta exclusivamente in situ, donde el consumidor se encarga del transporte del material.

2.3 Evaluación de la producción de los trabajos

La evaluación de la producción de los trabajos se detalla en dos procesos fundamentales como lo son:

2.3.1 Arranque y Carga

2.3.1.1 Cálculo de la productividad del arranque y carga

La productividad teórica viene dada por la siguiente fórmula:

$$QT = q * \frac{60}{T} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Fuente: RODRIGUEZ, Edson. Maquinaria de la construcción. UPONIC, Nicaragua, 2013.

Donde :

QT = Producción teórica de la excavadora m³/h.

q = Producción por ciclo (Volumen de cucharón) en m³.

T = Duración del ciclo en minutos.

Tabla 2.1. Duración del ciclo

Condiciones de trabajo	Ángulo de giro y tamaño del cucharón en m ³							
	ángulo de 45 a 90°				ángulo de 90 a 1 SO''			
	< 0.5 m ³	0.5 a 1 m ³	1 a 2 m ³	2 a 3 m ³	< 0.5 m ³	0.5 a 1 m ³	1 a 2 m ³	2 a 3 m ³
Fácil	0.27	0.33	0.38	0.44	0.36	0.40	0.44	0.55
Promedio	0.35	0.43	0.49	0.57	0.47	0.52	0.57	0.72
Difícil	0.40	0.50	0.57	0.66	0.54	0.60	0.66	0.83

Fuente: (Manual de rendimiento CATERPILLAR,2015)

Entonces para la cantera Alquilula, teniendo en cuenta el cucharón de la excavadora es de 1 m³, los giros que realiza comprende entre 45 a 90 gados y las condiciones de trabajo son promedio entre difícil y fácil la duración del ciclo es de 0.43 minutos.

La productividad teórica del arranque y carga con la excavadora 320 C sería de 139.53 metros cúbicos por hora.

$$QT = 1 * \frac{60}{0.43} = 139.53 \text{ m}^3/h$$

(Ecuación 2)

Fuente: RODRIGUEZ, Edson. Maquinaria de la construcción. UPONIC, Nicaragua, 2013.

Se ha realizado el cálculo de la producción del arranque y carga en la cantera a través del cálculo de volumen entre superficies con el software minero RecMin, utilizando la topografía del día antes de iniciar los trabajos con la topografía al final del día el, como se puede ver en la figura 2.3 el volumen de color verde fue el removido en un día de trabajo, de donde se dividió para el número de horas laboradas y se obtuvo 19.32 m³/h, es decir en comparación con el cálculo teórico nuestra productividad real es del 13.85 %.

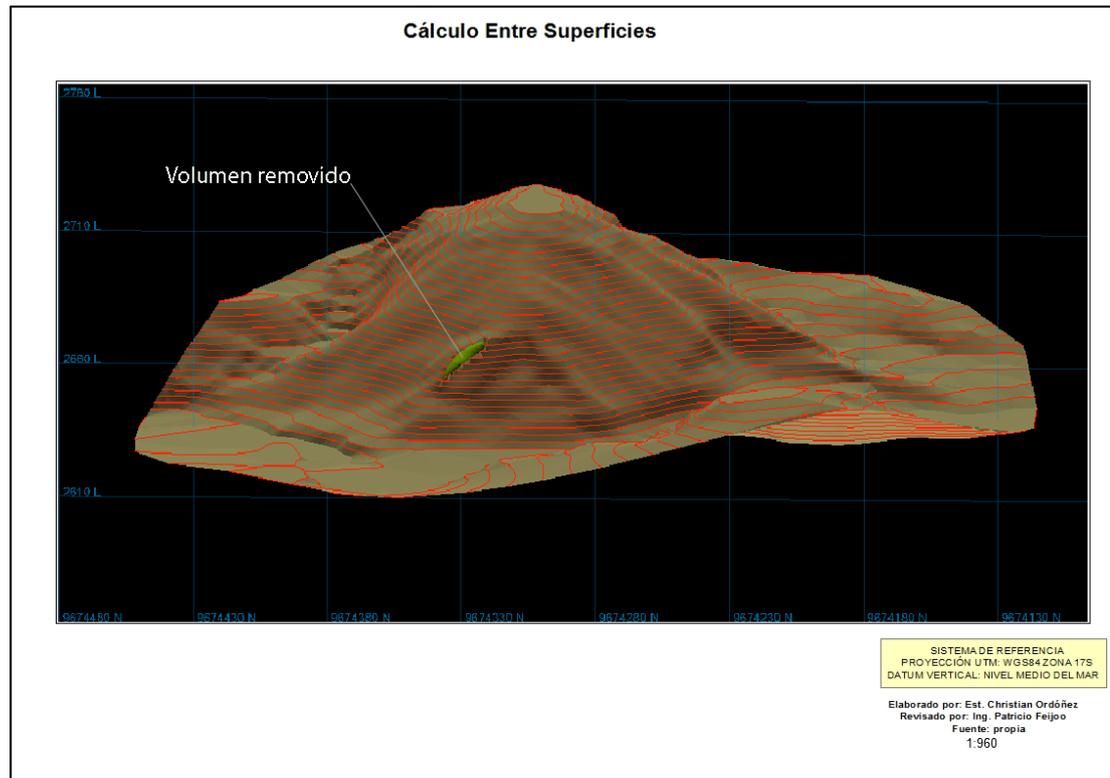


Figura 2.3. Cálculo entre superficies.

2.4 Evaluación técnica de la zona de estudio

2.4.1 Acceso al frente de explotación

La vía desde Cuenca hasta el ingreso al camino de tercer orden de la concesión es asfaltada y se encuentra en óptimas condiciones, pero el camino de tercer orden que nos lleva a los frentes de explotación se encuentra en muy mal estado, se debe atravesar por el río Pillinquir.

Cabe destacar que, debido al deterioro del acceso, en las épocas de lluvia es imposible ingresar a los trabajos por lo que la actividad extractiva se suspende cuando existen lluvias fuertes.



Figura 2.4. Vía de acceso evidentemente deteriorada.

2.4.2 Planimetría de la concesión minera Alquilula.

A continuación, se puede observar el mapa planimétrico de las instalaciones de concesión minera Alquilula:

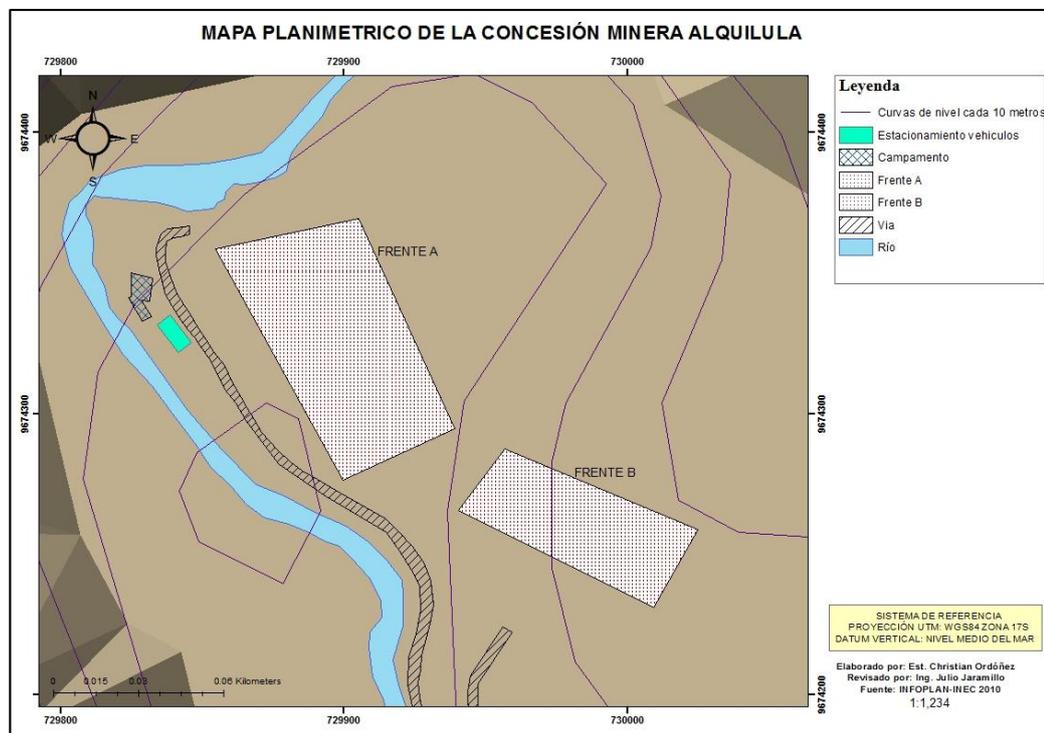


Figura 2.5. Mapa planimétrico de las instalaciones la concesión Alquilula.

2.4.3 Frentes de explotación

El macizo rocoso del cual se extrae el material pétreo de la cantera se encuentra fracturado, el cual se compone de dos frentes de explotación. Los frentes se identificarán de la siguiente manera: Frente A y Frente B.



Figura 2.6. Mapa de ubicación de los frentes de explotación de la concesión minera Alquilula.

2.4.3.1 Frente A

El Frente A, se encuentra actualmente operativo, el cual se compone de un talud con las siguientes dimensiones: el largo de la base es de 73 metros y la altura es de 34 metros. El talud evidencia una notoria inestabilidad debido a sus diferentes ángulos con respecto a la pendiente que en su mayoría comprende ente los 70 y 90 grados, por lo cual la explotación en dicho talud no es anti técnica.



Figura 2.7. Frente A de explotación de la concesión minera Alquilula.

2.4.3.2 Frente B

El Frente B, se encuentra actualmente inoperativo, el cual se compone de un talud con las siguientes dimensiones: el largo de la base es de 83 metros y la altura es de 20 metros. El talud evidencia una notoria inestabilidad debido a sus diferentes ángulos con respecto a la pendiente que en su mayoría comprende ente los 70 y 90 grados.



Figura 2.8. Frente B de explotación de la concesión minera Alquilula.

2.4.3.1.1 Evaluación del factor de seguridad del Frente A y B

Se ha determinado el factor de seguridad según la zona del talud donde se encuentre, como se observa en las figuras 2.9 y 2.10, en las zonas de color rojo que corresponde a las pendientes mayores a 69 grados donde el talud tiene gran potencial de tener vuelco en cuña y un factor de seguridad menor a 0. 81 calculado a continuación:

- **Cálculo del factor de seguridad del talud actual**

Para el cálculo del factor de seguridad nos ayudamos de datos obtenidos en la proyección estereográfica (véase en anexo 1) como lo son: $\phi\gamma$ el cual para nuestro caso tiene el valor de 49° es el punto de intersección γ de los grandes círculos de las familias, los ángulos proyectados que se realizan colocando los polos de las familias en un mismo gran círculo y proyectamos las intersecciones de este gran círculo con los grandes círculos de las familias y los ángulos proyectados son 11° y 41° , el ángulo menor entre estos dos será α .

Se calculó el factor de seguridad con la siguiente relación:

$$FS = \frac{\text{Sen}(\beta)}{\text{Sen}\left(\frac{\xi}{2}\right)} * \frac{\text{Tan}(\phi)}{\text{Tan}(\phi\gamma)}$$

- Ángulo β es igual $\beta = \alpha + \frac{\xi}{2}$
- Ángulo ξ es igual a la resta de los ángulos proyectados
- Ángulo ϕ ángulo de fricción interna

Remplazando

$$\beta = 11 + \frac{30}{2} = 26$$

$$FS = \frac{\text{Sen}(26)}{\text{Sen}(30/2)} * \frac{\text{Tan}(29)}{\text{Tan}(49)} = 0.81$$

Una vez que hemos realizado el análisis geotécnico concluimos que nuestra inclinación máxima del talud puede ser de 68° , para no tener problemas potenciales de deslizamiento de cuñas, pero siendo este el límite.

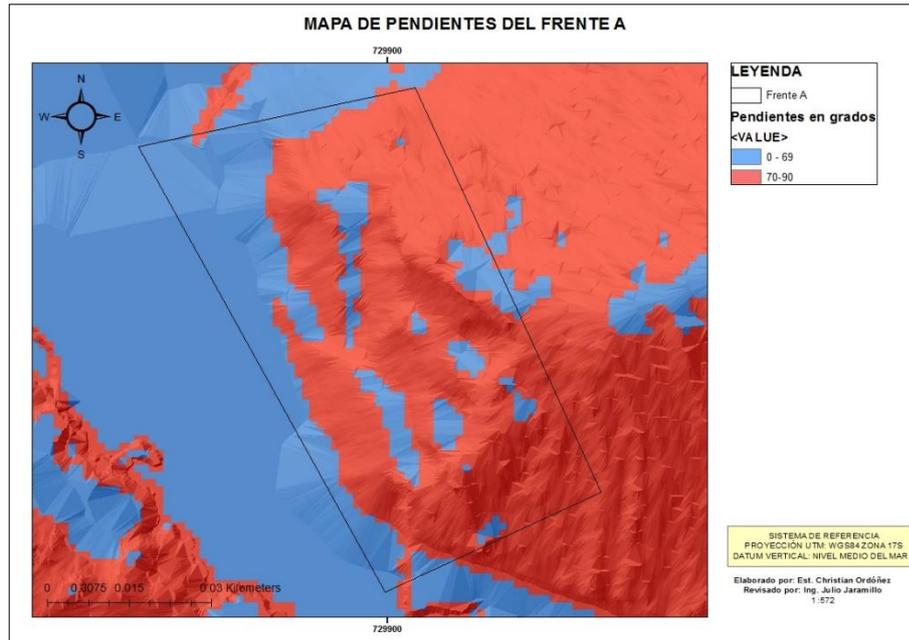


Figura 2.9. Mapa de pendientes del Frente A.

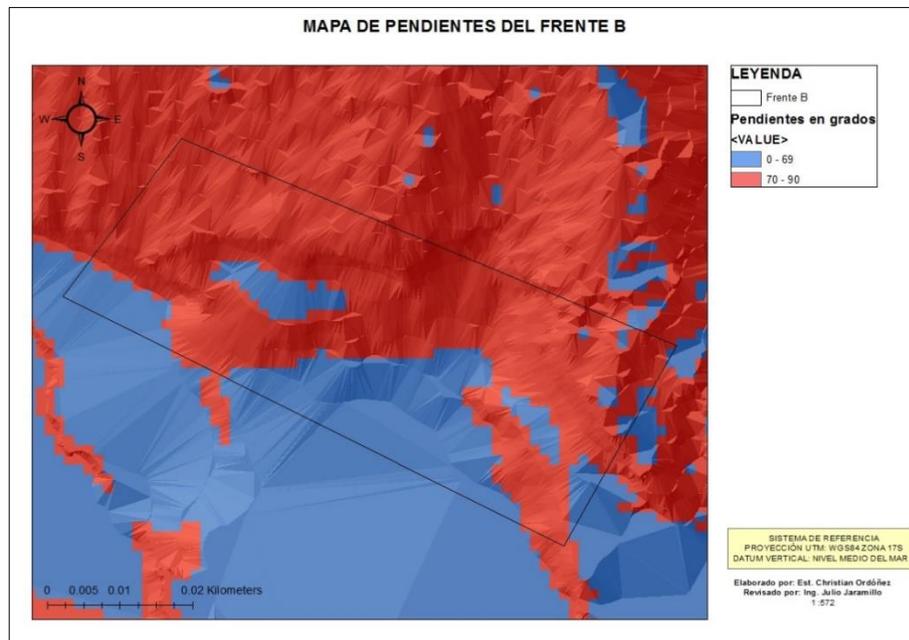


Figura 2.10. Mapa de pendientes del Frente B.

2.4.4 Maquinaria

2.4.4.1 Excavadora

La excavadora se encuentra operativa al 100%, esta cumple con todos sus mantenimientos, la cual se utiliza para realizar excavaciones y cargar el material. Consiste en una máquina autopropulsada, sobre orugas, con una estructura capaz de

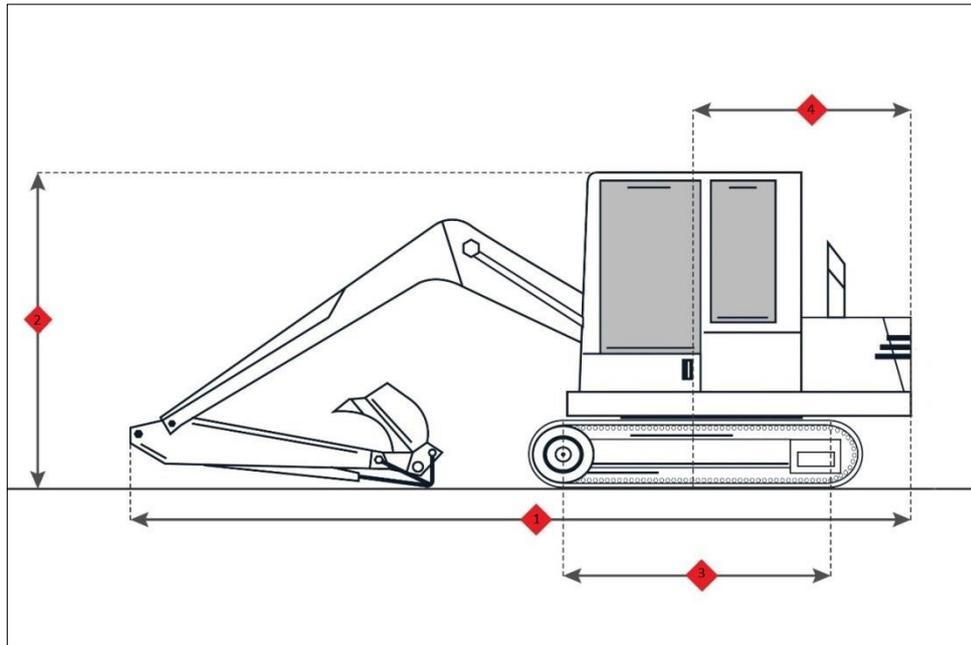
girar al menos 360° (en un sentido y en otro, y de forma ininterrumpida) que excava, o carga, eleva, gira y descarga materiales por la acción de la cuchara, fijada a un conjunto formada por pluma y brazo o balancín, sin que la estructura portante o chasis se desplace. A continuación, se pueden detallar en las siguientes figuras las características de la excavadora:

Excavadora		
Marca	Caterpillar	
Modelo	320C	
Placa	7.1-22304	
Capacidad de la pala	1 m ³	
Tipo de combustible	Diesel	
Año de fabricación	2004	

Figura 2.11. Características de la maquinaria excavadora Caterpillar CAT 320C.
Fuente: (Maquqam, 2016)

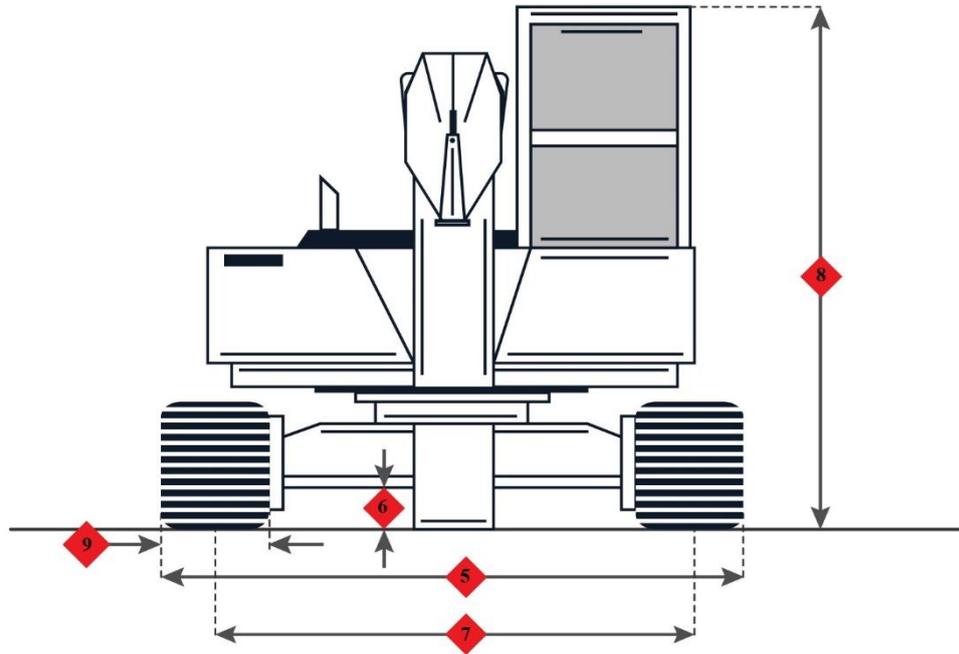
Tren de rodaje		Motor	
Tamaño de zapata	600 mm	Fabricante	Caterpillar
Velocidad máxima de transporte	5.5 Km/h	Modelo	ATAAC motor 2066
Fuerza de tracción del gancho	196 KN	Potencia total	102.9 Kw
Ancho de vía	2200 mm		

Figura 2.12. Características de tren de rodaje y motor de la maquinaria excavadora Caterpillar CAT 320C.
Fuente: (Maquqam, 2016)



Características		
1	Longitud para el transporte	9710 mm
2	Altura para el transporte	3011 mm
3	Longitud de la cadena de la oruga a nivel del suelo	3260 mm
4	Radio de giro de la parte trasera de la plataforma	2770 mm

Figura 2.13. Vista de perfil y características de la maquinaria excavadora Caterpillar CAT 320CL. Fuente: (Maquqam, 2016)



Características		
5	Ancho hasta el lado exterior de la cadena de oruga	2800 mm
6	Despeje sobre el Suelo	460 mm
7	Ancho de vía	2200 mm
8	Altura hasta la parte superior de la cabina	2950 mm
9	Tamaño de la zapatera	600 mm

Figura 2.14. Vista frontal y características de la maquinaria excavadora Caterpillar CAT 320C.
Fuente: (Maquqam, 2016)

Características		
10	Altura máxima de corte	8850 mm
11	Altura máxima de carga	7690 mm
12	Alcance máximo a lo largo del nivel del suelo	8350 mm
13	Profundidad máxima de excavación de una pared vertical	4160 mm
14	Profundidad máxima de excavación	8960 mm

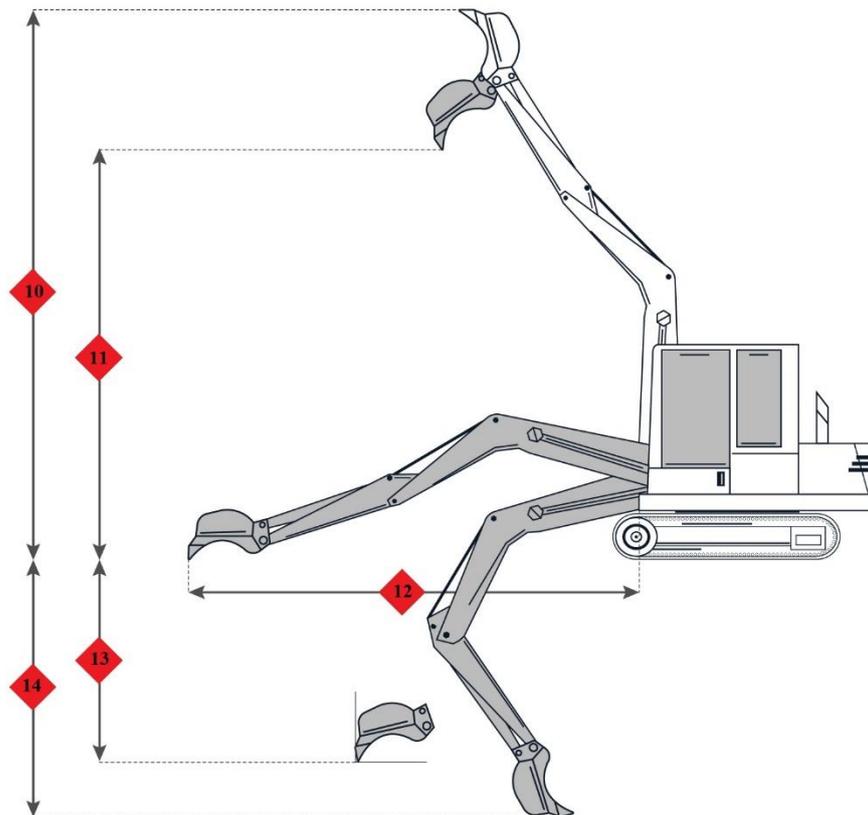


Figura 2.15. Vista de pala mecánica y características de la maquinaria excavadora Caterpillar CAT 320C.

Fuente: (Maquqam, 2016)

2.4.5 Zona de Stock

La cantera no posee una zona de stock o de reserva para el material extraído, actualmente es acumulado en los frentes de explotación, de este punto es cargado a las volquetas, para ser transportada a su destino final. La zona de stock es la destinada a almacenar los productos durante un determinado período de tiempo hasta su comercialización y despacho.

2.4.6 Campamento

El campamento se está adecuando, el cual incluye una casa en donde tiene una sala de descanso, el comedor y el baño para el uso del personal.



Figura 2.16. Campamento en adecuación, incluyendo sus características.

2.4.7 Patio para estacionamiento de vehículos y maquinarias

Esta área está ubicada junto al campamento y tiene una capacidad para el estacionamiento de cuatro vehículos, además, Este espacio está destinado para la ubicación de la excavadora y el volquete después de la jornada laboral.

INSTALACIÓN	LARGO	ANCHO	CANTIDAD	ÁREA
	(m)	(m)		(m ²)
Patio de estacionamiento de vehículos	12	4	1	48

Figura 2.17. Características del patio de estacionamiento de vehículos.

2.4.8 Señalización

La cantera cuenta con la siguiente señalización básica:

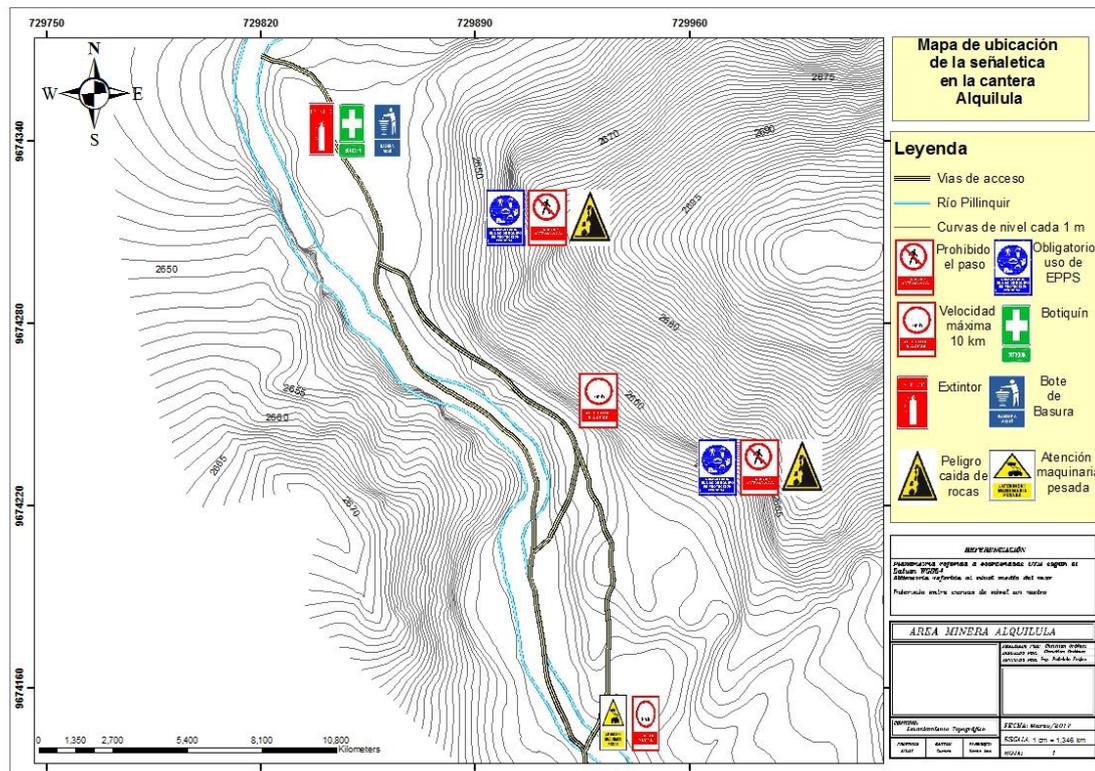


Figura 2.18. Mapa de señalética.

2.5 Análisis de costos y ventas

El costo por producir un metro cúbico de material pétreo en la cantera Alquilula es de US\$ 1.13 determinado por los gastos que se presentan a continuación.

