

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA DE MINAS



TESIS

***AMPLIACIÓN DE LA PRODUCCIÓN APLICANDO EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN A
CIELO ABIERTO EN LA CONCESIÓN MINERA ENCANTO BLANCO LYOF -
COMPAÑÍA MINERA AGREGADOS CALCÁREOS S.A. – HUANCAYO, JUNIN***

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS

PRESENTADO POR:

BACH. SHANINA QUISPE MENEJES

ASESOR:

ING. NOÉ CORNEJO CERECEDA

CUSCO-PERÚ

2020

DEDICATORIA

A mis padres, por todo su apoyo y siempre ayudarme a cumplir mis metas profesionales

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por el apoyo incondicional y la motivación para seguir adelante.

A mis amigos y colegas que de una u otra forma colaboraron en el proceso de elaboración de este trabajo.

A mis profesores por su calidad profesional y que han sabido transmitir sus conocimientos para desarrollarnos en el ámbito profesional.

En especial al Ing. Noé Cornejo Cereceda por apoyarme durante el proceso de desarrollo de mi tesis y compartir sus conocimientos y experiencia

Contenido

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN	3
CAPITULO I.....	5
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.	5
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	6
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	6
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.	6
1.3. OBJETIVOS.....	6
1.3.1. OBJETIVOS GENERALES	7
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	7
1.4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.	7
1.4.1. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.4.2. JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA.	7
1.4.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	8
1.4.4. AMBITO O DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO	8
1.5. HIPÓTESIS	8
1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL	8
1.5.2. HIPOTESIS ESPECÍFICOS	8
1.6. VARIABLES E INDICADORES	9
1.6.1. VARIABLES	9
1.6.1.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.....	9
1.6.1.2. VARIABLES DEPENDIENTES	9
1.7. INDICADORES	9
1.7.1. Parámetros Geomecánicos.	9
1.7.2. Parámetros de diseño.....	9
1.7.3. Producción.....	9
1.7.4. Costo de Extracción/Rentabilidad.....	9
1.8. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	9
1.9. METODOLOGÍA.....	10

1.9.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	10
1.9.2.	POBLACIÓN	10
1.9.3.	MUESTRA	10
1.10.	UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD	10
1.10.1.	UBICACIÓN	10
1.10.2.	ACCESIBILIDAD	12
1.11.	TOPOGRAFÍA Y FISIOGRAFÍA	13
1.11.1.	TOPOGRAFÍA	13
1.11.2.	FISIOGRAFÍA	14
1.12.	CLIMA Y METEOROLOGÍA	14
1.13.	TEMPERATURA	14
1.14.	HIDROLOGÍA	14
1.14.1.	AGUAS SUPERFICIALES	14
	• Quebrada Cañe.	14
	• Quebrada Apayca.	15
	• Quebrada Viscuyo.	15
	• Quebrada Viscacocha.	15
	• Quebrada Escorsonera.	15
	• Quebrada Cuñimirca	15
1.14.2.	AGUAS SUBTERRANEAS	15
1.15.	RECURSOS ECOLÓGICOS	15
1.15.1.	ZONAS ECOLÓGICAS	15
1.15.2.	ECOSISTEMA TERRESTRE	15
1.15.2.1.	FLORA	15
1.15.2.2.	FAUNA	17
1.16.	HISTORIA DE LA MINA	18
1.17.	ORGANIGRAMA DE LA MINA	19
1.18.	PLANTA DE TRATAMIENTO	20
1.18.1.	Proceso Productivo de la Unidad de Chancado	20
1.18.2.	Proceso productivo de las Unidades de Molienda	21
1.18.3.	Volumen actual de Producción	25

.....	26
1.19. SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO.....	27
1.19.1. SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD	27
1.19.2. SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	27
1.19.3. SISTEMA DE GESTIÓN MEDIO AMBIENTAL.....	27
CAPITULO II	30
2. MARCO TEÓRICO.....	30
2.2.1. MINERALES INDUSTRIALES:	30
2.2.2. ROCAS INDUSTRIALES:.....	31
2.3. IMPORTANCIA DE LAS ROCAS INDUSTRIALES.....	31
2.4. PRECIOS DE LAS ROCAS INDUSTRIALES.....	32
2.5. CALCITA.....	32
2.6. CALIZA.....	33
2.7. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN A CIELO ABIERTO.....	33
2.7.1. SISTEMA DE EXPLOTACIÓN CIELO ABIERTO (CANTERA).....	34
CAPITULO III.....	36
3. GEOLOGÍA Y GEOMECÁNICA DEL ÁREA DE ESTUDIO	36
3.1. GEOLOGÍA.....	36
3.1.1. GEOLOGÍA LOCAL.....	36
3.1.2. GEOLOGÍA REGIONAL.....	40
3.1.2.1. Grupo Pucara – Series Trías y Lías	40
3.1.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	43
3.1.4. GEOLOGÍA ECONÓMICA.....	44
3.1.4.1. Veta Principal.	45
3.1.4.2. Veta Secundaria.....	46
3.2. RECURSOS Y RESERVAS MINERALES EN LA CONCESIÓN ENCANTO BLANCO LYOF	48
3.2.1. ESTIMACIÓN DE RECURSOS	48
3.2.2. RESERVAS DE MINERAL.....	48
3.3. GEOMECÁNICA.....	48
3.3.1. ESTUDIO GEOMECÁNICO	48

3.3.1.1. INVESTIGACIÓN GEOMECÁNICA DE CAMPO (MAPEO GEOMECÁNICO).....	49
3.3.1.2. INVESTIGACIONES GEOMECÁNICAS DE LABORATORIO.....	50
3.3.2. ANALISIS DE INFORMACIÓN	50
3.3.2.1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS	50
3.3.2.2. CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO.....	51
3.3.2.3. DISTRIBUCIÓN DE DISCONTINUIDADES	52
CAPITULO IV	65
4. METODO DE EXPLOTACIÓN INICIAL EN LA CONSECIÓN MINERA ENCANTO BLANCO LYOF.....	65
4.1. METODO DE EXPLOTACIÓN ACTUAL, LABOREO SUBTERRÁNEO ARTESANAL.....	65
4.1.1. EXPLOTACIÓN.....	66
4.1.2. OPERACIONES UNITARIAS DEL CICLO DE MINADO	68
4.1.2.1. PERFORACIÓN Y VOLADURA.....	68
4.1.2.2. LIMPIEZA Y ACARREO	70
4.1.2.3. SOSTENIMIENTO	71
4.1.2.4. CLASIFICACIÓN.....	72
4.1. CÁLCULO DE RENTABILIDAD	73
CAPITULO V	75
5. SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A APLICAR	75
5.1. SELECCIÓN DESDE EL PUNTO DE VISTA TÉCNICO.....	75
5.1.1. METODOLOGIA DE HARTMAN.....	76
5.1.2. METODOLOGIA DE NICHOLAS.....	77
5.1.2.1. TIPO DE YACIMIENTO.....	77

5.1.2.2. CONDICIONES GEOMECÁNICAS DEL MINERAL	79
5.1.2.3. CONDICIONES GEOMECÁNICAS DE LA PARED COLGANTE	80
5.1.2.4. CONDICIONES GEOMECÁNICAS DE LA PARED PENDIENTE	80
5.2. SELECCIÓN DEL SUB-MÉTODO DE EXTRACCIÓN A CIELO ABIERTO	82
CAPITULO VI.....	84
6. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN A CIELO ABIERTO	84
6.1. SISTEMA DE EXPLOTACIÓN.....	84
6.2. DISEÑO DE BANCOS DE EXPLOTACIÓN.....	85
6.3. CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SMR.....	87
6.4. ANÁLISIS DE CUÑAS CON EL PROGRAMA SWEDGE	88
6.5. ESTABILIDAD DE TALUDES CON EL SOFTWARE SLIDE	89
6.5.1. CRITERIOS DE DISEÑO	89
6.5.2. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES	90
6.6. EXPLOTACIÓN	96
6.6.1. OPERACIONES UNITARIAS DEL CICLO DE MINADO	96
6.6.1.1. PERFORACIÓN Y VOLADURA.....	96
6.6.1.2. CARGUÍO Y ACARREO	102
6.6.1.3. CLASIFICACIÓN.....	104
6.7. CALCULO DE RENTABILIDAD	105
6.8. CALCULO DE VIDA DE LA MINA PARA LA PRIMERA FASE	107
6.9. CUADROS DE RESULTADOS DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA ARTESANAL VS EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN A CIELO ABIERTO (OPEN PIT).....	109
6.9.1. PRODUCCIÓN DE MINERAL	109
6.9.2. COSTOS DE OPERACIÓN	110
6.9.3. RENTABILIDAD.....	111
CONCLUSIONES	112
RECOMENDACIONES	114
BIBLIOGRAFÍA.....	115

ANEXOS..... 117

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Accesibilidad a la Concesión Encanto Blanco LYOF	13
Tabla 2 Flora de la concesión Encanto Blanco Lyof	16
Tabla 3 Fauna de la concesión Encanto Blanco Lyof	17
Tabla 4 Medidas de Mitigación.....	28
Tabla 5 Clasificación de calizas según el contenido de Carbonato de Calcio(CaCO ₃).....	33
Tabla 6 Reservas de Mineral Económico.....	48
Tabla 7 Ubicación de Estaciones Geomecánicas	49
Tabla 8 Resultados de ensayos de laboratorio	51
Tabla 9 Clasificación de La Masa Rocosa – Encanto Blanco Lyof.	52
Tabla 10 Dirección de inclinación buzamiento de sistemas de juntas.	53
Tabla 11 Dirección de inclinación buzamiento de sistemas de juntas.	55
Tabla 12 Dirección de inclinación buzamiento de sistemas de juntas	57
Tabla 13 Dirección de inclinación buzamiento de sistemas de juntas.	59
Tabla 14 Dirección de inclinación buzamiento de sistemas de juntas.	61
Tabla 15 Dirección de inclinación buzamiento de sistemas de juntas	63
Tabla 16 DATOS TÉCNICOS DE LABOR DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEO ARTESANAL.....	67
Tabla 17 DATOS TÉCNICOS DE PERFORACIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEO ARTESANAL.....	69
Tabla 18 DATOS TÉCNICOS DE VOLADURA DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEO ARTESANAL.....	69

Tabla 19 COSTOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN SUBTERRANEO ARTESANAL.....	70
Tabla 20 DATOS TÉCNICOS Y COSTOS DE LIMPIEZA DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN SUBTERRANEO ARTESANAL.....	70
Tabla 21 DATOS TÉCNICOS Y COSTOS DE SOSTENIMIENTO DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN SUBTERRANEO ARTESANAL.....	71
Tabla 22 DATOS TÉCNICOS Y COSTOS DE CLASIFICACIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN SUBTERRANEO ARTESANAL.....	72
Tabla 23 COSTOS DE OPERACIÓN REALIZADO POR EL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN SUBTERRANEO ARTESANAL.....	72
Tabla 24 DATOS TÉCNICOS DE RENTABILIDAD VETA PRINCIPAL POR EL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN SUBTERRANEO ARTESANAL	73
Tabla 25 TABLAS DE VALORACIÓN DE NICHOLAS SEGÚN TIPO DE YACIMIENTO	78
Tabla 26 TABLAS DE VALORACIÓN DE NICHOLAS SEGÚN CONDICIONES DEL MINERAL	80
Tabla 27 TABLAS DE VALORACIÓN DE NICHOLAS DE LA PARED COLGANTE	80
Tabla 28 TABLAS DE VALORACIÓN DE NICHOLAS DE LA PARED PENDIENTE	81
Tabla 29 Factores de peso según la metodología de Nicholas 1981	81
Tabla 30 TABLA DE RANKING DE MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN.....	81
Tabla 31 SELECCIÓN DEL SUB-MÉTODO DE EXTRACCIÓN A CIELO ABIERTO.....	82
Tabla 32 Inclinaciones de Taludes Recomendadas.....	85

Tabla 33 PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE DISEÑO DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN A CIELO ABIERTO	86
Tabla 34 Valores de SMR para cada tipo de rotura	87
Tabla 35 Clases de Estabilidad según SMR.....	87
Tabla 36 Resultados del Índice de SMR	88
Tabla 37 Análisis de Cuñas con SWEDGE	89
Tabla 38 ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES	90
Tabla 39 DATOS TÉCNICOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA CIELO ABIERTO ...	96
Tabla 40 DATOS TÉCNICOS DE RELACIÓN DE DESBROCE	100
Tabla 41 COSTO/DISPARO PERFORACIÓN Y VOLADURA	101
Tabla 42 COSTOS OPERATIVO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA	102
Tabla 43 COSTO OPERATIVO DE CARGUÍO Y ACARREO	103
Tabla 44 DATOS TÉCNICOS Y COSTOS DE CLASIFICACIÓN DEL MÉTODO A CIELO ABIERTO	104
Tabla 45 COSTOS DE OPERACIÓN DEL MÉTODO A CIELO ABIERTO	105
Tabla 46 DATOS TÉCNICOS DE RENTABILIDAD VETA PRINCIPAL	106
Tabla 47 COMPARATIVO DE PRODUCCIÓN DE MINERAL MÉTODO DE EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA ARTESANAL VS EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN A CIELO ABIERTO	109
Tabla 48 COMPARATIVO DE COSTOS DE OPERACIÓN MÉTODO DE EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA ARTESANAL VS EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN A CIELO ABIERTO	110

Tabla 49 COMPARATIVO DE RENTABILIDAD POR 10 METROS DE AVANCE
MÉTODO DE EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA ARTESANAL VS EL MÉTODO DE
EXTRACCIÓN A CIELO ABIERTO..... 111

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 MAPA DE UBICACIÓN DE LA CONCESIÓN ENCANTO BLANCO LYOF	12
Ilustración 2 Organigrama de COMACSA - Concesión Minera Encanto Blanco Lyof	20
Ilustración 3 Diagrama de flujo Planta Los Hornos.....	25
Ilustración 4 La Calcita es vertida en la colca de alimentación de la chancadora Hazemag ...	26
Ilustración 5 El material chancado es transportado al Molino Peble 923	26
Ilustración 6 Columna Estratigráfica; cuadrángulo de Yauyos-La Oroya- Tarma; donde se observa la Fm. Condorsinga	39
Ilustración 7 GEOLOGÍA REGIONAL DE LA CONCESIÓN ENCANTO BLANCO LYOF	43
Ilustración 8 IMAGEN DE LA VETA PRINCIPAL.....	46
Ilustración 9 Calcita cristalizada en el sistema ortorrómbico de color Blanco ligeramente gris.	47
Ilustración 10 Vista puntual de los cristales de la calcita a modo de geodas.....	47
Ilustración 11 DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO DE POLOS.....	54
Ilustración 12 DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO DE ISOVALORES	54
Ilustración 13 DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO DE POLOS.....	56
Ilustración 14 DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO DE ISOVALORES	56
Ilustración 15 DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO DE POLOS.....	58
Ilustración 16 DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO DE ISOVALORES	58
Ilustración 17 DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO DE POLOS.....	60

Ilustración 18 DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO DE ISOVALORES	60
Ilustración 19 DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO DE POLOS.....	62
Ilustración 20 DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO DE ISOVALORES	62
Ilustración 21 DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO DE POLOS.....	64
Ilustración 22 DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO DE ISOVALORES	64
Ilustración 23 VISTA EN PERFIL DE LABORES EJECUTADAS EN LA ZONA M-1	66
Ilustración 24 VISTA EN PERFIL DE LABORES PROGRAMADAS EN LA ZONA M-2	66
Ilustración 25 Modelo de selección de método de Explotación según Hartman	76
Ilustración 26 DISEÑO DE PIT ENCANTO BLANCO LYOF	86
Ilustración 27 Análisis de Estabilidad de taludes estático-sección BB'	92
Ilustración 28 Análisis de Estabilidad de taludes pseudo estático-sección BB'.....	92
Ilustración 29 Análisis de Estabilidad de taludes estático-sección CC'	93
Ilustración 30 Análisis de Estabilidad de taludes pseudo estático-sección CC'.....	93
Ilustración 31 Análisis de Estabilidad de taludes estático-sección DD'.....	94
Ilustración 32 Análisis de Estabilidad de taludes pseudo estático-sección DD'	94
Ilustración 33 Análisis de Estabilidad de taludes estático-sección EE'.....	95
Ilustración 34 Análisis de Estabilidad de taludes pseudo estático-sección EE'	95
Ilustración 35 Etapas de explotación a Cielo Abierto.....	101
Ilustración 36 SECCIÓN DE DISEÑO DE PIT PRIMERA FASE.....	106
Ilustración 37 COMPARATIVO DE PRODUCCIÓN DE MINERAL MÉTODO DE EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA ARTESANAL VS EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN A CIELO ABIERTO	109

Ilustración 38 COMPARATIVO DE COSTOS DE OPERACIÓN MÉTODO DE
EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA ARTESANAL VS EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN A
CIELO ABIERTO 110

Ilustración 39 COMPARATIVO DE RENTABILIDAD POR 10 METROS DE AVANCE
MÉTODO DE EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA ARTESANAL VS EL MÉTODO DE
EXTRACCIÓN A CIELO ABIERTO..... 111

RESUMEN

La Compañía Minera Agregados Calcáreos S.A (COMACSA) es cesionaria de la concesión minera “Encanto Blanco Lyof”, es un derecho minero por sustancias no-metálicas.

La Concesión Minera “Encanto Blanco Lyof” ubicado en el distrito de Chongos Alto, Huancayo, Junín, desarrolla actividades con métodos de explotación artesanal en una estructura mineral filoneana (veta), esta tiene una orientación preferencial NO a SE (azimut de 132° N) y un buzamiento de 85° a 90° al NE, la potencia varía entre 5m a 6m, con una extensión reconocida de unos 750m y más de 50m en distancia vertical. Este método se realiza sin los estudios que se requieren para un diseño óptimo de la extracción de calcita. Lo que implica no cumplir con planes de producción que requiere la alta gerencia para el abastecimiento de 3,000 Tm/mes de su planta de tratamiento Los Hornos, sumado a esto se tiene costos unitarios elevados y bajos estándares de seguridad siguiendo métodos empírico-prácticos.

En presente trabajo de investigación se desarrolló en 6 capítulos. Inicialmente se realizó la descripción del método de explotación por laboreo subterráneo artesanal, el análisis de métodos de explotación, selección y aplicación el método más conveniente para de esta manera aumentar la producción y analizar el costo de operación de este nuevo método de extracción.

Para determinar el método de extracción más significativo se usó la metodología de Nicholas (1981), en función al tipo de yacimiento, condiciones geomecánicas del mineral, pared colgante y pendiente, complementariamente se usó la metodología de Hartman (1987), de los resultados se determinó la aplicación del método de extracción a Cielo abierto (Open Pit). El sub-método de minado más significativo sería el de canteras, evaluación realizada según Herrera.

Una vez seleccionado el método de extracción a Cielo Abierto y sub-método Cateras se realizó la aplicación de este nuevo método describiendo los parámetros de diseño de pit, análisis

de estabilidad de taludes y la evaluación cuantitativa del proceso operativo en relación al método de explotación subterráneo artesanal. Se determinó que la producción de mineral aumenta de 15 TM/disparo a 4,992.84 TM/disparo, el costo operativo se redujo de 28.55 S/. /TM a 7.44 S/. /TM., la rentabilidad aumentó de S/. 15,121.13 a S/. 1,235,041.64 con un avance de 10 m. de longitud a lo largo de la veta.

La aplicación del método de explotación a Cielo Abierto, ha permitido también recuperar calizas de alto contenido de carbonato de calcio, debido a la inclusión en el nuevo diseño de pit final.

INTRODUCCIÓN

La Compañía Minera Agregados Calcáreos S.A (COMACSA) es una empresa peruana líder en la extracción, transformación y comercialización de minerales industriales, atiende a todos los sectores industriales como pinturas, adhesivos, plásticos, vidrios, alimentos balanceados, agricultura, químicos, construcción, caucho, curtiembre, petróleo e hidrocarburos, entre otros. Propietaria y titular de la plata Acsa Dos de 60 000 m² y Los Hornos 20,000 m² de fabricación de Baritina blanca micronizada, Talco blanco micronizado, feldespatos glass, marmolina, terrazo premezclado, cuarzo cerámico, yeso cerámico, bentonita PRF, feldespatos yurac 325, baritina VPS, granallas, caolín PZ400, dolomita, arcilla PC-100, cal hidráulica, , carbonato activado PVC, , cal kimical hidratada, cemento blanco (Huascarán, Pastoruri), Carbonatos (PON, FM 1000, SRESP, OM18, Om18, B-80, TE-100, CV2014, SR18).

Abastece al mercado nacional y exporta el 35% de su producción a países de la región como Chile, Colombia, Ecuador, Argentina, Bolivia, Costa Rica, Panamá y Venezuela. Es por ello que la gerencia ha determinado que requiere aumentar la producción de calcita mediante la optimización o cambio de métodos de extracción que conlleven a un aumento de producción para satisfacer la demanda de este mineral.

Para el presente estudio abarcaremos la concesión Minera Encanto Blanco Lyof; que es una de las principales concesiones por sustancias no-metálicas de la Compañía Minera Agregados Calcáreos S.A.; que aporta Calcita a la planta de tratamiento “Los Hornos” ubicada en la ciudad de Lima.

La concesión Minera Encanto Blanco Lyof desarrolla actividades con métodos de explotación subterránea artesanal de la Calcita, lo que implica no cumplir con planes de producción que

requiere la alta gerencia para el abastecimiento de su planta de tratamiento “Los Hornos” que requiere de 3,000 Ton/mes de calcita sumado a esto se tiene costos unitarios elevados.

COMACSA al observar esta necesidad planteó realizar un estudio Geomecánico para determinar el Método de Explotación más adecuado para esta estructura mineral de calcita de tipo filoneana (veta), para ello se utilizará la metodología de Nicholas (1981) y Hartman (1987), asimismo se realizará un estudio de estabilidad de taludes.

La evaluación y el conocimiento del macizo rocoso es indispensable para poder elegir el método de explotación más adecuado además se ha incrementado el interés sobre su impacto en los aspectos económicos de las operaciones mineras y contar con operaciones mineras más seguras.

CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

En el Perú la actividad minera ha estado dirigida principalmente a la minería metálica, remontándonos desde la etapa Pre-inca. Es a partir del año 1948 que económica e industrialmente se inicia la explotación de los minerales no metálicos, adquiriendo importancia por el aporte que esta actividad le otorga a la industria del país.

El Incremento de la demanda de minerales no metálicos (minerales Industriales) se debe al aporte que estos minerales ofrecen a la industria.

Los minerales no metálicos que más se explotan en el Perú son: calizas, calcita, silicatos, arcillas, dolomitas, feldespatos, micas, diatomitas, caolines, pirofilitas, talco, bentonita, calcita, travertinos, mármol, yeso, puzolana y otros.

La calcita es utilizada para la fabricación de cementos y morteros, tal como piedras de construcción de caliza y mármol, abonos agrícolas para tierras demasiado ácidas, o incluso la calcita transparente para la industria óptica como prismas polarizadores de microscopio.

Compañía Minera Agregados Calcáreos S.A (COMACSA) es una empresa líder en la extracción, transformación y comercialización de minerales industriales, abastece a todos los sectores industriales como adhesivos, plásticos, pinturas, vidrios, agricultura, químicos, construcción, caucho, curtiembre, alimentos balanceados, petróleo e hidrocarburos, entre otros.

La concesión Minera Encanto Blanco Lyof, es un derecho minero por sustancias no-metálicas de la Compañía Minera Agregados Calcáreos S.A. cuenta con la calificación de Pequeño Productor Minero (PPM).

El objetivo es determinar la producción mediante la aplicación del nuevo método de explotación a cielo abierto en la concesión minera Encanto Blanco Lyof para ello se realizará la descripción de parámetros geomecánicos, la determinación del método de explotación que reemplazará al método actual para lograr el incremento de la producción y el diseño eficiente y adecuado de pit en la cantera.

Todo lo mencionado justifica la investigación debido a que la concesión minera Encanto Blanco Lyof desarrolla actividades con métodos de explotación artesanal de la calcita sin los estudios que se requieren para un diseño óptimo para la extracción de calcita, lo que implica no cumplir con planes de producción que requiere la alta gerencia para el abastecimiento de su planta de tratamiento Los Hornos, sumado a esto se tiene costos unitarios elevados y bajos estándares de seguridad siguiendo métodos empírico-prácticos.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuánto incrementará la producción con la aplicación del método de extracción a cielo abierto en la concesión minera Encanto Blanco Lyof?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.

- ¿Cómo se determinará el Método de extracción en la Unidad Minera Encanto Blanco Lyof de acuerdo a los parámetros geomecánicos?
- ¿Cómo realizar un diseño de pit eficiente y adecuado de acuerdo a las características topográficas, geológicas y geotécnicas de la Unidad Minera Encanto Blanco Lyof?
- ¿Cuánto será el costo de Operación al incrementar la producción en la Unidad Minera Encanto Blanco Lyof?

1.3. OBJETIVOS.

1.3.1. OBJETIVOS GENERALES

Determinar el incremento de la producción mediante la aplicación del nuevo método de extracción a cielo abierto en la concesión minera Encanto Blanco Lyof.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Determinar el Método de Extracción de acuerdo los parámetros geomecánicos en la concesión minera Encanto Blanco Lyof.
- Realizar un diseño de pit eficiente y adecuado de acuerdo a las características topográficas, geológicas y geotécnicas de la concesión minera Encanto Blanco Lyof.
- Determinar el costo de operación al incrementar la producción en la concesión minera Encanto Blanco Lyof.

1.4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

1.4.1. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

La Compañía Minera Agregados Calcáreos S.A. tiene la necesidad de ampliar la producción de Calcita debido a la alta demanda de este mineral a nivel nacional e internacional y a la ampliación de capacidad de la planta de tratamiento Los Hornos ubicado en la ciudad de Lima.

Además, la unidad minera Encanto Blanco Lyof, desarrolla sus actividades de explotación de forma artesanal sin la tecnología necesaria de la actualidad, por lo que podemos identificar sus principales riesgos, mediante la evaluación práctica y de gabinete.

Debido a ello el presente trabajo de investigación se justifica porque evaluará, mediante estudios, el beneficio que implica la aplicación de un nuevo método de explotación, que busca ampliar la producción de mineral, asimismo ayudará a la reducción de costos y reforzará el sistema de seguridad en la Unidad Minera Encanto Blanco Lyof.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA.

Desde el punto de vista académico, contribuirá con la información bibliográfica en un tema que constantemente constituye una parte fundamental para el desarrollo de la minería no metálica.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Desde el punto de vista económico, permitirá analizar los costos y la importancia que significa utilizar el método de explotación más rentable.

1.4.4. AMBITO O DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio está delimitado para ser efectuado en la zona donde se realiza las operaciones de minado para la explotación de la veta Principal de la concesión minera Encanto Blanco Lyof,

Geográficamente el ámbito de estudio corresponde a la Compañía Minera Agregados Calcáreos S.A., que opera en el Distrito de Chongos Alto, Provincia de Huancayo, departamento de Junín.

1.5. HIPÓTESIS

1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL

Aplicando el nuevo método de extracción a cielo abierto. La producción incrementará en la concesión minera Encanto Blanco Lyof.

1.5.2. HIPOTESIS ESPECÍFICOS

- Los parámetros geomecánicos determinarán un Método de Extracción aplicar en la concesión minera Encanto Blanco Lyof.
- El diseño de pit será eficiente y adecuado de acuerdo a las características topográficas, geológicas y geotécnicas de la concesión minera Encanto Blanco Lyof.
- Al incrementar la producción el costo de operación disminuirá en la concesión minera Encanto Blanco Lyof.

1.6. VARIABLES E INDICADORES

1.6.1. VARIABLES

1.6.1.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

Aplicación del método de explotación a Cielo Abierto en la Unidad Minera Encanto Blanco Lyof.

1.6.1.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Incremento de la producción en la Unidad Minera Encanto Blanco Lyof.

1.7. INDICADORES

1.7.1. Parámetros Geomecánicos.

- Clasificación Geomecánica.
- Proyección Estereográfica

1.7.2. Parámetros de diseño.

- Selección del método de explotación.
- Especificaciones de diseño de implementación (Diseño de Pit)
- Estabilidad de taludes (Seguridad)

1.7.3. Producción.

- Toneladas por disparo (TM/disparo)
- Toneladas por mes (TM/mes)
- Toneladas por año (TM/Año)

1.7.4. Costo de Extracción/Rentabilidad

- S/. / TM
- Análisis de Costos.

1.8. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio está delimitado en la concesión Encanto Blanco Lyof, veta principal de la Compañía Minera Agregados Calcáreos S.A.; ubicado en el Distrito de Chongos Alto, Provincia de Huancayo, en el Departamento de Junín Perú.

1.9. METODOLOGÍA

1.9.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Basándonos al planteamiento del problema de esta investigación, el estudio será de tipo Correlacional debido a que las variables dependientes que es la producción y costos de operación se relaciona con la variable independiente que es el método de explotación a cielo abierto mediante un patrón predecible.

1.9.2. POBLACIÓN

La población del presente trabajo de investigación es la concesión minera Encanto Blanco Lyof de la Compañía Minera Agregados Calcáreos S.A., como población absoluta de datos para la información correspondiente.

1.9.3. MUESTRA

Para el presente trabajo la muestra no es probabilística, debido a que la elección no depende de la probabilidad, sino de las características de la investigación, toma de decisiones y criterios de investigación. En el caso de la concesión Encanto Blanco, se tiene la veta principal y secundaria. La elección de la veta secundaria es debido a que, es la estructura que cuenta con la mayor cantidad reservas de calcita con alto contenido de Carbonato de Calcio.

1.10. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

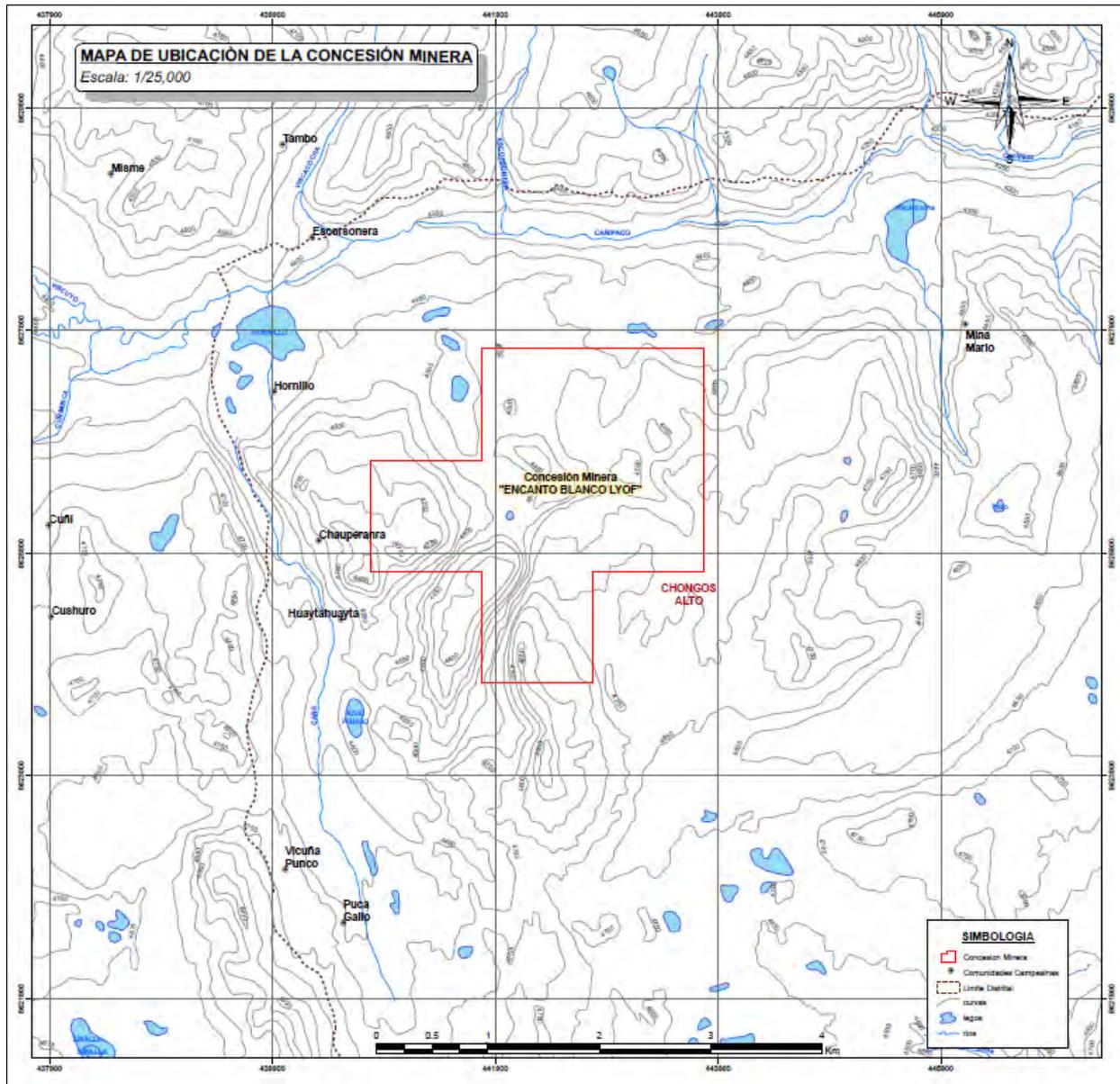
1.10.1. UBICACIÓN

La Ubicación Política de la Concesión Minera “Encanto Blanco Lyof” es en el Distrito de Chongos Alto, Provincia de Huancayo, en el Departamento de Junín; a una altitud comprendida

entre los 4,500 a 4,600 m.s.n.m. El área de la Concesión Minera es equivalente a 500.00 Has. El Proyecto se encuentra aproximadamente a 51.5 Km. en línea recta al suroeste de la ciudad de Huancayo. Se encuentra ubicado en la Carta Nacional del I.G.N. (Instituto Geográfico Nacional) denominada 25 – L (Yauyos) tiene las siguientes coordenadas UTM WGS 84 ZONA 18:

NORTE : 8'625,632

SUR : 442,776

*Ilustración 1**MAPA DE UBICACIÓN DE LA CONCESIÓN ENCANTO BLANCO LYOF*

Fuente: Elaboración Propia

1.10.2. ACCESIBILIDAD

El acceso a la concesión “Encanto Blanco Lyof” por vía Terrestre desde la ciudad de Lima, es a través de la Carretera Central y una trocha carrozable, Lima- Huancayo - Vista Alegre – Cerca

Puquio – Cantera “Encanto Blanco Lyof”, con un recorrido total de 392 Km., el que se resume en la Tabla 1.

Tabla 1
Accesibilidad a la Concesión Encanto Blanco LYOF

Ruta	Distancia (Km)	Tipo de Vía
Lima – La Oroya	181	Asfaltado
La Oroya – Huancayo	115	Asfaltado
Huancayo– Vista Alegre	46	Trocha Carrozable
Vista Alegre – Cerca Puquio	28	Trocha Carrozable
Cerca Puquio – Cantera	22	Trocha Carrozable
TOTAL	392	----

Fuente: Elaboración Propia

1.11. TOPOGRAFÍA Y FISIOGRAFÍA

1.11.1. TOPOGRAFÍA

La topografía del proyecto puede ser afectada significativamente debido a los trabajos de explotación en el área donde se encuentran las actividades.

La explotación de la calcita inicialmente se realizó por laboreo subterráneo con excavaciones superficiales por lo que las modificaciones en la topografía son mínimas además de la nivelación de terreno para construcción de pequeñas instalaciones auxiliares (oficina de mina, depósitos y otros), nivelación de áreas destinadas al acopio de calizas, nivelación de áreas para mineral económico (Calcita) y área para la clasificación manual.

El otro impacto que se generará en el proyecto es el estético al medio ambiente y generalmente es el de mayor magnitud al realizar el cambio de método de explotación al de cielo abierto, el impacto estético es de índole visual, debido a la magnitud a la que alcanzarán los

bancos de explotación y generan o forman un contraste en forma y color que es apreciable desde diferentes lugares.

1.11.2. FISIOGRAFÍA

El área del Proyecto presenta una fisiografía llana y ondulada, se presenta fuertemente disectada y desfigurada por la erosión fluvial y glaciaria, se encuentra a una altitud promedio de 4,500 m.s.n.m.

1.12. CLIMA Y METEOROLOGÍA

Según la información regional de la estación meteorológica del SENAMHI más cercanas a la zona del proyecto, Laive/000642/DRE-11 se encuentra entre las siguientes coordenadas (Latitud 12°15' S y Longitud 75°23' W). Clima Variable de semi – frígido a frío.

1.13. TEMPERATURA

El área del proyecto muestra un clima variable de semi-frígido a frío, con una temperatura como máxima 16.2 °C y mínima de -10.2 °C, humedad relativa de 74.2 % y la velocidad viento máxima registrada es de 4.8 m/seg. Con una dirección predominante del NE al SW.

1.14. HIDROLOGÍA

1.14.1. AGUAS SUPERFICIALES

La concesión “ENCANTO BLANCO”, se encuentra ubicada en la Cuenca del Río Canipaco; el cual está mayormente formada por quebradas de poca pendiente con aguas que discurren con suaves ondulaciones, la mayoría de las cuales tienen escorrentía irregular generados por las precipitaciones pluviales que se presentan con cierta irregularidad, en los meses de octubre a marzo en la parte alta de la cuenca sobre los 4,500 m.s.n.m. en donde se originan los ríos y que desembocan en el Río Mantaro, las principales quebradas y ríos los siguientes afluentes son:

- Quebrada Cañe.

- Quebrada Apayca.
- Quebrada Viscuyo.
- Quebrada Viscacocha.
- Quebrada Escorsonera.
- Quebrada Cuñimirca.

1.14.2. AGUAS SUBTERRANEAS

En la zona del proyecto no se cuenta con afloramientos de agua subterránea debido a que el proyecto se encuentra en la parte alta de la cuenca.

1.15. RECURSOS ECOLÓGICOS

1.15.1. ZONAS ECOLÓGICAS

En el área del proyecto existe sólo 01 Zona de Vida Natural de las 84 que posee el país, la cual corresponde al Páramo muy Húmedo Sub alpino tropical (pmh- SaT).

1.15.2. ECOSISTEMA TERRESTRE

El escenario vegetal está constituido por una mezcla de gramíneas y otras hierbas de hábitat perenne. Entre las especies dominantes, se tiene la *Festuca dolycophylla*, *Festuca orthophylla*, *Calamagrostis vicunarum*, *Stipa brachyphylla*, *Stipa ichu* y *Stipa obtusa* además de estas especies dominantes, se encuentran otras tales como: *Distichlis humilis*, *Bromus sp*, *Trifolium amabile*, *Alchemilla pinnata*, *Poa annua*, *Paspalum sp.*, *Luzula racemosa*, *Hypochoeris elata*.

También, prolifera la *Chuquiraga spinosa*, *Adesmia spinosissima*, *Astragalus garbancillo* y *Aciachne pulvinata*. Completan el cuadro vegetativo un conjunto de cactáceas, entre las que destacan aquellas de porte almohadillado como la *Opuntia floccosa* cubierta de largos pelos blancos; y la *Opuntia lagopus*, caracterizada por su vello amarillento.

1.15.2.1. FLORA

Se registraron en total 18 especies de plantas vasculares, de las cuales la familia *Asteraceae* es la de mayor diversidad, con 04 especies, seguida por las familias *Poaceae* y la *Fabaceae* con 03 y 01 especies, respectivamente; mientras que la familia *Caryophyllaceae* presentaron 02 especies.

Tabla 2
Flora de la concesión Encanto Blanco Lyof

Nº	FAMILIA	ESPECIE	PORTE	ZONA ROCOSA	PAJONAL	CESPED DE PUNA
1	Apiaceae	<i>Azorella crenata</i>	Hierba			x
2	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Hierba	x		
3	Asteraceae	<i>Chuquiraga spinosa</i>	arbusto	x		
4	Asteraceae	<i>Hypochaeris taraxaciodes</i>	Hierba			x
5	Asteraceae	<i>Perezia pinnatifida</i>	Hierba		x	x
6	Cactaceae	<i>Opuntia floccosa</i>	suculenta		x	x
7	Caryophyllaceae	<i>Cardionema ramosissima</i>	Hierba	x		
8	Caryophyllaceae	<i>Pycnophyllum molle</i>	Hierba			x
9	Fabaceae	<i>Astragalus uniflorus</i>	Hierba	x	x	x
10	Gentianaceae	<i>Gentiana sedifolia</i>	Hierba		x	

11	Juncaceae	<i>Luzula racemosa</i>	Hierba	x		
12	Malvaceae	<i>Nototriche obcuneata</i>	Hierba	x		x
13	Poaceae	<i>Distichlis humilis</i>	Hierba		x	x
14	Poaceae	<i>Festuca ortophylla</i>	Hierba		x	
15	Poaceae	<i>Stipa ichu</i>	Hierba		x	
16	Rosaceae	<i>Lachemilla pinnata</i>	Hierba			x
17	Rosaceae	<i>Tetraglochin cristatum</i>	arbusto	x		x
18	Valerianaceae	<i>Valeriana globularis</i>	Hierba	x		

Fuente: Área de Medio Ambiente COMACSA

1.15.2.2. FAUNA

Dentro de la zona de evaluación se registraron 8 especies de vertebrados, de las cuales 06 correspondieron a aves, 01 especies a mamíferos y 01 especie corresponde a reptiles. No se evidenció la presencia de anfibios en el área evaluada.

Tabla 3
Fauna de la concesión Encanto Blanco Lyof

GRUPO	FAMILIA	NOMBRE	
		CIENTÍFICO	COMÚN
Aves	Accipitridae	<i>Circus cinereus</i>	“gavilán de campo”

	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	“cernícalo americano”
	Falconidae	<i>Phalcoboenus albogularis</i>	"cara cara"
	Picidae	<i>Colaptes rupicola</i>	“carpintero andino”
	Fringillidae	<i>Carduelis magellanicus</i>	“jilguero andino”
	Furnariidae	<i>Geositta saxicolina</i>	“pampero andino”
Mamíferos	Mephitidae	<i>Conepatus chinga</i>	“zorrino”
Reptiles	Iguanidae	<i>Liolaemus walkerii</i>	“lagartija”

Fuente: Área de Medio Ambiente COMACSA

1.16. HISTORIA DE LA MINA

Compañía Minera Agregados Calcáreos S.A (COMACSA) se constituyó en 1948 y desde su fundación hasta la actualidad es la empresa peruana líder en la extracción, transformación y comercialización de minerales industriales, atiende a todos los sectores industriales como pinturas, adhesivos, plásticos, vidrios, alimentos balanceados, agricultura, químicos, construcción, caucho, curtiembre, petróleo e hidrocarburos, entre otros. Abastece a más del 80% del mercado nacional y exporta el 35% de su producción a países de la región como Argentina, Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia, Panamá, Costa Rica y Venezuela.

Reconocidos con la triple certificación internacional en Gestión de la Calidad, Sistema de Gestión Ambiental, Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional.

Cuenta con un equipo de profesionales altamente calificados y con amplia experiencia en el uso y la aplicación de los minerales industriales en sus procesos productivos, con equipos de última generación que permite controlar y garantizar la calidad constante de los insumos.

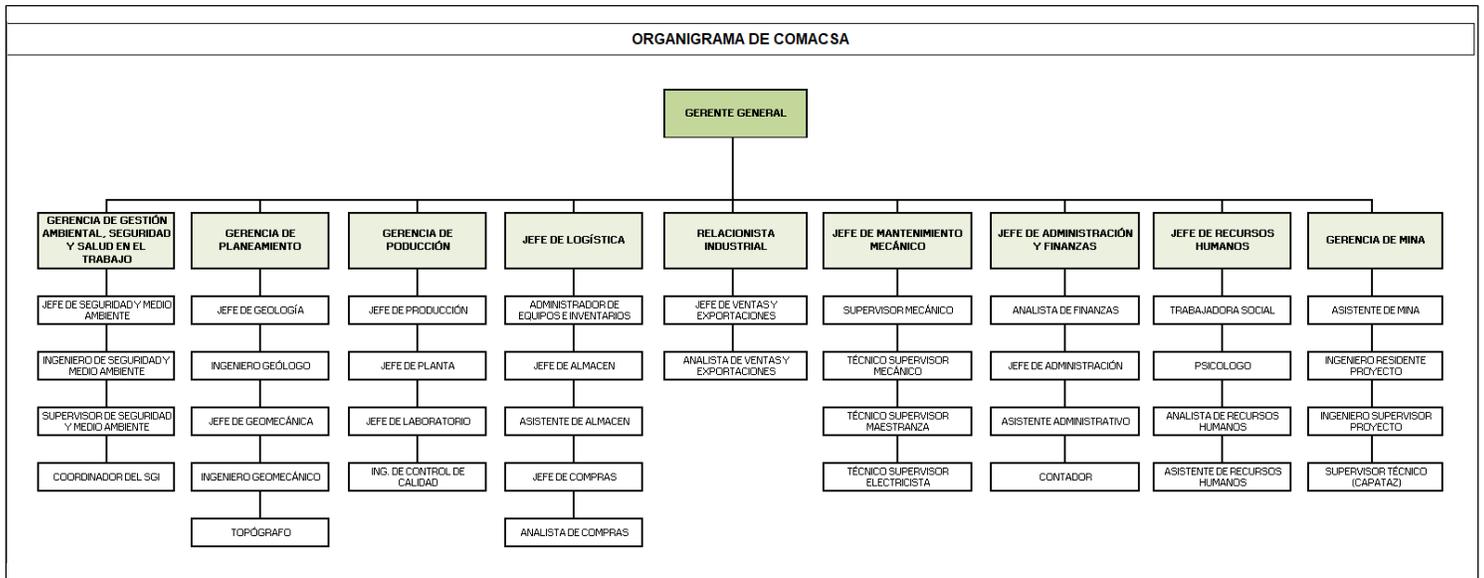
Contribuye con el crecimiento de la industria desarrollando insumos industriales de alta calidad y rendimiento.

La zona del proyecto y circundantes a la concesión minera Encanto Blanco Lyof cuenta con una extensa historia de exploración efectuados por diversas compañías como COMINCO, CROCODILE GOLD, SULLIDEN, FORTUNA SILVER y FRANC-OR los cuales orientaron sus trabajos de exploración básicamente a la búsqueda de yacimientos metálicos, sin tener en cuenta la presencia de yacimientos no metálicos como la calcita, caliza y en menor proporción baritina. En el año 2000 la Compañía Minera Agregados Calcáreos (COMACSA) inicia trabajos de prospección y exploración en la zona identificando yacimientos importantes de calcita en vetas y calizas con alto contenido de Carbonato de Calcio ideales para uso industrial.

En el año 2002 se adjudica la concesión minera Encanto Blanco Lyof a COMACSA por sustancias no metálicas con un área de 500 Ha. Inicialmente se desarrollan únicamente actividades de explotación de la Calcita, debido a la demanda de este mineral en el mercado, aplicando métodos de explotación artesanal mediante laboreo subterráneo. Posteriormente se realizan muestreos y análisis químicos se determina que las calizas que se encuentran como rocas encajonantes de las vetas de calcita cuentan con altos contenidos de Carbonato de Calcio haciéndolo atractivo para su explotación.

1.17. ORGANIGRAMA DE LA MINA.

A continuación, en la Ilustración 2 se muestra el Organigrama de Cía. Minera COMACSA - Concesión minera Encanto Blanco Lyof.

*Ilustración 2**Organigrama de COMACSA - Concesión Minera Encanto Blanco Lyof*

Fuente: Red Sistema de Gestión Integrado COMACSA

1.18. PLANTA DE TRATAMIENTO

La concesión minera Encanto Blanco Lyof aporta su producción a la planta de tratamiento “Los Hornos” que se encuentra ubicada en la ciudad de Lima. La calcita es transportada de la concesión minera Encanto Blanco Lyof en trailers, la calcita es almacenada en el patio de minerales, a la espera del proceso de molienda. La planta tiene una chancadora de impacto y una unidad de producción dedicados a beneficiar calcita, aunque podría procesar otros minerales de acuerdo a la demanda del mercado.

Para mayor detalle se presenta en la ilustración 3 el diagrama de flujo de la unidad de chancado llamada Chancadora Hazemag y de la unidad de producción, llamada Molino Pebble 923.

1.18.1. Proceso Productivo de la Unidad de Chancado

El camión lleno de calcita que viene de la concesión Encanto Blanco Lyof o de la colca de almacenamiento de minerales, es pesado en la balanza que tiene una capacidad para pesar trailers

o camiones hasta de 80 toneladas, luego es vertido en la colca de alimentación de la unidad de chancado llamada chancadora Hazemag. Debajo de la colca de alimentación hay un transportador metálico de bandejas que transporta el mineral a la chancadora de impacto. Esta máquina reduce el tamaño de los trozos desde 250 mm hasta trozos de 38 mm como máximo, según sea el requerimiento. Luego de haberse reducido, el mineral cae al pie de una faja transportadora inclinada que eleva el material hasta una altura aproximada de 18.50 metros, de allí lo descarga a un Chute Giratorio que dirige el mineral al punto de producción.

1.18.2. Proceso productivo de las Unidades de Molienda.

El desarrollo del proceso productivo del Molino Pebble 923 es el siguiente:

1. El proceso productivo se inicia con el mineral chancado y almacenado en la tolva de alimentación de cada unidad de producción (N° 2 del diagrama de flujo), que ha sido llenado por su respectiva faja alimentadora (N° 1) al final del proceso productivo de la unidad de chancado. Es en este punto donde se inicia el proceso de beneficio del mineral, que se entiende como un proceso básicamente de reducción de tamaño del mineral, sin involucrar cambio de estado ni de composición química alguna.
2. El mineral se alimenta en forma dosificada y constante al sistema mediante un alimentador rotativo (N° 3 del diagrama de flujo). La primera reducción de tamaño del mineral se produce en una chancadora de quijadas (N° 5 del diagrama de flujo) regulada a un tamaño máximo de descarga de 20 mm. Para evitar que entren trozos de fierro se coloca una trampa magnética (N° 4) antes del ingreso a la chancadora.
3. El mineral chancado descarga en la boca de alimentación de un elevador de cangilones (N° 6), que lo lleva a la parte alta de la torre de chancado y clasificación. Allí es recibido por una chancadora de impacto (N° 7), que reduce el mineral a 3 mm.

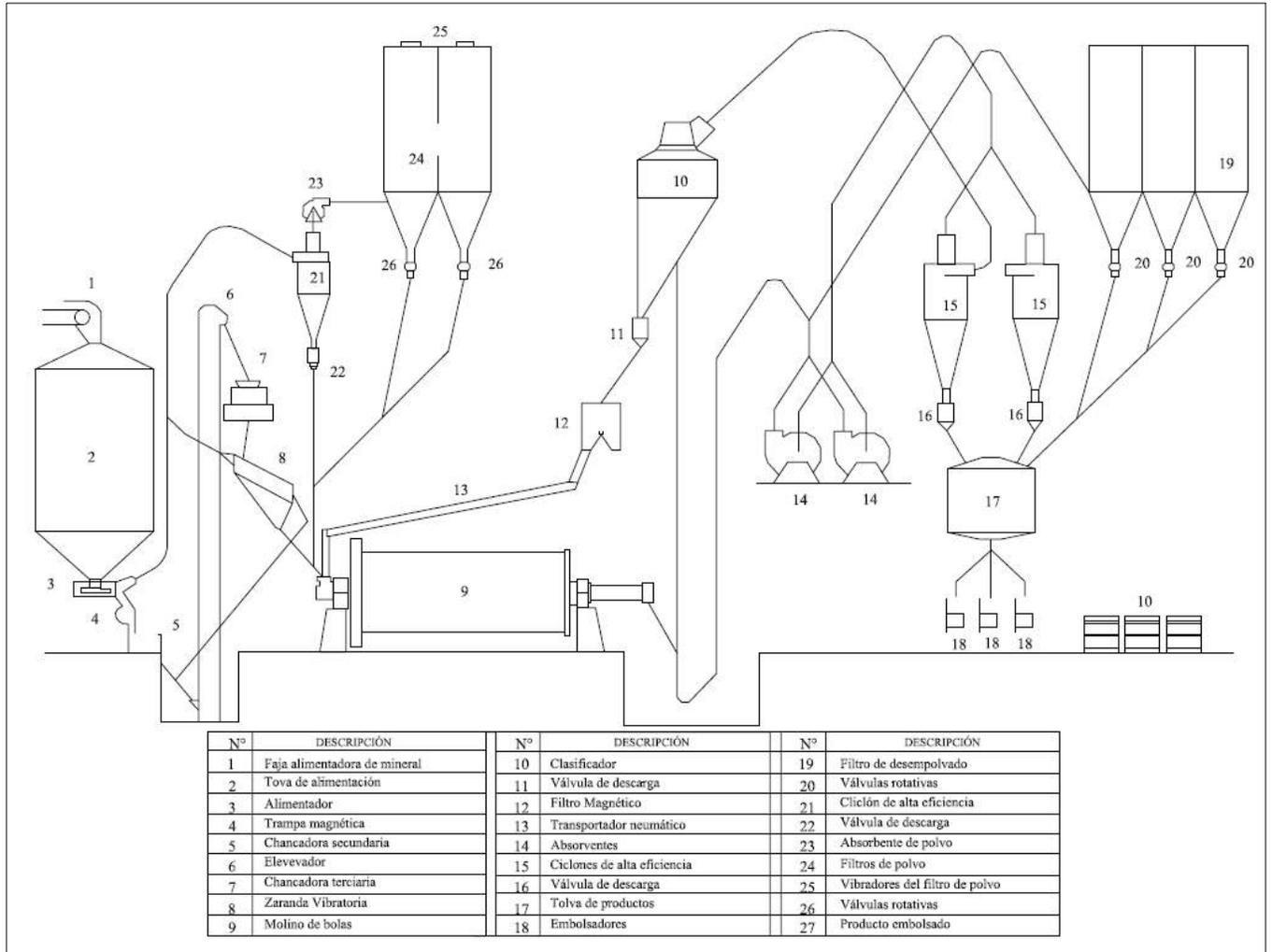
4. El mineral que ya ha sufrido dos reducciones sucesivas de tamaño pasa a clasificarse en una zaranda vibratoria (N° 8), que deja pasar solamente el mineral que es menor a 3 mm. los que se retiene en la malla de la zaranda vuelve al pie del elevador para que pueda pasar nuevamente por la chancadora de impacto hasta fraccionarse a un tamaño que le permita atravesar la malla de la zaranda.
5. El molino de bolas (N° 9), es alimentado con el mineral menor a 3 mm que paso por la malla de la zaranda. Este molino se encargará de moler finalmente el mineral hasta el tamaño exigido por el cliente.
6. Todo el mineral molido que descarga el molino es transportado por una corriente de aire y llevado hasta el clasificador neumático (N° 10), que es el equipo que realmente separa las partículas que cumplen las especificaciones de fineza que dicta el cliente y rechaza las partículas gruesas.
7. Las partículas finas que pasan el obstáculo del clasificador neumático siguen siendo transportadas por la corriente de aire hacia dos ciclones de alta eficiencia (N° 15), que separan el mineral del aire. El mineral separado es en buena cuenta el producto que pasa a través de una válvula obturadora (N° 16), luego se almacena temporalmente en una tolva de producto y finalmente se embolsa en las maquinas llenadoras (N° 18) al peso especificado por el cliente. Los pesos pueden ser de 20 Kg., 25 Kg., 30 Kg., 40 Kg y 50 kg.; además, se puede llenar en sacos de 500 Kg. Y 1000 Kg.
8. Cuando se trata de sacos con pesos menores o iguales a 50 Kg., las bolsas son colocadas sobre paletas de madera (N° 27), donde quedara listo el producto para ser llevado mediante los montacargas al almacén de productos.

9. Cuando se embolsa en sacos de 500 o 1000 Kg., los montacargas los llevan directamente al almacén de productos.
10. El producto rechazado por el clasificador neumático es retornado al molino de bolas para reducir su tamaño a los niveles exigidos por el cliente. En el trayecto de retorno, el mineral rechazado pasa primero por una válvula de descarga (N° 11), luego por un filtro magnético (N° 12) y finalmente por un transportador neumático (N° 13), que hace llegar el mineral grueso al extremo de alimentación del molino de bolas.
11. Los encargados del transporte neumático del mineral son dos potentes absorbentes (N° 14), que eliminan los atoros y mantienen el sistema a presión negativa; lo que evita que escape polvo en cualquier punto de transferencia del sistema, de molienda y clasificación.
12. La humedad del mineral se elimina del sistema a través de una batería de filtros de mangas (N° 19), con un sistema automático de limpieza mediante pulsos de aire comprimido, controlado por un sensor de presión estática de la corriente de polvo. El mineral retenido por la batería de filtros de mangas descarga por medio de válvulas obturadoras rotativas (N° 20), y se integra con el producto en la tolva respectiva (N° 17).
13. Todo el polvo que puede generarse en el sistema de chancado, antes de que el mineral ingrese al molino, es captado y procesado en un sistema de eliminación de polvo que cuenta con un ciclón de alta eficiencia (N° 21), una válvula obturadora (N° 22) para la descarga del ciclón de alta eficiencia, un absorbente (N° 23), una batería de filtros de mangas de limpieza automática (N° 24) que usa vibradores electromecánicos (N° 25) y válvulas obturadoras rotativas (N° 26) para la descarga del polvo retenido en las

mangas. Todo el mineral captado en el sistema de eliminación de polvo es dirigido al punto de alimentación del molino de bolas.