2.5.1 Gastos mensuales.

Se ha determinado los costos que se realizan para poder extraer el material pétreo para su comercialización, obteniendo los siguientes gastos mensuales:

Tabla 2.2. Resumen gastos mensuales de la concesión minera Alquilula

GASTOS OPERATIVOS			
Gasto variable	Mantenimiento estándar	1 Máquina	272.00
Gasto variable	Combustible	1 Máquina	1,200.00
	TOTAL	\$	1,472.00
GASTOS ADMINISTRATIVOS			
Gasto fijo	Gastos administrativos fijos	\$	300.00

Gasto fijo	Alimentación	\$	192.00
Gasto fijo	Sueldos de trabajadores	\$	1,470.00
Gasto fijo	Aporte patronal	\$	163.90
Gasto fijo	Gastos Ambientales	\$	166.67
Gasto variable	Equipos de protección personal	\$	32.00
Gasto variable	Señalética	\$	36.00
	TOTAL	\$	2,360.57
SERVICIOS BÁSICOS			
Gasto variable	Electricidad	\$	5.04
Gasto variable	Agua	\$	20.00
	TOTAL	\$	25.04
TOTAL DE GASTO MENSUAL		\$	<u>3857.61</u>

2.5.2 Gastos de personal

Tabla 2.3. Costo mensual de los trabajadores

Costo mensual de los trabajadores				
Nº	NOMBRE	CARGO	TOTAL MENSUAL INGRESOS	APORTE PATRONAL 11.15%
1	David Cuenca	Operador excavadora	500	55.75
3	Cornelio Guzmán	Despachador	370	41.255
4	Laura Castillo	Contadora/Secretaria	600	66.9
	Total		1470	163.9
		<u>TOTAL</u>		<u>1633.905</u>

2.5.3 Servicios básicos

Tabla 2.4. Servicios básicos

CONCEPTO	Valor unitario	Consumo	Consumo mensual
Consumo de Energía	0.09 Kw-h	56 Kw	\$5,04
Consumo de Agua	US\$ 0.8/m3	25 m3	\$20
			\$25,04

2.5.4 Alimentación

Tabla 2.5. Alimentación

CONCEPTO	No de trabajadores	Días Laborados	Valor Almuerzo	Total Mensual
Alimentación	3	24	\$ 2,00	\$ 144,00

2.5.5 Otros

Los cambios de equipos de protección personal y la señalización los hacen cada 6 meses por un valor de US\$ 192 y 216 respectivamente, por lo que ese valor lo hemos deducido mensualmente.

Tabla 2.6. Equipos de protección personal y señalética

CONCEPTO	No de trabajadores	Total mensual
Equipos de protección personal	2	\$ 32
Señalética	-	\$ 36
Total		\$ 68

Tabla 2.7. Gastos operacionales

CONCEPTO	Costo mensual
Combustible excavadora Caterpillar 320	\$ 1200
Total	\$ 1200
CONCEPTO	Costo mensual
Mantenimiento estándar excavadora Caterpillar 320	\$ 272
Total	\$ 272

2.5.6 Ventas

El precio de venta del material in situ de US\$ 15 por una volqueta de 8 metros cúbicos, es decir US\$ 1.88 por metro cúbico, se calculó el promedio mensual de ventas desde

enero del 2016 hasta marzo del 2017 y se ha obtenido una venta mensual aproximada de \$ 6375; acotando que debido a las lluvias la cantera no ha trabajado durante los últimos 15 días de marzo, lo que ocasiona el descenso de sus ventas.

Tabla 2.8. Promedio de ventas mensual desde enero de 2016 hasta marzo del 2017 de la concesión minera Alquilula

Precio de m3 del material (\$)	Capacidad de Volqueta m3	Precio por volqueta (\$)	Cantidad total de material m3	Ventas totales (\$)
		Sin transporte		
1.875	8	15	3400	6375

2.6 Evaluación Económica

Para la evaluación económica se determinó el valor de los activos de la empresa, estos son los bienes, derechos y otros recursos controlados económicamente por la empresa. Se utiliza los costos y ventas del año con el fin de obtener indicadores económicos como: Punto de equilibrio, Índice de absorción de costos fijos, Índice de eficiencia comercial y rentabilidad financiera, dicho indicador se obtuvo con la información que nos facilitó la empresa. Los cuales nos servirán para como punto de comparación para futuras inversiones.

2.6.1. Utilidad anual de la empresa.

La empresa tiene una utilidad neta anual US\$ 17320.4 determinada a través de la siguiente tabla:

Tabla 2.9. Utilidad anual de la empresa

<u>Rubros</u>	<u>2016</u>
Ingresos	
(+) Ventas	76,500.00
Costos	
(-) Costos	17,664.00
(-) Mantenimiento maquinaria	3,264.00
(-) Combustible	14,400.00
(-) Mantenimiento vial	0.00
(=) Utilidad Bruta	58,836.00

Gastos	
(-) Gastos Operativos	28,627.28
(-) Gasto administrativo fijo	3,600.00
(-) Alimentación	2,304.00
(-) Seguro general	1,966.80
(-) Sueldos de trabajadores	17,640.00
(-) Equipos de protección personal	384.00
(-) Señalética	432.00
(-) Servicios Básicos	300.48
(-) Gastos Ambientales	2,000.00
(=) Utilidad Operativa	30,208.72
Gastos no operativos	
(=) Utilidad antes de impuestos y participación de empleados	30,208.72
(-) Participación 15% empleados	4,531.31
Utilidad antes de impuestos	25,677.41
(-) Impuestos	8,356.53
(-) Regalías (3%)	2,295.00
(-) Patente de conservación (2.5%)	412.50
(-) Impuesto a la renta (22%)	5,649.03
(=) Utilidad neta	17,320.88

Tabla 2.10. Estado de resultados

ESTADO DE RESULTADOS	
Ventas	76,500.00
(-) Costos y Gastos	46,291.28
(=) Utilidad Operativa	30,208.72
(-) 15% Trabajadores	4531.308
(=) Utilidad antes de Impuestos	25,677.41
(-) Impuestos	8,356.53
<u>(=) Utilidad Neta</u>	<u>17,320.88</u>

2.6.2 Activos de la empresa

Actualmente la empresa cuenta con activos que están valorados en US\$ 180,150.00, los cuales son indispensables para realizar la actividad productiva y se detallan a continuación, los activos han sido tasados con los precios del mercado actual y que se detallan en la tabla a continuación:

Tabla 2.11. Activos de la empresa

ACTIVOS	
Terreno de 20 hectáreas	87.800,00
Casa	15.000,00
Maquinaria	76.680,00
Mueble y enceres	670,00
<u>Total Activos</u>	<u>180.150,00</u>

2.6.3 Indicadores económicos

La rentabilidad económica nos permite conocer cuánto de nuestra utilidad representa ante los activos totales, determinando que 14.25% de nuestro activo, representa la utilidad bruta del ejercicio, donde BAI es la utilidad operativa y AT activos totales.

La rentabilidad financiera en cambio permite conocer cuánto representa la utilidad neta frente a los fondos propios o patrimonio, siendo este el 9.61%, donde BDI es igual a la utilidad neta y FP son los fondos propios o patrimonio en nuestro caso el patrimonio es igual a los activos.

- **RENTABILIDAD ECONÓMICA** $\text{BAI} / \text{AT} * 100$ **14.25%**
- **RENTABILIDAD FINANCIERA** $\text{BDI} / \text{FP} * 100$ **9,61%**

2.6.4 Estado de resultados funcional de la empresa:

Para determinar los indicadores económicos presentados a continuación es indispensable tener el estado de resultados funcional de la empresa, el que se muestra a continuación:

Tabla 2.12. Estado de Resultados Funcionales de la Cantera Alquilula

ESTADO DE RESULTADOS FUNCIONALES DE LA CANTERA ALQUILULA (\$)	
Ventas	76,500.00
(-) Costo Variable	18,780.48
(=) Margen Comercial sobre Costos Variables (MCscv)	57,719.52
(-) Costos Fijos (CF)	27,510.80
<u>(=) Utilidad Operativa</u>	<u>30,208.72</u>

2.6.5. Punto muerto o punto de equilibrio

$$PM = \frac{CF}{MCscv/Ventas}$$

El punto de equilibrio es US\$ 36,462.12, esto quiere decir que la empresa para cubrir sus necesidades fijas y variables para no perder ni ganar tiene que vender 19,448.10 metros cúbicos al año.

INDICADOR	FORMULA	VALOR
ÍNDICE ABSORCIÓN DE COSTES FIJOS	$(PM) / VENTAS) * 100$	47.66%
ÍNDICE DE EFICIENCIA COMERCIAL	$((VENTAS - PM) / VENTAS) * 100$	52.34%
ÍNDICE DE SEGURIDAD DE COSTOS FIJOS	$UTILIDAD OPERATIVA * 100 / CF$	109.81%
ÍNDICE DE SEGURIDAD DE COSTOS VARIABLES	$UTILIDAD OPERATIVA * 100 / CV$	160.85%

Remplazando las formulas con nuestros valores obtenemos los siguientes resultados:

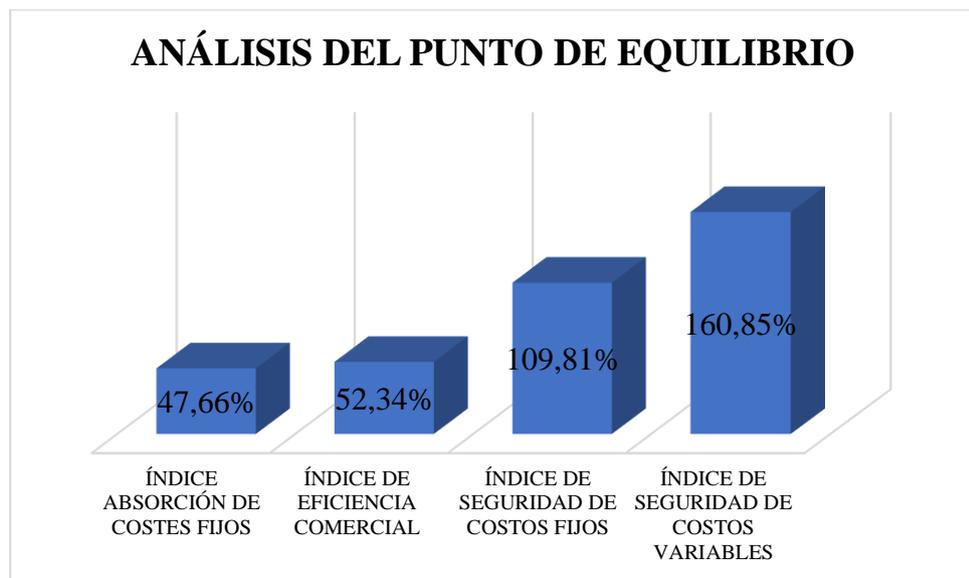


Figura 2.19. Análisis del punto de Equilibrio.

Donde de acuerdo a lo que se muestra en el gráfico anterior:

- Índice de Absorción de Costes Fijos: Nos indica que para alcanzar el punto de equilibrio de nuestras ventas se destina el 47.66% para no ganar ni perder.
- Índice de Eficiencia Comercial: Se destina el 52.34% a la eficiencia de la empresa, es decir, este sería nuestra ganancia bruta.
- Índice de seguridad de costos fijos: Quiere decir que si la empresa desea expandirse puede incrementar sus costos fijos en un 109.81%
- Índice de seguridad de costos variables: Quiere decir que si la empresa desea expandirse puede incrementar sus costos variables en un 160.85%.

CAPÍTULO III

DISEÑO PROPUESTO DEL TRABAJO DE MINA

3.1. Topografía actual

Para realizar el levantamiento de la topografía actual de la concesión minera Alquilula, se realizó mediante fotogrametría en 3D, con el uso del dron Phantom 3 profesional. La fotogrametría con drones consiste en tomar fotografías desde diferentes ángulos, donde el dron sirve de medio de transporte de la cámara. Se procesó las imágenes mediante el software Agisoft PhotoScan Demo, el cual se encargó de encontrar puntos comunes en diferentes imágenes con la finalidad de crear una nube de puntos a partir de los puntos encontrados; con la nube de puntos se obtiene un modelo digital del terreno de donde se extrae las curvas de nivel cada metro de la superficie. Obtuvimos un levantamiento topográfico con un error de 2 cm de precisión. El cálculo de parámetros de vuelo se ve en el anexo 3 y el mapa topográfico en el anexo 4.

3.2. Análisis geomecánico y geotécnico

3.2.1. Propiedades físico mecánicas de las rocas

Entra las propiedades físico-mecánicas de las rocas se definen las siguientes: peso específico, resistencia a compresión y resistencia a tracción.

Tabla 3.1. Propiedades físico-mecánicas de la roca

PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LA ROCA	
Peso Específico (γ)	24.12 kN/m ³
Resistencia a la compresión uniaxial (Ruc)	39.81 MPa
Resistencia a la Tracción (Rt)	13.61 MPa
Cortante máx. ($\tau_{\text{máx}}$)	17.34 MPa
Cohesión (C)	11.63 MPa
Angulo de Fricción Interna (ϕ)	29 °

3.2.1.1. Peso específico

El peso específico es la relación que existe entre el peso de la roca y su volumen., se determinó para este estudio un peso específico de 24.12 KN/m³



Figura 3.1. Peso y volumen de una muestra de roca.

3.2.1.2. Resistencia a Compresión Uniaxial de la Roca

El ensayo se realizó con tres muestras en forma de cubo de 5 cm de arista, las mismas que fueron sometidas a carga axial, luego se realizó un promedio de los resultados de cada uno, los ensayos se realizaron en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad de Cuenca. Véase anexo 5.

En la Figuras a continuación se observa el procedimiento que se sigue para realizar la prueba de resistencia a compresión uniaxial, la que cuenta con tres pasos.



Figura 3.2. Cubos tallados.



Figura 3.3. Presión a la muestra.



Figura 3.4. Falla de la muestra.

La siguiente fórmula se ha utilizado para calcular la resistencia a la compresión uniaxial:

$$\text{Resistencia a la Compresión Uniaxial} = \frac{\text{Carga}}{\text{Área}}$$

El valor promedio que se obtuvo del ensayo es 398.10 Kg/cm² o 39.81 Mpa

Tabla 3.2. Datos del ensayo de resistencia a compresión uniaxial de la roca

DATOS DEL ENSAYO											
Cubos macizos	Peso	Lado (a)	Lado (b)	Lado (c)	Área	Volumen	Peso/Vol.	Carga	RCU	RCU	
	g	cm	cm	cm	cm²	cm³	g/cm³	Kg	Kg/cm²	Mpa	
1	338	5.03	5.38	5.01	27.1	135.58	2.49	13759	508.4	50.84	
2	334	4.95	5.08	5.34	25.2	134.28	2.49	11866	471.9	47.19	
3	316	5.03	5.16	5.28	26	137.04	2.3	5554	214	21.4	
									Promedio	398.10	39.81

3.2.1.3. Resistencia a Tracción de la Roca

Se determinó la resistencia a tracción utilizando el Método Brasileiro, a través de comprimir por sus generatrices opuestas muestras cilíndricas de roca de la cantera con una relación diámetro/ longitud igual 1 véase en las figuras a continuación, los ensayos se realizaron en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad de Cuenca



Figura 3.5. Cilindros de roca.



Figura 3.6. Presión a la muestra.



Figura 3.7. Falla de la muestra.

La siguiente fórmula se utilizó para calcular la resistencia a compresión la cual se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Resistencia a la Tracción} = \frac{\text{Carga}}{\text{Sección Transversal}}$$

El valor promedio que se obtuvo del ensayo es 136.10 Kg/cm² o 13.61Mpa

Tabla 3.3. Datos del ensayo a la tracción de la roca

DATOS DEL ENSAYO									
Espécimen	Peso	Diámetro	Altura	Sección Transversal	Volumen	Peso/Vol.	Carga	R. a la tracción	R. a la tracción
	g	cm	cm	cm	cm ²	cm ³	g/cm ³	Kg	Kg/cm ²
1	224.7	4.37	5.64	24.65	84.59	2.66	1264	51.28	5.12
2	168.6	4.36	4.34	18.92	64.8	2.6	3691	195.06	19.50
3	232.5	4.36	5.22	22.7592	77.94	2.64	3686	161.96	16.19
Promedio								136.10	13.61

3.3. Construcción de la envolvente de rotura

A través de los resultados obtenidos de las resistencias a la compresión uniaxial y a la tracción se elaboró la gráfica de la envolvente de falla mediante Mohr-Coulomb.

Se graficó la línea tangente a los círculos que representa los esfuerzos a la tracción y a la compresión, esta línea es nombrada como la envolvente de falla, la cual tiene puntos característicos, el punto donde choca la envolvente de falla y el círculo de esfuerzo a la compresión uniaxial perpendicular al eje vertical nos da el valor del cortante máximo $T1$ o $T_{\text{máx.}} = 17.34 \text{ Mpa}$ y el punto en donde la envolvente de falla corta con el eje vertical $T2$ se lo llama cohesión $C = 11.63 \text{ Mpa}$, al ángulo de inclinación de la envolvente de falla se lo llama ángulo de fricción interna $\phi = 29^\circ$ y el ángulo $\theta = 61^\circ$ es el ángulo comprendido entre la línea del punto de semi-esfuerzo de compresión al punto de tangencia con la envolvente de falla.

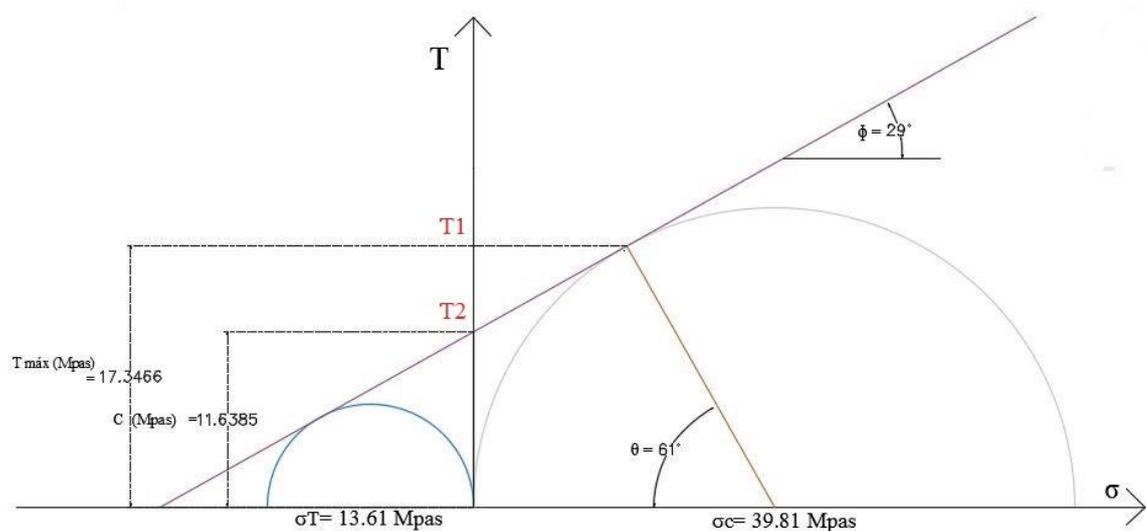


Figura 3.8. Obtención de C y ϕ a través de los resultados obtenidos en el laboratorio.

3.4. Caracterización del agrietamiento

El macizo rocoso presente en la concesión minera Alquilula, es un macizo fracturado en donde se presentan dos familias o sistemas de diaclasas principales cuyos elementos se muestran en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Familias de planos de discontinuidades

Familias	Angulo de Buzamiento	Dirección de Buzamiento
I	51	234
II	85	296

3.5. Cálculo del Número de diaclasas por Metro Cúbico de Roca (J_v)

Representa el promedio del número de diaclasa por metro cúbico en el macizo rocoso, la misma cantidad que es un número importante dentro de la caracterización del macizo rocoso ya que nos brinda una idea concisa del grado de fracturación del macizo.

En la Tabla 3.5 se resume la longitud y el número de grietas de cada familia medidas en campo:

Tabla 3.5. Familias de diaclasas medidas in situ

Familia	I	II	Total
Longitud (m)	3.45	1.1	
Número de fracturas	10	7	
Número de diaclasa por m ³	2.89	6.36	9.25

El J_v se calcula sumando el número de diaclasa por metro que intersecten de manera independiente a cada uno de los 3 ejes de un cubo imaginario en el macizo rocoso que se está analizando. No se debe contar una diaclasa en más de un eje, por ejemplo, si una fisura corta al eje x y al eje y, la contaremos bien en el eje x o en el eje y, pero no en ambos. (Oros Servicios Geológicos S.L., 2014)

El cálculo del J_v se lo realizo con la siguiente expresión:

$$J_v = \frac{N^{\circ}J_1}{L_1} + \frac{N^{\circ}J_2}{L_2}$$

Reemplazando los valores en la ecuación nos queda

$$J_v = \frac{10}{3.45} + \frac{7}{1.1} = 9.25 \text{ diaclasas/m}^3$$

3.6. Espaciamiento de las Discontinuidades

Es muy importante para evaluar el comportamiento del macizo rocoso, mientras mayor número de discontinuidades se presenten más débil se comportará el mismo y viceversa.

Tabla 3.6. Espaciamiento de discontinuidades para cada sistema de grieta

Familias	Buzamiento	Dirección de Buzamiento	Espaciamiento (cm)
I	51	234	0.28
II	85	296	0.19

3.7. Condiciones de las Discontinuidades

La tabla 3.7 nos muestra algunas características que son por lo general utilizadas para la evaluación del macizo rocoso RMR “*Rock Mass Rating*”.

Tabla 3.7. Condición de las discontinuidades (Bieniawshi)

PARÁMETRO	FAMILIA I	FAMILIA II
Distancia entre diaclasas (m)	0.28 m	0.19 m
Longitud de discontinuidades (m)	3.45m	1.1m
Abertura (mm)	2.5mm	1mm
Rugosidad	Ligeramente rugoso	Ligeramente rugoso
Relleno	Relleno duro	Relleno duro
	< 5 mm	< 5 mm
Meteorización	Moderadamente alterada	Moderadamente alterada

3.8. Condiciones Hidrológicas

El macizo rocoso en temporadas de sequías se encuentra seco, existe únicamente agua superficial producto de la escorrentía de la lluvia, que no lo afecta ni altera, pero en época de invierno es probable que en el macizo se acumule agua, para efecto de cálculo suponemos un macizo en condiciones generalmente húmedo.

3.9. Proyección Estereográfica de las Familias de Discontinuidades

En la Figura 3.9, se presenta el gráfico del agrietamiento en un plano bidimensional, por proyección estereográfica mediante la aplicación de un software de geotecnia. Como se puede ver en la zona color rojo es donde existe mayor concentración de polos y por el centro de estos se construyen los grandes círculos de la Familia I y II en nuestro análisis.

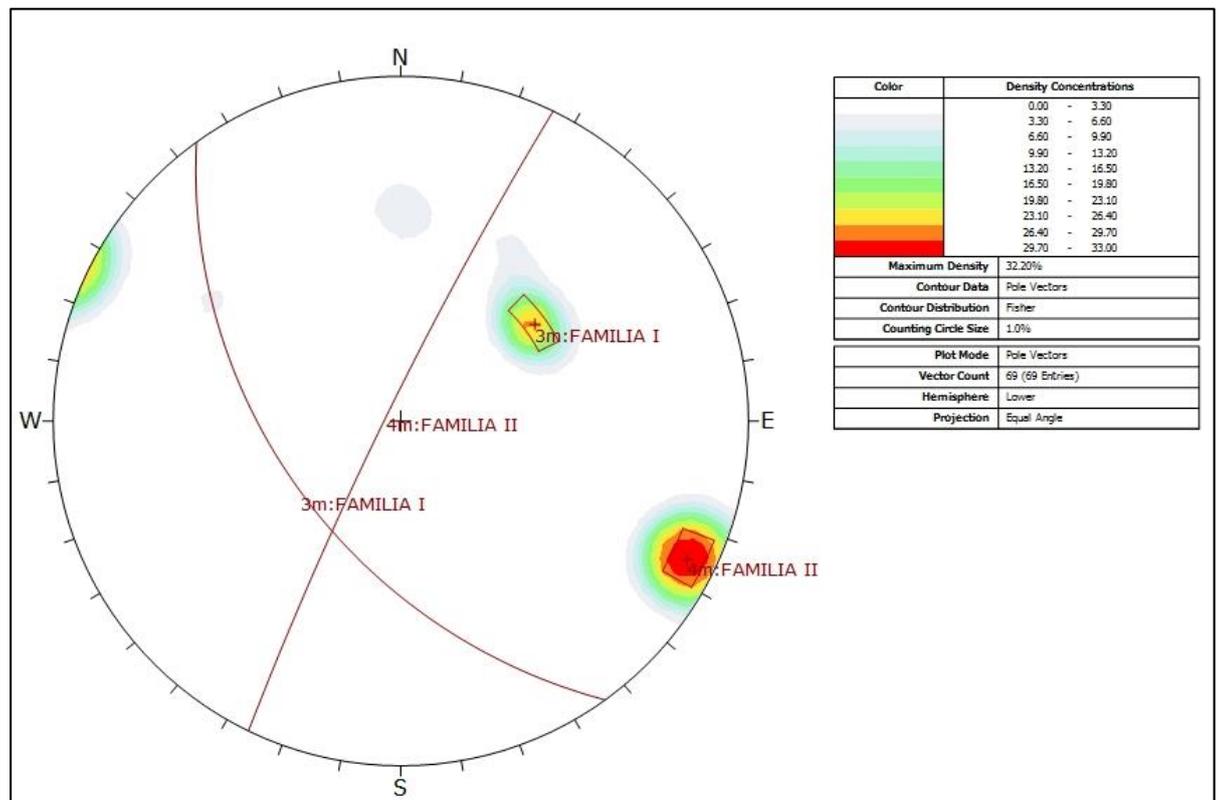


Figura 3.9. Proyección estereográfica de las familias de discontinuidades.

3.10. Evaluación de la calidad de la roca

Para valorar la calidad de los macizos rocosos son empleados diferentes métodos de estudio, uno de los más usados en la actualidad, para taludes y toda la obra que se sustente en un macizo rocoso, es el método basado en las clasificaciones geomecánicas. (Bernardo, 2013)

3.10.1. Designación de la calidad de la roca

El índice de designación de la calidad de la roca *Rock Quality Designation (RQD)* (Palmstro, 1982) es un cálculo de estimación de la calidad del macizo rocoso a partir de perforaciones rotativas con extracción de testigos, pero al no contar con sondeos se puede calcular con la siguiente expresión dada por Palmstrom:

$$RQD = 115 - 3.3 J_v \text{ (Deere, 1982) (Bernardo, 2013)}$$

Debido a la carencia de testigos de recuperación en la cantera se realizó el cálculo en campo apoyados con el número de juntas o discontinuidades presentes en un metro cúbico de roca al que se lo denomina como J_v , valor que ya lo obtuvimos en el inciso 3.5.

$$RQD = 115 - 3.3 J_v$$

Por lo tanto

$$RQD = 115 - 3.3 (9.25) = 84.475$$

Tabla 3.8. Clasificación de las rocas en función del RQD

Puntaje	Descripción
RQD en %	Índice de calidad de la roca
25	Muy mala
De 25 a 50	Mala
De 50 a 75	Normal
De 75 a 90	Buena
De 90 a 100	Muy buena

Con el puntaje calculado se obtuvo una roca con calidad Buena.

3.11. Clasificación de Bieniawski (1979)

El valor del RMR se obtiene por la suma de 5 parámetros en vez de los 8 considerados en 1973 con una reducción que se establece en función de la disposición de las diaclasas, (Bieniawski, 1979). En realidad, la diferencia entre las dos clasificaciones (1973 y 1979) consiste, en que se ha agrupado en uno, tres de los parámetros correspondientes al estado de las diaclasas, y se han asignado valores negativos a la

disposición de las mismas, excepto en el caso de “muy favorables”. Los valores asignados a los distintos parámetros se han retocado, y se han definido de forma cuantitativa los adjetivos utilizados para la disposición de las juntas”, (ver tabla 3.9). (Bernardo, 2013)

Tabla 3.9. Tabla de clasificación de parámetros de Bieniawski (1979)

Parámetro		Rango de valores								
1	Resistencia de la roca intacta	Ensayo Carga puntual	> 10 Mpa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1-2 MPa				
		Compresión Simple	> 250 Mpa	100-250 MPa	50 - 100 MPa	25-50 MPa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	< 1 Mpa	
	Valor	15	12	7	4	2	1	0		
2	RQD	90 - 100%	75 - 90%	50 - 75%	25 - 50%	< 25%				
	Valor	20	17	13	8	3				
3	Espacio de las discontinuidades	> 2 m	0,6 - 2 m	0,2 - 0,6 m	6 - 20 cm	< 6 cm				
	Valor	20	15	10	8	5				
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m			
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	Nada	< 0,1 mm	0,1 - 1,0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm			
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno Duro < 5 mm	Relleno Duro > 5 mm	Relleno Blando < 5	Relleno Blando > 5 mm			
		Valor	6	4	2	2	0			
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta			
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relación P agua/P princ	0	0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5			
		Condiciones generales	Completamente secas	Ligeramente húmedas	Húmedas	Goteando	Agua fluyendo			
	Valor	15	10	7	4	0				

Tabla 3.10. Correlación del RMR mediante ajuste por orientación de discontinuidades (Bieniawski, 1979)

Orientación de rumbo y buzamiento de las discontinuidades		Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable
Valores	Túneles y minas	0	-2	-5	-10	-12
	Fundaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

La orientación de las discontinuidades es un factor de ajuste en el método del RMR, para el macizo estudiado de la cantera Alquilula se lo toma como Favorable, por lo que el valor de ajuste es igual a -5.