14. El producto del beneficio de la caliza queda listo en el almacén de productos, listo para su despacho al cliente o para ser llevado a la planta principal de la Cía. Minera Calcáreos S.A. para almacenarlo o distribuirlo a los clientes.

Ilustración 3
Diagrama de flujo Planta Los Hornos



Fuente: Gerencia de Producción COMACSA

1.18.3. Volumen actual de Producción

La planta Los Hornos actualmente tiene una producción diaria de 200 TM/DÍA de calcita. Durante el mes se llega a producir aproximadamente 6,000 TM. La concesión Encanto Blanco Lyof aporta el 50% de calcita requerida. En las siguientes imágenes se muestra algunas etapas del proceso:

Ilustración 4

La Calcita es vertida en la colca de alimentación de la chancadora Hazemag



Fuente: Gerencia de Producción COMACSA

Ilustración 5

El material chancado es transportado al Molino Peble 923



Fuente: Gerencia de Producción COMACSA

1.19. SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO

COMACSA tiene implementado y certificado su Sistema de Gestión Integrado basado en las normas ISO 9001, OHSAS 18001, ISO 14001 por Bureau Veritas.

1.19.1. SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

Mediante la implementación de la Norma ISO 9001 se estandariza procesos a través de procedimientos operativos y de Gestión, seguimiento, control y medición de los procesos con el fin de asegurar la calidad de un bien, servicio o producto y lograr cumplir con las expectativas del cliente y así lograr su satisfacción.

1.19.2. SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

Mediante la implementación de la Norma OHSAS 18001 donde describe que se debe dar cumplimiento, además de los requisitos de la norma, a las leyes sectoriales (Ley 29783 y su reglamento D.S. N°005-2012-TR y modificatorias, reglamento D.S. N° 024-2016-EM y su modificatoria) donde permiten identificar los peligros, prevenir riesgos y poner las medidas de control necesarias en el área de trabajo con el fin de prevenir accidentes y/o enfermedades ocupacionales de los trabajadores.

1.19.3. SISTEMA DE GESTIÓN MEDIO AMBIENTAL

El compromiso de la empresa respecto a la gestión ambiental es direccionado mediante la implementación de la Norma ISO 14001 donde describe que se debe dar cumplimiento, además de los requisitos de la norma, las leyes sectoriales (Reglamento de protección ambiental para Actividades Mineras D.S.016-93-EM y su modificatoria, Reglamento para cierre de minas D.S.033-2005-EM y su modificatoria, entre otros), que permite la prevención y corrección de riesgos ambientales que podrían ser generados por la empresa.

MEDIDAS DE PREVENCIÓN, CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Las medidas de mitigación se implementarán por la empresa, con la finalidad de reducir en lo posible los impactos ambientales provocados por las actividades de explotación de la cantera y son los siguientes:

- Las canchas de almacenamiento de material calcita y calizas se diseñará en áreas que no produzca obstrucción de los drenajes naturales.
- Se programará capacitación al personal que labore en la cantera y a los pobladores más cercanos respecto a la prevención de impactos ambientales con la finalidad que crear conciencia en el Proyecto.
- Se contará con un Programa de monitoreo de calidad de aire y Ruido
- La alteración de la topografía y del paisaje son los impactos que serán inevitables de desligar de la actividad minera debido al tipo de explotación que se empleará. Este impacto estará siendo rehabilitado al finalizar la actividad o paralelamente al avance de las labores con la nivelación, relleno y revegetación de los lugares que fueron explotados.

Tabla 4
Medidas de Mitigación

IMPACTOS NEGATIVOS POTENCIALES	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
Cambio y/o pérdida del perfil suelo, vegetación y drenaje superficial durante la explotación.	✓ Revegetación de algunas áreas que fueron alteradas.
Degradación de la calidad de aire en el área de explotación y áreas aledañas a la vía de acceso por partículas transportadas por el viento, producto de la extracción de mineral.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diseño adecuado para la explotación del material económico. ✓ Regado y/o humedecimiento del material durante la clasificación manual para evitar la emisión de partículas. ✓ Regado de las vías de acceso a la cantera durante el transporte del material para evitar la emisión de partículas.

Degradación de las aguas superficiales producto de las precipitaciones que entran en contacto con las labores explotadas generando partículas suspendidas en el drenaje natural.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Humedecimiento del material durante el acarreo y transporte del material extraído. ✓ Se implementará un control de escorrentía con pozos de sedimentación para evitar el ingreso de aguas turbias al área de explotación y al área de las canchas.
Incremento de la demanda de servicios e instalaciones en comunidades y/o poblados adyacentes a la cantera.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se brindará apoyo a los propietarios de los terrenos superficiales. ✓ Se capacitará a los trabajadores que forman parte de la comunidad y poblados cercanos a la cantera.
Propagación de ruido.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Monitoreo permanente de los niveles de ruido. ✓ Instalación de accesorios (silenciadores) en los tubos de escape de equipos de transporte.
Degradación de la calidad de suelo debido a la generación de residuos sólidos domésticos y derrames accidentales de hidrocarburos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Disposición adecuada de los RRSS industriales y domésticos. ✓ construcción de una cancha de volatilización

Fuente: Área de Medio Ambiente COMACSA

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. MINERALES Y ROCAS INDUSTRIALES

Según el Compendio de rocas y Minerales Industriales en el Perú (2009, p.7) Los recursos minerales en general se clasifican en minerales y rocas industriales, el problema radica en que no están claramente definidos estos dos conceptos, Es importante diferenciar entre una “roca industrial” y un “mineral industrial. Podremos diferenciarlos al identificar el uso al que lo destinen según la demanda.

2.1.1. MINERALES INDUSTRIALES:

Los minerales son sustancias que poseen una composición química definida que mediante o directamente una preparación adecuada son utilizadas en procesos industriales. Puede ser usado como materia prima o un aditivo en la industria en general.

Son usados generalmente por sus propiedades físicas y químicas. En el caso de la calcita interesan sus propiedades tanto físicas (color de la calcita, como material refractario) y químicas (contenido de Carbonato de Calcio). Además, se incluyen a los productos manufacturados como la cal y el cemento.

2.1.2. ROCAS INDUSTRIALES:

Las rocas industriales provienen del enfriamiento de un magma produciendo cristalización tal es el caso de las rocas de origen ígneo, o pueden provenir también de la acumulación y posterior consolidación de rocas preexistentes tal es el caso de las rocas sedimentarias. Si las rocas preexistentes son modificadas por causa de temperaturas y presiones se originan las rocas metamórficas.

2.2. IMPORTANCIA DE LAS ROCAS INDUSTRIALES

Compendio de rocas y Minerales Industriales en el Perú (2009, p.7), la extracción de los minerales y rocas industriales ha tenido un crecimiento importante. Entre los principales minerales no metálicos o rocas se tienen: arena, piedra, grava, mármoles, yeso, piedra laja, granitos, pizarra, andesita, arcillas, travertinos, dolomita, feldespatos, mica, fosfatos, talco, sílice, yeco, baritina, boratos, etc., estos son de gran importancia para el desarrollo del país debido a que el campo de aplicación es amplio como son los materiales para infraestructura, fertilizantes agrícolas, como materia prima para la producción de cerámica, vidrio, cemento, yesos, insecticidas, cales, asfaltos, aditivos, plásticos, etc.

El Perú cuenta una amplia riqueza de minerales y rocas industriales, sin embargo, carece de difusión. Los métodos de explotación muchas veces son inadecuados sin los debidos estudios que se deberían realizar para un mayor aprovechamiento, en el futuro se espera la existencia de

una industria de minerales y rocas sostenible que promueva la inversión, la industrialización, así como una mayor exportación a diversos países del mundo.

2.3. PRECIOS DE LAS ROCAS INDUSTRIALES

El precio de los minerales industriales se determina por sus características físicas, químicas y por las especificaciones técnicas que se requiera para su comercialización, por ejemplo, las calizas usadas en la industria farmacéutica, pastas dentales, fabricación de cemento o como suplemento alimenticio para animales, tendrán un valor acorde a las diferentes especificaciones técnicas y aplicación. Otro factor para el precio de los minerales industriales son la oferta y la demanda, los de mayor valor son los comercializados a nivel internacional como boratos, calcita, baritina, arcillas entre otros.

A diferencia de los precios de los minerales metálicos que varían constantemente y son cotizados en la bolsa de metales de Londres o por el New York Commodity Exchange (COMBEX), los precios de los minerales industriales se mantienen estables y se publican mensualmente tanto las importaciones como las exportaciones en Industrial Minerals y Mineral Commodity Summaries.

2.4. CALCITA

Carbonato de Calcio CaCO_3 puro, su cristalografía es hexagonal, tiene tres hábitos muy variados: el prismático, romboédrico, prismático y escalenoédrico. Se presenta en masas granuladas finas a compacto con un aspecto terroso. Puede presentarse de diversos tonos de colores como grises, verdosos, rojizos, mayormente colores blancos. Es así que el presente trabajo de investigación tiene como principal objetivo la extracción de la veta principal Calcita.

2.5. CALIZA

Las calizas son rocas sedimentarias que contienen como mínimo 50% de Calcita (CaCO_3). Su importancia y uso está relacionada con el % contenido Carbonato de Calcio. Mediante la Tabla 5 podemos observar la distribución de la pureza de la caliza y así comparar los datos químicos de diferentes calizas. La roca encajonante de la estructura filoneana (veta principal) de la concesión minera Encanto Blanco Lyof es Caliza con 96.32% de contenido de carbonatos de calcio, según Tabla 5 categoría Alta Pureza.

Tabla 5
Clasificación de calizas según el contenido de Carbonato de Calcio(CaCO_3)

Categoría	Porcentaje CaCO_3
Muy alta pureza	>98.5
Alta pureza	97.0 - 98.5
Media pureza	93.5 - 97.0
Baja pureza	85.0 - 93.5
Impura	< 85.0

Fuente: Mineralogy and Petrology Group, British Geological Survey

2.6. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN A CIELO ABIERTO

Herrera clasifica en Sub-métodos clásicos a la minería a cielo abierto:

- **Cortas:** Para yacimientos masivos, la explotación se lleva a cabo por banqueo descendente, estos métodos son los tradicionales de minería metálica, se adaptaron también a los yacimientos de carbón, con algunas modificaciones.
- **Transferencia:** Estos métodos se aplican en yacimientos horizontales, consiste en el avance unidireccional de un módulo con un solo banco desde el que se efectúa el arranque del estéril y mineral rellenándolos después de cada módulo.

- **Terrazas:** Este método se aplica en yacimientos relativamente horizontales mediante el banqueo con avance unidireccional, se efectúa un autorrelleno del hueco creado.
- **Contorno:** En yacimientos de carbón de reducida potencia y topografía desfavorable. Consisten en la excavación del estéril y del mineral en sentido transversal al afloramiento. La maquinaria que se utiliza suele ser del tipo convencional.
- **Canteras:** Es el término genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales, ornamentales, y de materiales de construcción. El método de explotación suele ser el de banqueo con uno o varios niveles.
- **Graveras:** Se refiere a la explotación de materiales detríticos, como las arenas y las gravas, estos son albergados en los depósitos de valle y terrazas de los ríos. La explotación suele llevarse a cabo en un solo banco poco profunda 20 m.
- **Minería Hidráulica:** Explotación en mineralizaciones metálicas de oro, casiterita, etc., contenidas en aluviones. Este método consiste en utilizar el agua de inundación para el proceso de concentración, como ocurre con la separación gravimétrica.
- **Disolución:** Se explotan procediendo primero a la descubierta del estéril superficial para después fragmentar el mineral mediante voladuras y seguidamente efectuar su disolución mediante la circulación de agua caliente, en yacimiento de sales.
- **Especiales o mixtos:** Se refieren a aquellas explotaciones que se llevan a cabo combinando labores de superficie con labores subterráneas. (2006, p.5)

2.6.1. SISTEMA DE EXPLOTACIÓN CIELO ABIERTO (CANTERA)

Canteras es el término genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción. Las canteras pueden subdividirse en dos grupos:

- Extracción de grandes bloques paralelepípedos, llamadas también rocas ornamentales que se obtienen de la naturaleza y es comercializada sin otra adición que ser cortada, dimensionada y pulida. Estas explotaciones se caracterizan por el gran número de bancos que se abren para arrancar los bloques y la maquinaria especial con la que se obtienen planos de corte limpios.
- Obtención de material fragmentado apto para alimentar a las plantas de tratamiento para someterlos a una preparación mecánica y obtener un producto destinado a la construcción, a la fabricación de cementos, a la fabricación de productos industriales.

En nuestro caso para la concesión Encanto Blanco Lyof, la extracción de calcita será como material fragmentado, mediante bancos de explotación.

Ilustración 7
Material fragmentado



Fuente: Imagen Propia

Ilustración 6
Bloques paralelepípedos



Fuente: Imagen COMACSA

CAPITULO III

3. GEOLOGÍA Y GEOMECÁNICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1. GEOLOGÍA

3.1.1. GEOLOGÍA LOCAL

La zona de estudio está caracterizada por la presencia de una serie de unidades litoestratigráficas que localmente interactuaron para la formación de la mineralización de yacimientos metálicos y no metálicos, dichas unidades están ampliamente distribuidas por toda la superficie de la concesión evaluada.

En la zona es posible evidenciar cuerpos Intrusivos Hipoabisales de composición aparentemente riolítico-dacítico al cual se le atribuye la presencia de mineralización en la zona de estudio, también es posible observar algunas apófisis de menor dimensión y presencia de coladas de la misma composición; bordeando al cuerpo intrusivo se aprecian algunas dolomitas,

estas dolomitas de grano medio se presentan en distintas tonalidades que van de blanco, blancos grisáceos a gris oscuras, estas secuencias dolomíticas corresponderían a la parte superior de la formación Condorsinga, así mismo en el contacto con las calizas se observa presencia de mármoles producto del metamorfismo de contacto entre las calizas y el cuerpo intrusivo hipoabisal.

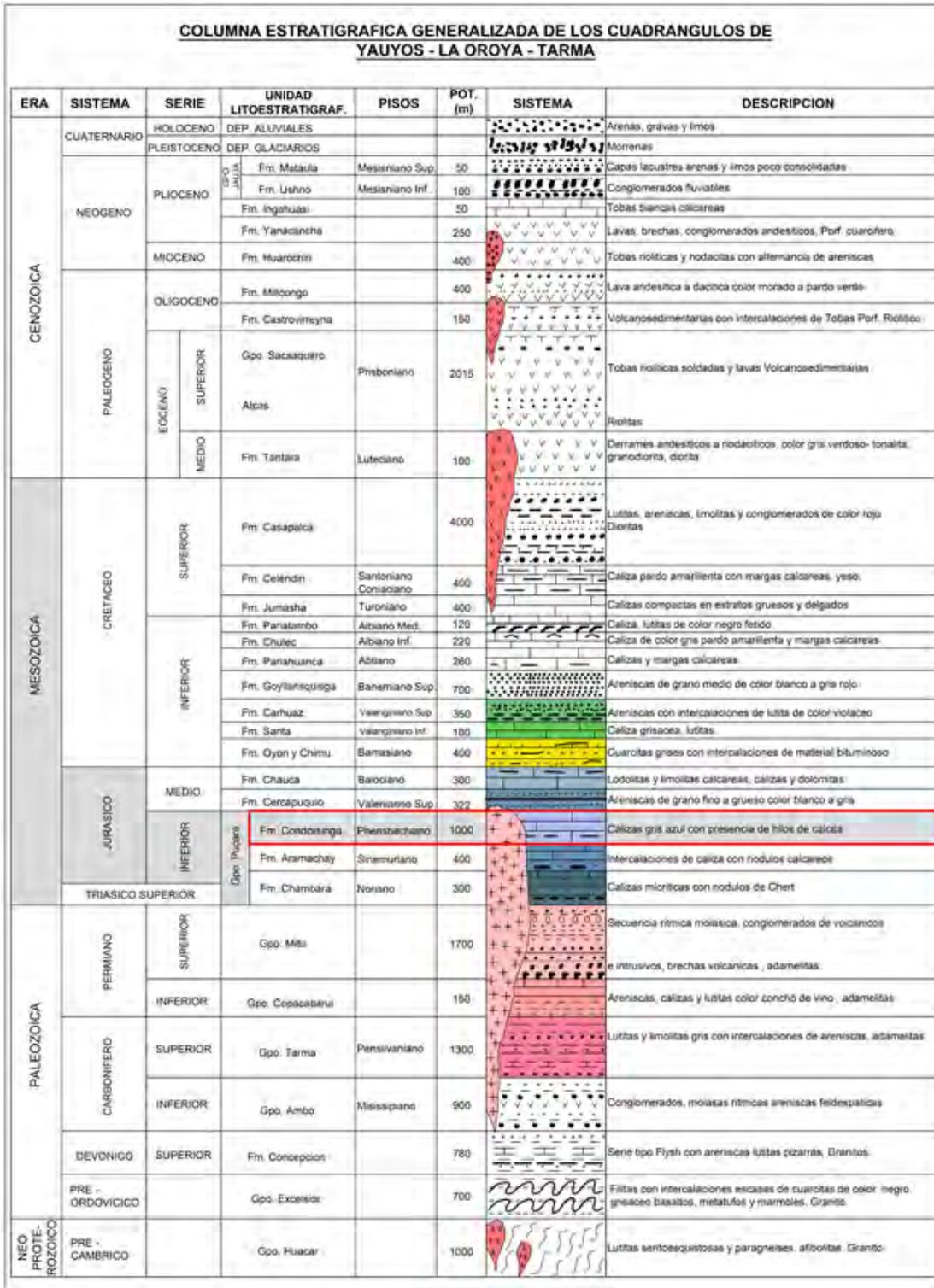
En la zona también es posible apreciar calizas muy compactas, estratificadas horizontalmente y en paquetes de varias dimensiones (entre 0.20 – 2.00 m), en su mayor parte son de color gris oscuro, y pertenecen a la formación Condorsinga, estas calizas tienen alto contenido de carbonatos de calcio ($\% \text{CaCO}_3 = 96.32\%$, según Laboratorio COMACSA), en algunos casos se presentan con microvenillas de calcita de espesor milimétrico hasta centimétrico, las principales estructuras de calcita y baritina se presentan cortando a esta formación calcárea.

Las estructuras principales de calcita se muestran en formas filoneas, estos filones son fácilmente reconocibles por medio de imágenes satelitales; estas son de origen probablemente Hidrotermal, se llega a esa conclusión debido a la presencia de un cuerpo magmático cerca y a la forma de presentarse (textura brechada), las calcitas son de color blanco, blanco grisáceo a ligeramente parduscas, en algunos casos se presentan formando cristales en forma de “Diente de Perro”, también en forma ortorrómbica y en algunos casos de forma masiva, comúnmente estas estructuras se encuentran brechadas con clastos de calizas.

Lejos de la zona de estudio y por encima de las calizas afloran estratos de areniscas y limo arenitas, de color rojo violáceo, pertenecientes a la Formación Cercapuquio, en esta formación no se evidencia la presencia de estructuras importantes de calcitas o baritinas, por lo que se descarta para tenerla en cuenta como una formación económicamente atractiva.

Según el mapa metalogenético del Perú la zona de estudio se encuentra enmarcado dentro de la franja metalogenética 21-b, que corresponde a Yacimientos Epitermales de Oro y Plata asociados a rocas sedimentarias, esta descripción se pudo reconocer ampliamente y lo que podría explicar el origen hidrotermal de las calcitas y baritinas asociadas a estos yacimientos.

Ilustración 8
Columna Estratigráfica; cuadrángulo de Yauyos-La Oroya- Tarma; donde se observa la Fm. Condorsinga



Fuente: INGEMMET

3.1.2. GEOLOGÍA REGIONAL

Regionalmente esta zona se encuentra dentro de la altiplanicie interandina y muy cerca del flanco Este de la cordillera occidental, estas geformas se encuentran conformadas por un conjunto de unidades litoestratigráficas que se vieron afectadas por un intenso paleotectonismo, dentro de las unidades litoestratigráficas más relevantes tenemos a las siguientes:

3.1.2.1. Grupo Pucara – Series Trías y Lías

Este grupo se caracteriza debido a que durante este periodo se depositaron series carbonatadas en una plataforma que cubre casi toda el área estudiada, estas series carbonatadas fue definida por Mc Laughlin (1924), que formalmente fue subdividido por Megard (1968) en las tres formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga. Suprayaciendo a este grupo se encuentra la formación Cercapuquio de origen terrígeno. Este grupo está representado por las siguientes formaciones:

- **Formación Chambará (Trías Medio y Superior):** Esta formación por lo general se encuentra en discordancia erosional y a veces en débil discordancia angular encima del grupo Mitu. Esta formación consta de dos miembros, un miembro inferior, que tiene características litológicas y grosores muy variables y que está compuesta por una serie detrítica de color rojo, y el miembro superior que corresponde al desarrollo de la plataforma carbonatada ya mencionada y que está compuesta de calizas y dolomitas, separados por algunos lechos calcáreo – arcillosos.
- **Formación Aramachay (Lías Inferior):** Esta formación tiene un contacto siempre en paralelo con la formación Chambará, pero el cambio litológico es brusco de calizas de grano fino a areniscas glauconíticas que se encuentran a la base de la formación

Aramachay. Esta formación cuenta con dos secuencias, la secuencia inferior se sedimentó en aguas desprovistas de oxígeno, por ese motivo cuenta con enriquecimiento en fósforos, en la parte superior aparecen algunos graos detríticos que nos indican aguas más agitadas, marcando la transición hacia la formación Condorsinga de aguas más oxigenadas y menos profundas.

- **Formación Condorsinga (Lías Medio y Superior):** esta formación tiene un espesor aproximado de 500 a 1,500 metros, litológicamente está compuesto de calizas que se encuentran distribuidos en bancos regulares cuyo grosor varía comúnmente entre 0.2 y 1 metro, pudiendo llegar hasta los 3m de espesor. En la parte intermedia y superior de la formación se han evidenciado la presencia de dolomitas. Las lutitas son escasas en esta formación. Las calizas comúnmente contienen oolitos y pellets cementados por micrita, los bioclastos son frecuentes y sus restos están formados por crinoideos y pelecípodos. Según Loughman y Hallam (1982), las características de las calizas indican una plataforma poco profunda con una energía entre débil y mediana, las dolomitas laminadas testimonian un ambiente muy poco profundo pero muy tranquilo, que podría ser lagunar.
- **Formación Cercapuquio:** Esta formación se trata de una serie de areniscas cuarzosas y limolitas depositadas en un ambiente continental a litoral, descansa en concordancia sobre la formación Condorsinga, sin que se noten señales de erosión, sino algo de oxidación, sin embargo, ocurre un cambio de facies brusco, de una plataforma carbonatada marina a una zona de sedimentación fluvial en medio continental, que supone una alguna de sedimentación de una cierta duración. La litología de esta formación está constituida predominantemente por areniscas de grano muy fino a

grueso, microconglomeráticas que se observan en la base de algunos rellenos de canales. Su color es generalmente blanco a gris con manchas de óxidos, pero puede variar a tonalidades de color rojizo.

- **Rocas Intrusivas:** Existen numerosos afloramientos que raras veces superan los 3Km. de extensión, su composición varía de riolitas, dacitas a andesitas, siendo más comunes las riolitas y las dacitas, algunos de estos afloramientos están acompañados de mineralización, junto a estas intrusiones se evidencian la presencia de diques y algunas coladas oxidadas por el intemperismo que sufrieron posterior a su emplazamiento.
- **Depósitos Glaciares y Fluvioglaciares:** Existen acumulaciones de materiales morrenicos de aspecto angulosos y mal clasificados, estos depósitos por lo general se encuentran ubicados en partes negativas de morfología actual y en el valle del río Canipaco, estas acumulaciones se formaron a raíz de las diferentes glaciaciones que sufrió la zona.

Localmente se aprecia un sistema de fallamientos con orientación noreste a sureste, estos sistemas principales vienen acompañados ocasionalmente con mineralización de calcitas y óxidos, también es posible observar presencia de diques de composición riolítico dacítico aprovechando este sistema de fallamientos.

La veta principal de calcita motivo del presente trabajo de investigación se encuentra emplazada dentro de una estructura tensional a los sistemas principales anteriormente mencionados y tiene una orientación de 132° N y un buzamiento de 85° a 90° al NE, en la zona de estudio es posible observar que las estructuras de calcita se emplazan predominantemente siguiendo este comportamiento, como se muestra en el Anexo N° 01-Plano N° 04.

3.1.4. GEOLOGÍA ECONÓMICA.

La mayor parte de los yacimientos del área estudiada, forman parte de la provincia polimetálica del Perú Central y están relacionados en alguna forma con la actividad magmática de la zona (riolita-dacita), emplazadas en rocas sedimentarias mesozoicas (Grupo Pucará).

Los minerales no-metálicos en el área estudiada, constituyen una actividad económica importante para la región. Mayormente está relacionada con la explotación de caliza, sílice, carbón, y rocas ornamentales (mármol y travertino).

Pese a la antigüedad de la actividad no metálica, la explotación y su procesamiento, en la gran mayoría de canteras son de forma artesanal, escasamente mecanizada, buena parte de las canteras en actividad, se trabajan esporádicamente o por campañas, sólo para satisfacer los requerimientos de dicha materia prima.

La importancia minera no metálica en la concesión Encanto Blanco Lyof, está basada principalmente en la presencia de Calcita, Baritina, estas se presentan en formas de vetas, acompañados de minerales metálicos a modo de trazas, también existe presencia de dolomitas de

colores claros a cremas, estas se encuentran en la parte superior de la formación de calizas, también es posible observar mármoles al contorno del cuerpo intrusivo que se formaron producto de un probable metamorfismo de contacto entre las calizas de la formación Condorsinga y el cuerpo Riolítico-Dacítico, adicionalmente a todo esto en la zona afloran ampliamente calizas con alto contenido en carbonato de calcio (CaCO_3), dentro de las secuencias de calizas existen algunos niveles fosilíferos, los cuales fueron reemplazados por Calcita incrementando el contenido en carbonato de calcio en las calizas.

3.1.4.1. Veta Principal.

Es una estructura mineral de calcita de tipo filoneana (veta), emplazada en una falla tensional al sistema principal de fallamientos de la zona, que corta de manera discordante a las calizas de la formación Condorsinga, tiene una orientación preferencial NO a SE (azimut de 132°N) y un buzamiento de 85° a 90° al NE, la potencia varía entre 5m a 6m pudiendo alcanzar en algunas zonas potencias de hasta 8m, tiene una extensión reconocida de unos 750m y más de 50m en distancia vertical, los cuales fueron determinados mediante los sondeos geológicos realizados en la zona, la estructura de calcita hacia el noroeste, disminuye su potencia con un comportamiento más heterogéneo estando contaminada con presencia de arcillas y panizos, al mismo tiempo se presenta con intenso brechamiento y hacia el sureste delimita con la presencia de un apófisis de composición riolítico dacítico.

El origen de la veta de calcita es de tipo hidrotermal (brecha freática), con influencia directa al cuerpo sub-volcanico de composición riolítico – dacítico, que se encuentra en las cercanías del yacimiento, la textura en general de la veta es de tipo brecha monomictica con clastos de caliza envueltos en una matriz de calcita de color blanco.

Las rocas encajonantes de esta estructura corresponden a las calizas de la formación Condorsinga que presentan intenso venilleo de calcita, lo que incrementa su contenido en carbonato de calcio.

Ilustración 10
IMAGEN DE LA VETA PRINCIPAL



Fuente: IMAGEN PROPIA

3.1.4.2. Veta Secundaria.

Es una estructura mineral de calcita de tipo filoneana (veta), emplazada en una falla que corresponde al sistema principal de fallamientos de la zona, que cortan de manera discordante a las calizas de la formación Condorsinga, tiene una orientación preferencial NE a SW (azimut de 72° N) y un buzamiento de 85° a 90° al NW, la potencia varía entre 4m a 6m, tiene una extensión reconocida de unos 300m y más de 40m en distancia vertical, los cuales fueron determinados mediante los sondeos geológicos realizados en la zona, la característica principal de esta estructura es que se presenta a modo de rosario, teniendo zonas de estrangulamiento donde la

potencia de la estructura de calcita se reduce significativamente, también es característico de esta estructura el intenso brechamiento que presenta a lo largo de su emplazamiento, lo que lo hace menos atractiva a diferencia de la veta Principal, las rocas encajonantes de esta estructura se encuentran más fracturadas y presenta planos de falla paralelos a la estructura siendo un factor importante a la hora de considerar un diseño de pit en esta zona.

Ilustración 11

Calcita cristalizada en el sistema ortorrómbico de color Blanco ligeramente gris.



Fuente: ÁREA DE GEOLOGÍA COMACSA

Ilustración 12

Vista puntual de los cristales de la calcita a modo de geodas.



Fuente: ÁREA DE GEOLOGÍA COMACSA

3.2. RECURSOS Y RESERVAS MINERALES EN LA CONCESIÓN ENCANTO BLANCO LYOF

3.2.1. ESTIMACIÓN DE RECURSOS

La determinación del volumen de calcita dentro de la concesión “Encanto Blanco Lyof”, se realizó en base a la topografía y la geología de la zona de estudio; se tiene como recurso el material económico Calcita.

3.2.2. RESERVAS DE MINERAL

Las reservas de material económico para la cantera se han determinado mediante levantamiento topográfico, estudios geológicos, factores económicos, tecnológicos y legales, donde se ha obtenido el tonelaje de las reservas probadas y probables. En el cuadro siguiente se detallan las reservas probadas y probables de la cantera “Encanto Blanco Lyof” a explotarse:

Tabla 6
Reservas de Mineral Económico

Reservas (Calcita)	TM	Sustancia
M. Probado	489,000	Calcita
M. Probables	450,000	Calcita
Total Reservas Económicas (Probado + Probable)	939,000	Calcita

Fuente: ÁREA DE PLANEAMIENTO COMACSA

3.3. GEOMECAÁNICA

3.3.1. ESTUDIO GEOMECAÁNICO

Las investigaciones geomecánicas fueron llevadas a cabo con la finalidad de evaluar las características y propiedades de las rocas conformantes de la cantera “Encanto Blanco Lyof”.

Para tal fin, se planificó y ejecutó la recolección de datos en trabajos de campo y ensayos de laboratorio.

3.3.1.1. INVESTIGACIÓN GEOMECÁNICA DE CAMPO (MAPEO GEOMECÁNICO)

Para la caracterización de la masa rocosa del área de estudio, se registraron datos a partir del mapeo geomecánico de campo, que se llevó a cabo, utilizando el “Método directo por celdas de detalle”. Mediante este método se estimó el valor del RMR (Bieniawski) en cada Estación Geomecánica.

Los parámetros de observación y medición para el cálculo del RMR (Bieniawski), fueron registrados en formatos diseñados para la toma de datos en campo, adecuándolos a las normas sugeridas por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM). Las estaciones geomecánicas se han establecido según los dominios encontrados en el campo (Ver Anexo 4: Plano 04 Ubicación de Estaciones Geomecánicas), ya sean por dominios predominantemente geológicos como son tipo de litología o por patrones de discontinuidades muy representativos.

Estas se muestran a continuación:

Tabla 7
Ubicación de Estaciones Geomecánicas

Estación	Coordenadas UTM WGS 84		Litología
	Este (x)	Norte (y)	
E-1	442,164.67	8,627,113.70	Caliza
E-2	442,167.74	8,627,137.60	Calcita
E-3	442,185.18	8,627,149.52	Caliza
E-4	442,393.53	8,626,907.37	Caliza
E-5	442,391.02	8,626,942.62	Calcita
E-6	442,409.45	8,626,957.71	Caliza

Fuente: ÁREA DE GEOMECÁNICA COMACSA

3.3.1.2. INVESTIGACIONES GEOMECÁNICAS DE LABORATORIO

Para conocer las propiedades físicas y mecánicas de las rocas, se obtuvieron muestras de roca las cuales se enviaron al Laboratorio de Mecánica de Rocas de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Los ensayos solicitados fueron de propiedades físicas para conocer la densidad de la roca, su absorción y porosidad; ensayo de compresión triaxial, para conocer el ángulo de fricción residual y la cohesión, cabe mencionar que se realizó sobre discontinuidades naturales y simuladas.

Los ensayos se realizaron bajo las normas de la American Society for Testing and Materials (A.S.T.M.), las cuales se describe a continuación:

Ensayos de Compresión Simple	:	ASTM D2938
Ensayo de Compresión Triaxial	:	ASTM 2664-95
Ensayos de Propiedades Físicas	:	ASTM D2216
Ensayos de Corte Directo	:	ASTM D5607-95

3.3.2. ANALISIS DE INFORMACIÓN

3.3.2.1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS

En campo se calculó la dureza de la roca, para lo cual se usó un martillo de geólogo y se golpeó la superficie de la roca, notándose marcas poco profundas con golpe firme del martillo de geólogo (de punta). Los resultados del ensayo de laboratorio de mecánica de rocas, arrojaron valores cercanos a los hallados en campo, donde se reportó una densidad promedio de la caliza de 2.68 gr/cm³ y calcita 2.63 gr/cm³

Finalmente evaluando las características generales de campo y los ensayos de laboratorio, se ha definido parámetros representativos conservadores que serán utilizados en la concesión

“Encanto Blanco Lyof” tal como se puede apreciar en el cuadro.

Tabla 8
Resultados de ensayos de laboratorio

Muestra	Resistencia a la C.S. (MPa)	mi	Angulo de Fricción Interno Residual (°)	Cohesión (Mpa)	Densidad (gr/cm3)	Peso Específico (KN/m3)
Calcita	41.59	7.67	33.27	0.10	2.63	25.76
Caliza	106.12	23.4	28.82	0.087	2.68	26.25

Fuente: ÁREA DE GEOMECÁNICA COMACSA

Los reportes de los ensayos de laboratorio son presentados en el Anexo 2.

3.3.2.2. CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

En el área de estudio se observan dos dominios litológicos principales, la veta formada por calcita y las rocas encajonantes conformadas por calizas. La veta de calcita tiene una orientación preferencial NO a SE (azimut de 132°N) y un buzamiento de 85° a 90° al NE. Para realizar la valoración geomecánica se usó la clasificación geomecánica de Bieniawski del año 1989, la cual establece cinco parámetros para evaluar la caracterización del macizo. (Ver Anexo 2. Registro Geomecánicos)

Los parámetros usados son: **resistencia de la roca intacta** que correlaciona la dureza de la roca, el grado de fracturamiento definido por el **RQD** de Deere, el **espaciamiento** medio del sistema dominante el cual definirá en el espacio los tamaños de bloques que se generen, las **condiciones de las discontinuidades** que involucran, la apertura, que viene a ser la abertura entre las paredes de la discontinuidad, la rugosidad, que mide el grado de aspereza, la persistencia, que es tendencia de continuidad de la discontinuidad, el relleno, que es el material que se encuentra dentro de la discontinuidad y el grado de alteración, que está en función de las condiciones climatológicas de la zona; **el agua**, corresponde a la presencia y cantidad de agua en

la zona de operación. Cada uno de estos parámetros es valorado independientemente, los cuales en conjunto dan la clasificación de Bieniawski llamado también RMR.

Tabla 9
Clasificación de La Masa Rocosa – Encanto Blanco Lyof.

Estación	Coordenadas UTM WGS 84		RMR (Basico)	Tipo de Roca	Calidad de Roca	Litología
	Este (x)	Norte (y)				
E-1	442,164.67	8,627,113.70	71	II	Buena	Caliza
E-2	442,167.74	8,627,137.60	55	III	Regular	Calcita
E-3	442,185.18	8,627,149.52	67	II	Buena	Caliza
E-4	442,393.53	8,626,907.37	63	II	Buena	Caliza
E-5	442,391.02	8,626,942.62	53	III	Regular	Calcita
E-6	442,409.45	8,626,957.71	69	II	Buena	Caliza

Fuente: ÁREA DE GEOMECÁNICA COMACSA

De acuerdo a la clasificación geomecánica de Bieniawski (1979), la calidad de roca es buena del tipo II y III.

3.3.2.3. DISTRIBUCIÓN DE DISCONTINUIDADES

Para establecer las características de la distribución de discontinuidades, se procesaron los datos de orientaciones mediante técnicas estereográficas, utilizando la versión avanzada del programa de cómputo DIPS de la firma de Rocscience, elaborada por M.S. Diederichs y E. Hoek del Grupo de Ingeniería de Rocas del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Toronto (Canadá).

Se cuenta con registros de seis (06) Estaciones Geomecánicas, de las cuales se tomaron 279 medidas de Buzamiento y Dirección de Buzamiento en fracturas, Estos datos se procesaron usando el programa “Dips” y luego fueron representados en proyecciones estereográficas.

La cuantificación de las estructuras que predominan en el macizo rocoso permitirá analizar su influencia en la estabilidad de los laboreos de preparación y explotación. Los resultados de este análisis señalaron que:

Estación E-1:

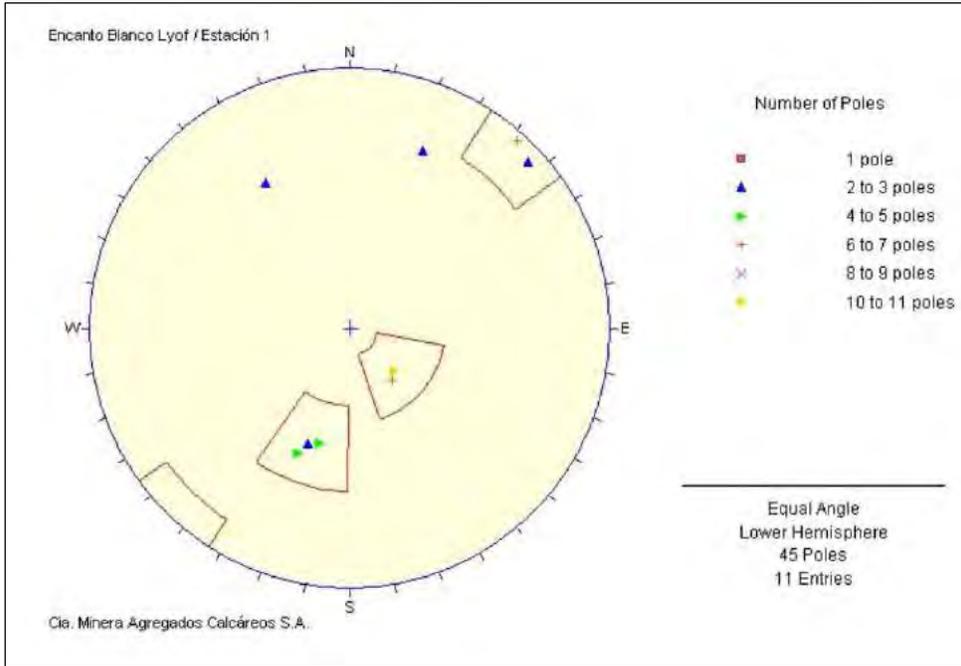
- Se observa que el sistema principal (S1) tiene un buzamiento Sub-horizontal que corresponde a planos de estratificación de las Calizas, por otro lado, los sistemas S2 y S3 tienen un buzamiento sub-vertical y que corresponden a sistemas de discontinuidades secundarios.
- El macizo rocoso comprende una sola litología: Caliza (roca encajonante)
- Se presentan tres (03) orientaciones de juntas principales del análisis estereográfico de 45 medidas de Buzamiento y Dirección de Buzamiento en fracturas, tal como se muestra en la tabla N° 10.

*Tabla 10**Dirección de inclinación buzamiento de sistemas de juntas.*

Estación E – 1	Buzamiento (°)	Dir. Buzamiento (°)
Sistema 1 (S1)	27	316
Sistema 2 (S2)	51	20
Sistema 3 (S3)	88	224

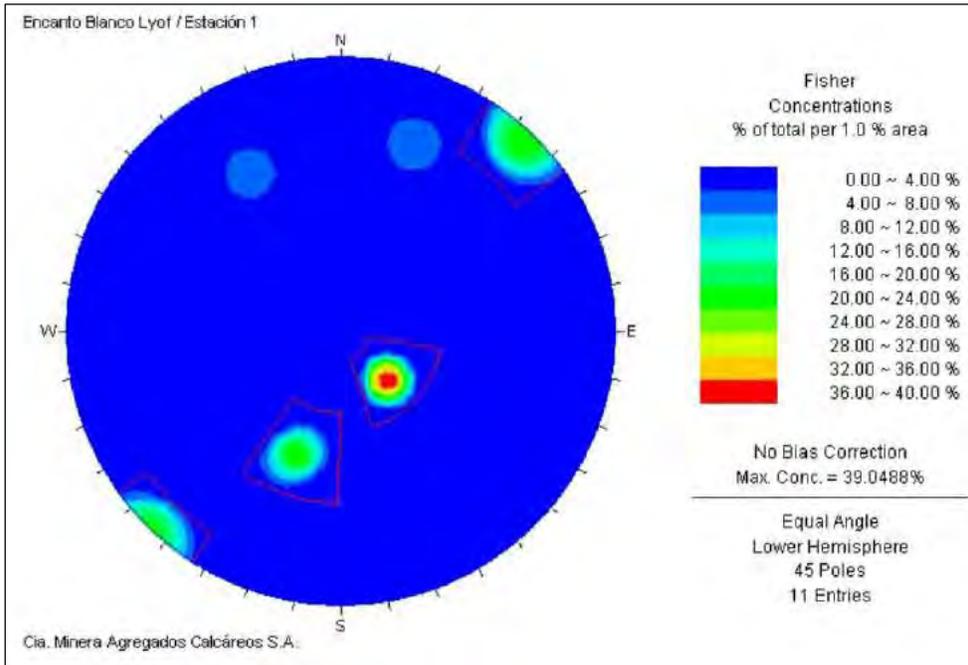
Fuente: ÁREA DE GEOMECÁNICA COMACSA

Ilustración 13
DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO DE POLOS



Fuente: ÁREA DE GEOMECÁNICA COMACSA

Ilustración 14
DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO DE ISOVALORES



Fuente: ÁREA DE GEOMECÁNICA COMACSA

Estación E-2:

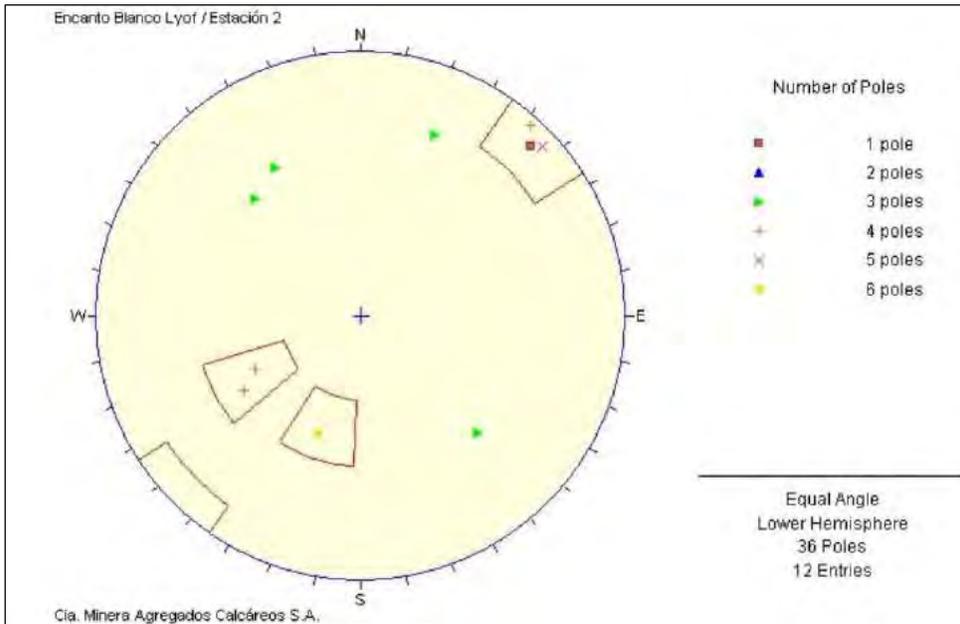
- Se observa que el sistema principal (S1) y secundarios (S2) y (S3) tienen un buzamiento Sub-vertical que corresponde a planos de estratificación de las Calcitas.
- El macizo rocoso comprende una sola litología: Calcita (estructura mineral)
- Se presentan tres (03) orientaciones de juntas principales del análisis estereográfico de 36 medidas de Buzamiento y Dirección de Buzamiento en fracturas, tal como se muestra en la tabla N° 11.

*Tabla 11**Dirección de inclinación buzamiento de sistemas de juntas.*

Estación E – 2	Buzamiento (°)	Dir. Buzamiento (°)
Sistema 1 (S1)	87	225
Sistema 2 (S2)	51	59
Sistema 3 (S3)	50	20

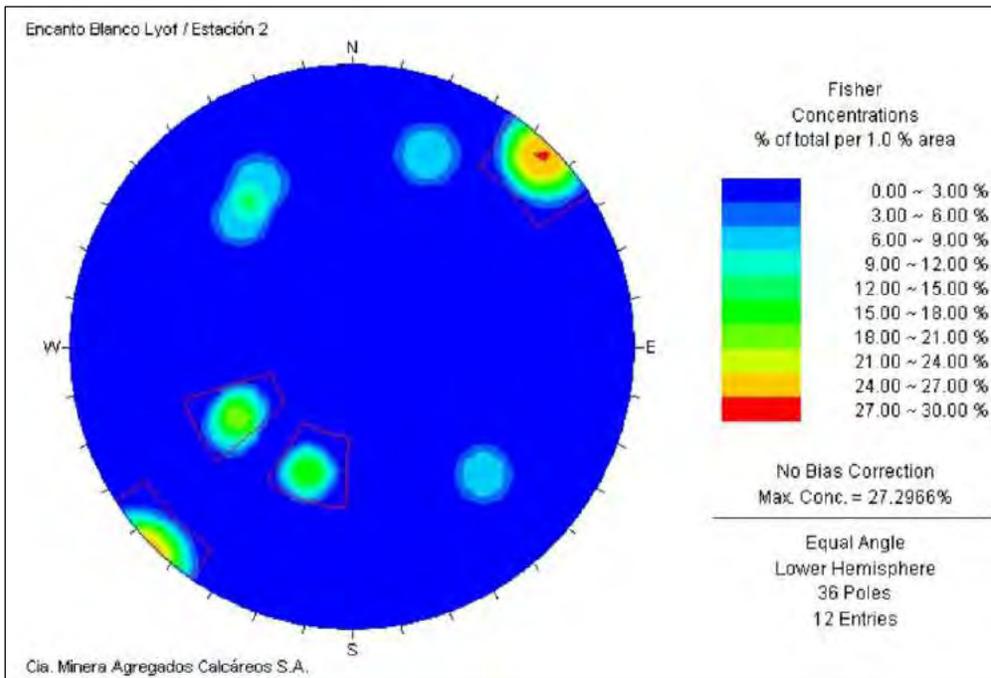
Fuente: ÁREA DE GEOMECÁNICA COMACSA

Ilustración 15
DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO DE POLOS



Fuente: ÁREA DE GEOMECÁNICA COMACSA

Ilustración 16
DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO DE ISOVALORES



Fuente: ÁREA DE GEOMECÁNICA COMACSA

Estación E-3:

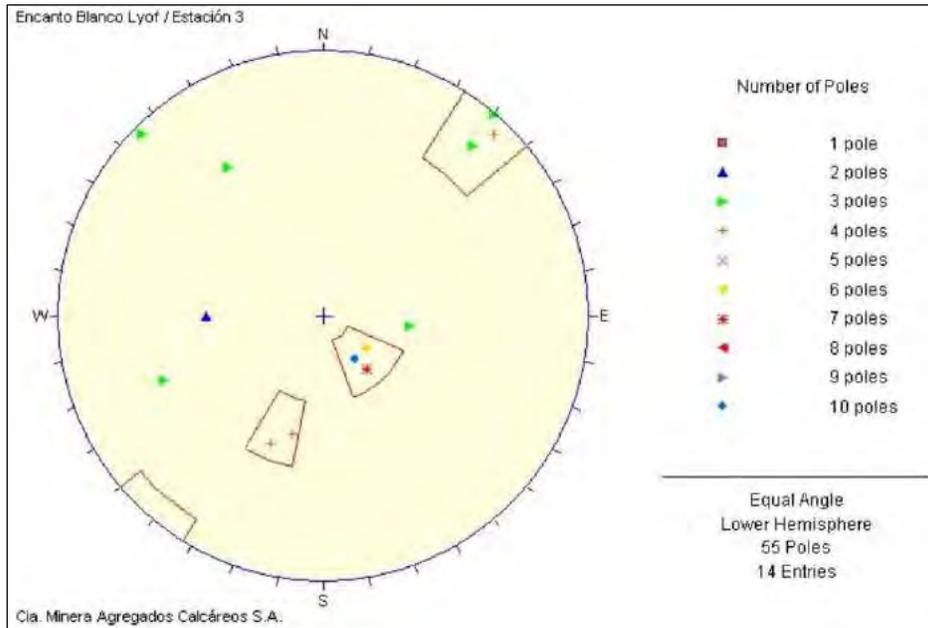
- Se observa que el sistema principal (S1) tiene un buzamiento Sub-horizontal que corresponde a planos de estratificación de las Calizas, los sistemas S2 y S3 tienen un buzamiento sub-vertical y que corresponden a sistemas de discontinuidades secundarios.
- El macizo rocoso comprende una sola litología: Caliza (roca encajonante).
- Se presentan tres (03) orientaciones de juntas principales del análisis estereográfico de 55 medidas de Buzamiento y Dirección de Buzamiento en fracturas, tal como se muestra en la tabla N° 12.

*Tabla 12**Dirección de inclinación buzamiento de sistemas de juntas*

Estación E – 3	Buzamiento (°)	Dir. Buzamiento (°)
Sistema 1 (S1)	25	317
Sistema 2 (S2)	85	222
Sistema 3 (S3)	51	21

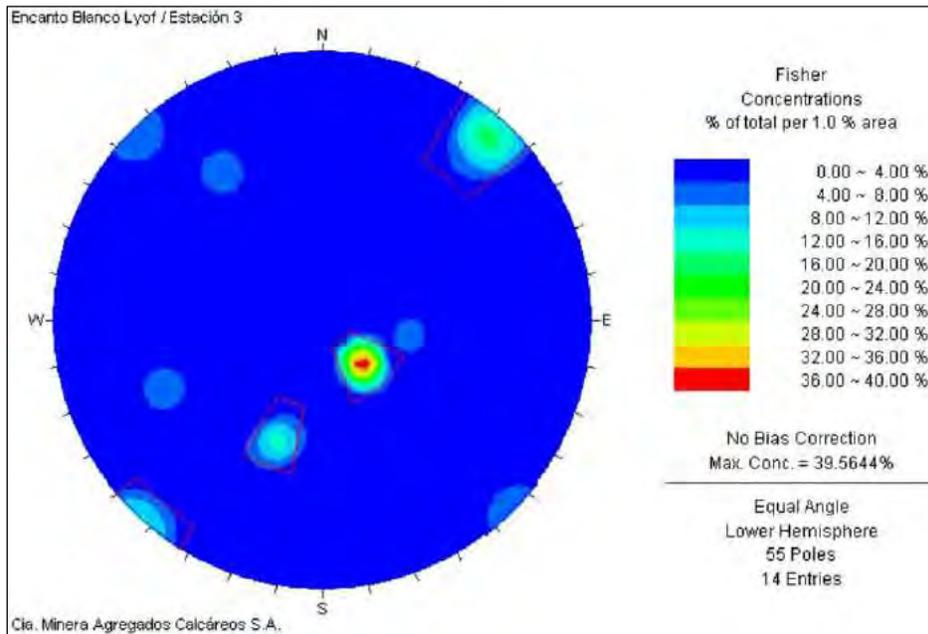
Fuente: ÁREA DE GEOMECÁNICA COMACSA

Ilustración 17
DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO DE POLOS



Fuente: ÁREA DE GEOMECÁNICA COMACSA

Ilustración 18
DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO DE ISOVALORES



Fuente: ÁREA DE GEOMECÁNICA COMACSA

Estación E-4:

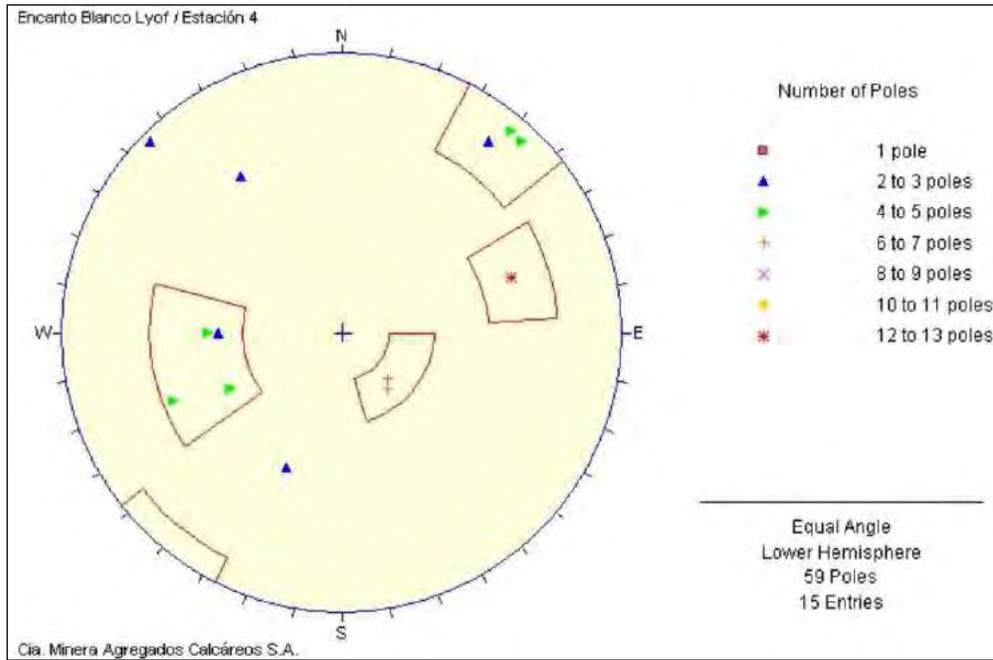
- Se observa que el sistema principal (S1) tiene un buzamiento Sub-horizontal que corresponde a planos de estratificación de las Calizas, los sistemas S2, S3 y S4 tienen un buzamiento sub-vertical y que corresponden a sistemas de discontinuidades secundarios.
- El macizo rocoso comprende una sola litología: Caliza (roca encajonante).
- Se presentan cuatro (04) orientaciones de juntas principales del análisis estereográfico de 59 medidas de Buzamiento y Dirección de Buzamiento en fracturas, tal como se muestra en la tabla N° 13.