Los parámetros considerados para la obtención del RMR y su valoración, son los que se indican en la Tabla 3.11 a continuación:

Tabla 3.11. Parámetros valorados para Bieniawski

<u>Parámetros</u>	<u>Valoración</u>
(1) Resistencia de la roca intacta	4
(2) RQD	17
(3) Espaciado de discontinuidades	10
(4) Condición de las discontinuidades	13
(5) Flujo de agua en las juntas	7
(6) Ajuste por orientación de discontinuidades para Taludes	-5
<u>RMR = (1)+(2)+(3)+(4)+(5)+(6)</u>	<u>46</u>

De acuerdo al resultado y los valores del RMR, se puede asignar una clase a la roca, cuya clasificación se divide en 5 clases, las cuales se aprecian en la tabla 3.12 a continuación.

Tabla 3.12. Valoración del RMR

<u>Clase No</u>	<u>Descripción</u>	<u>RMR</u>
I	Roca muy buena	81 a 100
II	Roca buena	61 a 80
III	Roca discreta	41 a 60
IV	Roca pobre	21 a 40
V	Roca muy pobre	< 20

El Resultado del RMR= 46 nos da una calidad del macizo correspondiente a clase III Con la descripción de **Roca Discreta**, si bien con el RQD obtuvimos una roca de calidad buena, para el presente trabajo le consideramos al macizo de acuerdo con el valor obtenido en el RMR, ya que en esta valoración se consideran más parámetros.



Figura 3.10. Imagen del macizo rocoso.

3.14. Determinación del ángulo de inclinación para los taludes del diseño de explotación

La estabilidad de los taludes en una explotación a cielo abierto tiene una gran importancia en lo que se refiere a rentabilidad y seguridad de la misma.

En minería, el ángulo medio de los taludes usados en excavaciones debe ser el máximo posible dentro de las condiciones de estabilidad (Bustillo & López, 1997).

Como se ve en la figura 3.11 se ha gráfico un talud de tal manera que la intersección de los grandes círculos de las familias se ubica significativamente fuera de la zona de deslizamiento de color rojo, de color verde claro y verde oscuro los grandes círculos de familia I y II respectivamente, de color marrón el grafico de la dirección y buzamiento del talud de 275° y 60° .

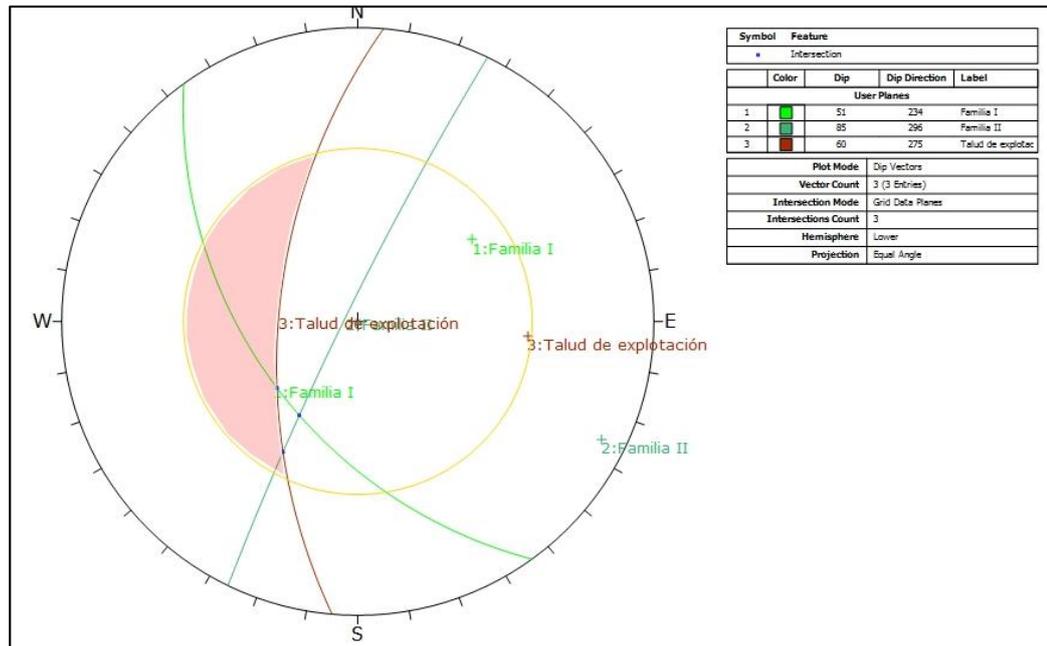


Figura 3.11. Proyección en la red estereográfica simulando un talud con inclinación de 60 grados.

3.15. Factor de seguridad y altura máxima para los taludes del diseño de explotación

Se ha calculado el factor de seguridad a través de las funciones de altura y ángulo de talud, suponiendo un talud con presencia de agua véase en anexo 2. Obtenido para nuestro talud de explotación un factor de seguridad igual 1.2 con altura máxima de 14 metros con una inclinación de 60° y para el talud de liquidación final un factor de seguridad de 1.5 con altura máxima de 17 metros con inclinación de 52° .

3.16. Cálculo de reservas

Para el cálculo de reservas lo realizamos a través del método de perfiles que en este estudio hicimos 11 secciones paralelas a lo largo del área de interés de nuestra cantera, con una distancia de 17 metros entre estas, como se observa en la figura 3.12. Cada sección vista en un corte lateral tiene una determinada área como se ve en la figura 3.13, una vez determina el área de cada sección se procede a calcular el volumen que se obtiene de multiplicar el área cada sección por la suma de las distancias medias de cada lado véase el volumen en la tabla 3.13. Realizado el cálculo la cantera tiene unas reservas de 73,0042.56 metros cúbicos.

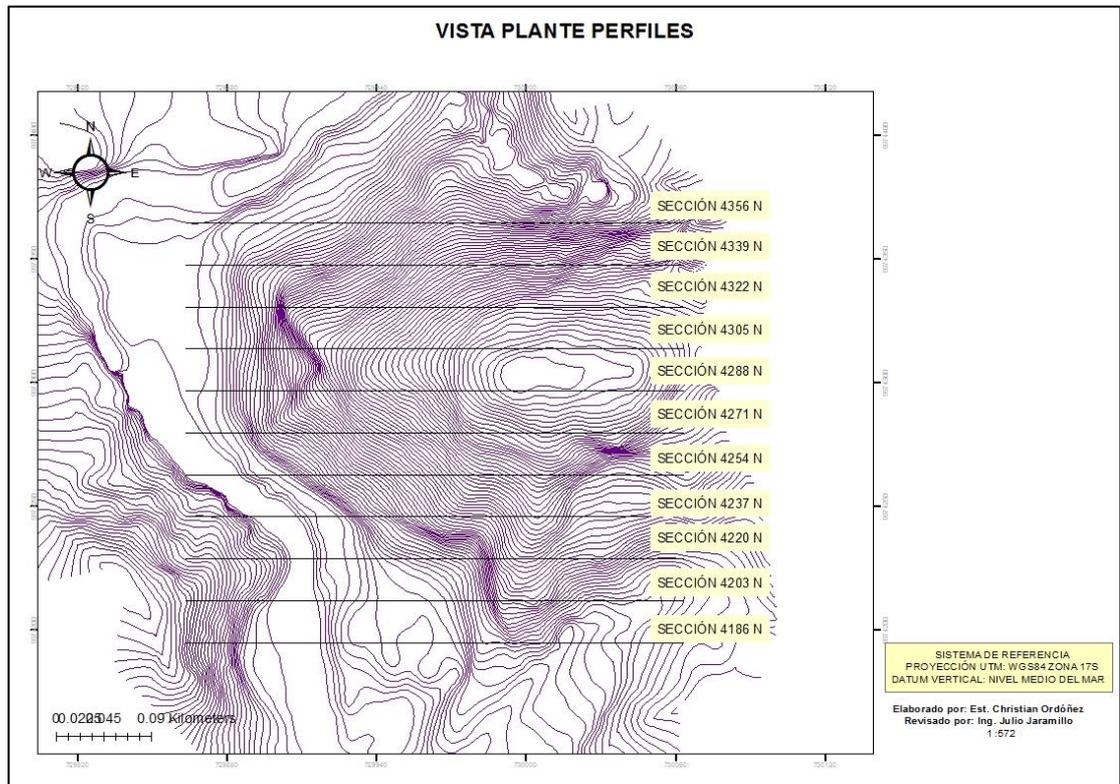


Figura 3.12 Vista en planta de las secciones.

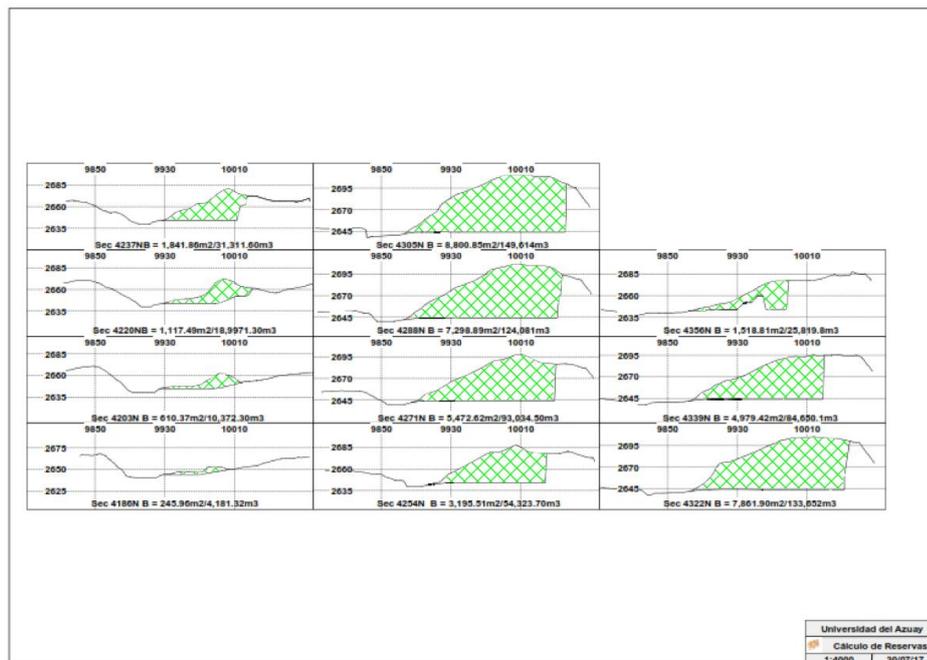


Figura 3.13 Perfiles cálculo de reservas.

Tabla 3.13. Reservas Cantera concesión Alquilula

PERFIL	ÁREA (m2)	VOLUMEN (m3)
Sec 4186N	245.96	4181.32
Sec 4203N	610.37	10376.29
Sec 4220N	1117.49	18997.33
Sec 4237N	1841.86	31311.62
Sec 4254N	3195.51	54323.67
Sec 4271N	5472.62	93034.54
Sec 4288N	7298.89	124081.13
Sec 4305N	8800.85	149614.45
Sec 4322N	7861.9	133652.3
Sec 4339N	4979.42	84650.14
Sec 4356N	1518.81	25819.77
<u>TOTAL</u>	<u>42943.68</u>	<u>730042.56</u>

3.17. Propuesta del diseño de explotación

3.17.1. Acceso y Zona de stock

Como se analizó en el Capítulo 2, en la cantera se encontraron problemas del mal estado de la vía de acceso por lo que se plantea un nuevo acceso por el lado sur-este de la cantera, siendo necesario realizar trabajos de adecuación en un camino antiguo, se habilitaría un camino de 660 metros de largo, 4 metros de ancho con una pendiente del 8%, a este acceso se le realizará un mantenimiento cada 6 meses. A demás se designa un sitio de stock con una superficie de 1158 metros cuadrados.



Figura 3.14. Imagen que señala la nueva ruta de acceso.



Figura 3.15. Imagen donde muestra el lugar designado a la zona de stock.

3.17.2. Diseño geométrico del método de explotación

Se propone explotar con el método de bancos múltiples descendentes, con el análisis geotécnico y geomecánico realizado en inciso anterior y basado en las características de la excavadora Cat 320 especificados en el Capítulo 2 que poseen en la cantera se realizó el diseño geométrico de los taludes de explotación y de liquidación final.

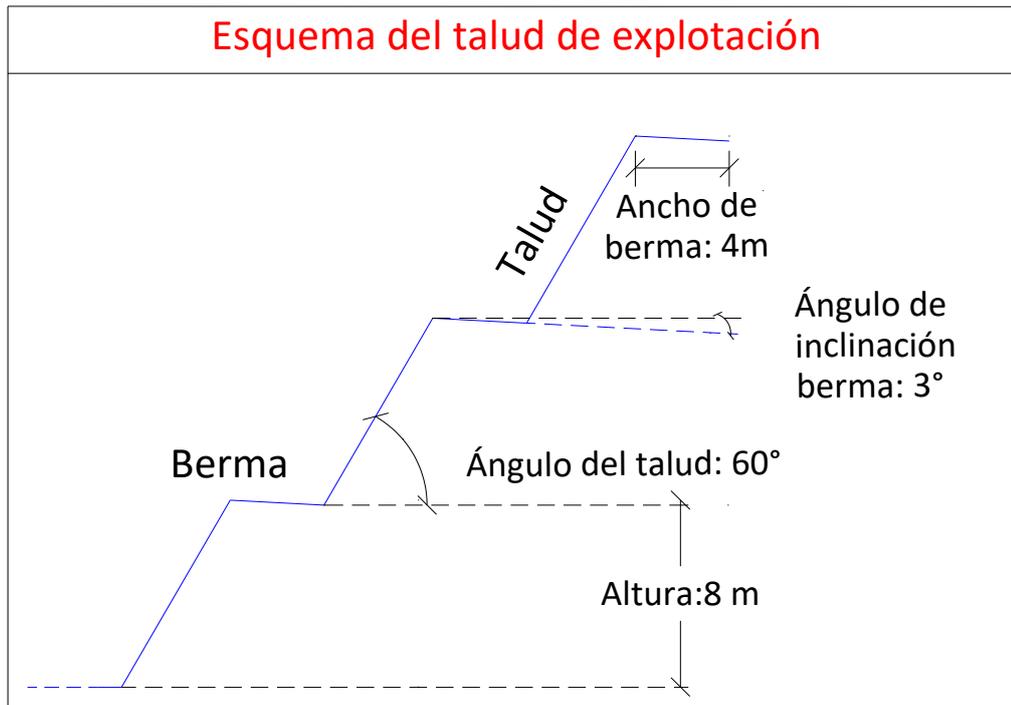


Figura 3.16. Dimensión del talud de explotación.

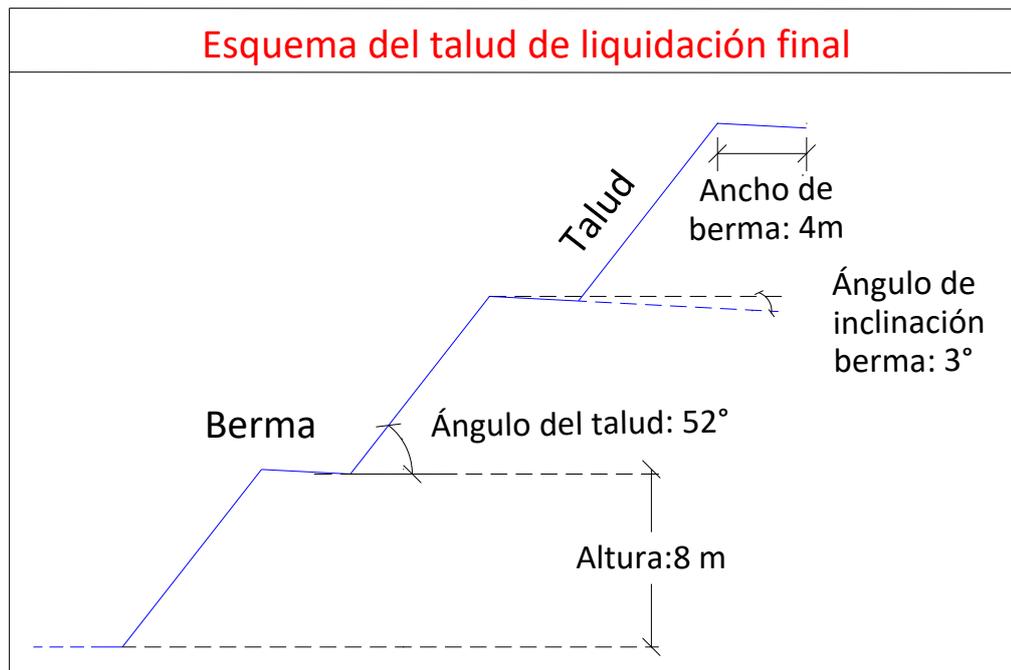


Figura 3.17. Dimensión del talud de liquidación final.

3.17.3. Etapas de explotación

Con el método de explotación de bancos múltiples descendentes se pretende extraer 529460.5 metros cúbicos de los 730042.56 metros cúbicos calculados en el inciso anterior.

Tabla 3.14. Etapas de explotación

FASE	Volumen (m³)
ETAPA 1	34036.3
ETAPA 2	162907.1
ETAPA 3	84324.2
ETAPA 4	72017.4
ETAPA 5	73003.9
ETAPA 6	103171.6
<u>TOTAL</u>	<u>529460.5</u>

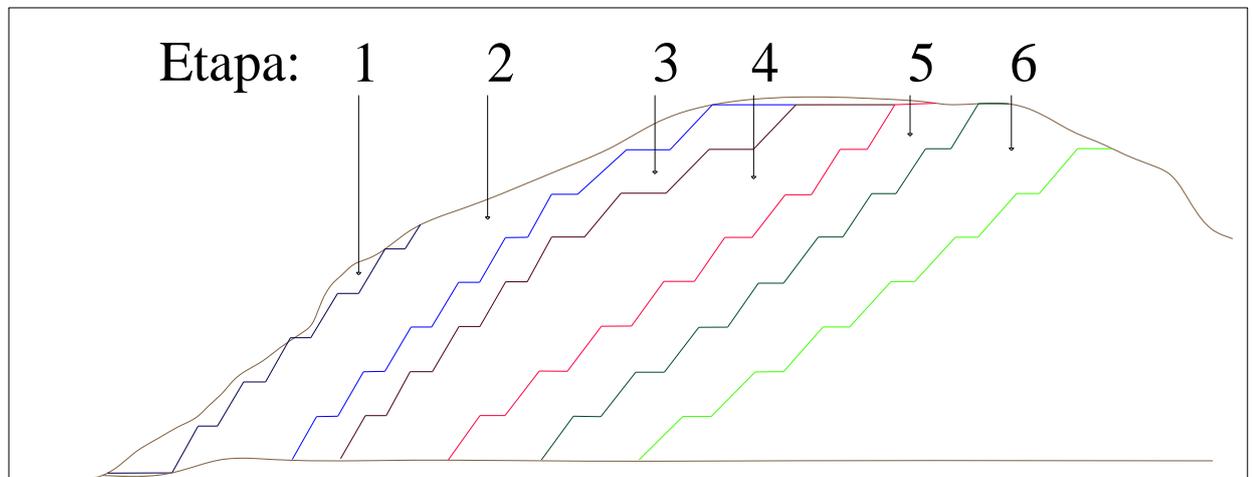


Figura 3.18. Diseño de etapas de explotación.

3.17.4. Acceso al frente de explotación

Para implementar el diseño de bancos múltiples descendentes es necesario empezar los trabajos desde la parte superior de la cantera, por lo que se establece el siguiente trazo de vía para acceder a esta.

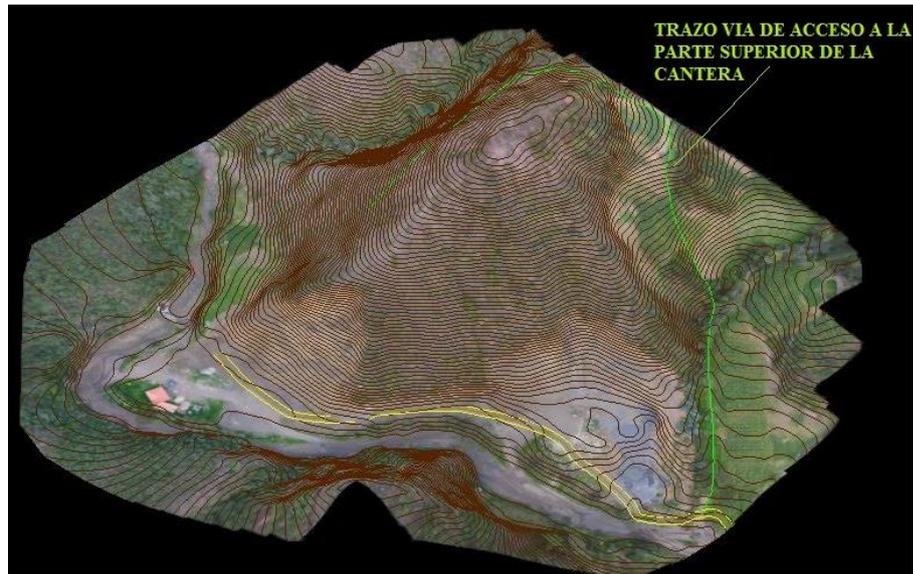


Figura 3.19. Trazo vía de acceso a la parte superior de la cantera.

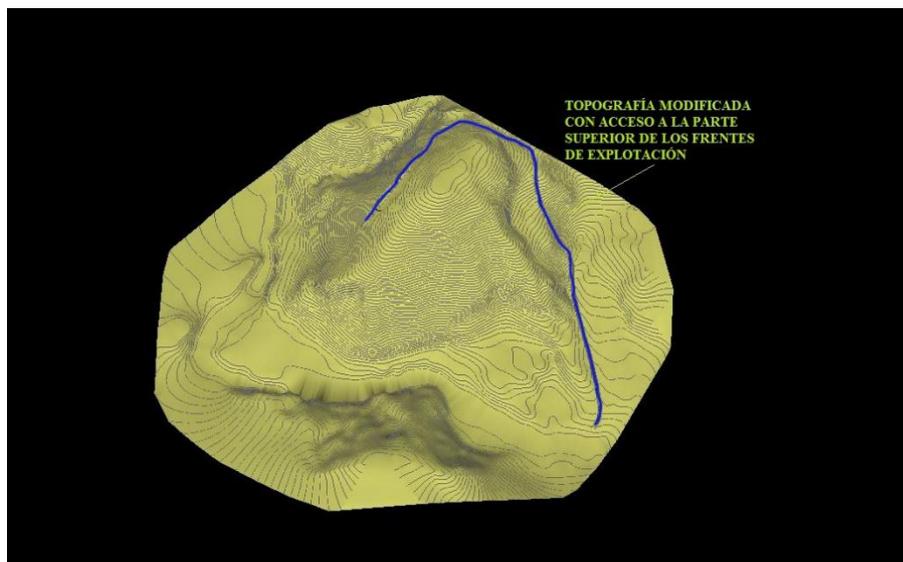


Figura 3.20. Topografía modificada con acceso a la parte superior de los frentes de exportación.

3.17.5. Etapa 1 de estabilización de los frentes de explotación.

En esta etapa se plantea estabilizar los frentes de explotación para garantizar la seguridad en la cantera mientras se continúa explotando, en esta etapa de se extraerá 34036.3 m³, este es el volumen encerrado entre la topografía actual y el modelo digital de la Etapa 1 el cual ha sido calculado utilizando el método de las secciones explicado anteriormente. Bajo este criterio se realizó el cálculo de volúmenes para las demás etapas que se presentan a continuación.

Tabla 3.15. Cálculo de volumen método de perfiles Etapa 1

PERFIL	ÁREA (m2)	VOLUMEN (m3)
Sec 4186N	8.26	140.34
Sec 4203N	13.27	225.55
Sec 4220N	16.56	281.56
Sec 4237N	18.36	312.06
Sec 4254N	302.06	5135.08
Sec 4271N	380.65	6470.99
Sec 4288N	26.54	451.21
Sec 4305N	667.97	11355.48
Sec 4322N	46.44	789.42
Sec 4339N	329.65	5604.06
Sec 4356N	192.39	3270.55
<u>TOTAL</u>	<u>2002.15</u>	<u>34036.3</u>

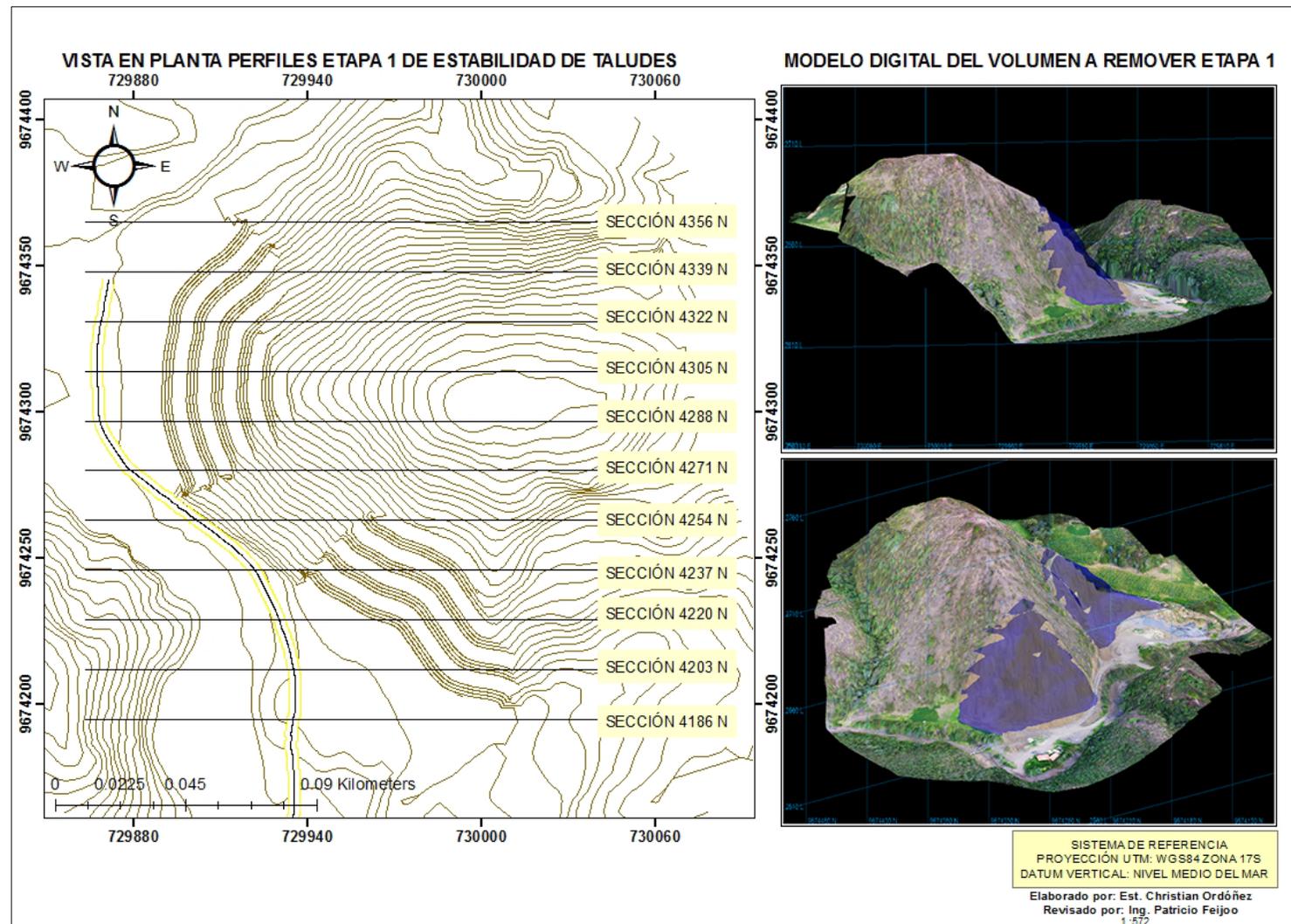


Figura 3.21. Perfiles y volumen a extraer Etapa 1.

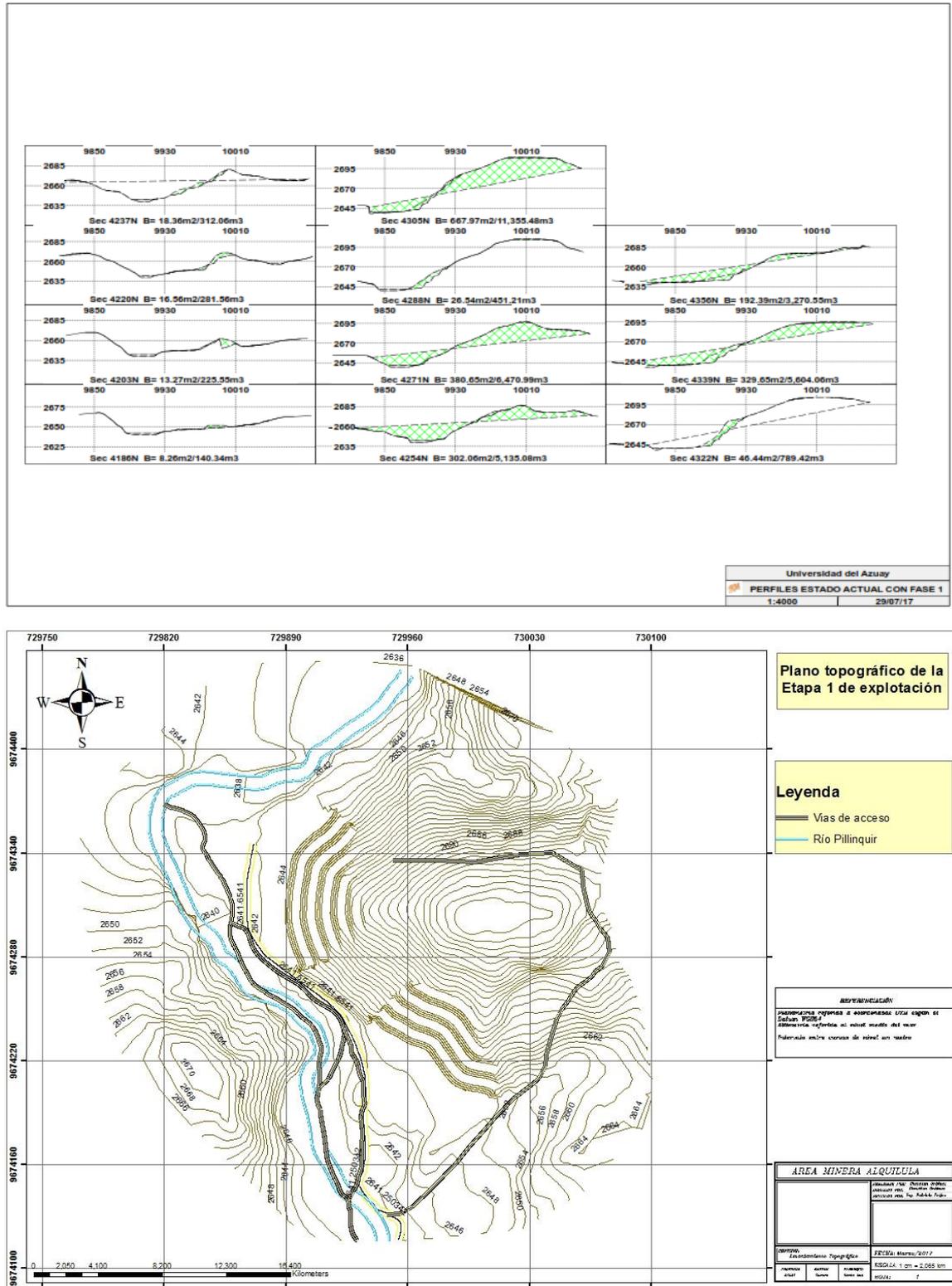


Figura 3.22. perfiles y plano topográfico de la etapa 1.

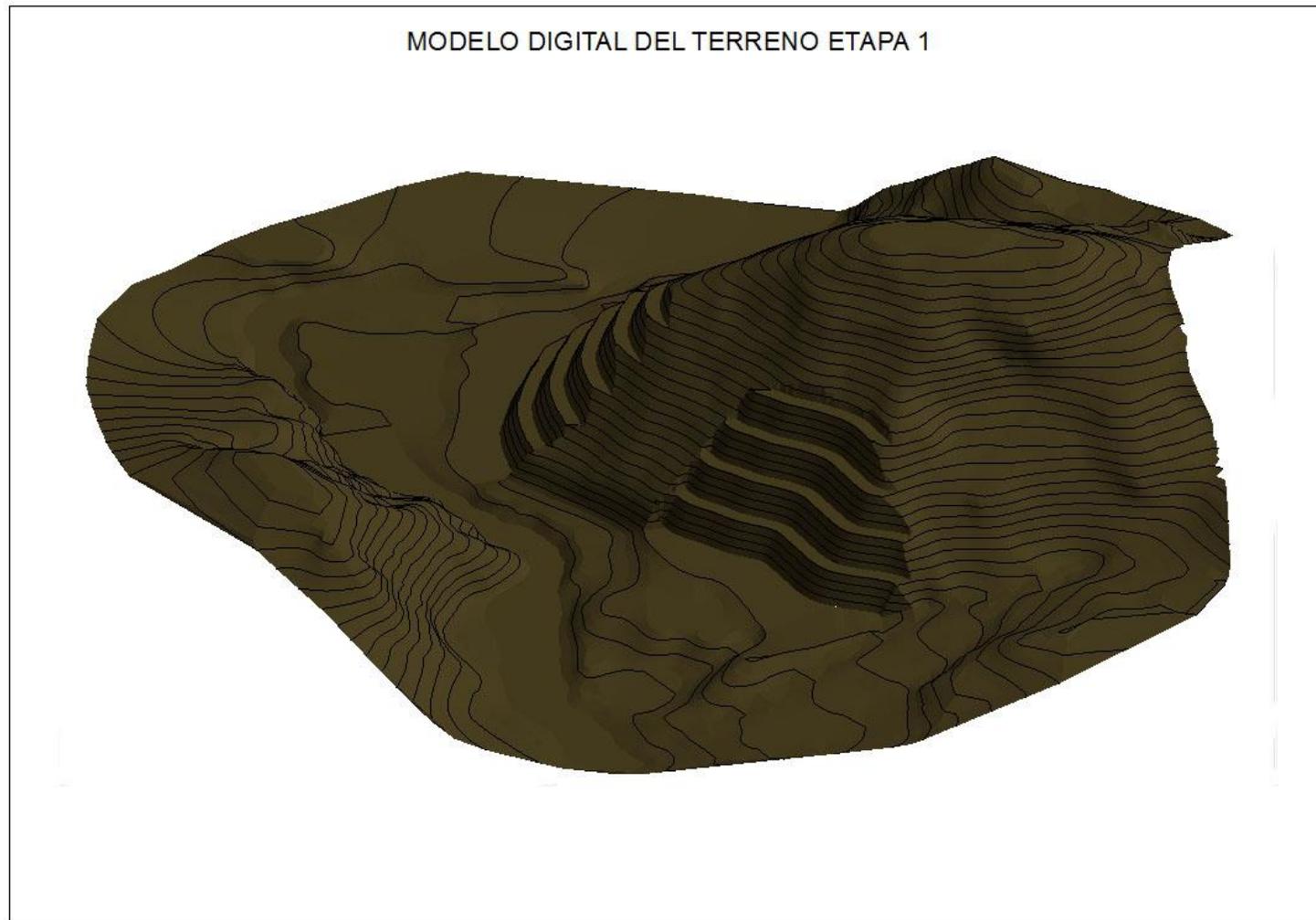


Figura 3.23. Modelo Digital del Terreno Etapa 1.

3.17.6. Etapa 2

En la etapa 2 planteamos establecer un único frente de explotación uniendo el frente A y B en esta etapa se plantea extraer 162907.1 m³

Tabla 3.16. Cálculo de volumen método de perfiles Etapa 2

PERFIL	ÁREA (m²)	VOLUMEN (m³)
Sec 4186N	20.1	341.80
Sec 4203N	184.5	3136.00
Sec 4220N	1019.4	17329.60
Sec 4237N	1086.4	18469.00
Sec 4254N	1435.2	24398.90
Sec 4271N	1606.3	27307.30
Sec 4288N	1508.3	25640.60
Sec 4305N	1157.4	19676.30
Sec 4322N	830.9	14125.70
Sec 4339N	514.8	8751.70
Sec 4356N	219.4	3730.20
<u>TOTAL</u>	<u>9582.7</u>	<u>162907.1</u>

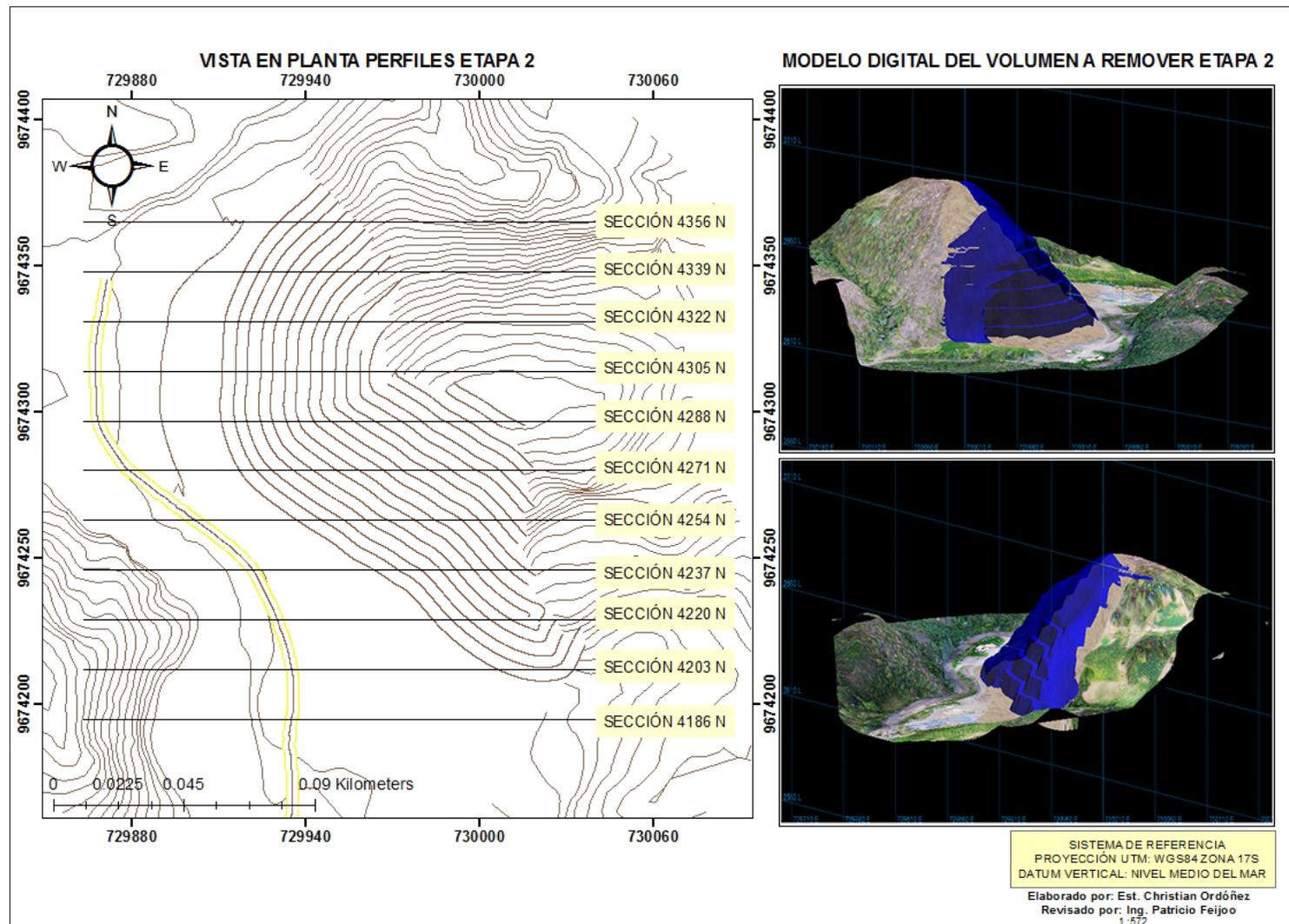


Figura 3.24. Perfiles y volumen a extraer Etapa 2.

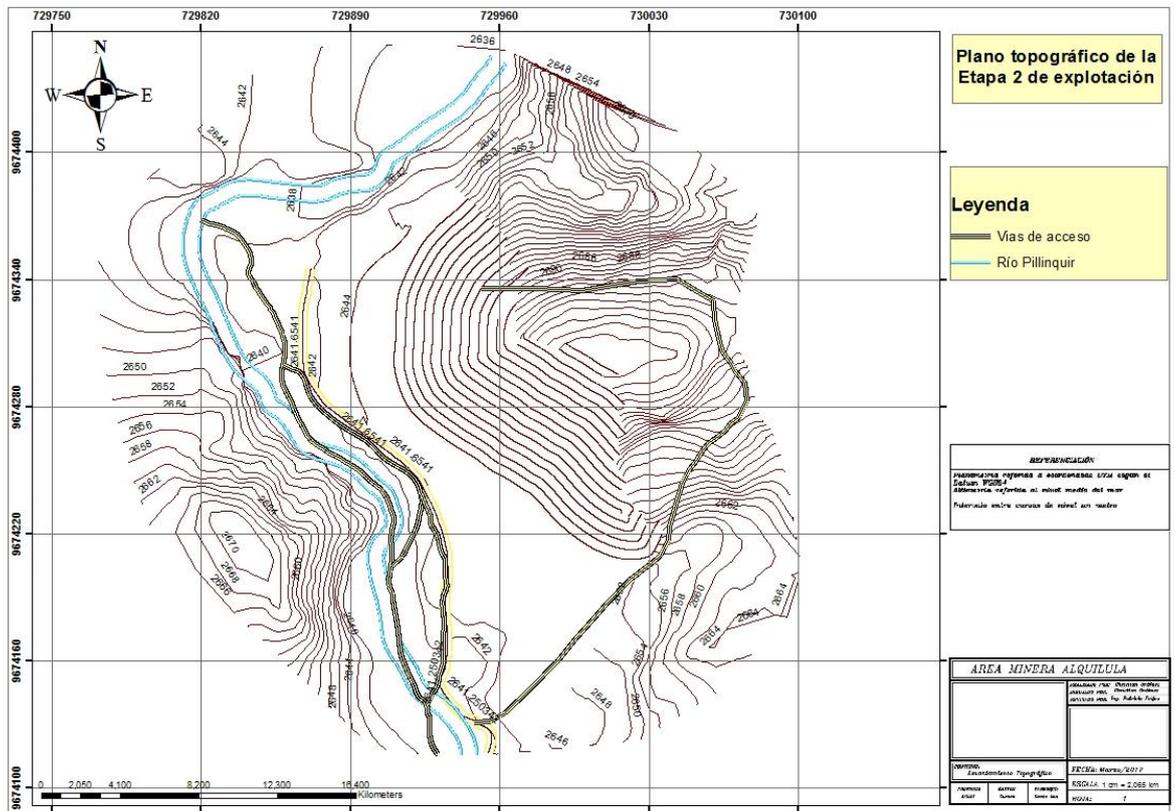
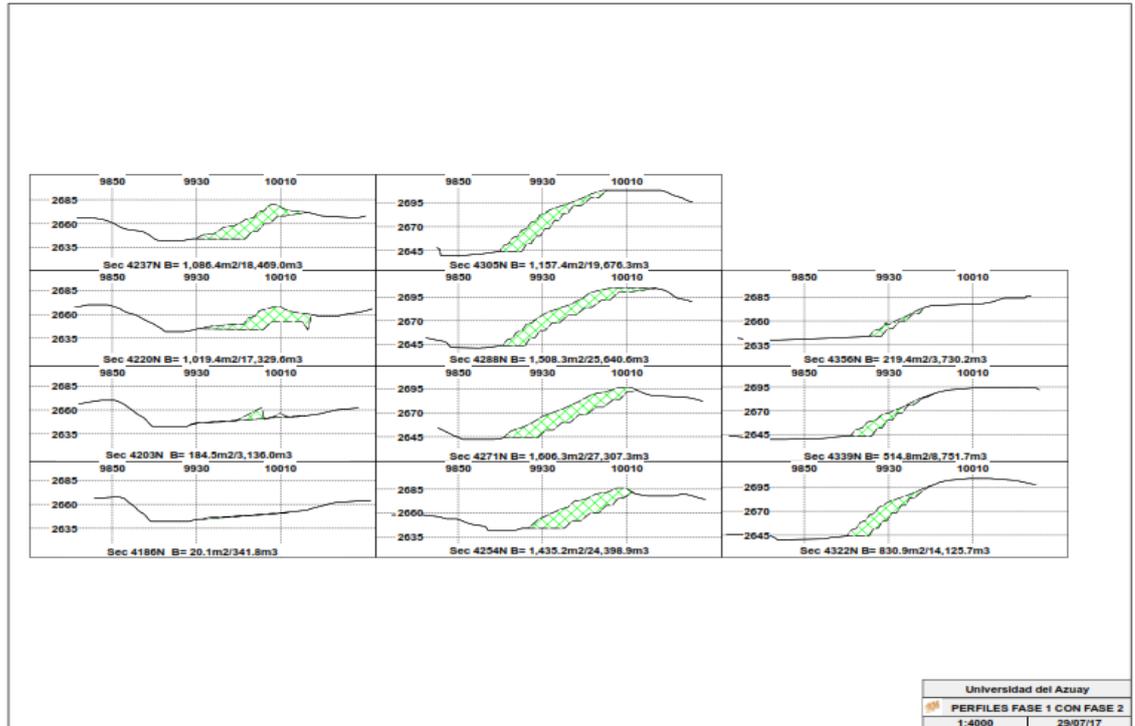


Figura 3.25. Perfiles y plano topográfico de la etapa 2.

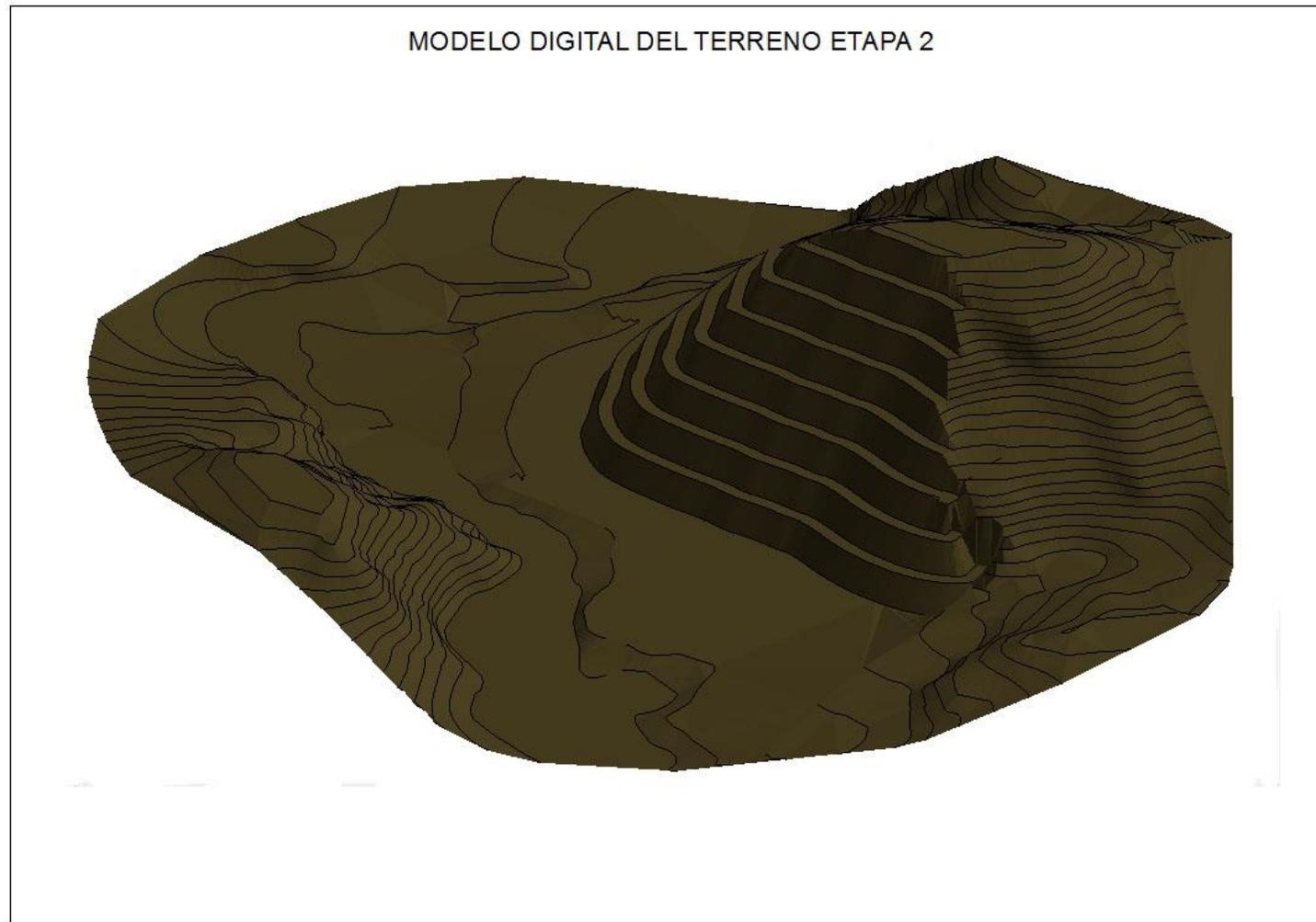


Figura 3.26. Modelo Digital del Terreno Etapa 2.

3.17.7. Etapa 3

En la etapa 3 se extraerá 72017.4 m³

Tabla 3.17. Cálculo de volumen método de perfiles Etapa 3

PERFIL	ÁREA (m²)	VOLUMEN (m³)
Sec 4220N	184.7	3140.20
Sec 4237N	319	5423.40
Sec 4254N	448	7615.50
Sec 4271N	656.9	11167.70
Sec 4288N	770	13089.50
Sec 4305N	687.8	11691.80
Sec 4322N	445.1	7567.40
Sec 4339N	443	7530.30
Sec 4356N	281.9	4791.60
<u>TOTAL</u>	<u>4236.4</u>	<u>72017.4</u>

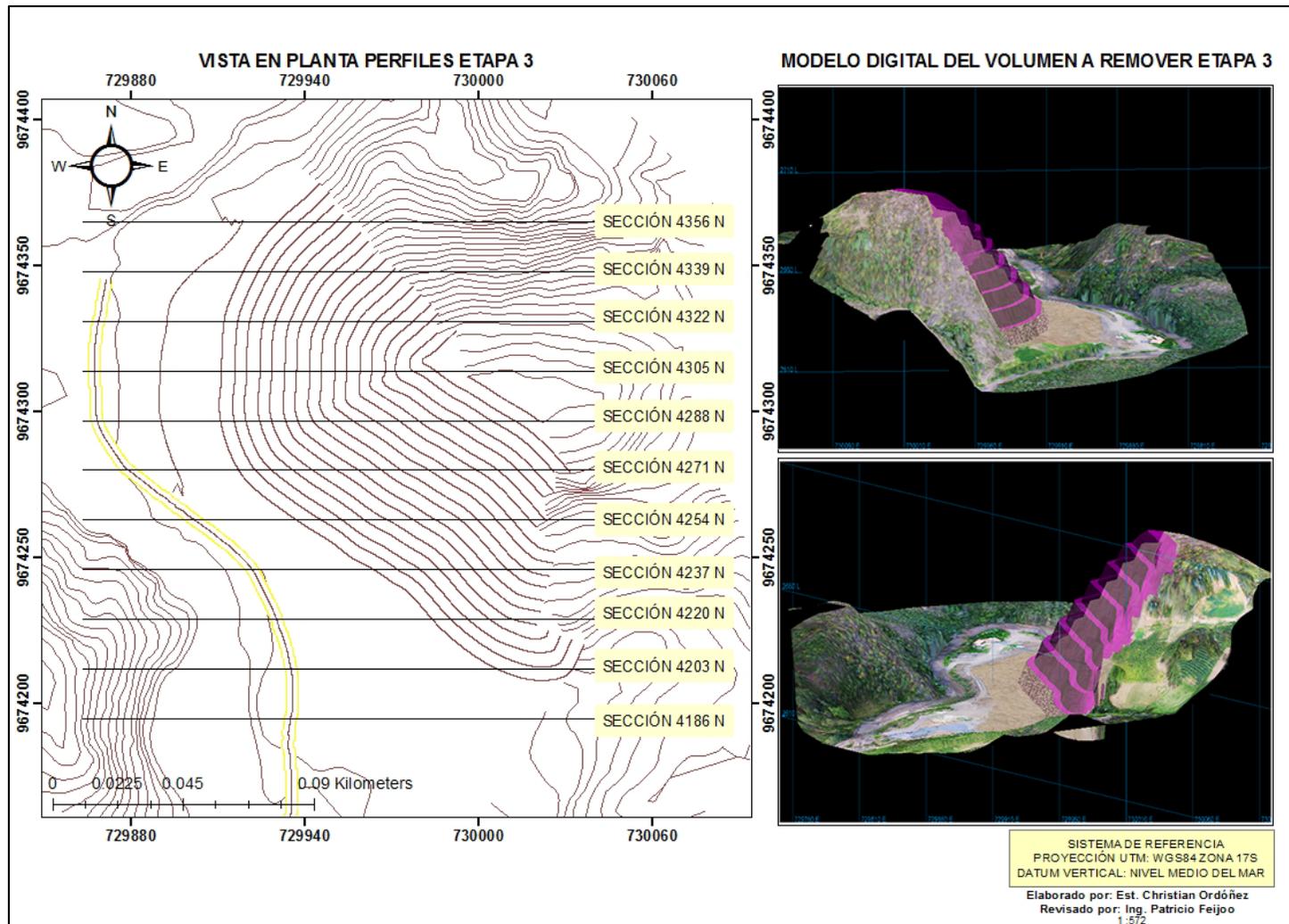


Figura 3.27. Perfiles y volumen a extraer Etapa 3.