*Tabla 13**Dirección de inclinación buzamiento de sistemas de juntas.*

Estación E – 4	Buzamiento (°)	Dir. Buzamiento (°)
Sistema 1 (S1)	26	317
Sistema 2 (S2)	84	220
Sistema 3 (S3)	65	252
Sistema 4 (S4)	52	77

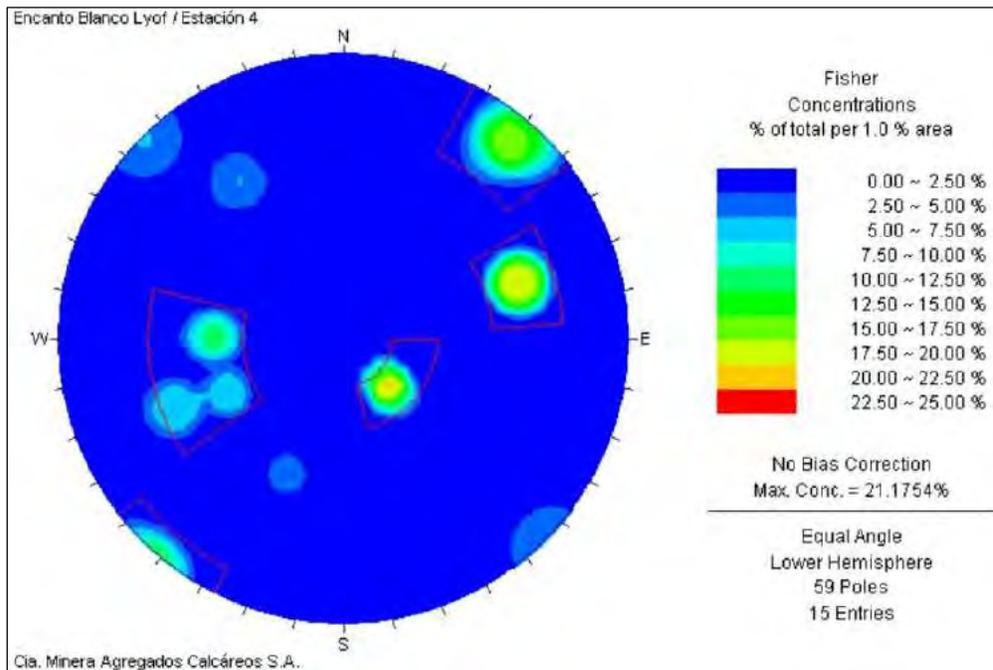
Fuente: ÁREA DE GEOMECÁNICA COMACSA

Ilustración 19
DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO DE POLOS



Fuente: ÁREA DE GEOMECÁNICA COMACSA

Ilustración 20
DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO DE ISOVALORES



Fuente: ÁREA DE GEOMECÁNICA COMACSA

Estación E-5:

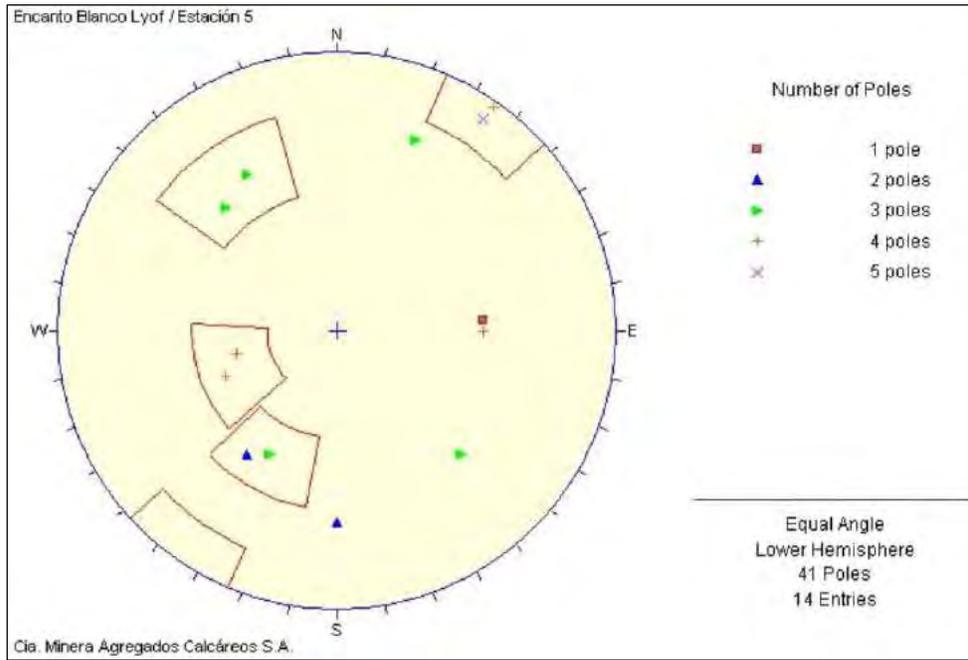
- Se observa que el sistema principal (S1) tiene un buzamiento Sub-vertical que corresponde a planos de estratificación de las Calcitas, el sistema S2 tiene un buzamiento sub-vertical, S3 y S4 tienen un buzamiento sub-vertical y que corresponden a sistemas de discontinuidades secundarios.
- El macizo rocoso comprende una sola litología: Calcita (estructura mineral)
- Se presentan cuatro (04) orientaciones de juntas principales del análisis estereográfico de 41 medidas de Buzamiento y Dirección de Buzamiento en fracturas, tal como se muestra en la tabla N° 14.

*Tabla 14**Dirección de inclinación buzamiento de sistemas de juntas.*

Estación E – 5	Buzamiento (°)	Dir. Buzamiento (°)
Sistema 1 (S1)	87	216
Sistema 2 (S2)	43	72
Sistema 3 (S3)	64	145
Sistema 4 (S4)	55	31

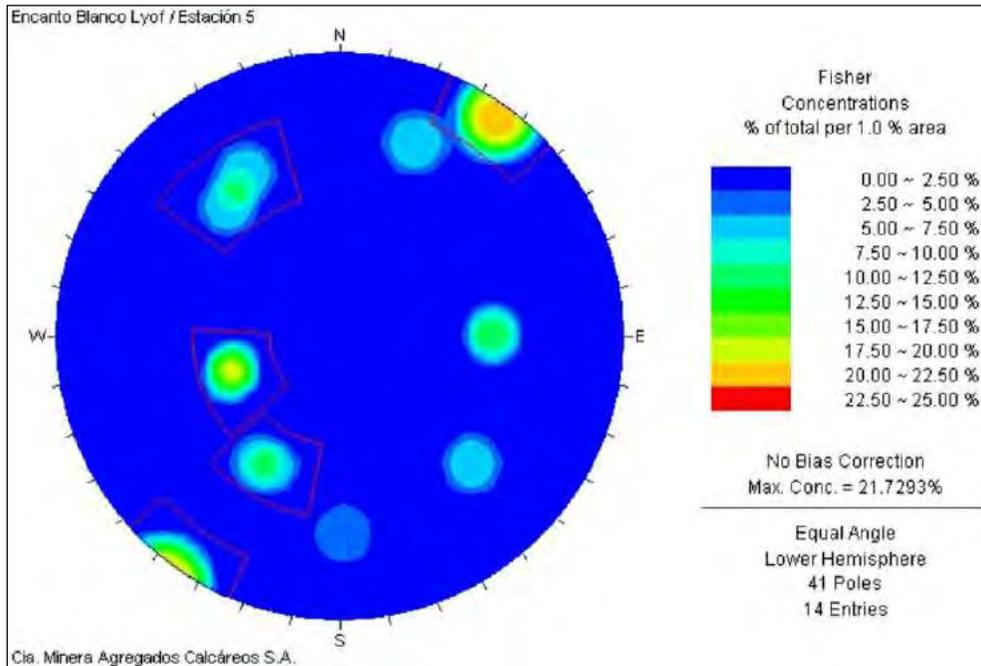
Fuente: ÁREA DE GEOMECÁNICA COMACSA

Ilustración 21
DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO DE POLOS



Fuente: ÁREA DE GEOMECÁNICA COMACSA

Ilustración 22
DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO DE ISOVALORES



Fuente: ÁREA DE GEOMECÁNICA COMACSA

Estación E-6:

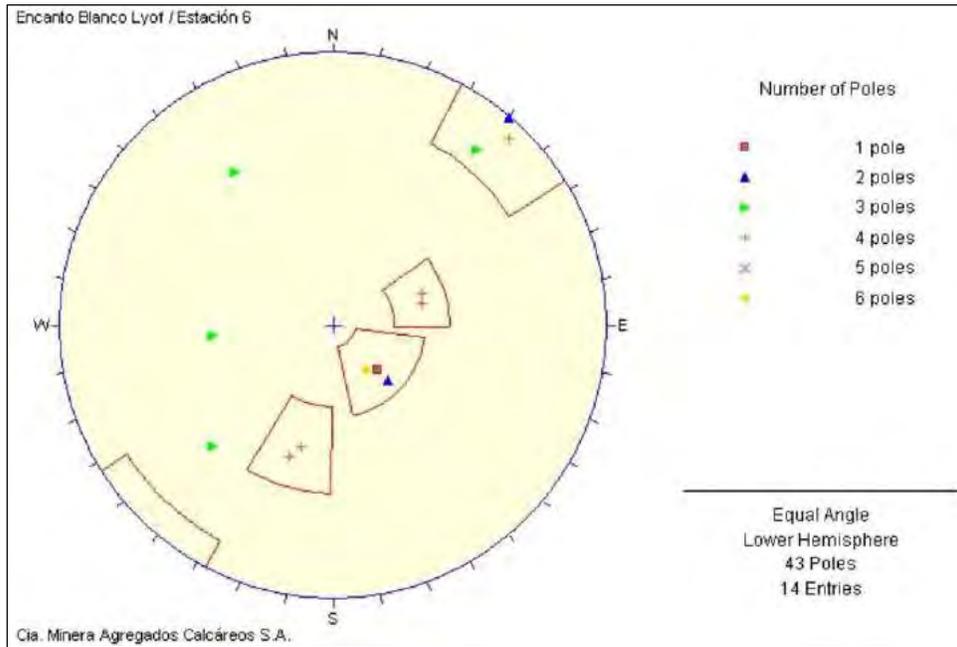
- Se observa que el sistema principal (S1) y (S3) tiene un buzamiento Sub-horizontal que corresponde a planos de estratificación de las Calizas, los sistemas S2 y S4 tienen un buzamiento sub-vertical.
- El macizo rocoso comprende una sola litología: Caliza (roca encajonante).
- Se presentan cuatro (04) orientaciones de juntas principales del análisis estereográfico de 43 medidas de Buzamiento y Dirección de Buzamiento en fracturas, tal como se muestra en la tabla N° 15.

*Tabla 15**Dirección de inclinación buzamiento de sistemas de juntas*

Estación E – 6	Buzamiento (°)	Dir. Buzamiento (°)
Sistema 1 (S1)	24	317
Sistema 2 (S2)	85	221
Sistema 3 (S3)	36	253
Sistema 4 (S4)	51	17

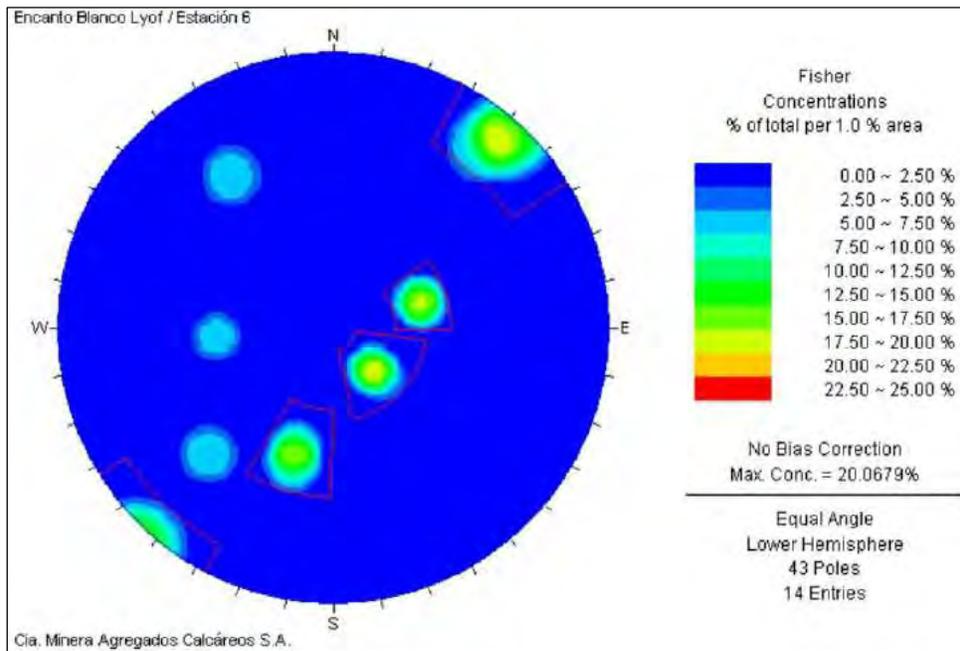
Fuente: ÁREA DE GEOMECÁNICA COMACSA

Ilustración 23
DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO DE POLOS



Fuente: ÁREA DE GEOMECÁNICA COMACSA

Ilustración 24
DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO DE ISOVALORES



Fuente: ÁREA DE GEOMECÁNICA COMACSA

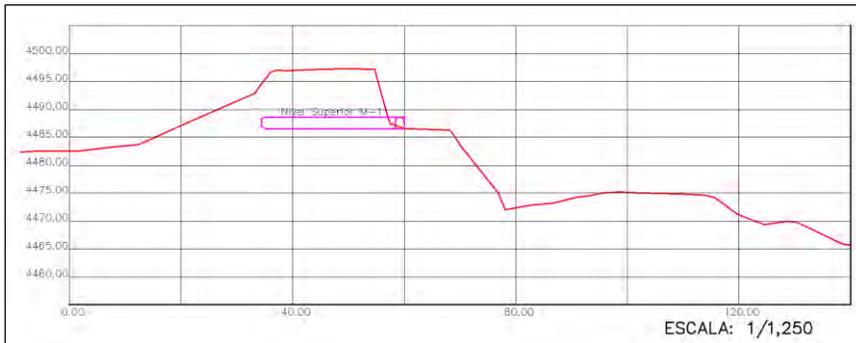
CAPITULO IV

4. METODO DE EXPLOTACIÓN INICIAL EN LA CONSECIÓN MINERA ENCANTO BLANCO LYOF

4.1. METODO DE EXPLOTACIÓN ACTUAL, LABOREO SUBTERRÁNEO ARTESANAL.

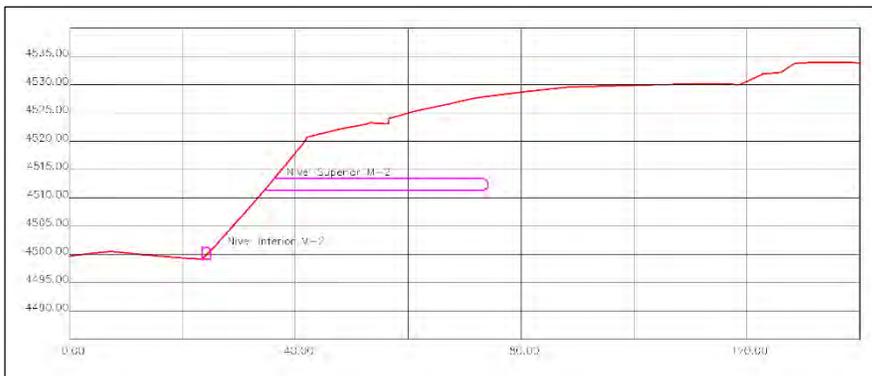
La explotación se realiza en forma artesanal, mediante el desarrollo de labores subterráneas horizontales, teniendo en cuenta las características geológicas. Se tiene un diseño de labores subterráneas divididas en 2 zonas de producción: M-1 Ilustración 23 y M-2 Ilustración 24. Se realiza la explotación de labores con dimensiones de 6' x 7' de sección que se trabaja sobre material económico (calcita).

Ilustración 25
VISTA EN PERFIL DE LABORES EJECUTADAS EN LA ZONA M-1



Fuente: ÁREA DE PLANEAMIENTO COMACSA

Ilustración 26
VISTA EN PERFIL DE LABORES PROGRAMADAS EN LA ZONA M-2



Fuente: ÁREA DE PLANEAMIENTO COMACSA

Se tuvo un avance aproximado de 30 metros en ambas zonas. Se utilizaron barrenos integrales, barretas, combas, puntas, cinceles y otros. Herramientas que dan buenos resultados siempre y cuando los maestros tengan dominio y experiencia en las labores.

4.1.1. EXPLOTACIÓN

La explotación del material económico calcita se realizó mediante el método de laboreo subterráneo artesanal en dos zonas, M1 y M2.

En la zona M-1 y M-2 las labores son de dimensiones 6' x 7' de sección cada uno, con un avance diario de 6' con una eficiencia de perforación de 94% y disparo de 91%, trabajando 22 días/mes.

Tabla 16
DATOS TÉCNICOS DE LABOR DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN
SUBTERRÁNEO ARTESANAL

DATOS TECNICOS DE LABOR	
Ancho de labor (m) :	1.8
Altura de labor (m):	2.1
Longitud de avance (m):	1.54
Peso específico (TM/m3):	2.63
Nº guardias /día :	1
Nº días / mes :	22

Fuente: **ÁREA DE PLANEAMIENTO COMACSA**

Para el cálculo de volumen roto de mineral por día se usó la siguiente fórmula:

$$\frac{Vol}{día} (m^3) = A \times H \times L \times FCG$$

Dónde:

A= Ancho de labor (m)

H=Altura de labor (m)

L=Longitud de avance (m)

FCG= Factor de corrección geométrica (varia de 0.65 – 0.97)

$$FCG = \frac{SECCIÓN REAL}{SECCIÓN RECTANGULAR}$$

La sección rectangular sería igual a 1.8 m x 2.1 m= 3.78 m². Para el cálculo del área real se hizo uso del AutoCAD Civil 3D teniendo como resultado 3.7 m².

El factor de corrección geométrica quedaría dado de la siguiente manera:

$$FCG = 3.7 \text{ m}^2 / 3.78 \text{ m}^2$$

$$FCG = 0.98$$

Entonces el volumen por corte sería:

$$\frac{Vol}{disparo} = 1.8 \text{ m} \times 2.1 \text{ m} \times 1.54\text{m} \times 0.98$$

$$\frac{Vol}{disparo} = 5.70 \text{ m}^3$$

El tonelaje por corte vendría a estar dado por:

$$\frac{\text{Tonelaje}}{\text{disparo}} (TM) = Vol \times Pe$$

$$\frac{\text{Tonelaje}}{\text{disparo}} = 5.70 \text{ m}^3 \times 2.63 \text{ TM/m}^3$$

$$\frac{\text{Tonelaje}}{\text{disparo}} = 15.00 \text{ TM}$$

Para el cálculo del tonelaje total de avance hasta el momento, se tendrá en cuenta que la mina trabaja 22 días al mes, 1 guardia/día, 1 disparo/guardia.

$$\frac{\text{Tonelaje}}{\text{Mensual}} = \frac{\text{Ton}}{\text{disparo}} \times \frac{\text{N}^\circ \text{ dias}}{\text{mes}}$$

$$\frac{\text{Tonelaje}}{\text{Mensual}} = 15.00 \text{ TM/disparo} \times 22 \text{ días /mes.}$$

$$\frac{\text{Tonelaje}}{\text{Mensual}} = 330.00 \text{ TM/ Mes.}$$

En la zona M-2 de la misma forma que en la zona M-1, se ejecutó dos labores con una sección de 6' x 7' y una longitud de avance de 1.54m como se muestra en la Ilustración N° 24.

Por ser de las mismas características el tonelaje mensual es 330.00 TM/ Mes.

4.1.2. OPERACIONES UNITARIAS DEL CICLO DE MINADO

4.1.2.1. PERFORACIÓN Y VOLADURA

Para la perforación se empleó una perforadora neumática tipo Jack Leg Copco RH 656 – 4W.

La perforación es versátil, con barrenos integrales SANDVIK de 6’.

Tabla 17
DATOS TÉCNICOS DE PERFORACIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEO ARTESANAL

DATOS TÉCNICOS DE PERFORACIÓN	
Longitud de barra (m)	1.8
Diámetro de Taladro (mm)	38
Longitud de perforación/taladro (m)	1.69
Longitud de avance/disparo (m)	1.54
N° de taladros/disparo (und)	23

Fuente: ÁREA DE PLANEAMIENTO COMACSA

Para la extracción de material económico se usó (dinamita, fulminante y mecha de seguridad), cada taladro se carga con 6 cartuchos de dinamita SEMEXSA de 65% de 7/8” x 7”, fulminante N°6 y mecha lenta (FAMESA), el carguío se realiza manualmente.

Tabla 18
DATOS TÉCNICOS DE VOLADURA DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEO ARTESANAL

DATOS TÉCNICOS DE VOLADURA	
Cantidad de explosivo Semexa al 65% de 7/8” x 7”/disparo (kg)	11.04
Fulminante Famesa N°6/disparo (und)	23
Mecha lenta Famesa (m)/disparo	56

Fuente: ÁREA DE PLANEAMIENTO COMACSA

La voladura debe proporcionar un tamaño de material adecuado para su limpieza manual, debe tener un promedio de 2” a 10” de diámetro. Los disparos se realizan al final de la guardia; la ventilación es natural debido a la poca profundidad de las labores.

Tabla 19

COSTOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEO ARTESANAL

COSTOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA	
Longitud de avance/disparo (m)	1.54
Volumen/disparo (m ³)	5.70
Kilogramos/taladro (kg/Tal)	0.48
Factor de Potencia (Kg/TM)	0.74
Costo de perforación y voladura/disparo (S/.)	126.55
Costo operativo de perforación y voladura (S/. / m ³)	22.20

Fuente: **ÁREA DE PLANEAMIENTO COMACSA****4.1.2.2. LIMPIEZA Y ACARREO**

Para extraer el mineral de la Zona M - 1 y M - 2 se utilizan carrerillas buggy con una capacidad de 1 m³ con un factor de llenado es 0.9, y un cargador frontal de 4 m³ para el acarreo de bocamina hacia la zona de almacenamiento de mineral con un factor de llenado de 0.9. El desmote que se generará en la Zona M - 1 y M - 2 es almacenado en la cancha temporal correspondiente; generalmente el desmote es mínimo ya que se trabaja sobre material económico. Se considerará un factor de esponjamiento de 67%.

Tabla 20

DATOS TÉCNICOS Y COSTOS DE LIMPIEZA DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEO ARTESANAL

DATOS TÉCNICOS Y COSTOS DE LIMPIEZA Y ACARREO	
Capacidad de llenado buggy (m ³)	0.9
Capacidad de llenado del cargador flontal (m ³)	3.6
Rendimiento de limpieza promedio (m ³ /hr)	1.3

Rendimiento de acarreo promedio (m ³ /hr)	1.5
Costo de limpieza con buggy (S./ hr)	6.3
Costo de acarreo con cargador frontal (S./ hr)	7.1
Volumen a limpiar / disparo (m ³)	9.52
Tiempo de limpieza / disparo (hr)	7.32
Tiempo de acarreo / disparo (hr)	6.35
Costo de limpieza / disparo (S/.)	46.12
Costo de acarreo / disparo (S/.)	45.09
Costo operativo de limpieza y acarreo (S./ m ³)	16.00

Fuente: ÁREA DE PLANEAMIENTO COMACSA

4.1.2.3. SOSTENIMIENTO

Efectuada el avance de los frentes de explotación, se procede al desatado de las rocas sueltas detectadas en el techo, frente y paredes de la excavación de la labor minera, mediante el uso de barretillas de 4, 6 y 8 pies de longitud.

Las labores subterráneas en su mayoría tienen un comportamiento estable; debido a que las dimensiones de las labores son reducidas 6' x 7'; además existen zonas de forma puntual con presencia de cuñas en los hastiales y parte de la corona, que requieren sostenimiento a base de cuadros de madera, instalados a 1.50 metros de distancia.

Tabla 21

DATOS TÉCNICOS Y COSTOS DE SOSTENIMIENTO DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEO ARTESANAL

DATOS TÉCNICOS Y COSTOS DE SOSTENIMIENTO	
Volumen / disparo (m ³ /disparo)	5.7
Cantidad de cuadros/disparo	1

Costo por cuadro (\$)	182.70
Costo de sostenimiento/disparo (\$)	182.70
Costo operativo de sostenimiento (\$/TM)	32.05

Fuente: ÁREA DE PLANEAMIENTO COMACSA

4.1.2.4. CLASIFICACIÓN

El Material económico arrancado (calcita) es transportado por el cargador frontal hasta una cancha de mineral donde es clasificado (pallaqueo), luego se procede a cargar a los semitrailers y trailers que transportan el mineral a la plata de tratamiento “Los Hornos” ubicada en la ciudad de Lima para su beneficio y comercialización.

Tabla 22 DATOS TÉCNICOS Y COSTOS DE CLASIFICACIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEO ARTESANAL

DATOS TÉCNICOS Y COSTOS DE CLASIFICACIÓN	
Rendimiento de clasificación promedio (m ³ /hr)	5.90
Costo de clasificación / hr. (S/.)	17.34
Volumen a clasificar / disparo (m ³)	9.52
Tiempo de clasificación / disparo (hr)	1.61
Costo de clasificación / disparo (S/.)	27.92
Costo operativo de clasificación (S./ m ³)	4.90

Fuente: ÁREA DE PLANEAMIENTO COMACSA

Tabla 23
COSTOS DE OPERACIÓN REALIZADO POR EL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEO ARTESANAL

RESUMEN DE COSTOS DE OPERACIÓN	
Costo operativo de perforación y voladura (S./ m ³)	22.20
Costo operativo de sostenimiento (S./ m ³)	32.05

Costo operativo de limpieza y acarreo (S./ m ³)	16.00
Costo operativo de clasificación (S./ m ³)	4.90
Costo total de Operación (S./ m ³)	75.15
Costo total de Operación (S./ TM)	28.55

Fuente: ÁREA DE PLANEAMIENTO COMACSA

4.1. CÁLCULO DE RENTABILIDAD

Para el cálculo se toma en cuenta 10 metros de avance a lo largo de la veta por el área de la sección, determinada con la ayuda del AutoCAD, se considera el precio de venta y costo de producción en mina; esto debido a que la calcita tiene un precio de venta y costo de producción variable según el destino del producto.

Los volúmenes de mineral son pequeños, lo más apropiado y rentable es cambiar de método de explotación ya que el yacimiento de calcita tiene una floración que llega a la superficie.

Tabla 24

DATOS TÉCNICOS DE RENTABILIDAD VETA PRINCIPAL POR EL MÉTODO DE EXLOTACIÓN SUBTERRÁNEO ARTESANAL

DATOS TÉCNICOS DE RENTABILIDAD VETA PRINCIPAL	
PRIMERA FASE	CALCITA
Densidad (Ton /m ³)	2.63
Costo de Producción (S./TM)	28.55
Precio (S./TM)	183.75
Volumen m ³	37.04
Producción (Ton)	97.43

Fuente: ÁREA DE PLANEAMIENTO COMACSA

Cálculo del Valor Rentable (VR)

Para el cálculo del Valor Rentable se utilizó la siguiente fórmula:

$$\mathbf{R (S/.) = VR - CP}$$

$$VR = 97.43 \text{ Ton} \times 183.75 \text{ S/. /Ton}$$

$$VR = \text{S/. } 17,902.76$$

$$CP = 97.43 \text{ Ton} \times 28.55 \text{ S/. /Ton}$$

$$CP = \text{S/. } 2,781.63$$

$$R = \text{S/. } 17,902.76 - \text{S/. } 2,781.63$$

$$R = \text{S/. } 15,121.13$$

CAPITULO V

5. SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A APLICAR

La extracción minera puede realizarse en superficie o debajo de ella, dependiendo de la profundidad del yacimiento y de otros parámetros técnicos. La selección de métodos extractivos en la minería es uno de los problemas de selección más antiguos de la humanidad, por tratarse de una actividad que tiene miles de años.

5.1. SELECCIÓN DESDE EL PUNTO DE VISTA TÉCNICO

La literatura científica más relevante al respecto comienza con Boshkov y Wright (1973) quienes plantean uno de los primeros esquemas cualitativos de clasificación para seleccionar los métodos extractivos. Un par de años después Morrison (1976) propone un sistema de clasificación el cual divide la minería subterránea en tres grupos basado en las condiciones del terreno asignando a cada uno el tipo de soporte requerido. Laubsher (1981) propone una metodología de selección para el método de extracción subterráneo basada en el sistema de

clasificación R.M.R por sus siglas en inglés (rock mass rating). La primera aproximación a un método de selección cuantitativo se da en el año de 1981 cuando David E. Nicholas formula una aproximación numérica para la selección de método extractivo con su trabajo “Selection Procedure – A Numerical Approach” el cual formula el uso de una escala para la ponderación de cada uno de los métodos extractivos. Hartman (1987) desarrolla un esquema de selección basado en la geometría del yacimiento y las condiciones del terreno para escoger el método extractivo.

5.1.1. METODOLOGIA DE HARTMAN

Hartman (1987), desarrolló un modelo de selección de métodos de explotación cualitativo en base a un diagrama de flujo que considera la geometría del yacimiento y las características geomecánicas del macizo rocoso donde se emplaza la zona mineralizada.