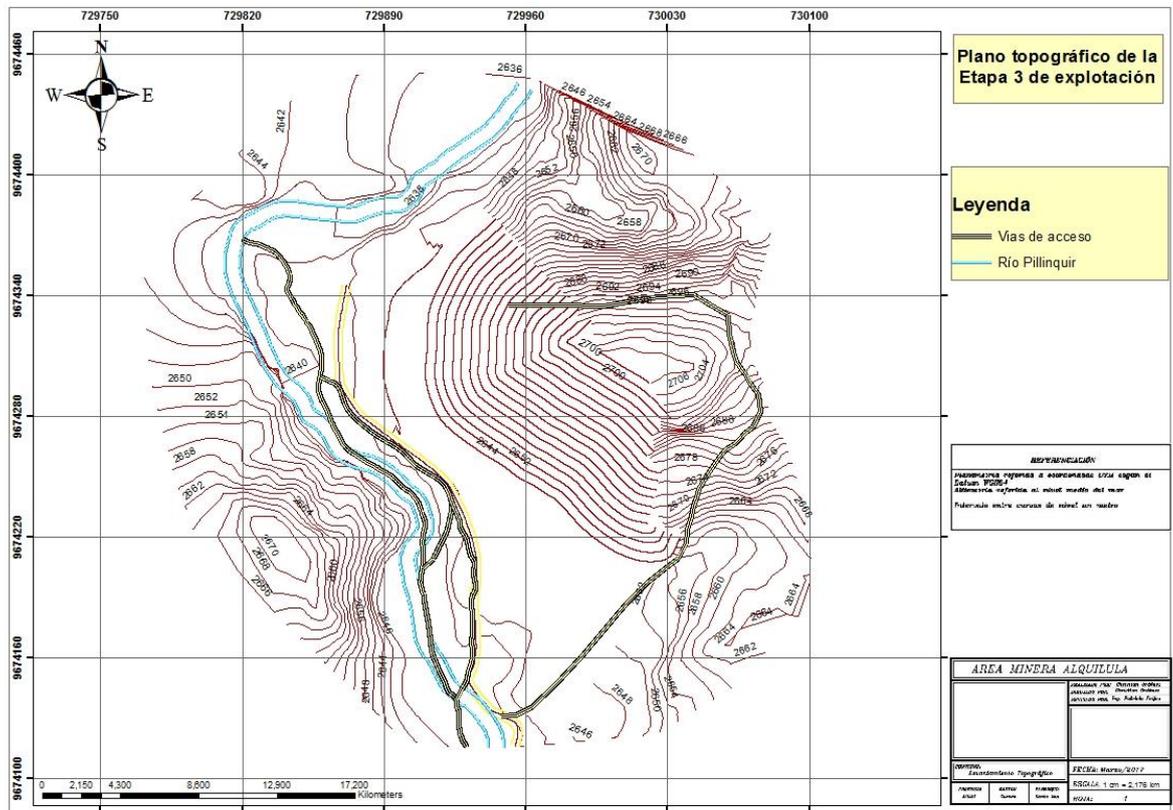
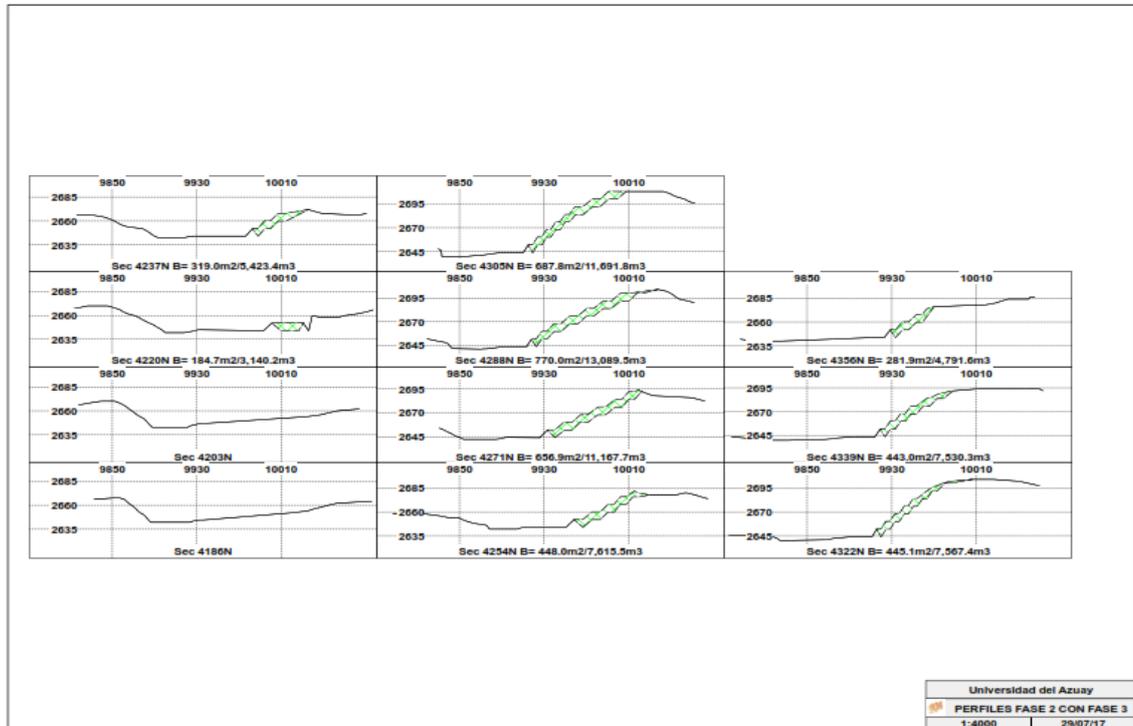


Figura 3.28. Perfiles y plano topográfico de la etapa 3.

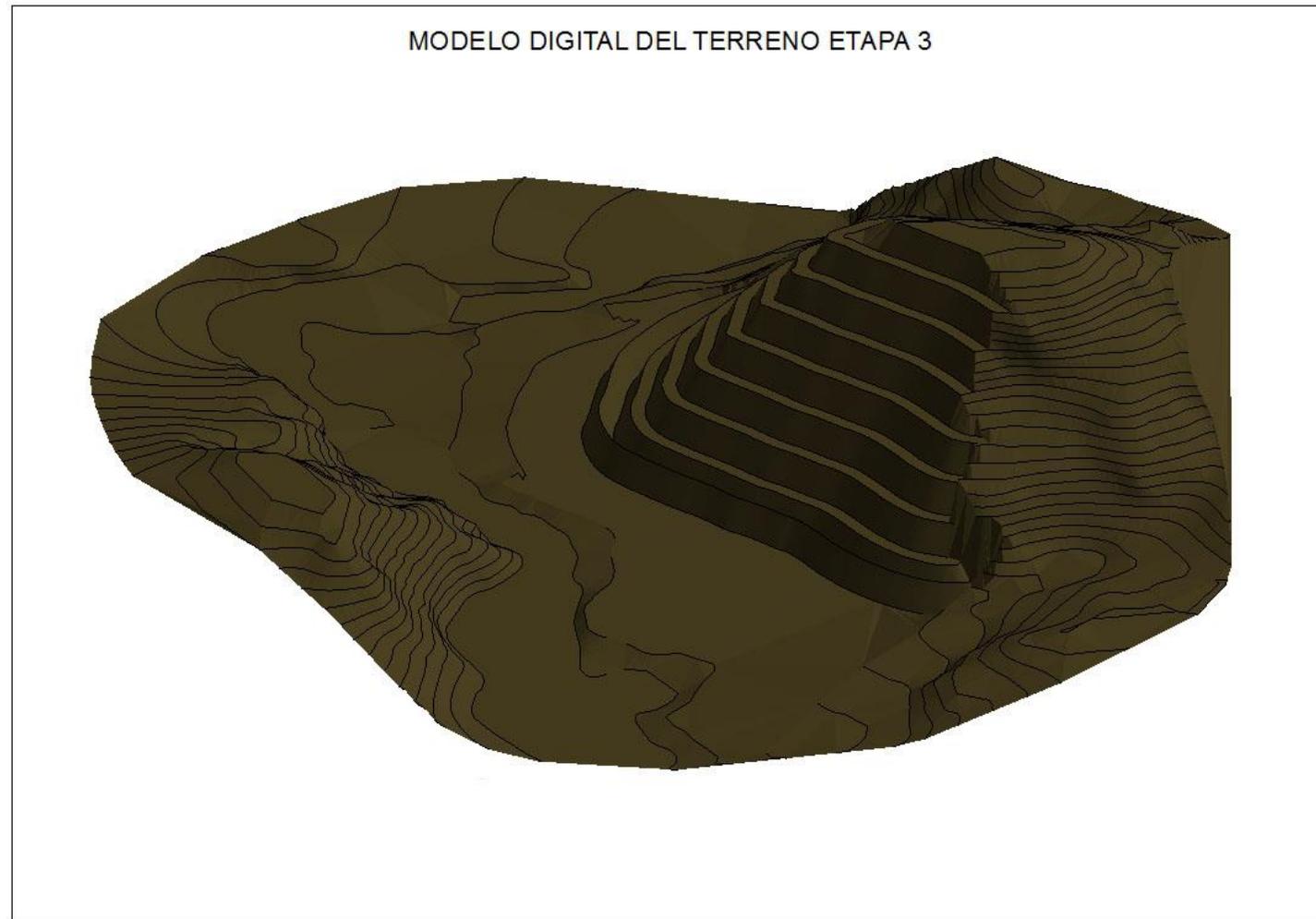


Figura 3.29. Modelo Digital del Terreno Etapa 3.

3.17.8. Etapa 4

En la etapa 4 se extraerá 84324.2 m³

Tabla 3.18. Cálculo de volumen método de perfiles Etapa 4

PERFIL	ÁREA (m²)	VOLUMEN (m³)
Sec 4220N	105	1785.70
Sec 4237N	46.4	788.90
Sec 4254N	202.2	3436.70
Sec 4271N	574.1	9759.10
Sec 4288N	1330.4	22616.00
Sec 4305N	1700.8	28913.20
Sec 4322N	920.3	15645.60
Sec 4339N	37.6	640.00
Sec 4356N	43.5	739.00
<u>TOTAL</u>	<u>4960.3</u>	<u>84324.2</u>

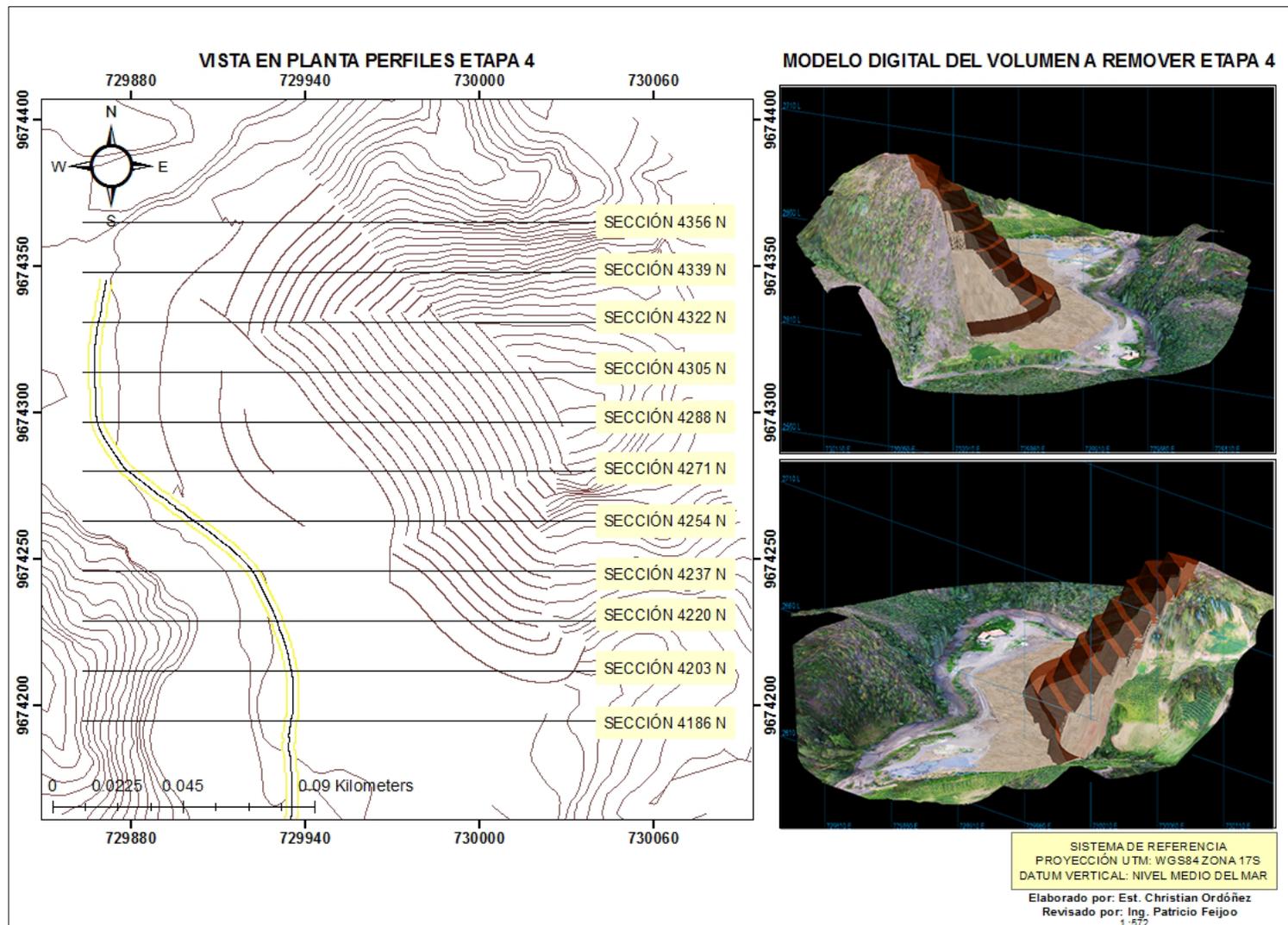


Figura 3.30. Perfiles y volumen a extraer Etapa 4.

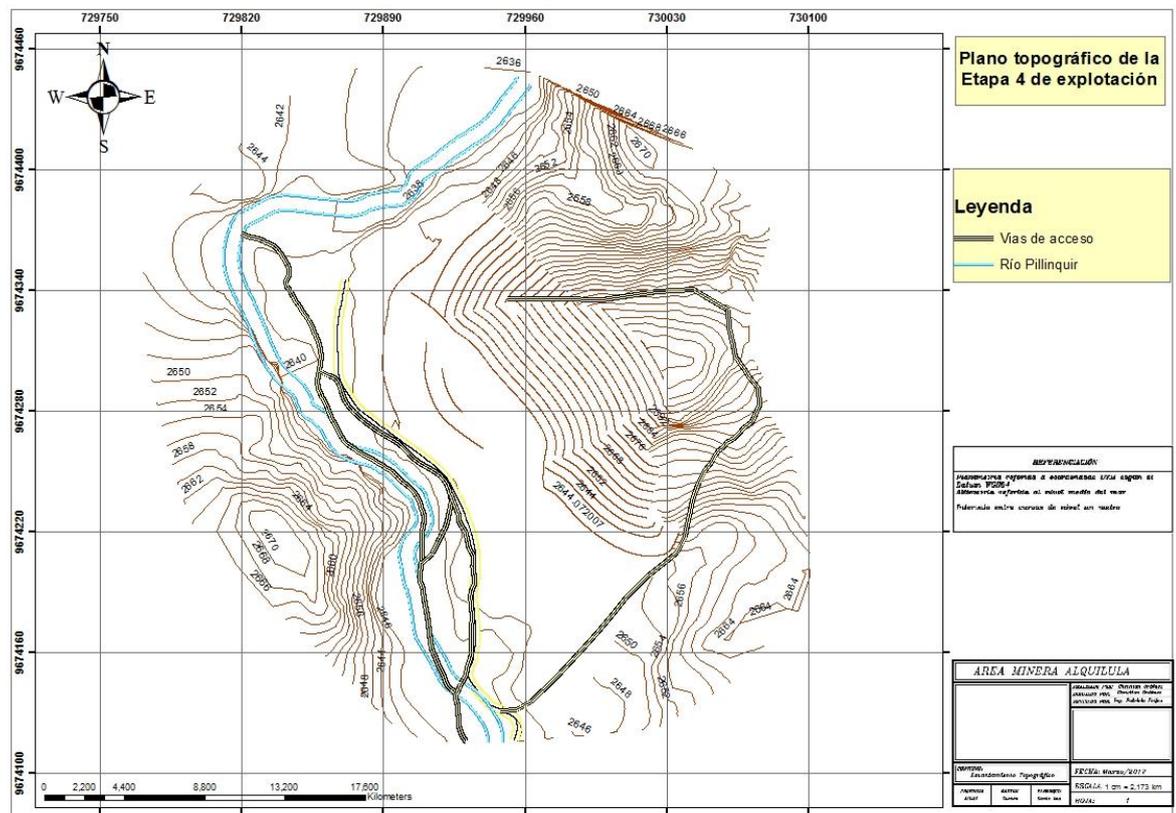
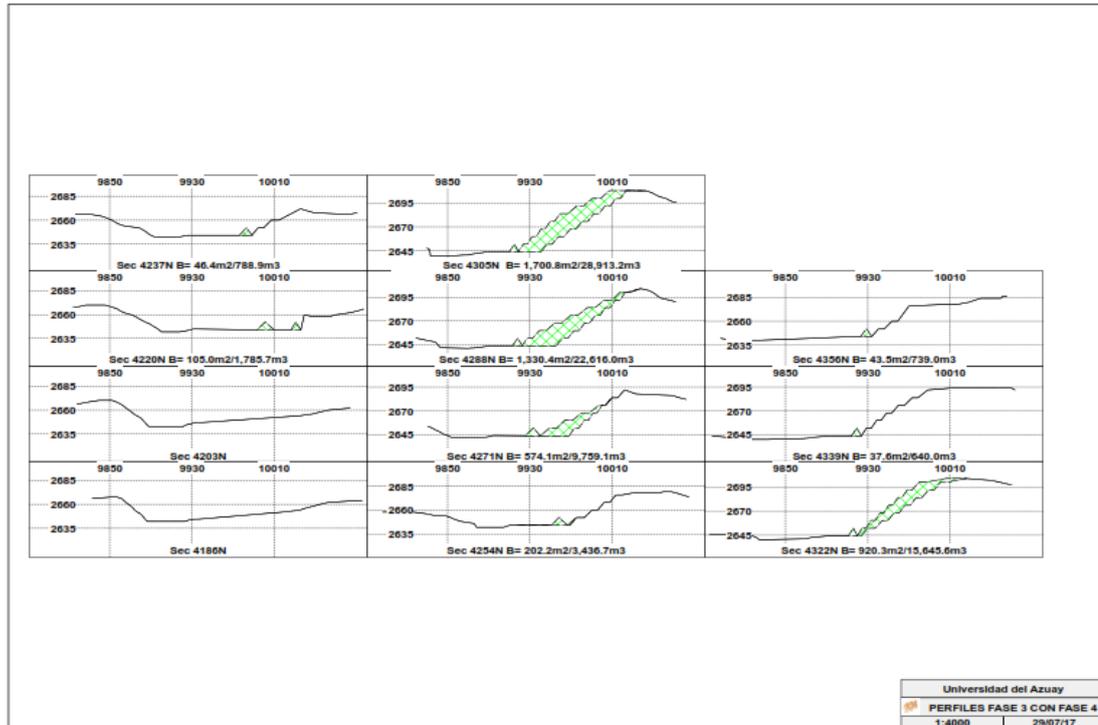


Figura 3.31. Perfiles y plano topográfico de la etapa 4.

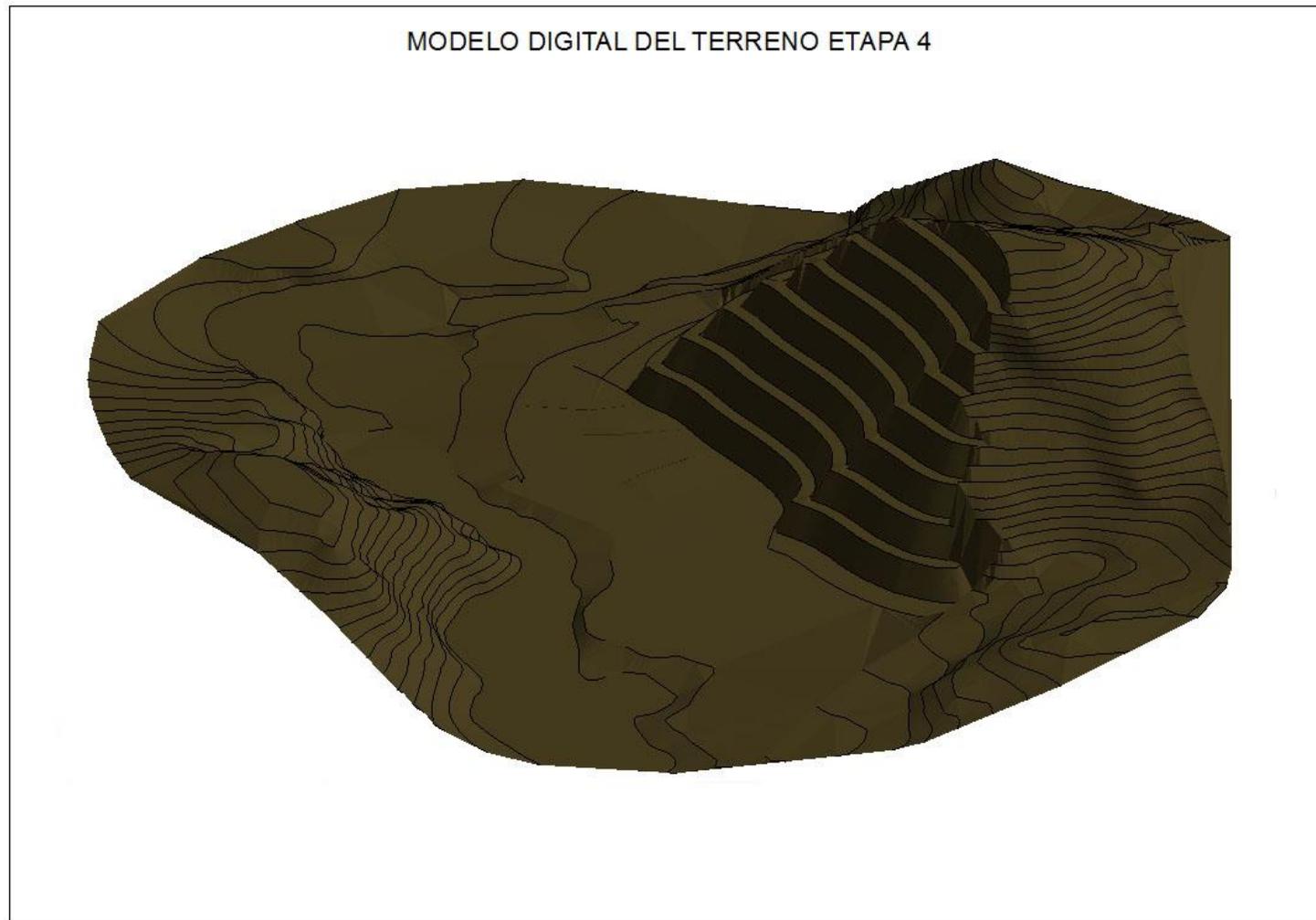


Figura 3.32. Modelo Digital del Terreno Etapa 4.

3.17.9 Etapa 5

En la etapa 5 se extraerá 73003.9 m³

Tabla 3.19. Cálculo de volumen método de perfiles Etapa 5

PERFIL	ÁREA (m²)	VOLUMEN (m³)
Sec 4254N	254.1	4318.90
Sec 4271N	646.3	10986.40
Sec 4288N	915.6	15565.80
Sec 4305N	1099.7	18694.80
Sec 4322N	1045.1	17766.20
Sec 4339N	333.6	5671.80
<u>TOTAL</u>	<u>4294.4</u>	<u>73003.9</u>

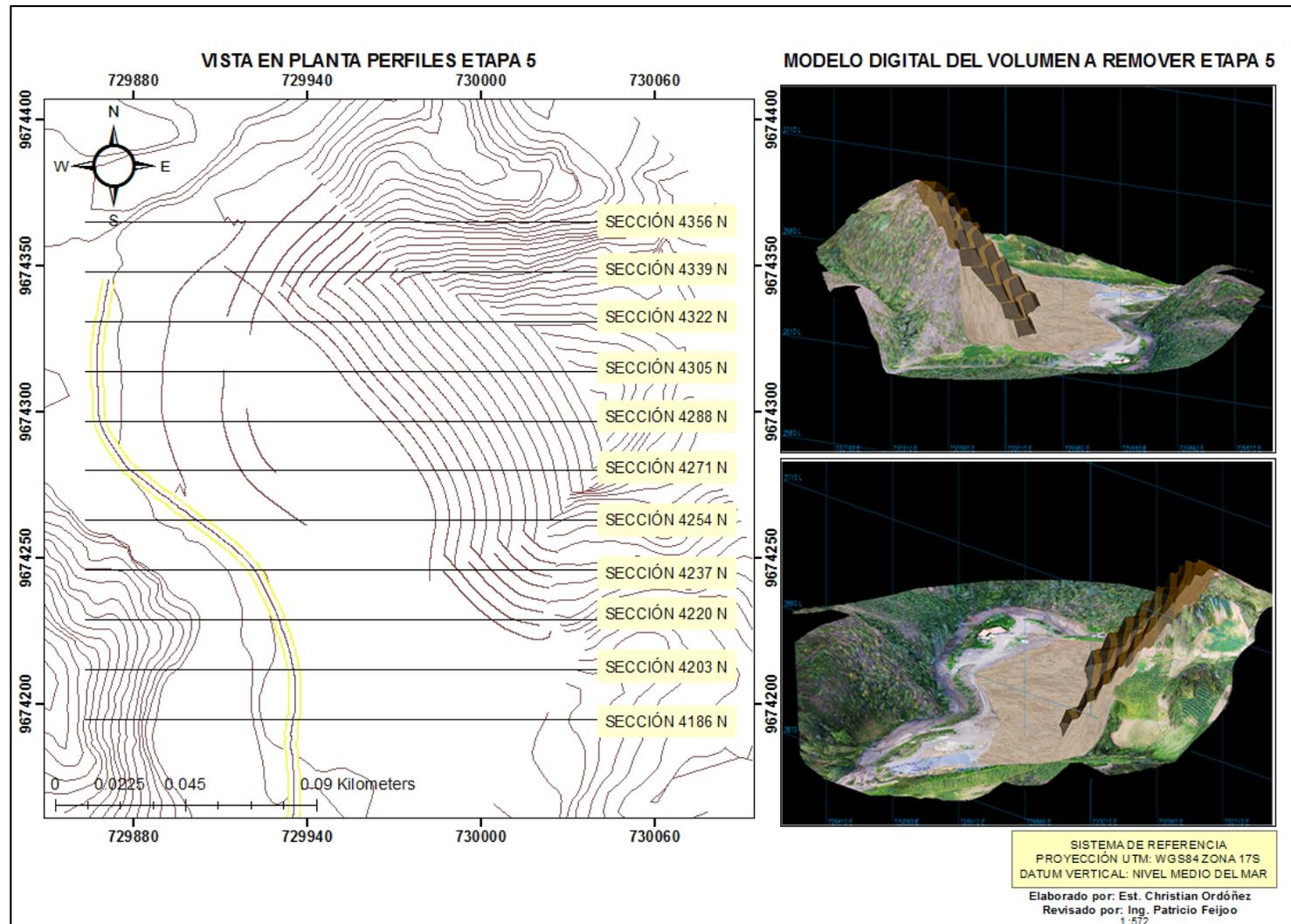


Figura 3.33. Perfiles y volumen a extraer Etapa 5.

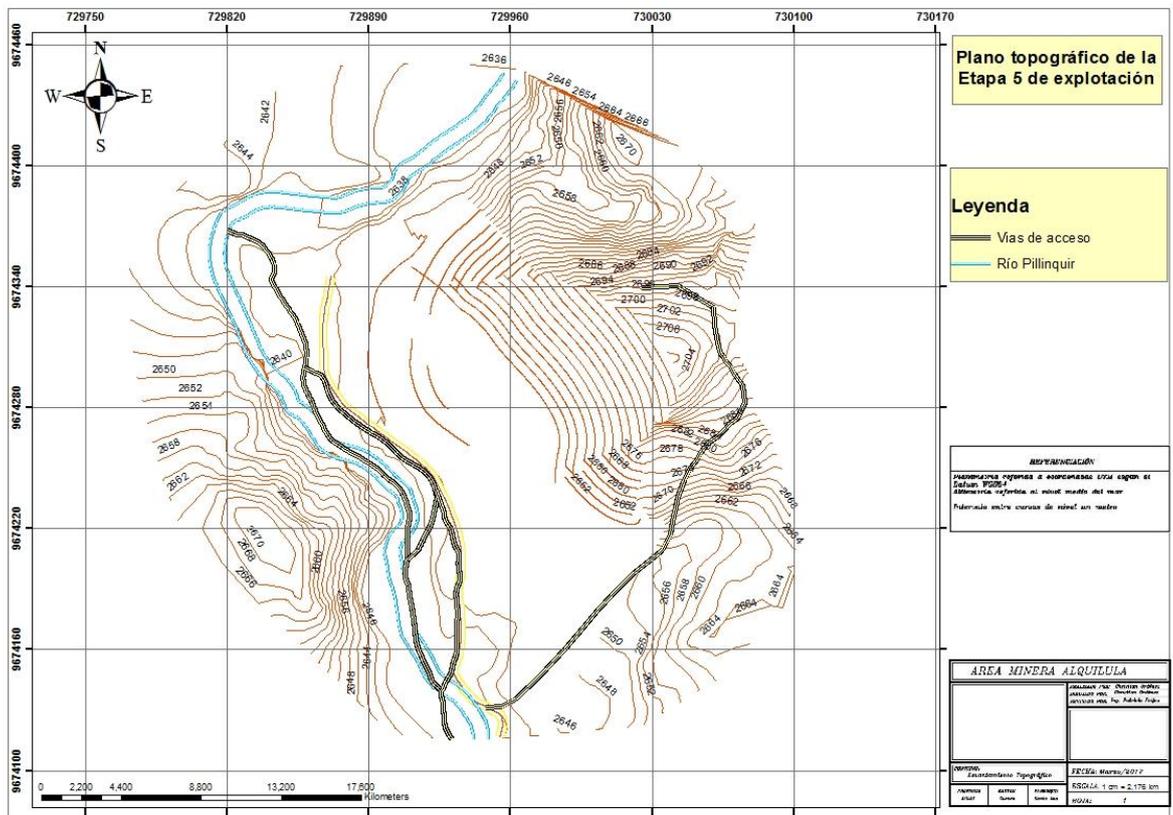


Figura 3.34. Perfiles y plano topográfico de la etapa 5.