*Ilustración 27
Modelo de selección de método de Explotación según Hartman*

Deposito	Profundidad	de la roca y del mineral	Geometria	
METODO	LOCAL	CLASE		NOMBRE
DEPOSITO	Superficial — SUPERFICIE	Cualquier resistencia, consolidada — Mecanica	Cualquier forma, cualquier inclinacion, espesor, tamaño largo	TAJO ABIERTO
			Tabular o masivo, cualquier inclinacion, espesor, tamaño moderado	CANTERAS
			Tabular, Poca Inclinacion, delgado, tamaño largo	CIELO ABIERTO
		Sin consolidar o permeable — Acuoso	Tabular, plano, delgado, remanente	BARRENADO
			Tabular, plano, delgado, tamaño reducido	LABOREO HIDRAULICO
			Tabular, plano	DRAGADO
			Cualquier forma, cualquier inclinacion, espesor, tamaño largo	MINERIA DE PERFORACION
	Profundo — SUBTERRANEO	Sin soporte	Cualquier forma, empinado, espeso, tamaño largo	LIXIVIACION
			Tabular, plano, delgado, tamaño largo	CAMARAS Y PILARES
			Tabular, plano, espeso, tamaño largo	STOPE AND PILLAR MINING
			Tabular Inclinado, delgado, cualquier tamaño	SHRINKAGE STOPING
			Tabular, Inclinado, espeso, tamaño largo	SUBLEVEL STOPING
		Soportada	Forma variante, Inclinado, delgado, cualquier tamaño	CUT AND FILL STOPING
			Tabular, inclinado, delgado, tamaño reducido	STULL STOPING
Excavado	Soportada	Cualquier forma, cualquier inclinacion, espeso, cualquier tamaño	SQUARE SET STOPING	
		Tabular Plano, delgado, de gran tamaño	TAJO LARGO	
		Tabular o masivo, inclinado, espeso, gran tamaño	SUBLEVEL CAVING BLOCK CAVING	

Fuente: Hartman Howard (2016)

De la evaluación, podemos concluir que el método más recomendable es el de canteras.

5.1.2. METODOLOGIA DE NICHOLAS

Tomando en cuenta la información concerniente a las condiciones naturales de la estructura mineral tipo filoneana (veta). Se ha aplicado el método de selección del método de minado, según Nicholas. Este sistema de clasificación (Nicholas 1981) determina la factibilidad de los métodos extractivos mediante una clasificación numérica, esta técnica de selección es ampliamente aplicada en la minería actual, debido a que hace énfasis en el tipo de yacimiento, en las condiciones geomecánicas de la estructura mineral tipo filoneana (veta), pared colgante, pared pendiente.

De los criterios a aplicar es que un valor de 3 o 4 indica que una característica es adecuada para el método de extracción. Un valor de 1 o 2 indica que una característica es probablemente adecuada, mientras que un valor de 0 indica que una característica probablemente no es adecuada para el método de extracción. Finalmente, un valor de -49 indicaría que una característica elimina completamente a dicho método.

5.1.2.1. TIPO DE YACIMIENTO

Los parámetros a tener en cuenta, según esta metodología propuesta por David E. Nicholas son:

Geometría del Yacimiento:

- Masivo.
- Tabular (cuando dos dimensiones son mayores a su potencia).
- Irregular.

Potencia del yacimiento:

- Angosto (<10 m).
- Intermedio (10 m a 30 m).

- Ancho (30 m a 100 m).
- Muy Ancho (> 100 m).

Inclinación del yacimiento:

- Horizontal (<20°)
- Intermedio (20° a 55°).
- Vertical (>55°)

Distribución de leyes del yacimiento:

- Uniforme.
- Gradacional.
- Errático.

Rating (Yacimiento) = Geometría + Potencia + Inclinación + Distribución

Tabla 25

TABLAS DE VALORACIÓN DE NICHOLAS SEGÚN TIPO DE YACIMIENTO

Yacimiento Método de explotación	Forma general del yacimiento			Potencia del yacimiento			
	Masiva	Tabular	Irregular	Baja	Intermedia	Alta	Muy alta
Open Pit	3	2	3	2	3	4	4
Block Caving	4	2	0	-49	0	2	4
Sublevel Stopping	2	2	1	1	2	4	3
Sublevel Caving	3	4	1	-49	0	4	3
Longwall Mining	-49	4	-49	4	0	-49	-49
Room and Pillar	0	4	2	4	2	-49	-49
Shrinkage Stopping	2	2	1	1	1	2	4
Cut and Fill Stopping	0	4	2	4	4	0	0
Top Slicing	3	3	0	-49	0	3	4
Square Set	0	2	4	4	4	4	1

Yacimiento Método de explotación	Orientación			Distribucion de leyes		
	Horizontal	Intermedia	Vertical	Uniforme	Gradacional	Errático
Open Pit	3	3	4	3	3	3
Block Caving	3	2	4	4	2	0
Sublevel Stopping	2	1	4	3	3	1
Sublevel Caving	1	1	4	4	2	0
Longwall Mining	4	0	-49	4	2	0
Room and Pillar	4	1	0	3	3	3
Shrinkage Stopping	2	1	4	3	2	1
Cut and Fill Stopping	0	3	4	3	3	3
Top Slicing	4	1	2	4	2	0
Square Set	2	3	3	3	3	3

Fuente: DAVID E. NICHOLAS (1981).

5.1.2.2. CONDICIONES GEOMECÁNICAS DEL MINERAL

Resistencia de la roca Intacta:

- Baja ($8 > UCS/\sigma_1 > 0$)
- Media ($15 > UCS/\sigma_1 > 8$)
- Alta ($UCS/\sigma_1 > 15$)

Espaciamiento entre las estructuras:

- Muy cercanas ($ff/m > 16$)
- Poco espaciadas ($16 > ff/m > 10$)
- Espaciadas ($10 > ff/m > 3$)
- Muy espaciadas ($ff/m > 3$)

Condiciones de las Estructuras:

- Baja (Sin relleno).
- Media (Sin relleno/rugosa)
- Alta (relleno mineral más competente que la roca intacta)

Tabla 26

TABLAS DE VALORACIÓN DE NICHOLAS SEGÚN CONDICIONES DEL MINERAL

Condiciones Mineral Método de explotación	Competencia de la Roca Intacta			Espaciamiento Fracturas			Resistencia Estructuras			
	Baja	Media	Alta	Muy cerca	Poco espaciadas	Espaciadas	Muy espaciadas	Baja	Media	Alta
Open Pit	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4
Block Caving	4	1	1	4	4	3	0	4	3	0
Sublevel Stoping	-49	3	4	0	0	1	4	0	2	4
Sublevel Caving	0	3	3	0	2	4	4	0	2	2
Longwall Mining	4	1	0	4	4	0	0	4	3	0
Room and Pillar	0	3	4	0	1	2	4	0	2	4
Shrinkage Stoping	1	3	4	0	1	3	4	0	2	4
Cut and Fill Stoping	3	2	2	3	3	2	2	3	3	2
Top Slicing	2	3	3	1	1	2	4	1	2	4
Square Set	4	1	1	4	4	2	1	4	3	2

Fuente: DAVID E. NICHOLAS (1981).

5.1.2.3. CONDICIONES GEOMECÁNICAS DE LA PARED COLGANTE

Tabla 27

TABLAS DE VALORACIÓN DE NICHOLAS DE LA PARED COLGANTE

Pared colgante Método de explotación	Competencia de la Roca Intacta			Espaciamiento Fracturas			Resistencia Estructuras			
	Baja	Media	Alta	Muy cerca	Poco espaciadas	Espaciadas	Muy espaciadas	Baja	Media	Alta
Open Pit	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4
Block Caving	4	2	1	3	4	3	0	4	2	0
Sublevel Stoping	-49	3	4	-49	0	1	4	0	2	4
Sublevel Caving	3	2	1	3	4	3	1	4	2	0
Longwall Mining	4	2	0	4	4	3	0	4	2	0
Room and Pillar	0	3	4	0	1	2	4	0	2	4
Shrinkage Stoping	4	2	1	4	4	3	0	4	2	0
Cut and Fill Stoping	3	2	2	3	3	2	2	4	3	2
Top Slicing	4	2	1	3	3	3	0	4	2	0
Square Set	3	2	2	3	3	2	2	4	3	2

Fuente: DAVID E. NICHOLAS (1981).

5.1.2.4. CONDICIONES GEOMECÁNICAS DE LA PARED PENDIENTE

Tabla 28

TABLAS DE VALORACIÓN DE NICHOLAS DE LA PARED PENDIENTE

Pared Pendiente Método de explotación	Competencia de la Roca Intacta			Espaciamiento Fracturas			Resistencia Estructuras			
	Baja	Media	Alta	Muy cerca	Poco espaciadas	Espaciadas	Muy espaciadas	Baja	Media	Alta
Open Pit	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4
Block Caving	2	3	3	1	3	3	3	1	3	3
Sublevel Stopping	0	2	4	0	0	2	4	0	1	4
Sublevel Caving	0	2	4	0	1	3	4	0	2	4
Longwall Mining	2	3	3	1	2	4	3	1	3	3
Room and Pillar	0	2	4	0	1	3	3	0	3	3
Shrinkage Stopping	2	3	3	2	3	3	2	2	2	3
Cut and Fill Stopping	4	2	2	4	4	2	2	4	4	2
Top Slicing	2	3	3	1	3	3	3	1	2	3
Square Set	4	2	2	4	4	2	2	4	4	2

Fuente: DAVID E. NICHOLAS (1981).

Tabla 29

Factores de peso según la metodología de Nicholas 1981

Factores de peso	
Geometría yacimiento	1
Condiciones geomecánicas mineral	0.75
Condiciones geomecánicas pared colgante	0.6
Condiciones geomecánicas pared yacente	0.38

Fuente: DAVID E. NICHOLAS (1981).

Tabla 30

TABLA DE RANKING DE MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN

MÉTODO	YACIMIENTO	MINERAL	PARED COLGANTE	PARED YACENTE	TOTAL	RANKING
Open Pit	11	11	11	11	30.03	1°
Block Caving	-39	7	6	9	-26.73	8°
Sublevel Stopping	10	7	7	7	22.11	6°
Sublevel Caving	-37	9	6	9	-23.23	7°
Longwall Mining	-37	3	5	10	-27.95	9°
Room and Pillar	11	8	8	10	25.6	3°
Shrinkage Stopping	10	9	6	8	23.39	5°
Cut and Fill Stopping	15	7	7	8	27.49	2°
Top Slicing	-40	7	6	8	-28.11	10°
Square Set	12	6	7	8	23.74	4°

Fuente: ELABORACIÓN PROPIA

En la tabla 30 se muestran los resultados de aplicar la metodología propuesta por Nicholas (1981), de los resultados, podemos concluir que el método más recomendable es de Open Pit con un rating de 30.03 seguido de Cut and Fill Stopping con un rating de 27.49 y finalmente Room and Pillar con un rating de 25.6

5.2. SELECCIÓN DEL SUB-MÉTODO DE EXTRACCIÓN A CIELO ABIERTO

Por las diferencias de sus características estructurales y sus aplicaciones se dará lugar a la selección de los sub-métodos clásicos de la minería a cielo abierto:

Tabla 31

SELECCIÓN DEL SUB-MÉTODO DE EXTRACCIÓN A CIELO ABIERTO

MÉTODOS DE EXTRACCIÓN A CIELO ABIERTO	DESCRIPCIÓN	SUB-CLASIFICACIÓN
Cortas	Para yacimientos masivos, la explotación se lleva a cabo por banqueo descendente, estos métodos son los tradicionales de minería metálica, se adaptaron también a los yacimientos de carbón, con algunas modificaciones.	-
Transferencia	Estos métodos se aplican en yacimientos horizontales, consiste en el avance unidireccional de un módulo con un solo banco desde el que se efectúa el arranque del estéril y mineral rellenándolos después de cada módulo.	-
Terrazas	Este método se aplica en yacimientos relativamente horizontales mediante el banqueo con avance unidireccional, se efectúa un autorrelleno del hueco creado.	-
Contorno	En yacimientos de carbón de reducida potencia y topografía desfavorable. Consisten en la excavación del estéril y del mineral en sentido transversal al afloramiento. La maquinaria que se utiliza suele ser del tipo convencional.	-
Canteras	Es el término genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales, ornamentales, y de materiales de construcción. El método de explotación suele ser el de banqueo con uno o varios niveles.	Extracción de grandes bloques paralelepípedos, llamadas también rocas ornamentales que se obtienen de la naturaleza y es comercializada sin otra adición que ser cortada, dimensionada y pulida. Estas explotaciones se caracterizan por el gran

		número de bancos que se abren para arrancar los bloques y la maquinaria especial con la que se obtienen planos de corte limpios.
		Obtención de material fragmentado apto para alimentar a las plantas de tratamiento para someterlos a una preparación mecánica y obtener un producto destinado a la construcción en forma de áridos, a la fabricación de cementos, a la fabricación de productos industriales.
Graveras	Se refiere a la explotación de materiales detríticos, como las arenas y las gravas, estos son albergados en los depósitos de valle y terrazas de los ríos. La explotación suele llevarse a cabo en un solo banco poco profunda 20 m.	-
Minería Hidráulica	Explotación en mineralizaciones metálicas de oro, casiterita, etc., contenidas en aluviones. Este método consiste en utilizar el agua de inundación para el proceso de concentración, como ocurre con la separación gravimétrica.	-
Disolución	Se explotan procediendo primero a la descubierta del estéril superficial para después fragmentar el mineral mediante voladuras y seguidamente efectuar su disolución mediante la circulación de agua caliente, en yacimiento de sales.	-
Especiales o Mixtos	Se refieren a aquellas explotaciones que se llevan a cabo combinando labores de superficie con labores subterráneas.	-

Fuente: Métodos de Minería a Cielo Abierto, Juan Herrera Herbert

En el caso de la concesión Encanto Blanco Lyof, el mineral extraído es la calcita usada principalmente como material de uso industrial, podemos concluir que el sub-método de minado más significativo sería el de canteras.

CAPITULO VI

6. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN A CIELO ABIERTO

6.1. SISTEMA DE EXPLOTACIÓN

El sistema para la extracción de calcita en la concesión minera Encanto Blanco Lyof será el de minería a cielo abierto o superficial, realizando excavaciones en el terreno tipo cantera. Canteras es el término genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción. Las canteras pueden subdividirse en dos grupos:

- Extracción de grandes bloques paralelepípedos, que posteriormente se cortan y elaboran. Estas explotaciones se caracterizan por el gran número de bancos que se abren para arrancar los bloques y la maquinaria especial con la que se obtienen planos de corte limpios.

- Obtención de material fragmentado apto para alimentar a las plantas de tratamiento para someterlos a una preparación mecánica y obtener un producto destinado a la construcción en forma de áridos, a la fabricación de cementos, a la fabricación de productos industriales.

En nuestro caso para la concesión Encanto Blanco Lyof, la extracción de calcita será como material fragmentado, mediante bancos de explotación.

6.2. DISEÑO DE BANCOS DE EXPLOTACIÓN

Se tiene diseñado la explotación mediante bancos, teniendo en cuenta las características físico-mecánicas, la geología estructural del terreno. La altura de bancos es la distancia vertical entre niveles consecutivos de explotación. Todos los bancos deben ser de la misma altura, a menos que las condiciones geológicas recomienden hacer excepciones, con el objeto de mantener las condiciones estándar de la operación, diseñadas para el máximo rendimiento de los equipos. Tomaremos como referencia los siguientes parámetros de banco: Altura de banco será de 10m. El ancho de berma será de 4m este es el mínimo posible para realizar la perforación con una condición estable. El ángulo de talud de la banqueta usado será de 72° , según tabla 32, la inclinación de talud recomendado para Roca Dura es de 63° a 72° , en nuestro caso usaremos el ángulo de talud mayor posible, estos parámetros serán verificaremos con el estudio de estabilidad de taludes.

Tabla 32
Inclinaciones de Taludes Recomendadas

Tipo de Roca	Relación	Inclinación
Rocas duras	1/3 ó 1/2:1	72° a 63°
Banco de mineralo de hierro	1/2 ó 2/3:1	63° a 56°
Talud final en mineral de Hierro	1:1	45°
Banco de mineralo de Cobre	3/5 : 1	60°
Talud final en mineral de Cobre	1 1/2 : 1	34°

Fuente: Modificada de Howard L. Hartman, "Introductory Mining Engineering"

El ángulo de talud final debe ajustarse lo mayor posible a fin de disminuir la extracción de calizas y aumentar la recuperación de calcita, en este caso será 59° . Por todo lo expuesto el diseño del banco será el siguiente:

Tabla 33

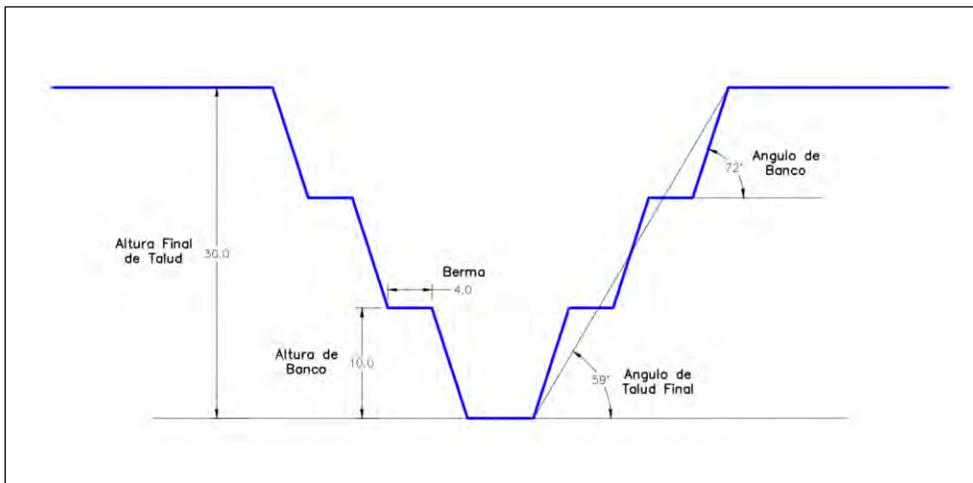
PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE DISEÑO DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN A CIELO ABIERTO

Parámetros	Valores
Altura de banco	10m.
Angulo de talud de banco	72°
Angulo de talud final	55°
Ancho de berma	4m.
Número de bancos	3

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 28

DISEÑO DE PIT ENCANTO BLANCO LYOF



Fuente: Elaboración propia

Teniendo estas características de diseño de PIT se realizará el análisis de estabilidad de taludes mediante el software Slide (Rocscience).

6.3. CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SMR

Mediante una aplicación de factores de corrección adecuados, la clasificación RMR de Bieniawski se adapta a la Clasificación SMR (Slope Mass Rating) de Romana para taludes. El índice SMR se obtiene sumando el RMR más un factor de ajuste.

La clasificación geomecánica SMR, es un método para determinar los factores de corrección adecuados para aplicar la clasificación RMR de Bieniawski a taludes. Se tiene tipos de rotura según los valores de SMR según tabla N° 34, los taludes con valores de SMR inferiores a 20 se caen rápidamente, además se obtienen 5 clases y 10 sub clases de estabilidad con un intervalo de 10 puntos definidas en la tabla N° 35

Tabla 34
Valores de SMR para cada tipo de rotura

TIPO DE ROTURA	INTERVALOS SMR	FRECUENCIA
PLANAS	SMR > 60 60 > SMR > 40 40 > SMR > 15	Ninguna Importantes Muy grandes
EN CUÑA	SMR > 75 75 > SMR > 49 55 > SMR > 40	Muy pocas Algunas Muchas
POR VUELCO	SMR > 65 65 > SMR > 50 40 > SMR > 30	Ninguna Menores Importantes
COMPLETAS	SMR > 30 30 > SMR > 10	Ninguna Posible

Fuente: ROMANA

Tabla 35
Clases de Estabilidad según SMR

DESCRIPCIÓN DE LAS CLASES SMR										
CLASE N°	Vb	Va	IVb	IVa	IIIb	IIIa	IIb	IIa	Ib	Ia
DESCRIPCIÓN	MUY MALA		MALA		NORMAL		BUENA		MUY BUENA	
ESTABILIDAD	TOTALMENTE INESTABLE		INESTABLE		PARCIALMENTE INESTABLE		ESTABLE		TOTALMENTE ESTABLE	
ROTURAS	GRANDES ROTURAS POR PLANOS CONTINUOS O POR LA MASA		JUNTAS O GRANDES CUÑAS		ALGUNAS JUNTAS O MUCHAS CUÑAS		ALGUNOS BLOQUES		NINGUNA	
SOSTENIMIENTOS	REEXCAVACIÓN		IMPORTANTES		SISTEMÁTICOS		OCASIONALES		NINGUNO	

Fuente: ROMANA

De la evaluación del índice de SMR a las estaciones geomecánicas de la veta principal se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 36
Resultados del Índice de SMR

Est.	SMR	Clase	Descripción	Estabilidad	Roturas	Probables Falla			
						Planas	Cuñas	Vuelco	Completas
E-1	51	IIIa	Normal	Parcialmente Estable	Algunas juntas o muchas cuñas	Importantes	Algunas	Menores	Ninguna
E-2	56	IIIa	Normal	Parcialmente Estable	Algunas juntas o muchas cuñas	Importantes	Algunas	Menores	Ninguna
E-3	68	IIb	Buena	Estable	Algunos bloques	Ninguna	Algunas	Ninguna	Ninguna
E-4	64	IIb	Buena	Estable	Algunos bloques	Ninguna	Algunas	Ninguna	Ninguna
E-5	54	IIIa	Normal	Parcialmente Estable	Algunas juntas o muchas cuñas	Importantes	Algunas	Menores	Ninguna
E-6	70	IIa	Buena	Estable	Algunos bloques	Ninguna	Algunas	Ninguna	Ninguna

Fuente: Elaboración propia

6.4. ANÁLISIS DE CUÑAS CON EL PROGRAMA SWEDGE

Las cuñas se forman a través de que dos familias de discontinuidades dividan volúmenes de roca capaces de deslizarse a lo largo de dos planos o uno de ellos. Para que se produzca el deslizamiento de la cuña, la línea de intersección de los dos planos de discontinuidad tenga menor inclinación que el plano del talud.

Para el cálculo de este tipo de rotura por cuñas empleamos el programa Swedge, ya que nos permitirá simular distintos escenarios para el caso de falla por cuña, en función a la combinación de los sistemas de discontinuidades de las 6 Estaciones Geomecánicas procesados en el programa “DIPS”, resistencia de la roca, geometría del talud, etc.

Se determinó el Factor de Seguridad del Talud (estudio determinístico) y la probabilidad de rotura del talud (estudio probabilístico) como se muestra en la tabla 37

El estudio determinístico usa datos de orientación, buzamiento, mientras que el estudio probabilístico usará datos de familia de juntas (buzamiento, rumbo), geometría del talud, resistencia, cohesión, ángulo de fricción.

Tabla 37
Análisis de Cuñas con SWEDGE

Estación	Coordenadas UTM WGS 84		Litología	Condiciones Pseudoestáticas (Aceleración Sísmica)	Factor de Seguridad más Desfavorable	Probabilidad de Falla
	Este (x)	Norte (y)				
E-1	442,164.67	8,627,113.70	Caliza	0.15 g	2.11	0%
E-2	442,167.74	8,627,137.60	Calcita	0.15 g	6.93	0%
E-3	442,185.18	8,627,149.52	Caliza	0.15 g	2.20	0.35%
E-4	442,393.53	8,626,907.37	Caliza	0.15 g	2.51	0%
E-5	442,391.02	8,626,942.62	Calcita	0.15 g	8.23	0%
E-6	442,409.45	8,626,957.71	Caliza	0.15 g	2.28	0.03%

Fuente: Elaboración propia

6.5. ESTABILIDAD DE TALUDES CON EL SOFTWARE SLIDE

Como parte de los trabajos preliminares, se han realizado simulaciones utilizando el software Slide (roscience) para la determinación de la estabilidad del diseño de pit en la concesión minera “Encanto Blanco Lyof”, este software permite hacer el análisis de estabilidad de taludes a través del cálculo del Factor de Seguridad, analizando la geometría del talud interactivamente con las propiedades geomecánicas del macizo rocoso, cargas dinámicas por acción de sismos, flujo de agua, etc.

El análisis para calcular el Factor de Seguridad se lleva a cabo bidimensionalmente usando el concepto de equilibrio límite donde en un episodio de falla, las fuerzas resistentes son iguales a las actuantes a lo largo de la superficie de falla, siendo el $FS = 1.0$.

6.5.1. CRITERIOS DE DISEÑO

Los criterios de diseño para el presente análisis fueron los siguientes:

- Mínimo FS estático en bancos de producción : FS = 1.3
- Mínimo FS estático en el talud final : FS = 1.2
- Mínimo FS pseudo estático : FS = 1.0

6.5.2. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

Para realizar el análisis de la estabilidad de los taludes diseñados para la explotación de calcita en la concesión Encanto Blanco Lyof, se han utilizado las secciones transversales de la topografía proyectando la primera fase del diseño de pit en cada una de ellas: Sección B-B', C-C', D-D' y E-E' (Ver Anexo 01-Plano 06 Ubicación de secciones). Para ello se usaron los datos de las propiedades geomecánicas del macizo rocoso obtenidos en las pruebas de laboratorio (ver anexo 02).

El factor de seguridad se determinó por el método de Spencer simulando roturas planares para rocas, para determinar la resistencia a esfuerzo cortante se utilizó el criterio de Mohr-Coulomb. Las simulaciones de estabilidad de los taludes se realizaron bajo condiciones estáticas y pseudo-estáticas, el análisis en condiciones pseudo-estáticas es en función a las máximas isoaceleraciones para un 10 % de excedencia en 50 años, para la zona del proyecto es $a=0.30g$. Marcuson (1981) recomienda usar valores de $\frac{1}{2}$ de la aceleración máxima esperada, por ese motivo se utilizó como coeficiente sísmico la mitad del valor de la máxima aceleración esperada ($a=0.15g$).

En el siguiente cuadro se muestra los resultados del análisis de estabilidad del diseño de pit para la veta principal, teniendo en cuenta las secciones transversales de la topografía proyectada (Sección B-B', C-C', D-D' y E-E').

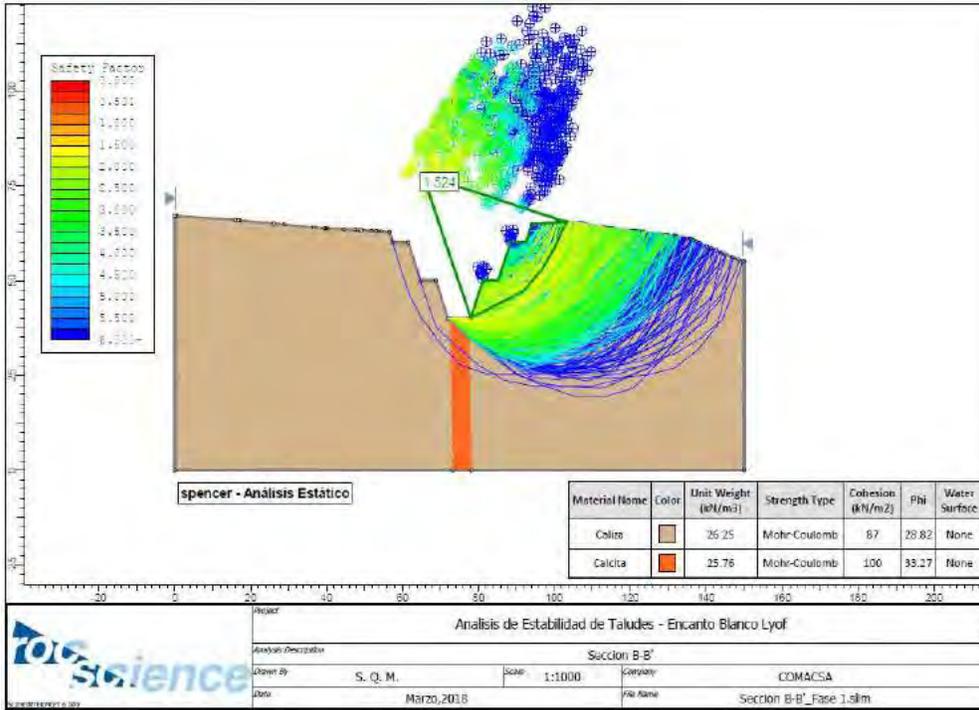
Tabla 38
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

Sección	Condición de Análisis	Factor de Seguridad en Condición Final	Factor de Seguridad Mínimo Aceptable
Sección BB'	Estático	1.524	1.2
	Pseudo Estático ($a=0.15g$)	1.490	1.0

Sección CC'	Estático	1.369	1.2
	Pseudo Estático (a=0.15g)	1.104	1.0
Sección DD'	Estático	1.418	1.2
	Pseudo Estático (a=0.15g)	1.292	1.0
Sección EE'	Estático	1.520	1.2
	Pseudo Estático (a=0.15g)	1.437	1.0

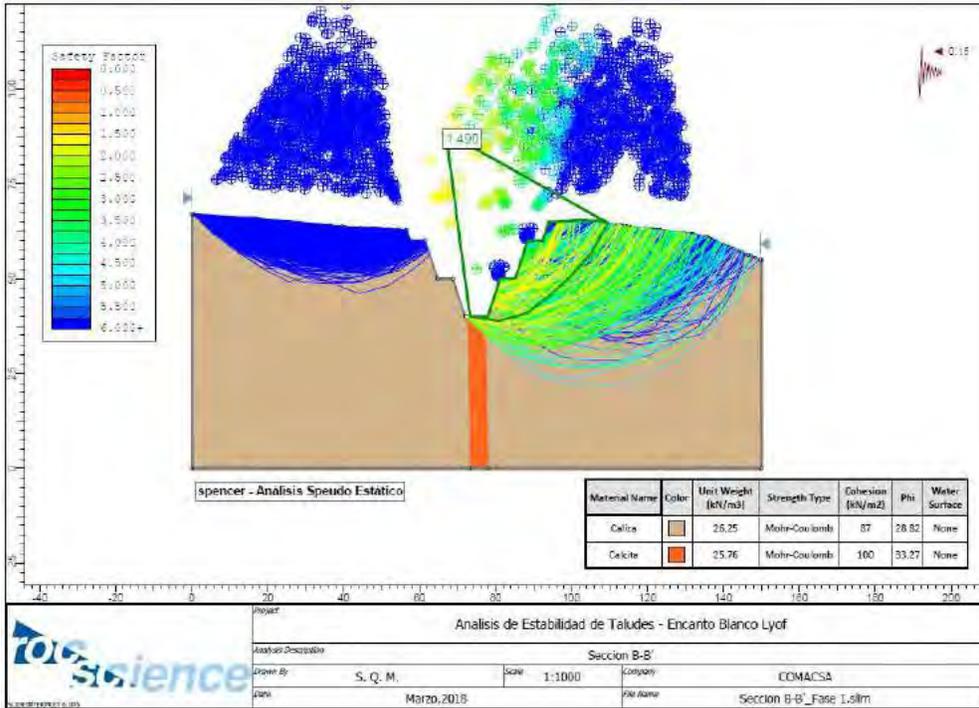
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 29
Análisis de Estabilidad de taludes estático-sección BB'



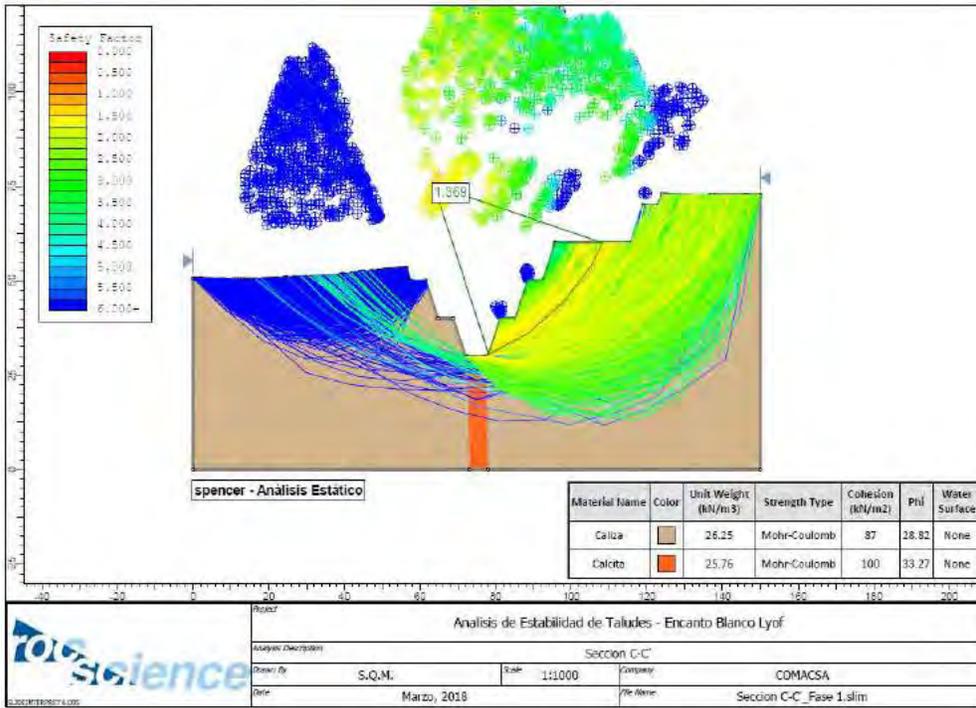
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 30
Análisis de Estabilidad de taludes pseudo estático-sección BB'



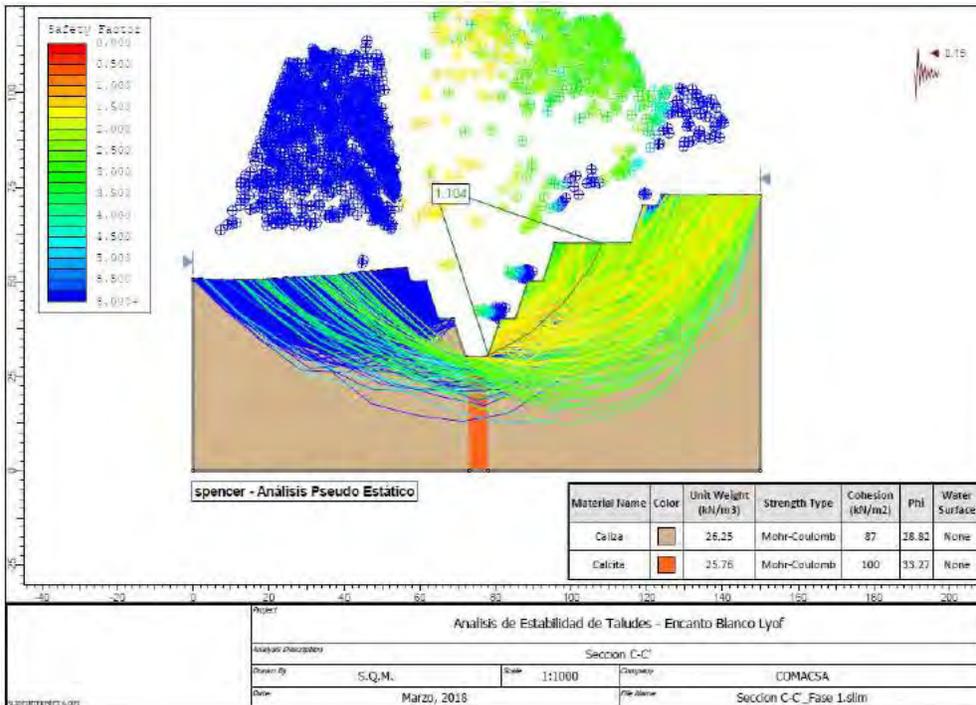
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 31
Análisis de Estabilidad de taludes estático-sección CC'



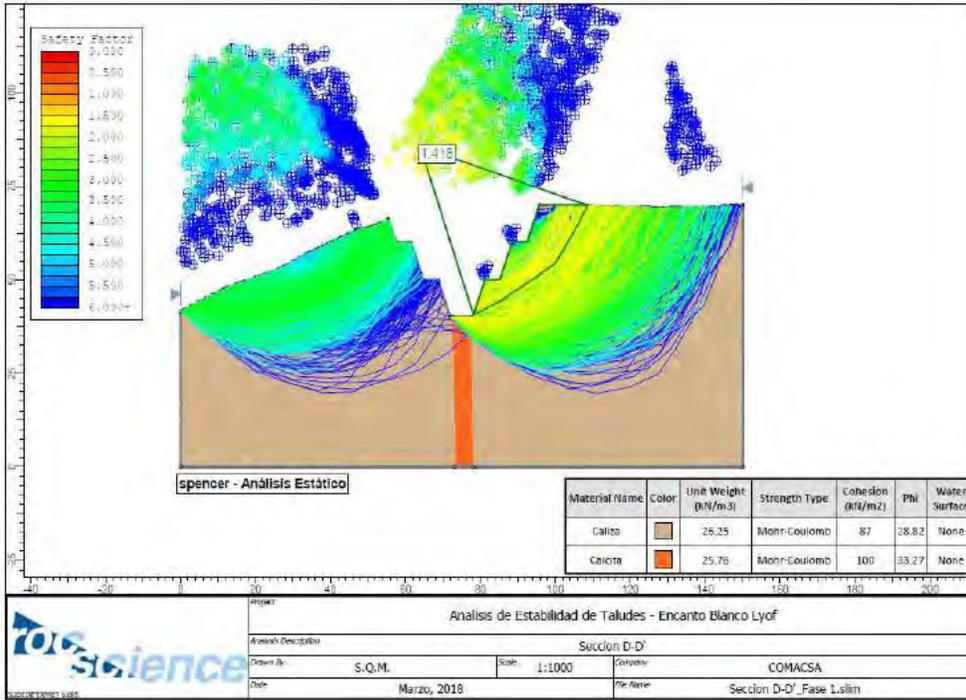
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 32
Análisis de Estabilidad de taludes pseudo estático-sección CC'



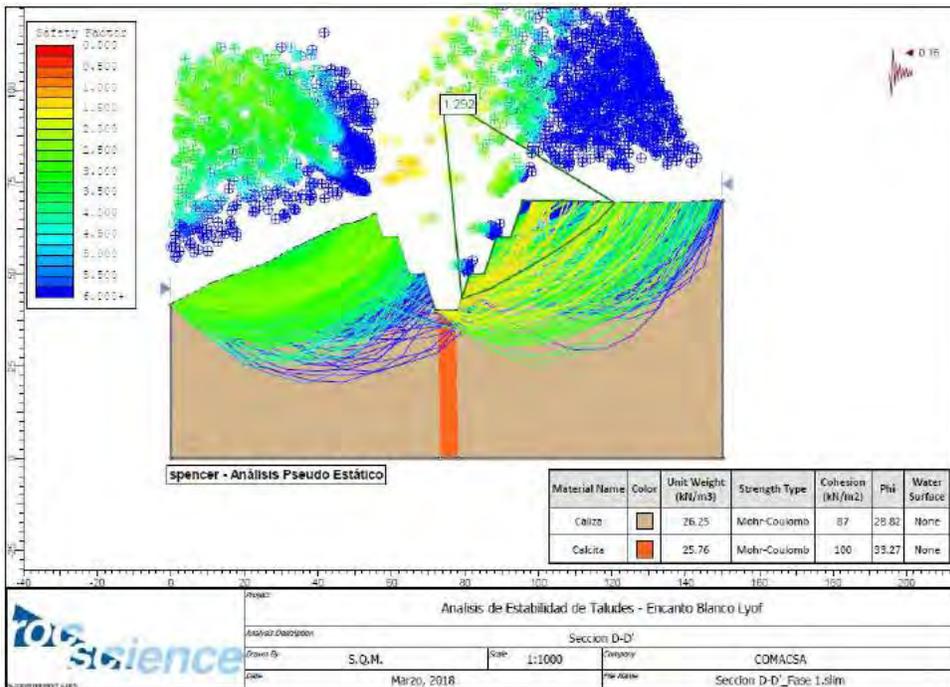
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 33
Análisis de Estabilidad de taludes estático-sección DD'



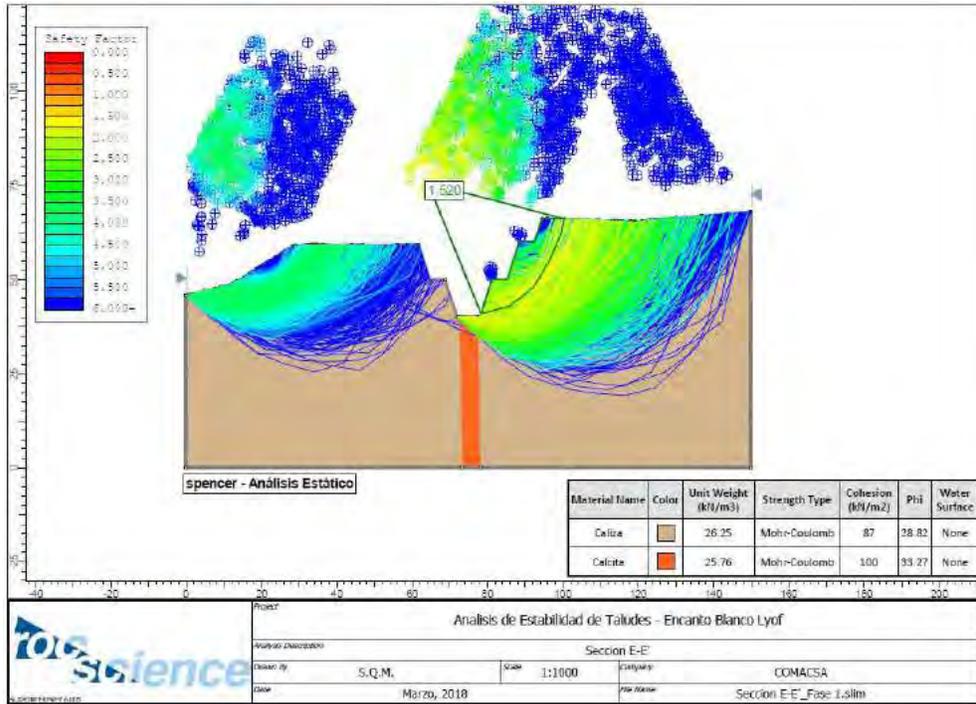
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 34
Análisis de Estabilidad de taludes pseudo estático-sección DD'



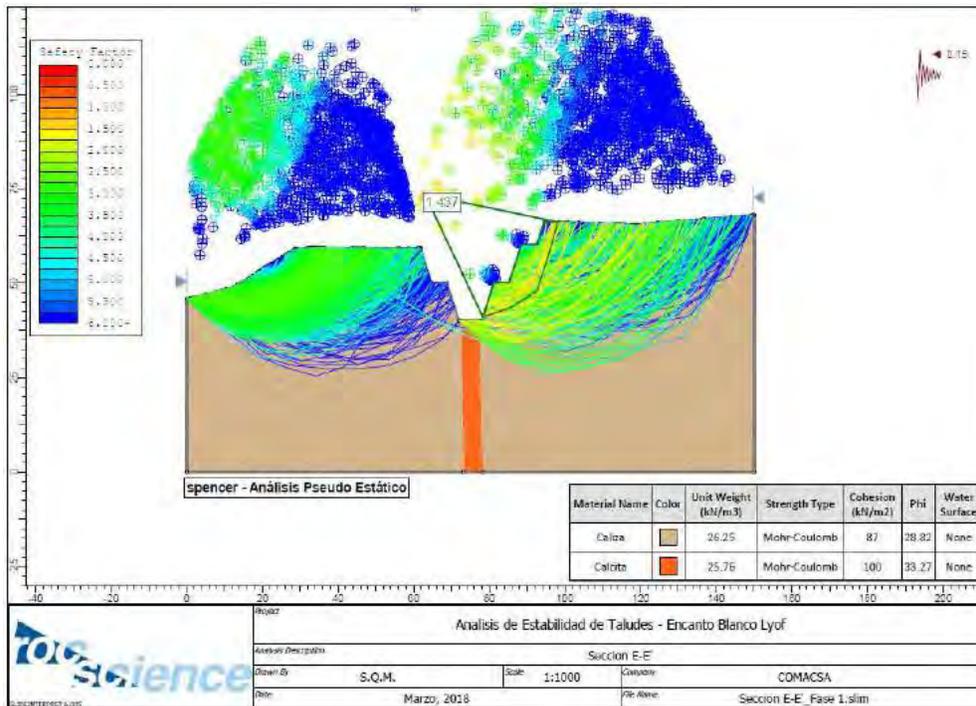
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 35
Análisis de Estabilidad de taludes estático-sección EE'



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 36
Análisis de Estabilidad de taludes pseudo estático-sección EE'



Fuente: Elaboración Propia

6.6. EXPLOTACIÓN

La producción y tonelaje requerido de calcita para satisfacer la producción de la Planta Los Hornos es de aproximadamente 3,000 TM mensuales o 1,140.68 m³. Tomando en cuenta el volúmen requerido, los equipos disponibles de la compañía y los parámetros de diseño de bancos analizados se determinarán los parámetros de voladura.

La explotación del material económico calcita se realizará a lo largo de la veta.

6.6.1. OPERACIONES UNITARIAS DEL CICLO DE MINADO

6.6.1.1. PERFORACIÓN Y VOLADURA

La perforación y la voladura son operaciones determinantes para lograr una mayor producción en minería superficial. Existe una serie de factores que intervienen en la determinación de variables de la voladura, estos pueden intervenir directa e indirectamente, unos podemos controlarlos y otros no. Los controlables pueden ser los datos técnicos de diseño de bancos, de perforación, o el explosivo a emplear en función a sus propiedades físico-químicas, las condiciones de carga. Los no controlables son por ejemplo la geología del proyecto, las características físicas de la roca. Teniendo en cuenta todos estos parámetros se tiene los siguientes datos técnicos de perforación y voladura.

Tabla 39

DATOS TÉCNICOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA CIELO ABIERTO

DATOS TÉCNICOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA	
Diámetro de barreno (m)	0.0762
Burden (m)	3
Altura de Banco (m)	10
Espaciamiento (m)	3.45

Sobreperforación (m)	0.9
Carga de Fondo (m)	1.8
Densidad del explosivo Emulsión (ton/m ³)	1.15
Retacado (m)	2.44
Altura de carga de columna (m)	6.66
Densidad del explosivo ANFO (ton/m ³)	0.85

Fuente: Elaboración Propia

La perforación es con la Wagon Drill DTH. La carga de columna en este caso es el ANFO de densidad 0.85 ton/m³, velocidad de detonación 3,000m/s. La carga de Fondo es la emulsión de densidad 1.15 ton/m³, velocidad de detonación 5,100m/s y el iniciador es un booster pentolita de 450gr., 60mm de diámetro, densidad 1.6 ton/m³, velocidad de detonación 7,200m/s.

Para el cálculo de volumen roto de mineral por día se usó la siguiente fórmula:

$$\frac{Vol}{día} (m^3) = B \times E \times H$$

Dónde:

B = Burden (m)

E = Espaciamiento (m)

H = Altura de Banco (m)

Entonces el volumen por taladro sería:

$$\frac{Vol}{taladro} = 3 \text{ m} \times 3.45 \text{ m} \times 10 \text{ m}$$

$$\frac{Vol}{taladro} = 103.5 \text{ m}^3$$

Cálculo de Carga de columna por taladro

Para el cálculo de la carga de columna se utilizó la siguiente fórmula:

$$CC \frac{Kg}{tal} = \pi * (Db/2)^2 * d * \text{Altura de carga de columna}$$

$$CC = 3.14 * (0.0762/2 \text{ m})^2 * 0.85 \text{ ton/m}^3 * 6.66 \text{ m} * 1000$$

$$CC = 25.80 \text{ kg}$$

Cálculo de Carga de fondo por taladro

Para el cálculo de la carga de fondo se utilizó la siguiente fórmula:

$$CF \frac{Kg}{tal} = \pi * (Db/2)^2 * d * \text{Altura de carga de fondo}$$

$$CF = 3.14 * (0.0762/2 \text{ m})^2 * 1.15 \text{ ton/m}^3 * 1.8 \text{ m} * 1000$$

$$CF = 9.43 \text{ kg}$$

Cálculo de Factor de Carga (Kg/m3)

Para el cálculo de Factor de carga se utilizó la siguiente fórmula:

$$FP \frac{Kg}{TM} = \frac{\text{Peso del explosivo}}{\text{Volumen del material roto}}$$

$$FC = (25.80 \text{ kg} + 9.43 \text{ kg}) / (103.5 \text{ m}^3)$$

$$FC = 0.34 \text{ Kg/m}^3$$

La malla de perforación estará conformada por 18 taladros:

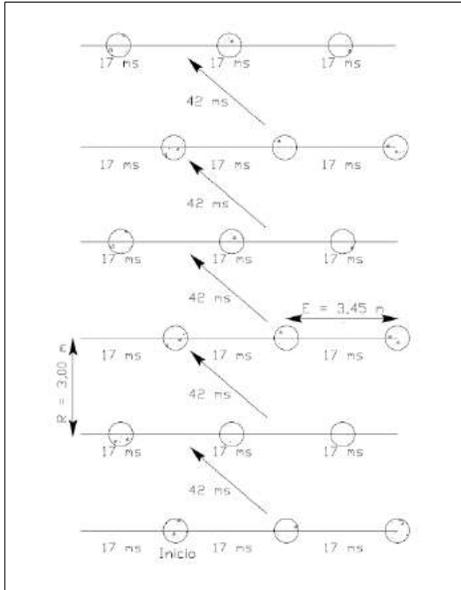
$$6 \text{ filas de } 3\text{m} = 6 \text{ taladros}$$

$$3 * 3.45\text{m} = 3 \text{ taladros}$$

$$N^\circ \text{ taladros} = 18 \text{ taladros/disparo}$$

El patrón de voladura será utilizando conectores con 17ms de retardo entre taladros, y conexión entre filas de 42 ms de retardo entre filas.

Ilustración 37
Malla de Explotación Método de Extracción a Cielo Abierto



Fuente: Elaboración Propia

Cálculo de m3 por disparo vendría a estar dado por:

$$\frac{m3}{disparo} = 103.5 \text{ m3/taladro} \times 18 \text{ taladros/disparo}$$

$$\frac{m3}{disparo} = 1,863$$

Cálculo de TM por disparo vendría a estar dado por:

$$\frac{TM}{disparo} = 1,863 \text{ m3/disparo} \times 2.68 \text{ Tm/m3}$$

$$\frac{TM}{disparo} = 4,992.84$$

Cálculo de Factor de Potencia:

Para el cálculo de Factor de Potencia se utilizó la siguiente fórmula:

$$FP \frac{Kg}{TM} = \frac{\text{Factor de carga por disparo}}{\text{Tonelaje de mineral por disparo}}$$

Cálculo de Factor de Potencia en veta:

$$FP = (35.23 \text{ Kg/taladro} \times 18 \text{ taladros/disparo}) / (4,992.84 \text{ TM} / \text{disparo})$$

$$FP = 0.13 \text{ Kg/TM}$$

Cálculo de disparos por mes

Teniendo en cuenta que la producción y tonelaje requerido de calcita para satisfacer la producción de la Planta Los Hornos es de 3,000 TM mensuales que equivale a 1,140.68 m³, se tiene los siguientes datos en la tabla 40 para determinar el número de disparos mensuales requeridos.

Tabla 40

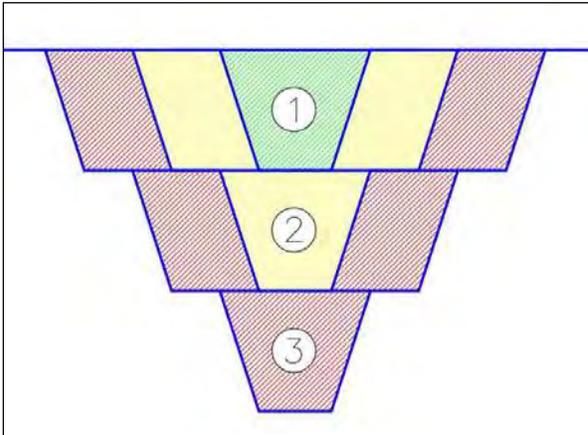
DATOS TÉCNICOS DE RELACIÓN DE DESBROCE

DATOS TÉCNICOS DE RELACIÓN DE DESBROCE PROMEDIO				
ETAPA	Kp	Calcita (m ³ /disparo)	Caliza (m ³ /disparo)	Nº disp./mes
1	0.54:1	1,209.74	653.26	1
2	3.68:1	1,209.74	4,367.07	3
3	6.82:1	1,209.74	8,093.07	5

Fuente: Elaboración Propia

En la primera etapa se requiere de 1 disparo al mes, segunda etapa: 3 disparos al mes y tercera etapa: 5 disparos al mes para alcanzar como mínimo el 1,140.68 m³/mes que requiere la planta (Ver Ilustración 35).

Ilustración 38
Etapas de explotación a Cielo Abierto



Fuente: Elaboración Propia

COSTOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA A CIELO ABIERTO

Los costos de perforación y voladura toman en cuenta la inversión, la depreciación del equipo, mantenimiento, el desgaste de aceros, gastos administrativos, todos estos incluidos en el costo unitario total que el área de Costos y Presupuestos maneja en acuerdo con Cía.

COMACSA.

Tabla 41
COSTO/DISPARO PERFORACIÓN Y VOLADURA

COSTO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA	S/. /disparo
Costo de perforación	2,196.85
Costo de explosivos	1,447.92
Costo de Accesorios	149.79
Costos Indirectos	406.42
TOTAL	4,200.98

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 42
COSTOS OPERATIVO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA

COSTOS OPERATIVO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA	
Volumen/disparo (m3/disparo)	1,863
Factor de Potencia (Kg/TM)	0.13
Kilogramos/taladro (kg/Tal)	35.23
Costo de perforación y voladura/disparo (S/.)	4,200.98
Costo operativo de perforación y voladura (S/. /m3)	2.25

Fuente: Elaboración Propia

6.6.1.2. CARGUÍO Y ACARREO

En la cantera el carguío se desarrollará con un cargador frontal sobre ruedas SEM 659 cuya capacidad de cucharón es de 4.5 m³ con un factor de llenado de (0.8). El acarreo será, mediante un camión de cantera CAT 769D cuya capacidad de carga colmado es de 24.2m³ con un factor de llenado de (0.8), desde el frente de trabajo hasta el área de almacenamiento para su posterior clasificación. La selección de equipos de carguío está en función al ritmo de operación y a la flota disponible por COMACSA.

NÚMERO DE EQUIPOS REQUERIDOS: Según lo calculado en la Tabla 40, para satisfacer la producción de la Planta, en la Etapa 1 se requiere 1,863 m³/mes más 67% de esponjamiento que dan como resultado 3,111.21m³/mes; Etapa 2 se requiere de 9,333.63 m³/mes y Etapa 3 se requiere de 15,556.05 m³/mes.

RENDIMIENTO DE CARGUÍO MENSUAL

$$44.15 \text{ m}^3/\text{hr.} \times 8\text{hr}/\text{día} \times 22 \text{ días}/\text{mes} = 7,770.47 \text{ m}^3/\text{mes}$$

El número de equipos requeridos se determina dividiendo la capacidad mensual requerida entre la producción mensual de la pala:

- **Número de Equipos Requeridos ETAPA 1**

$$\text{Nro. Cargadores Frontales} = (3,111.21 \text{ m}^3) / (7,770.47 \text{ m}^3/\text{mes})$$

$$\text{Nro. Cargadores Frontales} = 0.4 = 1$$

- **Número de Equipos Requeridos ETAPA 2**

$$\text{Nro. Cargadores Frontales} = (9,333.63 \text{ m}^3) / (7,770.47 \text{ m}^3/\text{mes})$$

$$\text{Nro. Cargadores Frontales} = 1.2 = 2$$

- **Número de Equipos Requeridos ETAPA 3**

$$\text{Nro. Cargadores Frontales} = (15,556.05 \text{ m}^3) / (7,770.47 \text{ m}^3/\text{mes})$$

$$\text{Nro. Cargadores Frontales} = 2$$

RENDIMIENTO DE ACARREO MENSUAL

$$37.69 \text{ m}^3/\text{hr.} \times 8\text{hr}/\text{día} \times 22 \text{ días}/\text{mes} = 6,633.44 \text{ m}^3/\text{mes}$$

- **Número de Equipos Requeridos ETAPA 1**

$$\text{Nro. Camiones} = (3,111.21 \text{ m}^3) / (6,633.44 \text{ m}^3/\text{mes})$$

$$\text{Nro. Camiones} = 0.47 = 1$$

- **Número de Equipos Requeridos ETAPA 2**

$$\text{Nro. Camiones} = (9,333.63 \text{ m}^3) / (6,633.44 \text{ m}^3/\text{mes})$$

$$\text{Nro. Camiones} = 1.41 = 2$$

- **Número de Equipos Requeridos ETAPA 3**

$$\text{Nro. Camiones} = (15,556.05 \text{ m}^3) / (6,633.44 \text{ m}^3/\text{mes})$$

$$\text{Nro. Camiones} = 2.35 = 3$$

Tabla 43

COSTO OPERATIVO DE CARGUÍO Y ACARREO

COSTO OPERATIVO DE CARGUÍO Y ACARREO			
DATOS	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3

Capacidad de llenado del cargador frontal (m ³)	3.60	3.60	3.60
Capacidad de llenado del camión (m ³)	19.36	19.36	19.36
Rendimiento de carguío promedio (m ³ /hr)	44.15	88.30	88.30
Rendimiento de acarreo promedio (m ³ /hr)	37.69	75.38	113.07
Costo de carguío con cargador frontal (S./ hr)	171.46	342.92	342.92
Costo de acarreo con camión (S./ hr)	211.07	422.14	633.21
Volumen / disparo (m ³)	3,111.21	3,111.21	3,111.21
Tiempo de carguío / disparo (hr)	70.47	35.23	35.23
Tiempo de acarreo / disparo (hr)	82.55	41.27	27.52
Costo de carguío/ disparo (S/.)	12,082.63	12,082.63	12,082.63
Costo de acarreo / disparo (S/.)	17,423.27	17,423.27	17,423.27
Costo total de carguío y acarreo/disparo (S/.)	29,505.90	29,505.90	29,505.90
Costo operativo de carguío y acarreo (S./m ³)	15.84	15.84	15.84

Fuente: Elaboración Propia

6.6.1.3. CLASIFICACIÓN

El Material económico (calcita) es almacenado en una cancha de mineral donde es clasificado (pallaqueo) además realizan el lavado de la calcita, esta operación es realizada por 6 personas, luego se procede a cargar a los semitrailers y trailers que transportan el mineral a la planta de tratamiento “Los Hornos” ubicada en la ciudad de Lima para su beneficio y comercialización.