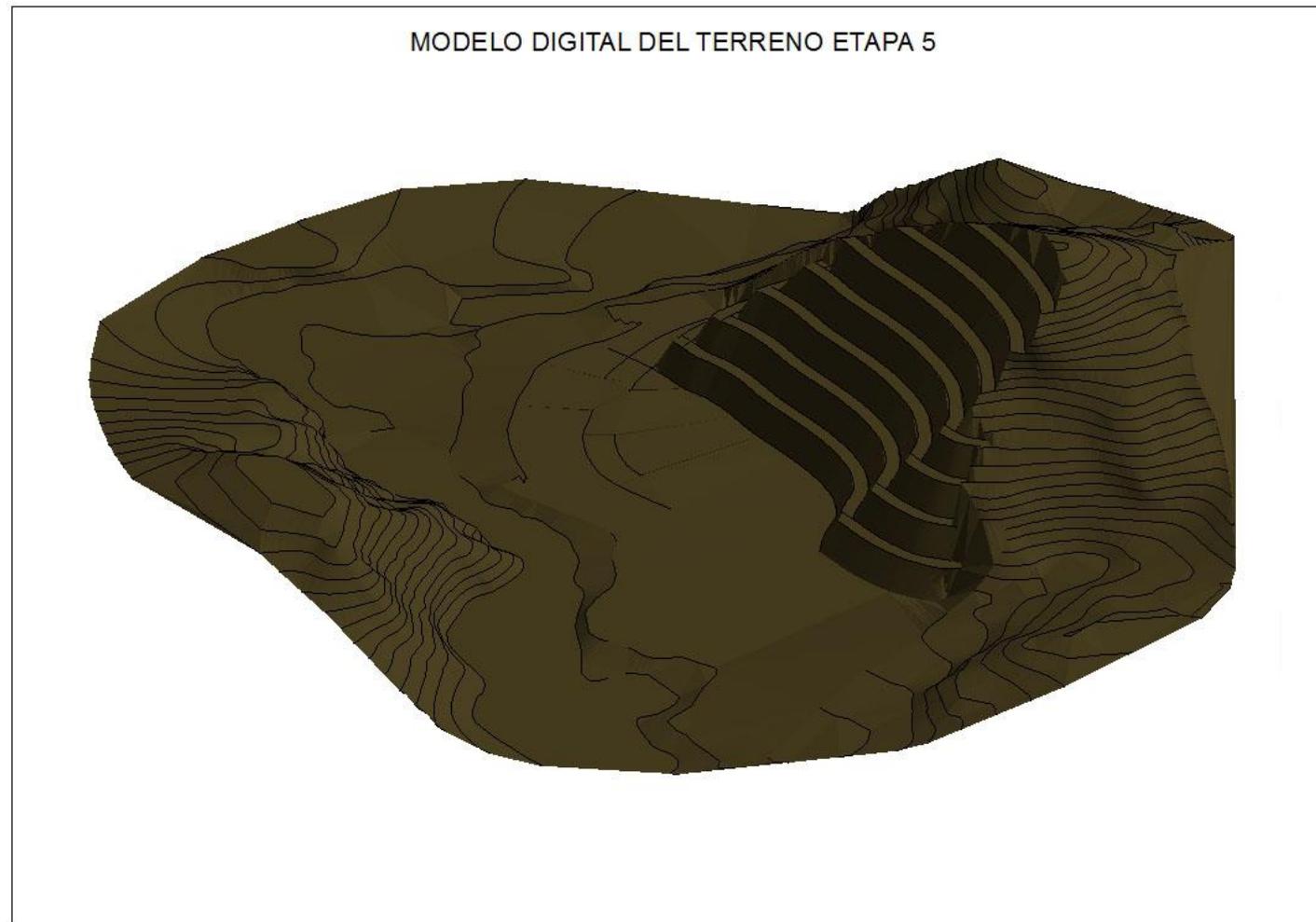


Figura 3.35 Modelo Digital del Terreno Etapa

3.17.10. Etapa 6 de liquidación final

En la etapa 6 de liquidación final se extraerá 103171.6 m³

Tabla 3.20. Cálculo de volumen método de perfiles Etapa 6

PERFIL	ÁREA (m²)	VOLUMEN (m³)
Sec 4237N	350.4	5957.60
Sec 4254N	616.3	10476.80
Sec 4271N	820.7	13953.10
Sec 4288N	1156.5	19660.40
Sec 4305N	1427.7	24271.30
Sec 4322N	1489.5	25321.30
Sec 4339N	1285.3	1850.50
Sec 4356N	98.9	1680.60
<u>TOTAL</u>	<u>7245.3</u>	<u>103171.6</u>

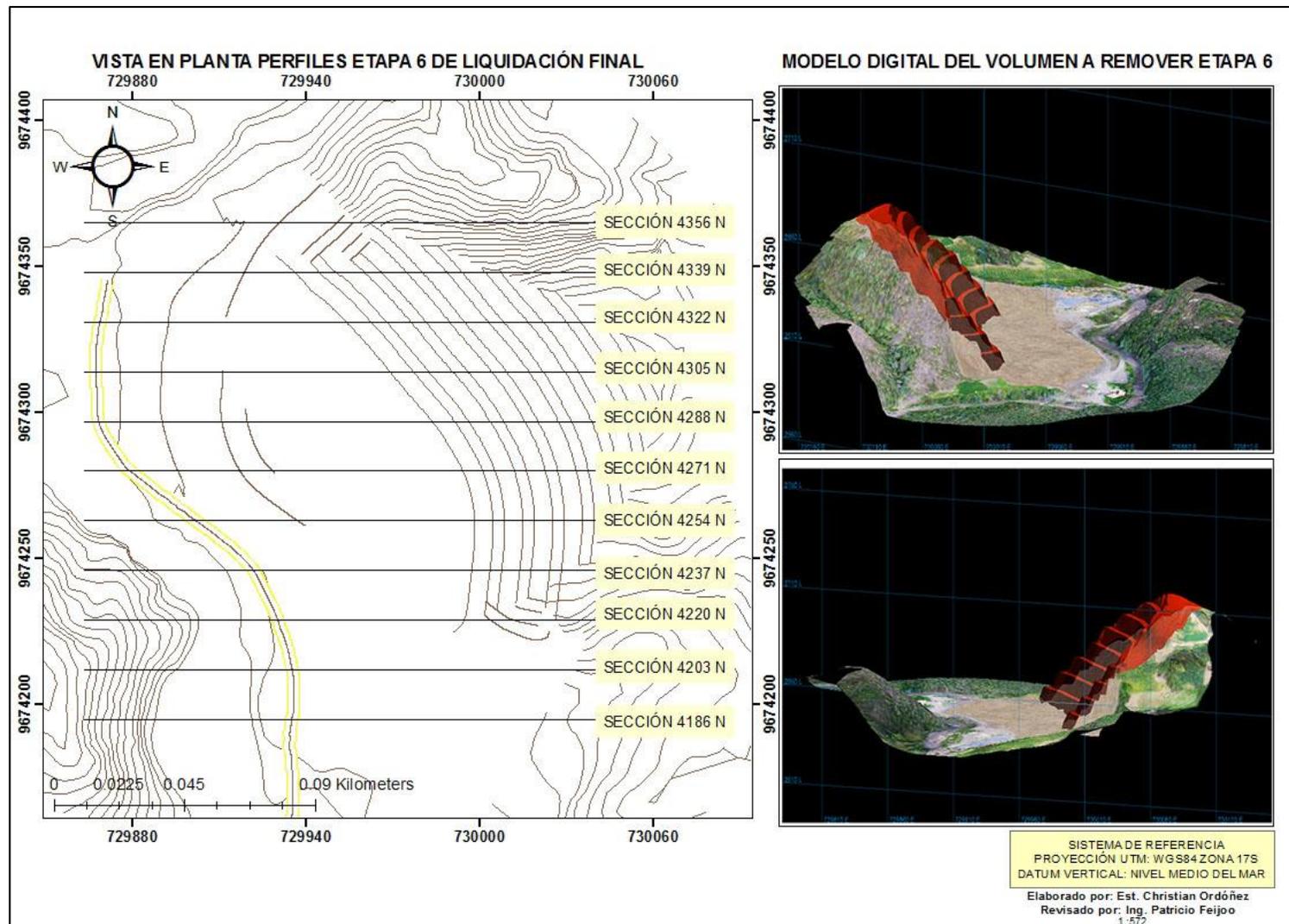


Figura 3.36. Perfiles y volumen a extraer Etapa 6.

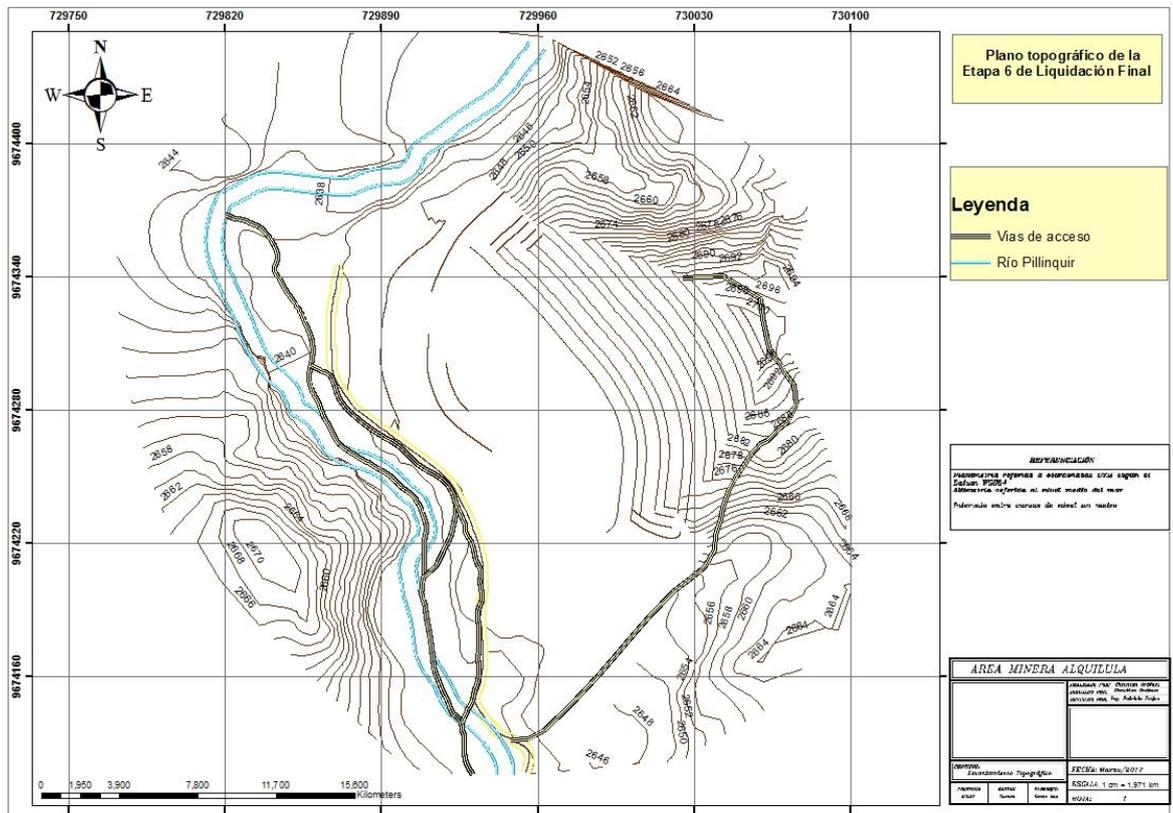


Figura 3.37. Perfiles y plano topográfico de la etapa 6.

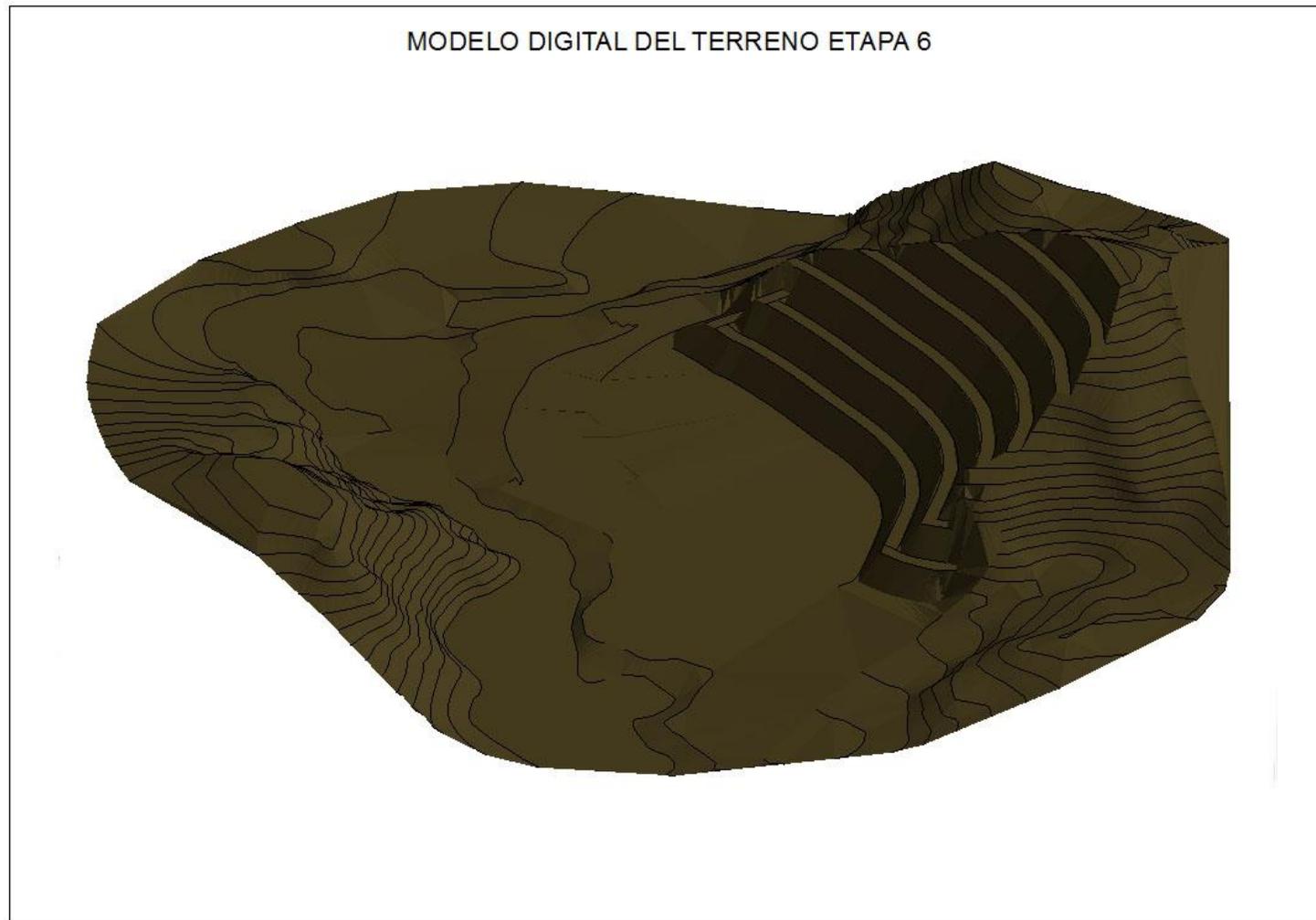


Figura 3.38. Modelo Digital del Terreno Etapa 6.

3.18. Maquinaria

3.18.1. Arranque y carga

Para el arranque y carga se utilizará la excavadora Caterpillar 320 que poseen en la concesión que fue analizada en el Capítulo 2.

3.18.2. Transporte

Como se explicó en el capítulo 2 actualmente la cantera no se realiza transporte interno. Una vez designado un sitio de stock y para llevar a cabo el diseño de explotación propuesto, el transporte interno se contempla dentro del ciclo minero y consiste en el traslado de material desde el frente de explotación hasta su destino final o patio de stock. Para el transporte de material se utilizará un volquete el mismo que está valorado en US\$ 60,000 (mírese el cálculo en el anexo 6) con las siguientes características:

Volqueta	
Marca	Hyundai
Modelo	HD170
Capacidad del balde	8 m ³
Capacidad de carga	12.5 Tn
Tipo de combustible	Diesel
Año de fabricación	2009



Figura 3.39. Características de la Volqueta Hyundai.

Fuente: (Hyundai, 2016)

3.18.3. Cargadora para ventas

A demás se utilizará como cargadora una retroexcavadora cargadora Caterpillar 420D valorada en US\$ 42,000 la cual será utilizada para despachar el material que se comercialice en la zona de stock de tal manera que el volquete y la retroexcavadora

320 D tendrán un trabajo continuo.

Retroexcavadora Cargador	
Marca	Caterpillar
Modelo	420E
Capacidad del balde	0.96 m ³
Capacidad de carga	3.7 Tn
Tipo de combustible	Diesel
Año de fabricación	2006



Figura 3.40. Retroexcavadora Caterpillar CAT 420C.
Fuente: (Maquqam.C.A, 2015)

3.18.4. Análisis de la productividad

Con la propuesta del diseño de explotación se genera un nuevo diagrama de procesos en la concesión minera Alquilula que se muestra a continuación

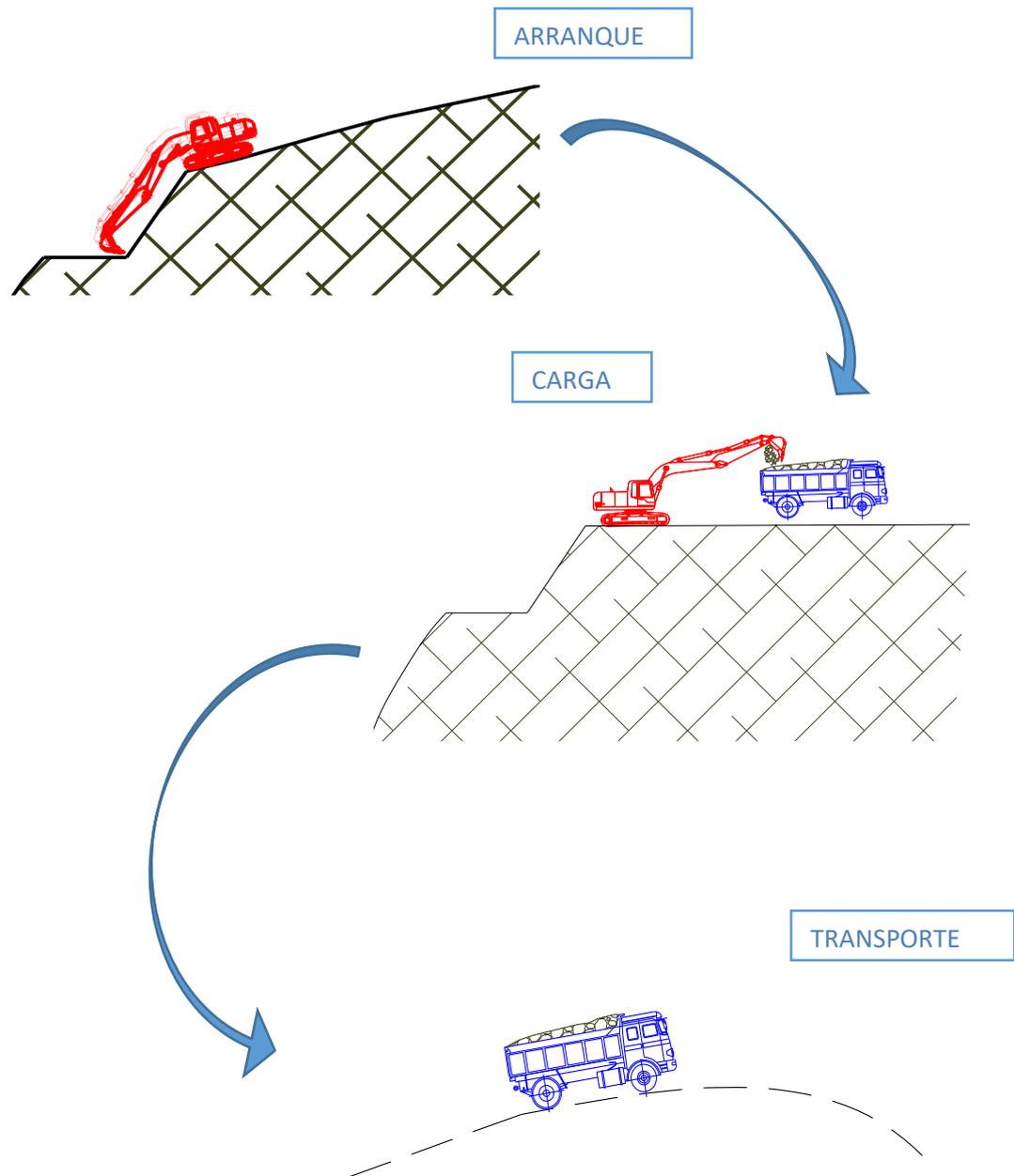


Figura 3.41. Diagrama de procesos productivos.

3.18.5. Análisis de la productividad

Bajo este nuevo esquema de explotación se pretende extraer 320 m³ al día donde el equipo de arranque y carga, la excavadora Caterpillar 320 D deberá tener una productividad de 320 m³/h, debido que el ritmo de producción de volquete Hyundai HD170 está marcado por la productividad de la excavadora este tendrá un rendimiento de 320 m³/h de igual manera.

3.18.6. Ritmo de explotación

Se planea extraer 320 metros cúbicos al día lo que significaría 7040 metros cúbicos por mes por lo tanto al año 84480 en 6 años con 3 meses que se pretende explotar la zona de interés en la tabla 3.21 se detalla tal se detalla el volumen a extraer, la duración de las etapas y meses del plan de explotación propuesto.

Tabla 3.21. Volúmenes a extraer

<u>VOLÚMENES A EXTRAER DETALLADO EN MESES</u>						
<u>VOLUMEN TOTAL A EXTRAER 529460.5 m³ EN 6 AÑOS con 3 MESES</u>						
<u>FASES</u>	<u>AÑOS</u>	<u>MES</u>	<u>VOLUMEN DIARIO</u>	<u>VOLUMEN MES</u>	<u>VOLUMEN ACUMULADO</u>	
<u>ETAPA 1</u>	<u>AÑO 1</u>	1	320	7040	7040	
		2	320	7040	14080	
		3	320	7040	21120	
		4	320	7040	28160	
		5	320	7040	35200	
<u>ETAPA 2</u>		6	320	7040	42240	
		7	320	7040	49280	
		8	320	7040	56320	
		9	320	7040	63360	
		10	320	7040	70400	
		11	320	7040	77440	
		12	320	7040	84480	
		<u>AÑO 2</u>	13	320	7040	91520
			14	320	7040	98560
			15	320	7040	105600
			16	320	7040	112640
			17	320	7040	119680
			18	320	7040	126720
			19	320	7040	133760

		20	320	7040	140800	
		21	320	7040	147840	
		22	320	7040	154880	
		23	320	7040	161920	
		24	320	7040	168960	
<u>ETAPA 3</u>	<u>Año 3</u>	25	320	7040	176000	
		26	320	7040	183040	
		27	320	7040	190080	
		28	320	7040	197120	
		29	320	7040	204160	
		30	320	7040	211200	
			31	320	7040	218240
			32	320	7040	225280
			33	320	7040	232320
			34	320	7040	239360
			35	320	7040	246400
			36	320	7040	253440
<u>ETAPA 4</u>	<u>Año 4</u>	37	320	7040	260480	
		38	320	7040	267520	
		39	320	7040	274560	
		40	320	7040	281600	
		41	320	7040	288640	
		42	320	7040	295680	
			43	320	7040	302720
			44	320	7040	309760
			45	320	7040	316800
			46	320	7040	323840
			47	320	7040	330880
			48	320	7040	337920
<u>ETAPA 5</u>	<u>Año 5</u>	49	320	7040	344960	
		50	320	7040	352000	
		51	320	7040	359040	
		52	320	7040	366080	
		53	320	7040	373120	
		54	320	7040	380160	
			55	320	7040	387200
			56	320	7040	394240
			57	320	7040	401280
			58	320	7040	408320
			59	320	7040	415360
			60	320	7040	422400
<u>ETAPA 6</u>	<u>Año 6</u>	61	320	7040	429440	
		62	320	7040	436480	

	63	320	7040	443520
	64	320	7040	450560
	65	320	7040	457600
	66	320	7040	464640
	67	320	7040	471680
	68	320	7040	478720
	69	320	7040	485760
	70	320	7040	492800
	71	320	7040	499840
	72	320	7040	506880
	73	320	7040	513920
Año 7	74	320	7040	520960
	75	320	7040	529460.5

3.19. Proyección de costos

Se ha proyectado los nuevos costos de extraer el material pétreo para su comercialización una vez que se empezara a implementar el diseño de explotación propuesto.

Tabla 3.22. Resumen de proyección de costos

<u>GASTOS MENSUALES</u>			
GASTOS OPERATIVOS			
Gasto variable	Mantenimiento estándar	3 Máquinas	746
Gasto variable	Combustible	3 Máquinas	2600
Gasto variable	Mantenimiento vial	2 veces/año	166.67
	TOTAL	\$	3,512.67
GASTOS ADMINISTRATIVOS			
Gasto fijo	Gastos administrativos fijos	\$	400
Gasto fijo	Alimentación	\$	240
Gasto fijo	Sueldos de trabajadores	\$	2,840
Gasto fijo	Aporte patronal	\$	316.7
Gasto variable	Equipos de protección personal		64
Gasto variable	Señalética		36
	TOTAL	\$	3,485
SERVICIOS BÁSICOS			
Gasto variable	Electricidad	\$	5.4
Gasto variable	Agua	\$	20
	TOTAL	\$	39.1
<u>TOTAL DE GASTO MENSUAL</u>		\$	7,448

3.19.1 Costos detallados

3.19.1.1. Gastos de personal

Se plantea contratar 3 nuevos empleados y mantener los 3 antiguos, los gastos del personal se detalla en la tabla a continuación

Tabla 3.23. Proyección Costo mensual de los trabajadores

Costo mensual de los trabajadores				
N°	NOMBRE	CARGO	TOTAL MENSUAL	APORTE PATRONAL 11.15%
			INGRESOS	
1	David Cuenca	Operador excavadora	500	55.75
2	Nuevo empleado	Operador volquete	500	55.75
3	Nuevo empleado	Operador cargadora	500	55.75
4	Nuevo empleado	Guardia	370	41.255
5	Cornelio Guzman	Despachador	370	41.255
6	Laura Castillo	Contadora/Secretaria	600	66.9
-	Total	-	<u>2840</u>	<u>316.7</u>

3.19.1.2. Servicios básicos

Son los servicios consumidos por el personal de la concesión por el uso del agua y energía eléctrica.

Tabla 3.24. Proyección de costos de Servicios básicos

<u>CONCEPTO</u>	<u>Valor unitario</u>	<u>Consumo</u>	<u>Consumo mensual</u>
Consumo de Energía	0.09 Kw-h	60 Kw	\$5,40
Consumo de Agua	US\$ 0.8/m3	42 m3	\$34
			<u>\$39,10</u>

3.19.1.3. Alimentación

La alimentación consiste en el almuerzo de lunes a sábado para el personal que labora dentro de la mina.

Tabla 3.25. Alimentación

CONCEPTO	No de trabajadores	Días Laborados	Valor Almuerzo	Total mensual
Alimentación	5	24	\$ 2,00	\$ 240,00

3.19.1.4. Otros

Los cambios de equipos de protección personal y la señalización se los realizarán cada 6 meses por un valor de US\$ 384 y 216 respectivamente, por lo que ese valor lo hemos deducido mensualmente.

Tabla 3.26. Equipos de protección personal y señalética

CONCEPTO	No de trabajadores	Total mensual
Equipos de protección personal	4	\$ 64
Señalética	-	\$ 36
Total		\$ 100

Tabla 3.27. Gastos operacionales

CONCEPTO	Costo mensual
Combustible excavadora Caterpillar 320	\$1.200,00
Combustible estándar cargadora excavadora Caterpillar 420	\$800,00
Combustible Volquete Hyundai HD170	\$600,00
Total	\$2.600,00

CONCEPTO	Costo mensual
Mantenimiento estándar excavadora Caterpillar 320	\$272,00
Mantenimiento estándar cargadora excavadora Caterpillar 420	\$258,00
Mantenimiento estándar Volquete Hyundai HD170	\$216,00
<u>Total</u>	\$746,00

3.20. Análisis financiero

Para el análisis financiero se estableció el valor de venta del metro cúbico de US\$ 1.875, y proyectándonos un volumen de ventas anuales de 84480 metros cúbicos, el costo de producción de un metro cúbico en la cantera con el diseño propuesto será de US\$ 1.06.

3.20.1. Financiamiento

Como se vio anteriormente para llevar a cabo el diseño propuesto es necesario adquirir maquinaria lo que significa un monto total de US\$ 102,000 mil, los cuales serán adquiridos a través de un préstamo en la CFN, se adquiere a una tasa de interés de 8.21% anual. (Tabla de amortización en el anexo 7)

3.20.2. Flujo de caja

Como se aprecia en nuestro análisis a través del flujo de caja obteniendo el VAN y el TIR con valores de 21628.52 y 20% respectivamente, es un indicador que la inversión con el nuevo diseño de explotación es rentable y cumple las expectativas.

Tabla 3.28. Flujo de caja

Rubros	Años						
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ingresos							
(+) Ventas	-	158,400.00	158,400.00	158,400.00	158,400.00	158,400.00	158,400.00
Costos							
(-) Costo de Ventas		42,152.00	42,152.00	42,152.00	42,152.00	42,152.00	42,152.00
(-) Mantenimiento maquinaria		8,952.00	8,952.00	8,952.00	8,952.00	8,952.00	8,952.00
(-) Combustible		31,200.00	31,200.00	31,200.00	31,200.00	31,200.00	31,200.00
(-) Mantenimiento vial		2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00
(=) Utilidad Bruta	-	116,248.00	116,248.00	116,248.00	116,248.00	116,248.00	116,248.00
Gastos							
(-) Gastos Operativos	-	51,529.60	51,529.60	51,529.60	51,529.60	51,529.60	51,529.60
(-) Gasto administrativo fijo	-	4,800.00	4,800.00	4,800.00	4,800.00	4,800.00	4,800.00
(-) Alimentación	-	2,880.00	2,880.00	2,880.00	2,880.00	2,880.00	2,880.00
(-) Seguro general	-	3,800.40	3,800.40	3,800.40	3,800.40	3,800.40	3,800.40
(-) Sueldos de trabajadores	-	34,080.00	34,080.00	34,080.00	34,080.00	34,080.00	34,080.00
(-) Equipos de protección personal	-	768.00	768.00	768.00	768.00	768.00	768.00
(-) Señalética	-	432.00	432.00	432.00	432.00	432.00	432.00
(-) Servicios Basicos	-	469.20	469.20	469.20	469.20	469.20	469.20
(-) Imprevistos	-	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
(-) Gastos Ambientales	-	4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00
(-) Depreciaciones	-	10,200.00	10,200.00	10,200.00	10,200.00	10,200.00	10,200.00
(-) Volquete	-	6,000.00	6,000.00	6,000.00	6,000.00	6,000.00	6,000.00
(-) Cargadora	-	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00
(=) Utilidad Operativa	-	54,518.40	54,518.40	54,518.40	54,518.40	54,518.40	54,518.40
Gastos no operativos							
(-) Gastos por intereses	-	7,091.49	5,921.11	4,654.97	3,285.30	1,803.56	320.00
(=) Utilidad antes de impuestos y participación de empleados	-	47,426.91	48,597.29	49,863.43	51,233.10	52,714.84	54,198.40
(-) Participación 15% empleados	-	7,114.04	7,289.59	7,479.51	7,684.97	7,907.23	8,129.76
Utilidad antes de impuestos	-	40,312.87	41,307.70	42,383.92	43,548.14	44,807.61	46,068.64
(-) Impuestos		14,033.33	14,252.19	14,488.96	14,745.09	15,022.18	15,299.60
(-) Regalias (3%)	-	4,752.00	4,752.00	4,752.00	4,752.00	4,752.00	4,752.00
(-) Patente de conservación (2.5%)		412.50	412.50	412.50	412.50	412.50	412.50
(-) Impuesto a la renta (22%)		8,868.83	9,087.69	9,324.46	9,580.59	9,857.68	10,135.10
(=) Utilidad neta	-	26,279.54	27,055.50	27,894.95	28,803.05	29,785.44	30,769.04
(+) Depreciaciones		10,200.00	10,200.00	10,200.00	10,200.00	10,200.00	10,200.00
(-) Inversión inicial incluye capital de trabajo	-102,000.00						
(+) Capital de trabajo	-10,000.00						
(=) FLUJO DE CAJA	-112,000.00	36,479.54	37,255.50	38,094.95	39,003.05	39,985.44	40,969.04
Tasa de descuento	18%						
VAN	21,628.52						
TIR	20%						

3.21. Análisis de sensibilidad

Realizado el análisis de sensibilidad y para que la propuesta realizada al proyecto no tenga pérdidas debe venderse por lo menos US\$ 14,8630.95 anualmente, de tal manera que esta cifra de ventas llegaría a ser nuestro punto de equilibrio lo que significa una venta de 79269.8 metros cúbicos al año.

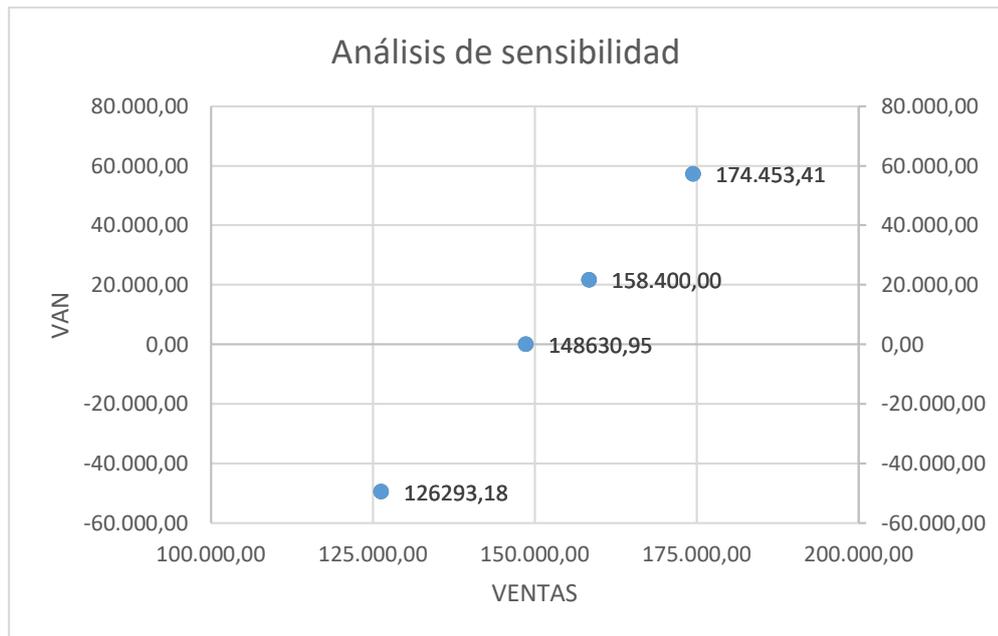


Figura 3.42. Análisis de sensibilidad.

CAPÍTULO IV

Presentación de resultados

4.1. Interpretación de resultados

Establecer un diseño de explotación adecuado nos llevará a optimizar los recursos de la empresa. Realizando un análisis del capítulo 2 y 3 se deduce que la producción, con el diseño de explotación propuesto a la empresa aumenta en un 207% de la producción diaria actual como se observa en la figura 4.1.

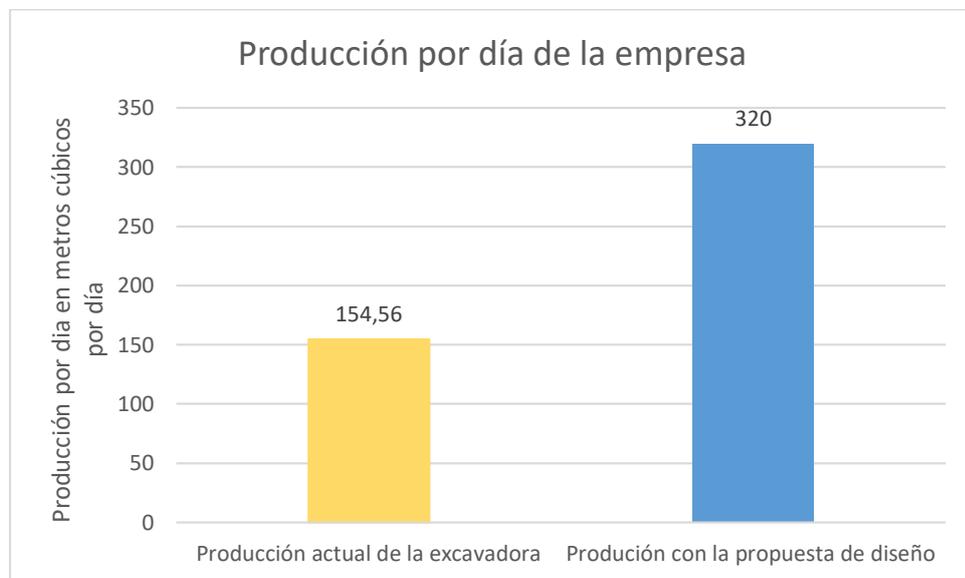


Figura 4.1. Producción por día de la empresa.

La excavadora se mantendrá trabajando la mayoría del tiempo por lo que La productividad de excavadora aumenta en un 207%, se observa en la figura 4.2 la comparación de la producción de la excavadora en m³/hora.

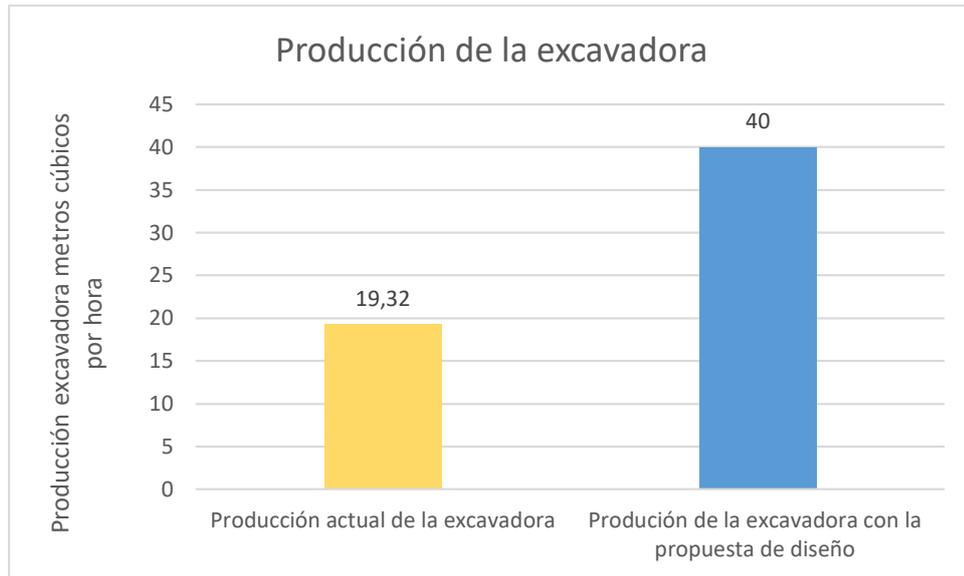


Figura 4.2. Producción de la excavadora.

Se reducirá el costo de extracción del metro cúbico en un 6.19% del costo actual, se observa en la figura 4.3 la comparación del costo de producción por metro cúbico de material.

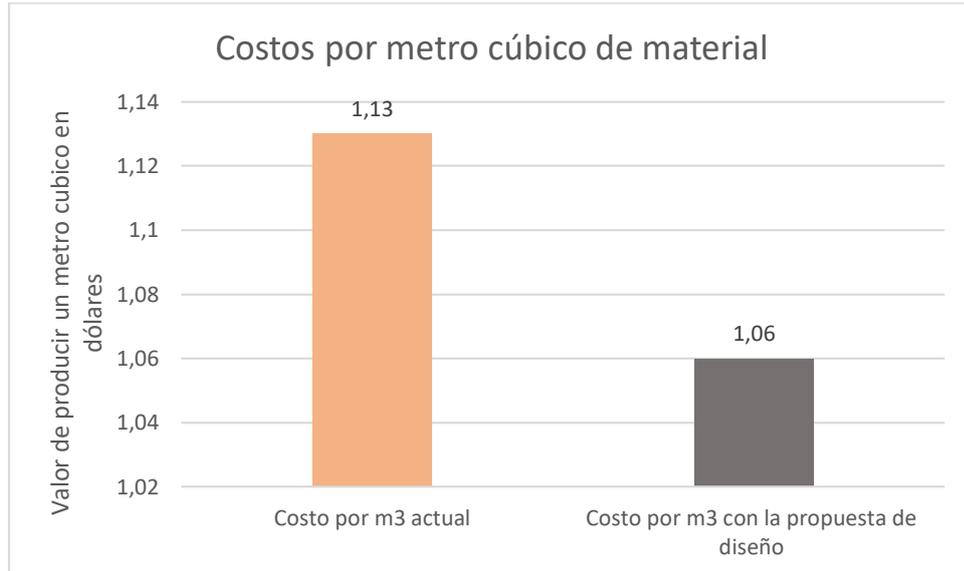


Figura 4.3. Costos por metro cúbico de material.

La utilidad neta de la empresa incrementaría un 164.14 % de la actual, se observa en la figura 4.4 la comparación de la utilidad neta anual de la empresa.

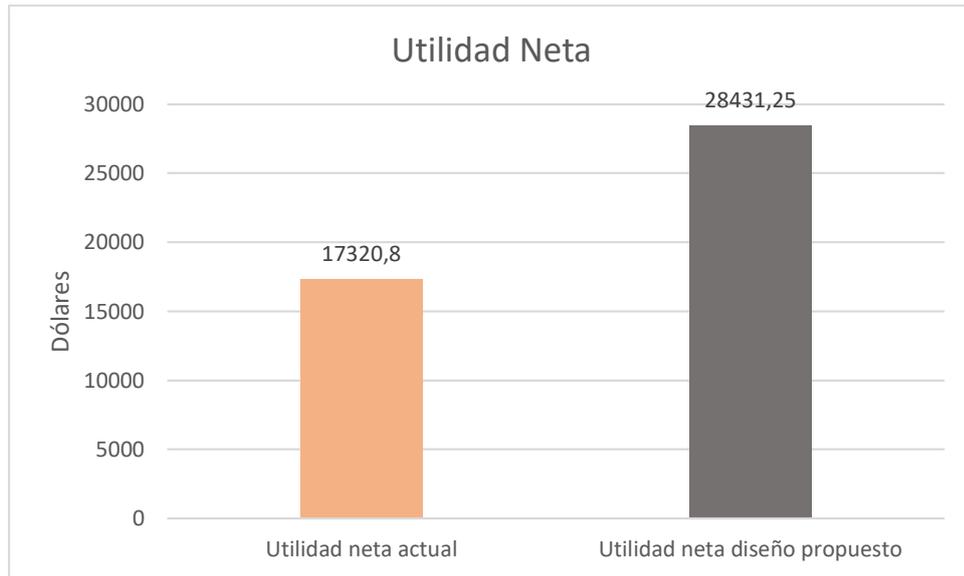


Figura 4.4. Utilidad Neta.

Debido a las inversiones realizadas que se deben llevar a cabo para realizar la propuesta el punto de equilibrio se incrementaría en un 407.59% del actual. En la figura 4.5 se observan cuantos metros cúbicos se deben vender para que la empresa no tenga pérdidas ni ganancias.

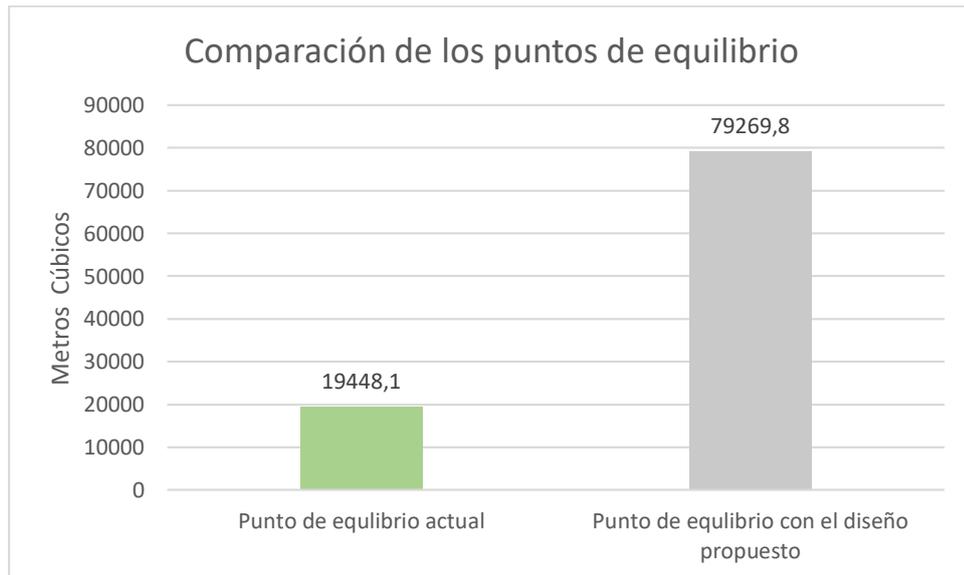


Figura 4.5. Comparación de los puntos de equilibrio.

Tabla 4.1. Cuadro comparativo del modelo actual vs la propuesta de minado

Cuadro comparativo del modelo actual vs la propuesta de minado	
Extraer con el modelo actual	Extraer con la propuesta de explotación
Produce 154. 56 m3 de material al día	Produce 320 m3 de material al día
El costo de producción por m3 es de US\$ 1.15	El costo de producción por m3 es de US\$ 1.06
El precio de venta por m3 de material es de US\$ 1.88	El precio de venta por m3 de material es de US\$ 1.88
Genera una utilidad neta anual US\$ 17,320.4	Genera una utilidad neta anual US\$ 28,431.25
Trabaja de manera desorganizada	Mantiene el orden en los trabajos
Extrae el material de manera anti técnica	Extrae el material de manera técnica
Se utiliza un solo equipo	Se utiliza 3 equipos
Tiene un acceso deteriorado	Considera un nuevo acceso con buenas condiciones
Depende de buenas condiciones climáticas para trabajar	Trabaja sin importar las condiciones climáticas
Carece de zona de stock y genera acumulación de material en el frente de explotación	Posee una zona de stock
Existe alta probabilidad que el talud tenga un deslizamiento en cuña	Cuenta con frentes de explotación estables que garantiza la seguridad de los trabajadores
Menor productividad de la maquinaria	Aumenta la productividad de la maquinaria

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La concesión tiene 73,0042.56 m³ de reservas de material.
- El macizo rocoso tiene un puntaje del RMR de 46 lo que nos da una calificación de roca discreta.
- Los frentes de explotación actuales tienen posibilidad de rotura en cuña con un factor de seguridad de 0.81.
- Actualmente la cargadora tiene una productividad del 13.86% en comparación a la teórica.
- El promedio mensual de ventas es de US\$ 6,715.00 es decir 3,400.00 m³
- Los estudios realizados indican que la propuesta de diseño de explotación para la concesión, después de realizar las respectivas inversiones necesarias, es viable con un valor actual neto (VAN) de \$ 21,628.52 y una tasa interna de retorno (TIR) del 20%.
- Con la propuesta se proyecta que la cargadora llegara a tener una productividad del 28.66% en comparación a la teórica.
- El método de explotación a usar es el de bancos múltiples descendentes con el cual se extraerán 529,460.5 m³ de material es decir 72.5% de las reservas calculada, en 6 etapas que duran 6 años y tres meses.
- Las dimensiones geométricas de los bancos de explotación y de liquidación final son bermas de 4 metros y taludes de una altura de 8 metros con una inclinación de 60° y 52° con un factor de seguridad de 1.2 y 1.5 respectivamente.
- Con la propuesta se optimizan los procesos de producción de la empresa, además mejoraran las condiciones de los trabajadores y fomenta nuevas plazas de empleo.
- La empresa obtendrá mayor rentabilidad, trabajando con responsabilidad y generando una imagen de minería responsable para el sector.

Recomendaciones

- Aplicar el diseño propuesto en la presente investigación para el desarrollo de los trabajos mineros extractivos en la concesión Alquilula.
- Seguir parámetros específicos bien definidos en el presente proyecto investigativo, para lograr mejoras en el aspecto técnico en la realización de los trabajos.
- Adquirir la maquinaria necesaria para realizar un trabajo de exportación productivo en las actividades de extracción de materiales pétreos.
- Cumplir con las leyes vigentes en el estado ecuatoriano para la adecuada explotación de los materiales extraídos.
- Capacitar a los trabajadores en la concesión con respecto a los nuevos parámetros técnico-operacionales a implementar en la actividad minera a realizar siendo este un proceso productivo organizado como consecuencia de la aplicación del presente trabajo de investigación.
- Implementar los procesos de explotación de manera segura y organizada teniendo en consideración los mecanismos de control y seguimiento de la producción de materiales.
- Realizar mantenimientos periódicos a las vías de acceso
- Estabilizar los frentes de explotación es el trabajo primordial a realizarse para evitar problemas con la autoridad competente

BIBLIOGRAFÍA

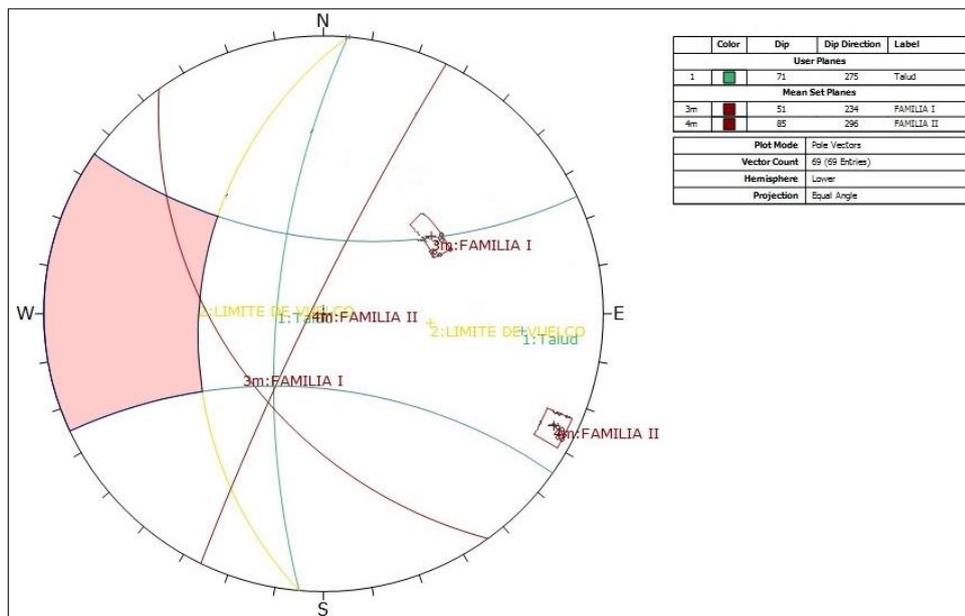
- Bernardo, M. J. (2013). Evaluacion de la estabilidad de los taludes en un sector de la cantera de materiales pétreos "las visctorias". Universidad de Cuenca., Facultad de Ingenieria, Escuela de Ingeniería Civil., Cuenca.
- Bustillo, M., & López, C. (1997). Manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras. Madrid: Entorno grafico, s.l.
- Goodman, R. E. (1989). Introduction to rock mechanics. New York: Jhon Wiley & sons.
- Hoek, E., & Bray, J. (1981). Rock Slope Engineering. New York: Institution of mining and metallurgy.
- Hyundai. (18 de Noviembre de 2016). Ficha Tecnica Volqueta. 8m3. Recuperado el 12 de Julio de 2017, de Hyundai.: <https://www.hyundai.com.ec/wp-content/uploads/2016/12/ficha-hd170.pdf> content/uploads/2016/12/ficha-hd170.pdf
- Maquqam. (19 de Noviembre de 2016). Maquqam. Obtenido de <http://maquqam.com/tecnicas/construccion-4768/caterpillar/320c.html>
- Markland, J. (1972). A Useful Technique Fro Estimating the Stability of Rock Slopes when the Rigid Wedge Slide Type of Failure is Expected. Imperial College Rock Mechanics Reasearch Reprints.
- Navas, M. (2013). Analisis de riezos y vulnerabilidad de la infraestructura del sector Guzho en la autopista Cuenca. Cuenca.
- Oros Servicios Geológicos S.L. (02 de 12 de 2014). Orós Servicios Geológicos. Obtenido de <http://orosgeotecnia.es/rqd/>

ANEXOS

Anexo 1. Análisis estereográfico

Se lo realizo con el fin de representar las disposiciones estructurales en el espacio interior de una esfera de diámetro cualquiera y debidamente orientada en un plano diametral horizontal con el objetivo de identificar los mecanismos de falla probables y analizar los bloques inestables.

Una vez realizado la representación se determino que el macizo rocoso de la cantera Alquilula es potencialmente propenso a una falla en cuña, descartando las fallas por vuelco y planar.

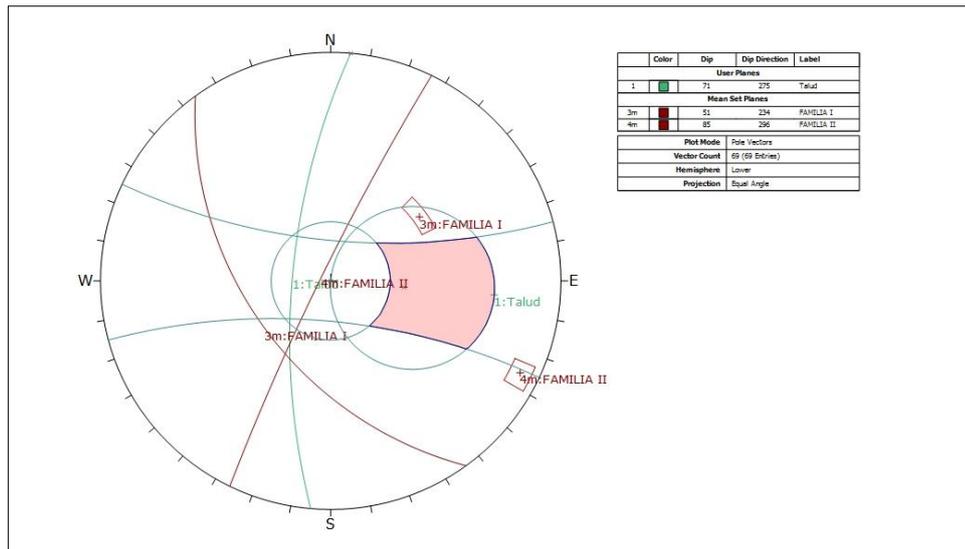


Análisis estereográfico para fallas por vuelco.

La falla por vuelco (*Toppling*) se refiere a deslizamientos interbloques (Goodman, 1989), y la condición para que ella se produzca es que la suma del ángulo complementario al buzamiento de las discontinuidades más el ángulo de rozamiento sea inferior al ángulo de buzamiento del corte o talud.

En el análisis estereográfico para falla planar se aprecia de color marrón los grandes círculos de la familia I y II, de color verde el gráfico de la dirección y ángulo de talud, de amarillo el límite de deslizamiento, de color gris el gráfico del cono de la dirección de buzamiento del talud más 30° esta es la zona crítica, el polígono de color rojo es área crítica donde existen potencial de falla por vuelco, en este análisis la intersección

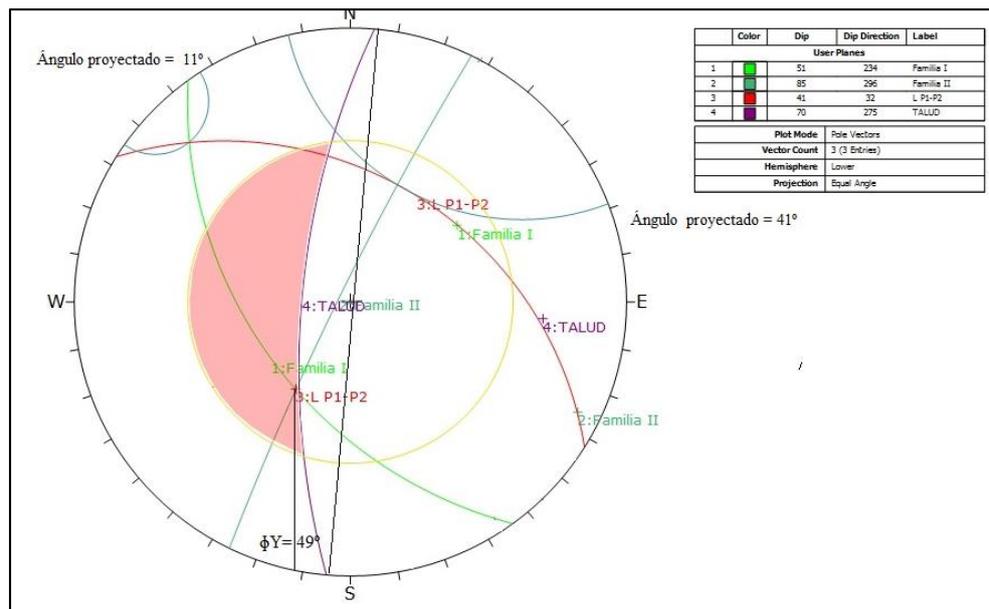
de las familias se encuentra fuera de la zona y del área crítica.



Análisis estereográfico para falla planar.

El método de Hoek y Bray (1981) está basado en el test de Markland (1972), según el cual el desplazamiento o falla planar se producirá cuando el plano de discontinuidad tenga un buzamiento (es decir, se incline) en la misma dirección (con un margen de $\pm 20^\circ$) que el corte o talud, con un ángulo inferior al del talud, pero superior al ángulo de rozamiento en el plano de discontinuidad.

Se aprecia de color marrón los grandes círculos de la familia I y II, de color verde el gráfico de la dirección y ángulo de talud, el círculo pequeño de color verde es el ángulo de fricción interno, el círculo grande de color azul es la envolvente, el polígono de color rojo es la zona donde existen potencial de falla por vuelco, en este análisis la intersección de las familias se encuentra fuera de esta.



Análisis estereográfico para falla en cuña.

La falla en cuña puede ocurrir cuando la intersección de las dos discontinuidades que forman la cuña se inclina en la misma dirección que el corte o talud (con un margen de $\pm 30^\circ$), y el ángulo de inclinación sea menor que el ángulo del corte pero mayor que el ángulo de rozamiento en los planos de la discontinuidad (Hoek & Bray, 1981)

Como se puede apreciar en el análisis estereográfico para falla en cuña, la intersección los grandes círculos de las familias I y II de color verde, se encuentra dentro de la zona de deslizamiento que en el gráfico se muestra de color rojo que comprende entre el ángulo de fricción interna graficado de color amarillo $\phi = 29^\circ$ y el gráfico de la dirección y ángulo de talud de color morado, considerando que la dirección del talud es $= 275^\circ$ y el buzamiento del talud es 70.

Los ángulos proyectados de color azul son el resultado de colocar los polos de las dos familias en un mismo gran círculo y proyectar las intersecciones de este gran círculo con los grandes círculos de las dos familias. Siempre el ángulo menor de esta proyección de estos dos es el ángulo $\alpha = 11^\circ$.

Anexo 2. Determinación del factor de seguridad y altura máxima para los taludes del diseño de explotación

Se ha calculado el factor de seguridad a través de las funciones de altura y ángulo de talud, suponiendo un talud con presencia de agua. Con la siguiente ecuación

$$X = 2 * \sqrt{(I - \beta) * [(\beta - \phi) * (1 - 0.5) * \left(\frac{Hw}{H}\right)^2]}$$

Donde:

X: ángulo del talud

I: ángulo de inclinación del talud

β : ángulo de potencial rotura

ϕ : ángulo de fricción interna

Hw: altura del nivel freático

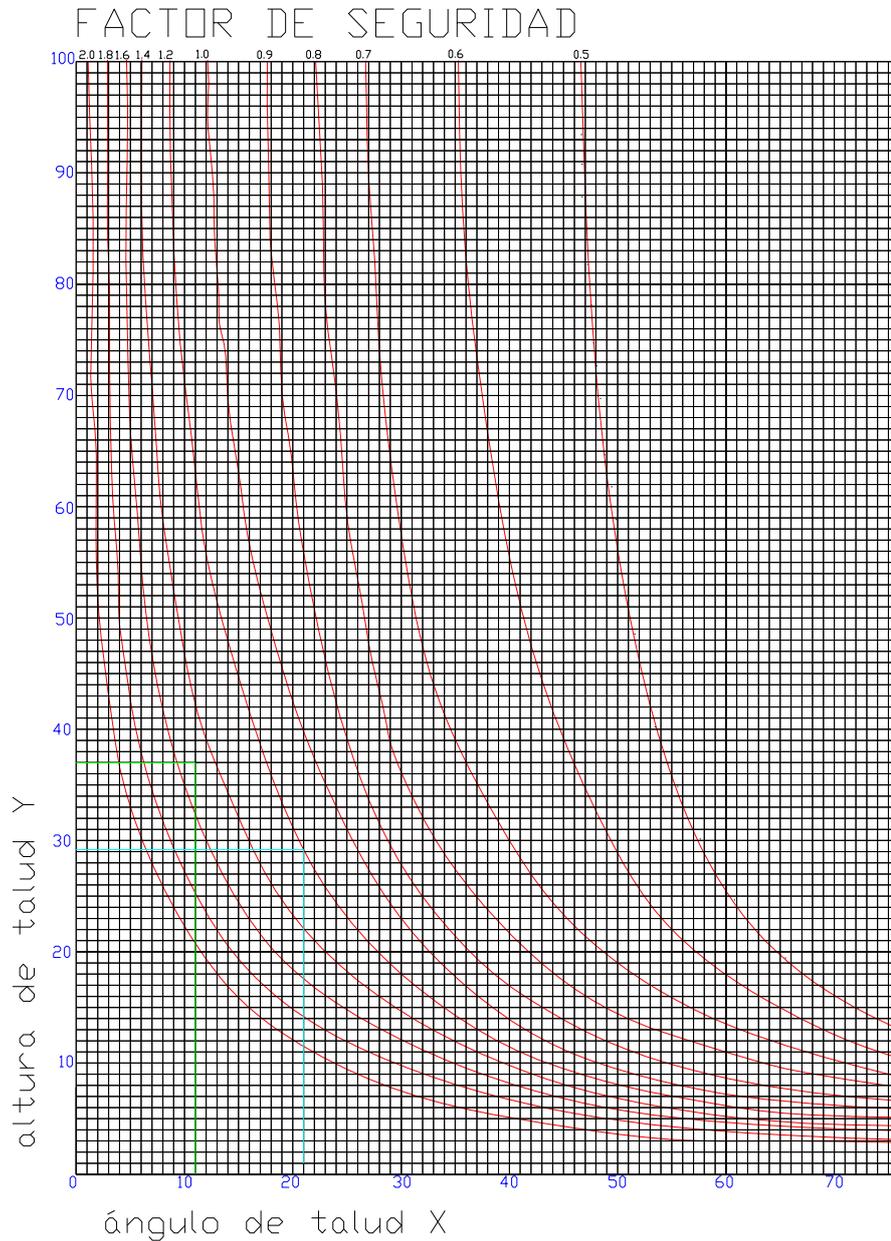
H: altura del talud

Reemplazando para los taludes de explotación:

$$X = 2 * \sqrt{(60 - 49) * \left[(49 - 29) * (1 - 0.5) * \left(\frac{8}{8}\right)^2 \right]} = 21$$

Reemplazando para los taludes de liquidación final:

$$X = 2 * \sqrt{(52 - 49) * \left[(49 - 29) * (1 - 0.5) * \left(\frac{8}{8}\right)^2 \right]} = 11$$



Altura de talud Y VS ángulo de talud X.

Con la ayuda del ábaco, se obtiene que para los taludes de explotación y los de liquidación final entrando por X = 21 línea de color agua marina y X = 11 línea de color verde chocando con la línea de color rojo del Factor de Seguridad 1.2 y 1.5 y proyectando al eje de Y que nos da el valor de Y=29.18 y Y= 37 respectivamente con

lo que despejamos la altura de los taludes de explotación y liquidación final con siguiente ecuación:

$$Y = \frac{\gamma * H}{c}$$

Despejando

$$H = \frac{Y * C}{\gamma}$$

Y: altura de talud

γ : peso específico

c: cohesión

H: altura del talud

Remplazando para el talud de explotación:

$$H = \frac{29.18 * 11.63}{24.12} = 14 \text{ metros}$$

Remplazando para el talud de liquidación final:

$$H = \frac{37 * 11.63}{24.12} = 17 \text{ metros}$$

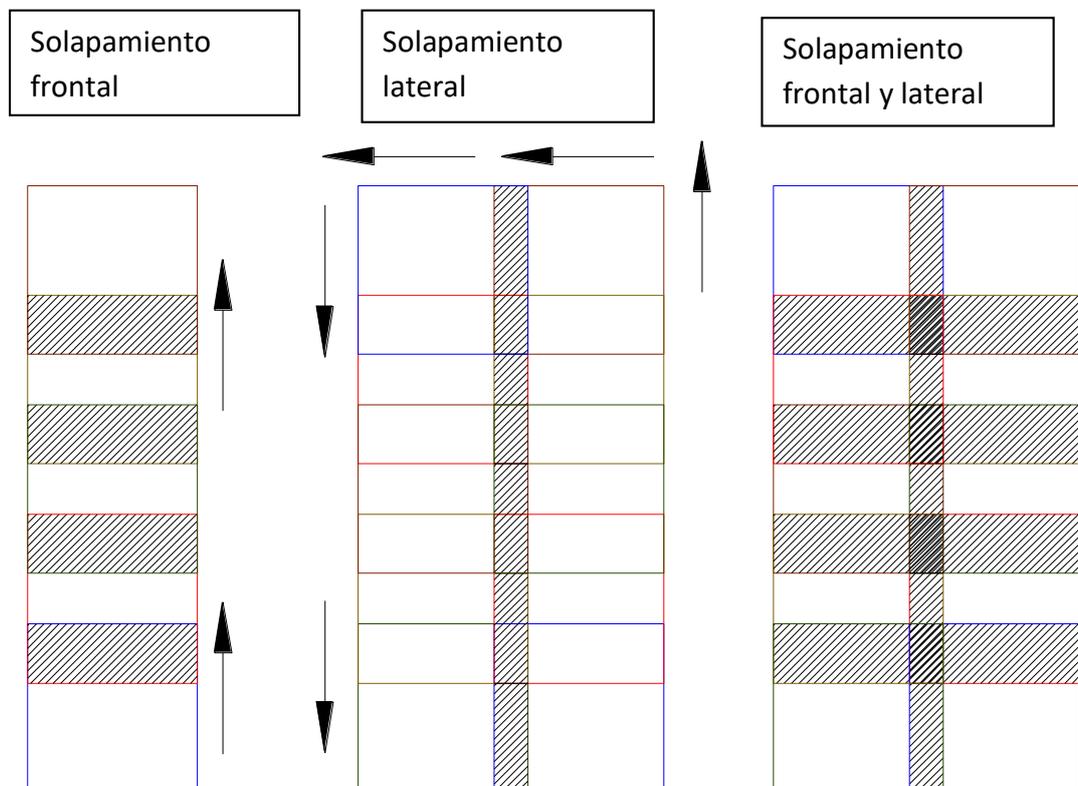
Anexos 3. Cálculo de parámetros para el levantamiento topográfico con dron

Solapamiento (Overlap)

El solapamiento es lo más importante al momento de realizar un levantamiento topográfico con drones utilizando fotogrametría, ya que sin el solapamiento de imágenes solo obtendríamos una serie de fotos de las cuales los programas de fotogrametría no podrían extraer información. Existen dos tipos de solapamiento, frontal y lateral.

El solapamiento frontal hace referencia a cuanto de una imagen se sobrepone de la anterior, mientras el dron avanza frontalmente y va tomando las fotografías.

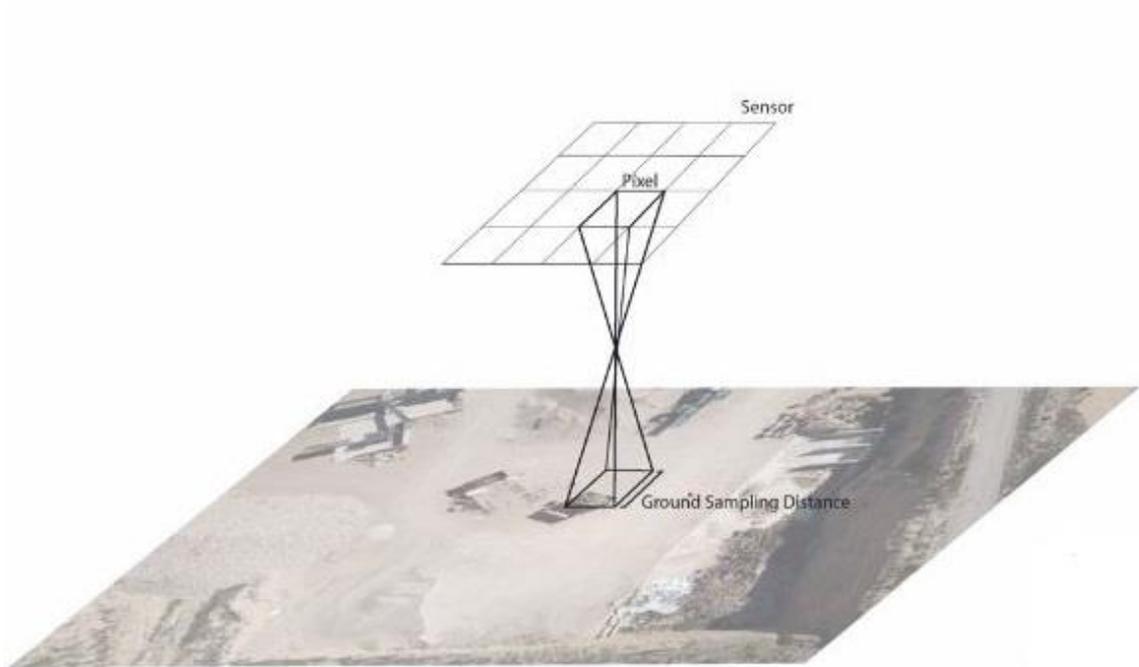
El solapamiento lateral o sidelap hace referencia a cuanto de la parte lateral de una imagen se sobrepone de la fotografía tomada mientras avanzaba.



Para realizar nuestra topografía en el plan de vuelo se utilizó un solape frontal del 80% y un solape lateral del 75%

Distancia de muestreo o Ground sampling distances

La distancia de muestreo se mide en centímetro por pixel y define cuanto mide un pixel de nuestra imagen final proyectado sobre el suelo, determina la resolución del modelo que creamos.



Fuente: José Alberto Soler

Cálculos de los parámetros de vuelo:

Teniendo en cuenta las siguientes características del Dron Phantom 3 professional:

Distancia de muestreo o Ground sampling distances GSD: 2 cm/px

Ancho del sensor SW: 6.31748 mm

Altura del sensor SH: 4.738811 mm

Distancia focal F: 3.55204 mm

Resolución horizontal R: 4000 px

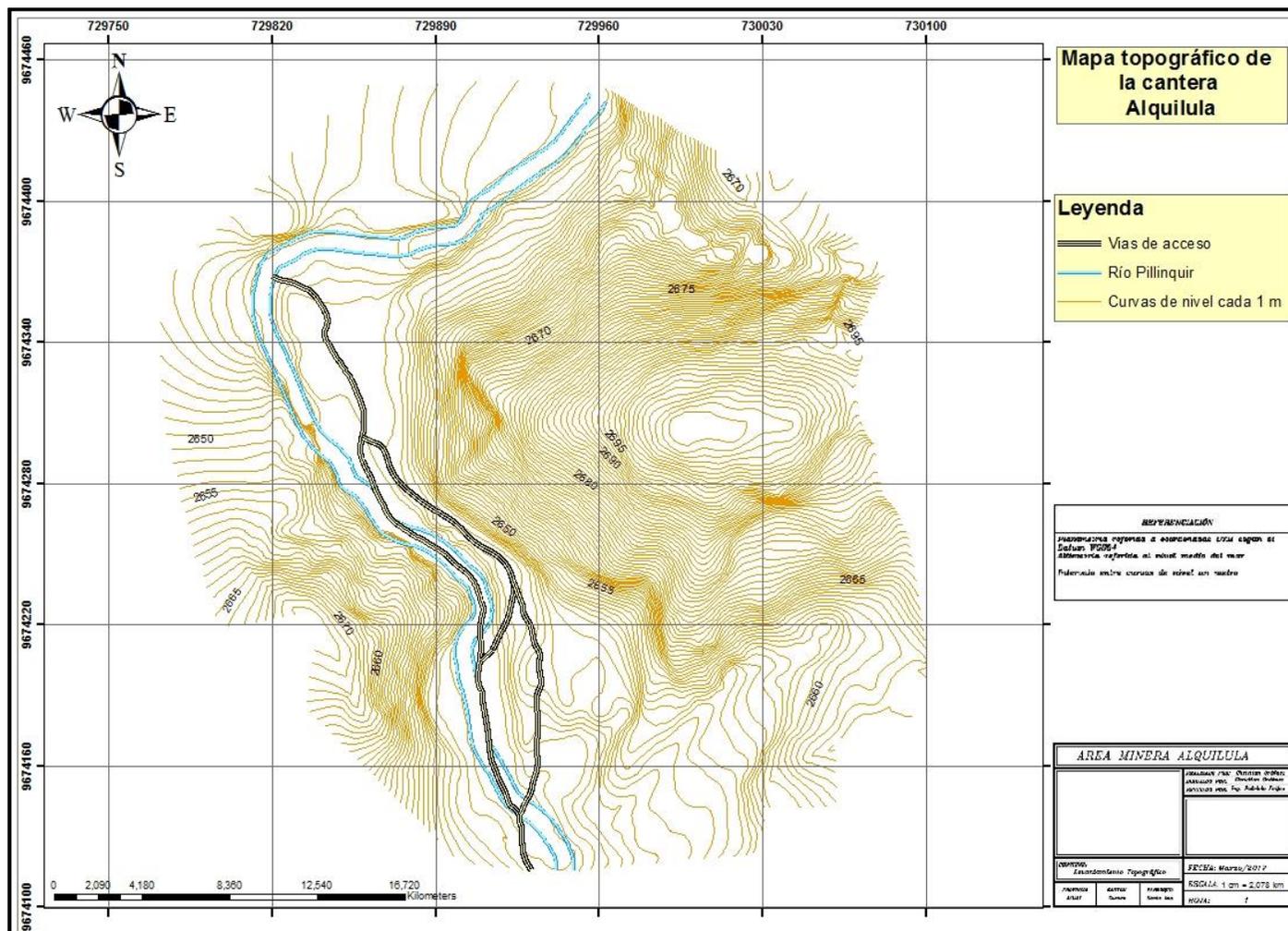
Velocidad del Dron: 5.8 m/s

Se calcularon los siguientes parámetros y se utilizó las fórmulas a continuación tomando un solape frontal o front overlap del 80% y un solape lateral o side overlap del 75%

PARÁMETRO	FÓRMULA	VALOR
Altura del vuelo (HV)	$HV = GSD * R * (F/SW)$	44.9805 m
Huella de la imagen horizontal (LH)	$LH = (SW/F) * HV$	80 m
Huella de la imagen vertical (LV)	$LV = (SH/F) * HV$	60 m
Distancia entre pasadas (D)	$D = LH * (1 - \text{overlap lateral})$	20 m
Tiempo entre fotos (T)	$T = LV * (1 - \text{overlap frontal}) / (\text{velocidad de vuelo})$	2.06 seg



Anexo 4. Mapa topográfico



Anexo 5. Informe del laboratorio de geotécnica y materiales.



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE GEOTECNIA Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext:2354

PROYECTO:	Tesis Optimización de los procesos de explotación y producción de la concesión minera
UBICACIÓN:	Alquilula código 2609
TUTOR DE TESIS:	Santa Ana "Azuay - Cuenca"
TESISTA:	Ing. Julio Jaramillo
PROCEDENCIA:	Christian Ordóñez
FECHA:	Frente de explotación de la cantera Alquilula
	10/03/17
ENSAYO A LA COMPRESIÓN	

DATOS DEL ENSAYO										
Cubos macizos	Peso	Lado (a)	Lado (b)	Lado (c)	Area	Volumen	Peso/Vol.	Carga	Esfuerzo	Esfuerzo
	g	cm	cm	cm	cm ²	cm ³	g/cm ³	Kg	Kg/cm ²	Mpa
1	337.70	5.03	5.38	5.01	27.06	135.58	2.49	13759	508.44	49.86
2	334.10	4.95	5.08	5.34	25.15	134.28	2.49	11866	471.88	46.28
3	315.60	5.03	5.16	5.28	25.95	137.04	2.30	5554	213.99	20.99

UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

NOTA: El espécimen numero tres tuvo unas fisuras en la sección transversal



Christian Ordóñez
Christian Ordóñez Guaycha
Tesista de la Universidad del Azuay

Stalin Cabrera R.
Lab. Stalin Cabrera R.
Laboratorio de Geotécnica y Estructuras



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE GEOTECNIA Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext:2354

PROYECTO:	Tesis Optimización de los procesos de explotación y producción de la concesión minera Alquilula código 2609
UBICACIÓN:	Santa Ana "Azúay - Cuenca"
TUTOR DE TESIS:	Ing. Julio Jaramillo
TESISTA:	Christian Ordóñez
PROCEDENCIA:	Frete de explotación de la cantera Alquilula
FECHA:	10/03/17
ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA	

DATOS DEL ENSAYO									
ESPÉCIMEN	Peso	Diámetro	Altura	Sección Transversal	Volumen	Peso/Vol.	Carga	Esfuerzo	Esfuerzo
	g	cm	cm	cm ²	cm ³	g/cm ³	Kg	Kg/cm ²	Mpa
1	224.70	4.37	5.64	24.65	84.59	2.66	1264	51.28	5.03
2	168.60	4.36	4.34	18.92	64.80	2.60	3691	195.06	19.13
3	232.5	4.36	5.22	22.75	77.94	2.64	5686	161.96	16.19



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867


 Christian Ordóñez Guaycha
 Tesista de la Universidad del Azuay


 Laboratorio de Suelos


 Lab. Stalin Cabrera R.
 Laboratorio de Geotécnica y Estructuras

Anexo 6. Cálculo de maquinaria

TRANSPORTE		
Ctt	19.68	Capacidad del equipo de transporte (ton)
TCt	0.24	Tiempo de Ciclo de Transporte (horas)
TMt	0.375	Tiempo de maniobras del equipo de transporte (horas)
TVt	0.144	Tiempo de viaje del transporte (horas)
TVct	0.08	Tiempo de viaje del transporte cargado (horas)
TVdt	0.064	Tiempo de viaje del transporte descargado (horas)
DFt	100	Disponibilidad física del equipo de transporte (%)
UTt	100	Factor de utilización del equipo de transporte (%)
FOt	100	Factor Operacional del equipo de transporte (%)
NP	9	Número de paladas para cargar el equipo de transporte
Flt	95	Factor de llenado del equipo de transporte (%)
RHt	92.25	Rendimiento horario del equipo de transporte (ton/día)
RDt	780	Rendimiento diario del equipo de transporte (ton/día)
RPt	16239	Rendimiento por período de un equipo (ton/período)
<u># de equipos de transporte</u>	<u>1</u>	<u>Volquete de 8 m3</u>

Anexo 7. Tabla de amortización

3/8/2017 Simulador Crédito




Inicio

Simulador Crédito

Tipo Prestamo: ACTIVO FIJO

Monto: 102,000.00

Tipo Tabla: Cuota Fija
 Capital Fijo

Plazo (días): 2160

Periodicidad: MENSUAL

pX96uo pX96uo

Procesar Limpiar

Los valores presentados son solamente una guía informativa para el cliente, con información aproximada, la cual podría variar al establecerse una operación de crédito definitiva en la cual las tasas de interés se reajustan cada 90 días. El factor de cálculo se lo hará en función a 360 días.

Tabla de Amortización

Cuota	Fecha_Pago	Saldo_Capital	Capital	Interes	Valor_Cuota	Tasa_Interes
1	9/2/2017	102,000.00	1,112.78	670.31	1,783.29	8.21
2	10/2/2017	100,887.22	1,120.09	663.20	1,783.29	8.21
3	11/1/2017	99,767.13	1,127.45	655.84	1,783.29	8.21
4	12/1/2017	98,639.68	1,134.87	648.42	1,783.29	8.21
5	12/31/2017	97,504.81	1,142.33	640.96	1,783.29	8.21
6	1/30/2018	96,362.48	1,149.84	633.45	1,783.29	8.21
7	3/1/2018	95,212.64	1,157.39	625.90	1,783.29	8.21
8	3/31/2018	94,055.25	1,165.00	618.29	1,783.29	8.21
9	4/30/2018	92,890.25	1,172.66	610.63	1,783.29	8.21
10	5/30/2018	91,717.59	1,180.37	602.92	1,783.29	8.21
11	6/29/2018	90,537.22	1,188.13	595.16	1,783.29	8.21
12	7/29/2018	89,349.09	1,195.94	587.35	1,783.29	8.21
13	8/28/2018	88,153.15	1,203.80	579.49	1,783.29	8.21
14	9/27/2018	86,949.35	1,211.71	571.58	1,783.29	8.21
15	10/27/2018	85,737.64	1,219.68	563.61	1,783.29	8.21
16	11/26/2018	84,517.96	1,227.70	555.59	1,783.29	8.21
17	12/26/2018	83,290.26	1,235.77	547.52	1,783.29	8.21
18	1/25/2019	82,054.49	1,243.89	539.40	1,783.29	8.21
19	2/24/2019	80,810.60	1,252.07	531.22	1,783.29	8.21
20	3/26/2019	79,558.53	1,260.30	522.99	1,783.29	8.21
21	4/25/2019	78,298.23	1,268.58	514.71	1,783.29	8.21
22	5/25/2019	77,029.65	1,276.92	506.37	1,783.29	8.21
23	6/24/2019	75,752.73	1,285.32	497.97	1,783.29	8.21
24	7/24/2019	74,467.41	1,293.77	489.52	1,783.29	8.21
25	8/23/2019	73,173.64	1,302.27	481.02	1,783.29	8.21
26	9/22/2019	71,871.37	1,310.83	472.46	1,783.29	8.21
27	10/22/2019	70,560.54	1,319.45	463.84	1,783.29	8.21
28	11/21/2019	69,241.09	1,328.12	455.17	1,783.29	8.21
29	12/21/2019	67,912.97	1,336.85	446.44	1,783.29	8.21
30	1/20/2020	66,576.12	1,345.64	437.65	1,783.29	8.21
31	2/19/2020	65,230.48	1,354.49	428.80	1,783.29	8.21
32	3/20/2020	63,875.99	1,363.39	419.90	1,783.29	8.21
33	4/19/2020	62,512.60	1,372.35	410.94	1,783.29	8.21
34	5/19/2020	61,140.25	1,381.37	401.92	1,783.29	8.21
35	6/18/2020	59,758.88	1,390.46	392.83	1,783.29	8.21
36	7/18/2020	58,368.42	1,399.60	383.69	1,783.29	8.21
37	8/17/2020	56,968.82	1,408.80	374.49	1,783.29	8.21
38	9/16/2020	55,560.02	1,418.06	365.23	1,783.29	8.21
39	10/16/2020	54,141.96	1,427.38	355.91	1,783.29	8.21
40	11/15/2020	52,714.58	1,436.76	346.53	1,783.29	8.21
41	12/15/2020	51,277.82	1,446.21	337.08	1,783.29	8.21
42	1/14/2021	49,831.61	1,455.71	327.58	1,783.29	8.21
43	2/13/2021	48,375.90	1,465.28	318.01	1,783.29	8.21
44	3/15/2021	46,910.62	1,474.92	308.37	1,783.29	8.21
45	4/14/2021	45,435.70	1,484.61	298.68	1,783.29	8.21
46	5/14/2021	43,951.09	1,494.37	288.92	1,783.29	8.21
47	6/13/2021	42,456.72	1,504.19	279.10	1,783.29	8.21
48	7/13/2021	40,952.53	1,514.08	269.21	1,783.29	8.21

https://banking.cfn.fin.ec/SimulatorServiceWebSite/CreditSimulator.aspx 1/2

3/5/2017

Simulador Crédito

49	8/12/2021	39,438.45	1,324.03	259.26	1,783.29	8.21
50	9/11/2021	37,914.42	1,334.05	249.24	1,783.29	8.21
51	10/11/2021	36,380.37	1,344.14	239.15	1,783.29	8.21
52	11/10/2021	34,836.23	1,354.29	229.00	1,783.29	8.21
53	12/10/2021	33,281.94	1,364.51	218.78	1,783.29	8.21
54	1/9/2022	31,717.43	1,374.79	208.50	1,783.29	8.21
55	2/8/2022	30,142.64	1,385.14	198.15	1,783.29	8.21
56	3/10/2022	28,557.50	1,395.56	187.73	1,783.29	8.21
57	4/9/2022	26,961.94	1,406.05	177.24	1,783.29	8.21
58	5/9/2022	25,355.89	1,416.61	166.68	1,783.29	8.21
59	6/8/2022	23,739.28	1,427.24	156.05	1,783.29	8.21
60	7/8/2022	22,112.04	1,437.93	145.36	1,783.29	8.21
61	8/7/2022	20,474.11	1,448.70	134.59	1,783.29	8.21
62	9/6/2022	18,825.41	1,459.54	123.75	1,783.29	8.21
63	10/6/2022	17,165.87	1,470.45	112.84	1,783.29	8.21
64	11/5/2022	15,495.42	1,481.43	101.86	1,783.29	8.21
65	12/5/2022	13,813.99	1,492.48	90.81	1,783.29	8.21
66	1/4/2023	12,121.51	1,503.61	79.68	1,783.29	8.21
67	2/3/2023	10,417.90	1,514.81	68.48	1,783.29	8.21
68	3/5/2023	8,703.09	1,526.08	57.21	1,783.29	8.21
69	4/4/2023	6,977.01	1,537.43	45.86	1,783.29	8.21
70	5/4/2023	5,239.58	1,548.85	34.44	1,783.29	8.21
71	6/3/2023	3,490.73	1,560.34	22.95	1,783.29	8.21
72	7/3/2023	1,730.39	1,570.39	11.38	1,741.77	8.21
	TOTAL:		102,000.00	26,355.36	128,355.36	

Imprimir