Tabla 44

DATOS TÉCNICOS Y COSTOS DE CLASIFICACIÓN DEL MÉTODO A CIELO ABIERTO

DATOS TÉCNICOS Y COSTOS DE CLASIFICACIÓN	
Rendimiento de clasificación promedio (m ³ /hr)	47.2
Costo de clasificación / hr. (S/.)	52.02

Volumen a clasificar / disparo (m ³)	3,111.21
Tiempo de clasificación / disparo (hr)	65.92
Costo de clasificación / disparo (S/.)	3,429.15
Costo operativo de clasificación (S./ m ³)	1.84

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 45

COSTOS DE OPERACIÓN DEL MÉTODO A CIELO ABIERTO

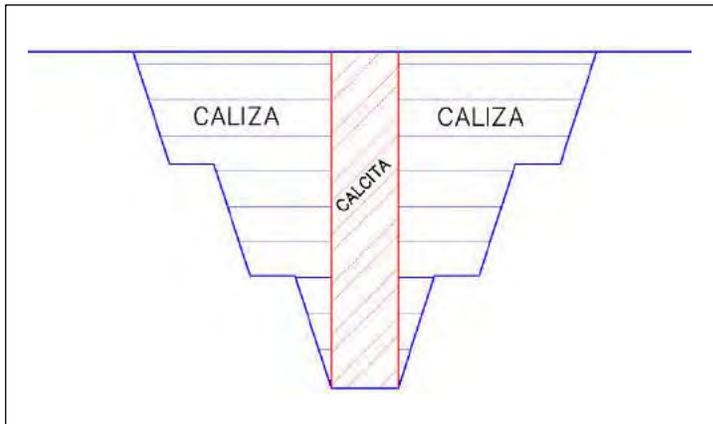
RESUMEN DE COSTOS DE OPERACIÓN	
Costo operativo de perforación y voladura (S./ m ³)	2.25
Costo operativo de carguío y acarreo (S./ m ³)	15.84
Costo operativo de clasificación (S./ m ³)	1.84
Costo total de operación (S./ m ³)	19.93
Costo total de operación (S./ TM)	7.44

Fuente: Elaboración Propia

6.7. CALCULO DE RENTABILIDAD

Para el cálculo se toma en cuenta 10 metros de avance a lo largo de la veta por la sección calculada mediante AutoCAD, se considera el precio de venta y costo de producción en mina de la Calcita y la Caliza, esto debido a que la calcita tiene un precio de venta y costo de producción variable según el destino del producto.

Ilustración 39
SECCIÓN DE DISEÑO DE PIT PRIMERA FASE



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 46
DATOS TÉCNICOS DE RENTABILIDAD VETA PRINCIPAL

DATOS TÉCNICOS DE RENTABILIDAD VETA PRINCIPAL		
PRIMERA FASE	CALCITA	CALIZA
Densidad (Ton /m ³)	2.63	2.68
Costo de Producción (S./TM)	7.44	7.44
Precio (S./TM)	183.75	35.50
Volumen m ³	1,800	5,324.28
Producción (Ton)	4,734	14,269.07

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo de Rentabilidad (R)

Para el cálculo del Valor Rentable se utilizó la siguiente fórmula:

$$\mathbf{R (S/.) = VR - CP}$$

CALCITA:

$$VR = 4,734 \text{ Ton} \times 183.75 \text{ S./Ton}$$

$$VR = \text{S/} 869,872.5$$

$$CP = 4,734 \text{ Ton} \times 7.44 \text{ S/. /Ton}$$

$$CP = \text{S/. } 35,220.96$$

$$R = \text{S/. } 869,872.5 - \text{S/. } 35,220.96$$

$$R = \text{S/. } 834,651.54$$

CALIZA:

$$VR = 14,269.07 \text{ Ton} \times 35.5 \text{ S/. /Ton}$$

$$VR = \text{S/. } 506,551.98$$

$$CP = 14,269.07 \text{ Ton} \times 7.44 \text{ S/. /Ton}$$

$$CP = \text{S/. } 106,161.88$$

$$R = \text{S/. } 506,551.98 - \text{S/. } 106,161.88$$

$$R = \text{S/. } 400,390.10$$

Rentabilidad total

$$RT = \text{S/. } 834,651.54 + \text{S/. } 400,390.10$$

$$RT = \text{S/. } 1'235,041.64$$

6.8. CALCULO DE VIDA DE LA MINA PARA LA PRIMERA FASE

Mediante la geometría del diseño de Pit, la longitud total de la veta y el número de disparos mensuales por nivel, calcularemos el tiempo de extracción por nivel y por consiguiente la vida de la mina para la primera fase de explotación. El volumen del Nivel 1, Nivel 2 y Nivel 3 se determinó en función a la geometría del diseño de Pit y el relieve del proyecto (Ver Anexo 01 – Plano 09 Etapas de Minado)

NIVEL 1

$$\text{Vol.} = 22,309.76 \text{ m}^3$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Disparos} = (22,309.76 \text{ m}^3) / (1,863 \text{ m}^3/\text{disparo})$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Disparos} = 11.97 = 12 \text{ disparos}$$

$$\text{Tiempo de extracción} = (12 \text{ disparos}) / (1 \text{ disp/mes} \times 12 \text{ mes/año})$$

$$\text{Tiempo de extracción} = 1 \text{ año}$$

NIVEL 2

$$\text{Vol.} = 99,464.45 \text{ m}^3$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Disparos} = (99,464.45 \text{ m}^3) / (1,863 \text{ m}^3/\text{disparo})$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Disparos} = 53.40 = 54 \text{ disparos}$$

$$\text{Tiempo de extracción} = (54 \text{ disparos}) / (3 \text{ disp/mes} \times 12 \text{ mes/año})$$

$$\text{Tiempo de extracción} = 1.5 \text{ años}$$

NIVEL 3

$$\text{Vol.} = 217,982.88 \text{ m}^3$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Disparos} = (217,982.88 \text{ m}^3) / (1,863 \text{ m}^3/\text{disparo})$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Disparos} = 117$$

$$\text{Tiempo de extracción} = (117 \text{ disparos}) / (5 \text{ disp/mes} \times 12 \text{ mes/año})$$

$$\text{Tiempo de extracción} = 1.95 \text{ años}$$

$$\text{Vida de la mina} = (1 + 1.5 + 1.95) \text{ años} = 4.45 \text{ años.}$$

6.9. CUADROS DE RESULTADOS DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN

SUBTERRÁNEA ARTESANAL VS EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN A CIELO

ABIERTO (OPEN PIT).

6.9.1. PRODUCCIÓN DE MINERAL

Tabla 47

COMPARATIVO DE PRODUCCIÓN DE MINERAL MÉTODO DE EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA ARTESANAL VS EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN A CIELO ABIERTO

PRODUCCIÓN DE MINERAL	
Método de Explotación	(TM/disparo)
Extracción Subterránea Artesanal	15.00
Extracción a Cielo Abierto (Open Pit)	4,899.70

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 40

COMPARATIVO DE PRODUCCIÓN DE MINERAL MÉTODO DE EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA ARTESANAL VS EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN A CIELO ABIERTO



Fuente: Elaboración Propia

6.9.2. COSTOS DE OPERACIÓN

Tabla 48

COMPARATIVO DE COSTOS DE OPERACIÓN MÉTODO DE EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA ARTESANAL VS EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN A CIELO ABIERTO

COSTOS DE OPERACIÓN	
Método de Explotación	(S./TM)
Extracción Subterránea Artesanal	28.55
Extracción a Cielo Abierto (Open Pit)	7.44

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 41

COMPARATIVO DE COSTOS DE OPERACIÓN MÉTODO DE EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA ARTESANAL VS EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN A CIELO ABIERTO



Fuente: Elaboración Propia

6.9.3. RENTABILIDAD

Tabla 49

COMPARATIVO DE RENTABILIDAD POR 10 METROS DE AVANCE MÉTODO DE EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA ARTESANAL VS EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN A CIELO ABIERTO

RENTABILIDAD POR 10 METROS DE AVANCE	
Método de Explotación	(S/.)
Extracción Subterránea Artesanal	15,121.13
Extracción a Cielo Abierto (Open Pit)	1,235,041.64

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 42

COMPARATIVO DE RENTABILIDAD POR 10 METROS DE AVANCE MÉTODO DE EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA ARTESANAL VS EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN A CIELO ABIERTO



Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

- Para la selección del método de explotación más conveniente se aplicó el criterio de selección de Nicholas (1981), que hace énfasis en el tipo y las condiciones geomecánicas del yacimiento y la metodología de Hartman (1987), dando como resultado que el método más conveniente a aplicar es el de método de explotación a Cielo Abierto (Open Pit).
- En el método de explotación mediante laboreo subterráneo, la recuperación de la calcita no se dió de manera óptima dejando mineral sin aprovechar, además que no se incluía a las calizas con alto contenido de carbonatos de calcio como parte del minado; con el nuevo diseño de minado a cielo abierto, se asegura la máxima recuperación de la calcita y generando como valor agregado la extracción de calizas con alto contenido en carbonato de calcio, incrementando así el valor del yacimiento.
- Se realizó el análisis de estabilidad de taludes mediante el software Slide (Rocscience), a través del cálculo del Factor de Seguridad según Spencer, analizando la geometría del talud interactivamente con las propiedades geomecánicas del macizo rocoso, cargas dinámicas por acción de sismos (análisis pseudoestático), para ello se utilizó las secciones transversales de la topografía proyectando la primera fase del diseño de pit en cada una de ellas, dando como resultado un comportamiento estable en las 4 secciones analizadas que garantizan la seguridad durante el desarrollo de la explotación.
- La producción por disparo se incrementó de 15.00 TM/disparo por explotación subterránea artesanal a 4,992.84 TM/disparo por explotación a Cielo Abierto. Se estimó que se realizarán 1 disparo/mes en el Nivel 1, 3 disparos/mes en el Nivel 2 y 5

disparos/mes en el Nivel 3, a fin de abastecer el requerimiento de 3,000Tm/mes de calcita por planta Los Hornos.

- El costo de operación se reduce de 28.55 S/. /TM por explotación subterránea artesanal a 7.44 S/. /TM por explotación a Cielo Abierto. Esto debido al aumento considerable en el tonelaje de explotación.
- La rentabilidad en función a 10 metros de avance, aumentó de S/. 15,121.13 por explotación subterránea artesanal a 1,235,041.64 S/. /TM por explotación a Cielo Abierto donde se incluyó el aprovechamiento de calizas de alta ley.
- Se calculó 4.45 años de vida en la veta principal para la primera fase mediante la aplicación de los parámetros de diseño de pit y el ritmo de explotación del método de explotación a Cielo Abierto.

RECOMENDACIONES

- El potencial de los recursos no-metálicos en la región es grande, se requiere realizar estudios específicos para evaluarlos e incrementar su utilización industrial.
- La evaluación y análisis geomecánico, económico y productivo de la veta principal de la concesión Encanto Blanco Lyof se debe generalizar a todos los proyectos con el fin de maximizar el aprovechamiento de reservas de calcita y calizas.
- Se tiene registros de reservas probadas y probables de la veta secundaria donde se identificó dimensiones de la veta similares al de la veta principal, se recomienda realizar los estudios para la extracción y aprovechamiento de esta veta.
- La investigación realizada en la presente tesis se enfocó en la primera fase de explotación con 30 metros de profundidad teniendo como principal atractivo la calcita y calizas de manera secundaria, se recomienda seguir profundizando ya que la roca encajonante (calizas de alta ley) se extiende de tal manera que resulta rentable el aprovechamiento de calizas en mayor cantidad y calcita en menor cantidad.

BIBLIOGRAFÍA

- British Geological Survey. (2007). *Mineralogy and Petrology Group*. British: Print Survey.
- Caterpillar. (2007). *Caterpillar Performance Handbook*. Illinois: Print Caterpillar.
- COMACSA. (2017). *Costo unitario de Operación Encanto Blanco Lyof*. Lima: Print COMACSA.
- COMACSA. (2017). *Estudio Geomecánico Global y Análisis de Estabilidad - Encanto Blanco Lyof*. Lima: Print COMACSA.
- COMACSA. (2017). *Geología Local, Regional, Estructural*. Lima: Print COMACSA.
- COMACSA. (2017). *Plan de Minado 2018 Encanto Blanco Lyof*. Lima: Print COMACSA.
- EXSA. (2016). *Manual Práctico de Voladura Edición Especial*. Lima: Print Exsa.
- HARTMAN HOWARD, L. (2016). *Metodología para la selección del método de minado*. Litleton: Print Colorado.
- Hernández Sanpieri, R. (2017). *Metodología de la Investigación - Sexta Edición*. Mexico: Printed in Mexico.
- Herrera Herbert, J. (2006). *Métodos de minería a Cielo Abierto*. Madrid: Print UPM.
- Howard, H., & Mutmanky, J. (2007). *Introductory Mining Engineering*. New Delhi: Pushp Print Services.
- INGEMMET. (2009). *Compendio de Rocas y Minerales Industriales en el Perú - Boletín N°19, Serie B Geología Económica*. Lima: Print Ingemmet.
- INRENA. (1995). *Guía explicativa del Mapa Ecológico del Perú*. Lima: Print INRENA.
- Instituto Tecnológico Geominero de España. (1991). *Manual de Ingeniería de Taludes*. Madrid: Graficas Monterreina.

Lopez Jimeno, C. (2003). *Manual de Perforación y Voladura de Rocas*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.

NICHOLAS, D. (1981). *Method Selection A Numerical Approach*. New York.

ONERN. (1976). *Mapa Ecológico del Perú*. Lima: Print ONERN.

Romana Ruiz, M. (2001). *Clasificación Geomecánica SMR*. Valencia: Print U. Politécnica de Valencia.

SENAMHI. (2017). *Estaciones Meteorológicas*. Lima: Print Senamhi.

ANEXOS

ANEXO 1: Planos:

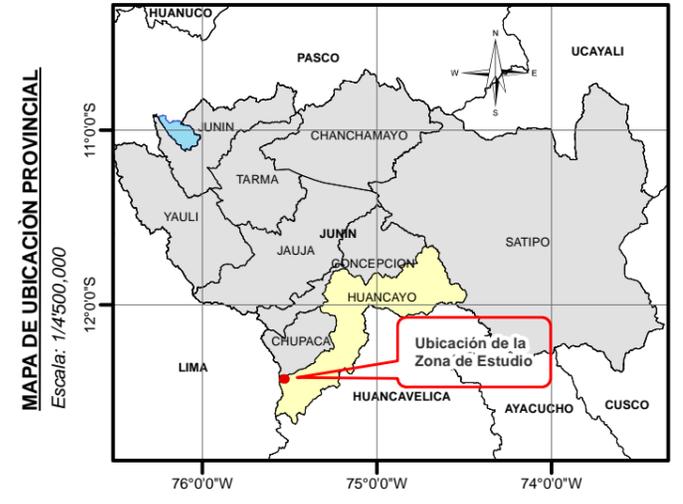
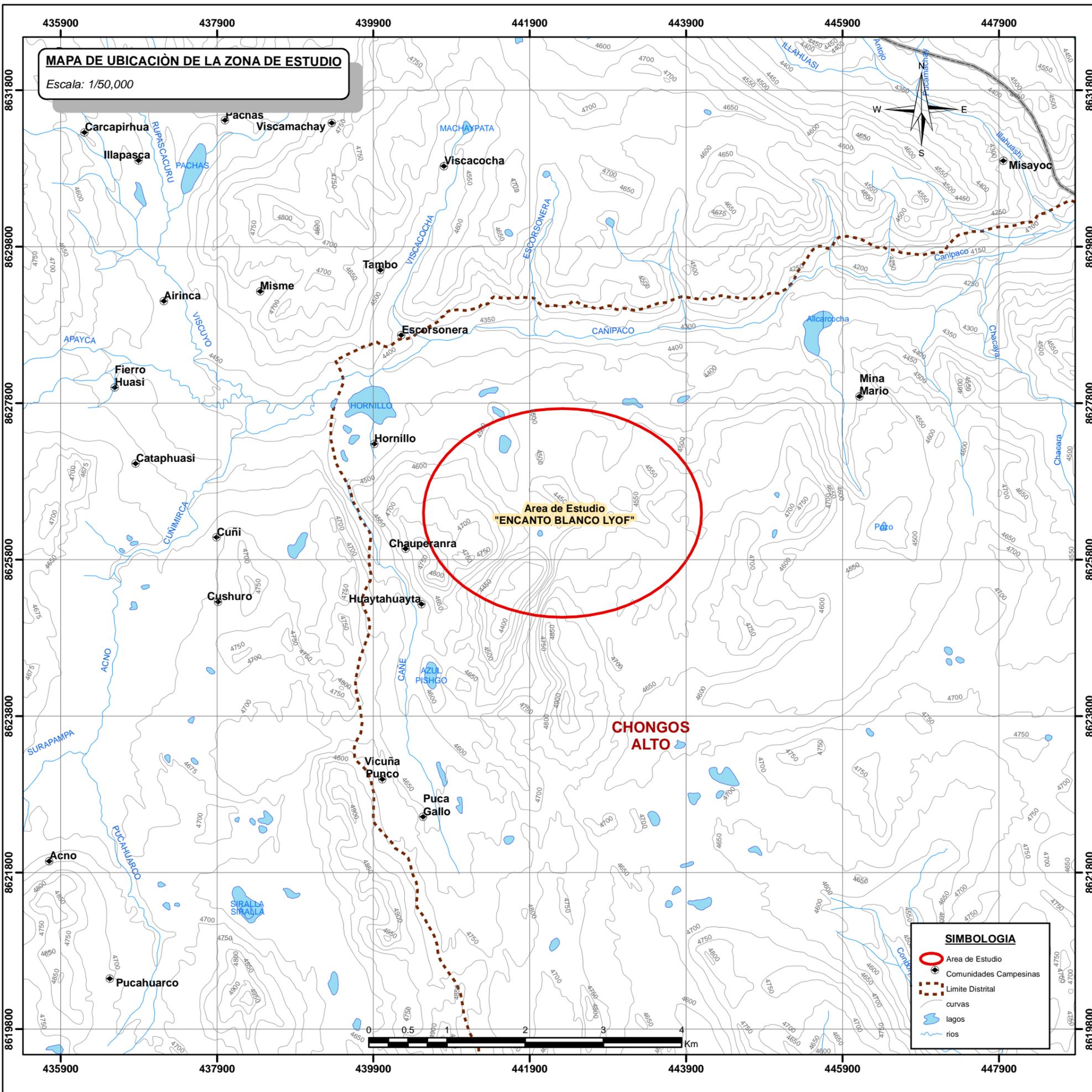
- Plano N° 01 Ubicación.
- Plano N° 02 Geológico Regional.
- Plano N° 03 Geológico Local.
- Plano N° 04 Geológico Estructural.
- Plano N° 05 General.
- Plano N° 06 Secciones.
- Plano N° 07 Geomecánico
- Plano N° 08 Diseño de Pit
- Plano N° 09 Etapas de Minado

ANEXO 2: Análisis de Laboratorio

ANEXO 3: Registro Geomecánico por estaciones.

ANEXO 4: Imágenes explotación artesanal de labores subterráneas.

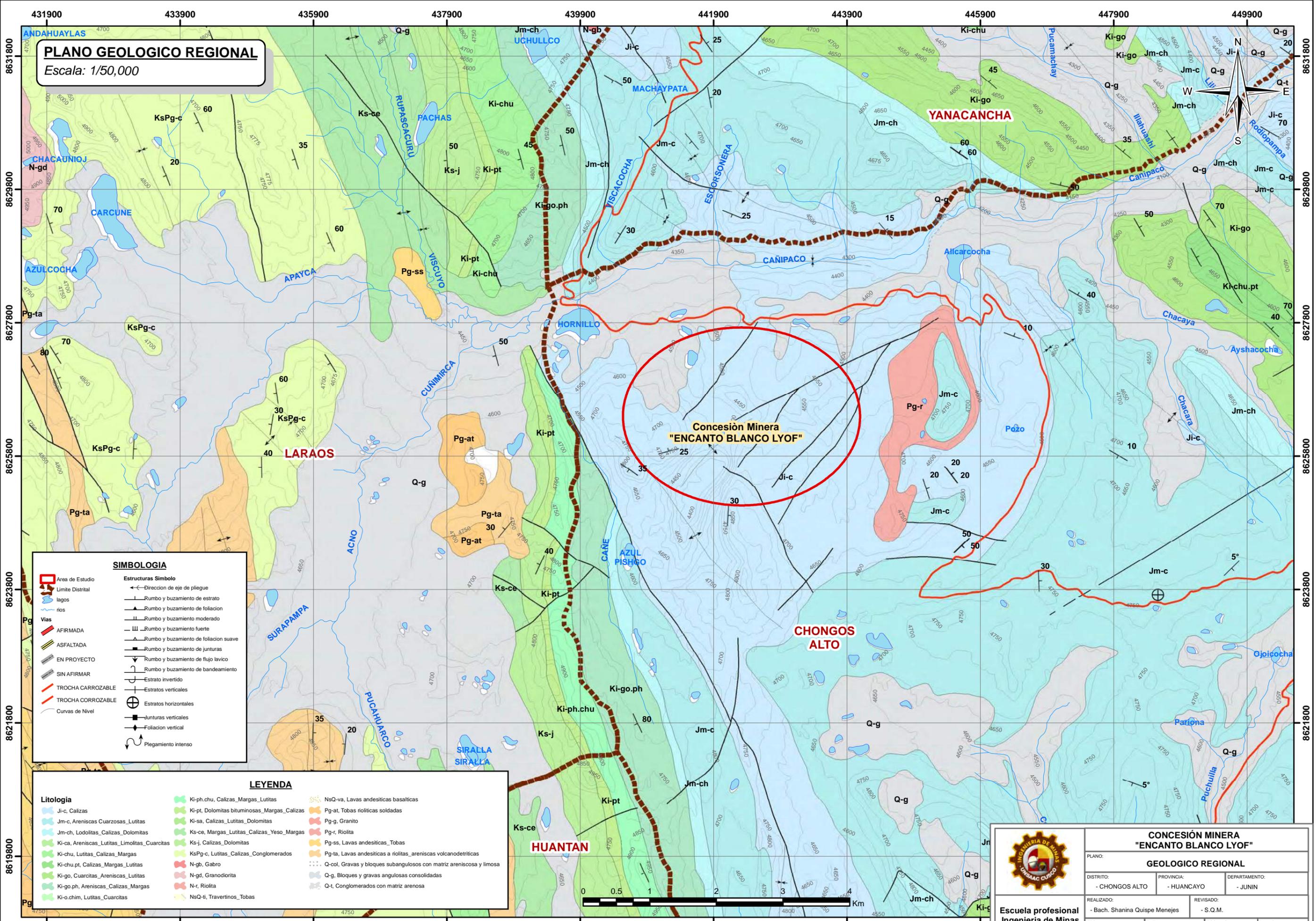
ANEXO 1



	CONCESIÓN MINERA "ENCANTO BLANCO LYOF"			
	MAPA: UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO			
	DISTRITO: - CHONGOS ALTO	PROVINCIA: - HUANCAYO	DEPARTAMENTO: - JUNIN	
	REALIZADO: - Bach. Shanina Quispe Menejes	REVISADO: - S.Q.M.		
FECHA: ABRIL - 2019	DATUM: WGS84-18S	ESCALAS: INDICADAS	PLANO: 01	

PLANO GEOLOGICO REGIONAL

Escala: 1/50,000



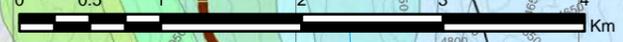
SIMBOLOGIA

	Area de Estudio		Estructuras Simbolo
	Limite Distrital		— Rumbos y buzamiento de estrato
	lagos		— Rumbos y buzamiento de foliacion
	rios		— Rumbos y buzamiento moderado
	Vias		— Rumbos y buzamiento fuerte
	AFIRMADA		— Rumbos y buzamiento de foliacion suave
	ASFALTADA		— Rumbos y buzamiento de juntas
	EN PROYECTO		— Rumbos y buzamiento de flujo lavico
	SIN AFIRMAR		— Rumbos y buzamiento de bandeamiento
	TROCHA CARROZABLE		— Estrato invertido
	TROCHA CARROZABLE		— Estratos verticales
	Curvas de Nivel		— Estratos horizontales
			— Junturas verticales
			— Foliacion vertical
			— Plegamiento intenso

LEYENDA

	Ji-c, Calizas		Ki-ph.chu, Calizas_Margas_Lutitas		NsQ-va, Lavas andesiticas basalticas
	Jm-c, Areniscas Cuarzosas_Lutitas		Ki-pt, Dolomitas bituminosas_Margas_Calizas		Pg-at, Tobas rioliticas solidadas
	Jm-ch, Lodolitas_Calizas_Dolomitas		Ki-sa, Calizas_Lutitas_Dolomitas		Pg-g, Granito
	Ki-ca, Areniscas_Lutitas_Limolitas_Cuarzitas		Ks-ce, Margas_Lutitas_Calizas_Yeso_Margas		Pg-r, Riolita
	Ki-chu, Lutitas_Calizas_Margas		Ks-j, Calizas_Dolomitas		Pg-ss, Lavas andesiticas_Tobas
	Ki-chu.pt, Calizas_Margas_Lutitas		KsPg-c, Lutitas_Calizas_Conglomerados		Pg-ta, Lavas andesiticas a riolitas_areniscas volcanodetríticas
	Ki-go, Cuarzitas_Areniscas_Lutitas		N-gb, Gabro		Q-col, Gravas y bloques subangulosos con matriz areniscosa y limosa
	Ki-go.ph, Areniscas_Calizas_Margas		N-gd, Granodiorita		Q-g, Bloques y gravas angulosas consolidadas
	Ki-o.chim, Lutitas_Cuarzitas		N-r, Riolita		Q-t, Conglomerados con matriz arenosa
			NsQ-ti, Travertinos_Tobas		

	CONCESIÓN MINERA "ENCANTO BLANCO LYOF"		
	GEOLOGICO REGIONAL		
PLANO:	PROVINCIA:	DEPARTAMENTO:	
DISTRITO:	- CHONGOS ALTO	- HUANCAYO	- JUNIN
REALIZADO:	REVISADO:		
- Bach. Shanina Quispe Menejes	- S.Q.M.		
FECHA:	DATUM:	ESCALAS:	PLANO:
ABRIL - 2019	WGS84-18S	INDICADAS	02



439900

441900

443900

445900

PLANO GEOLOGICO LOCAL

Escala: 1/20,000



8627800

8627800

8625800

8625800

**Concesión Minera
"ENCANTO BLANCO LYOF"**

Veta Principal

Area de Estudio

Veta de Caliza

LEYENDA

Litología Local

CA, Caliza

Ca-Lu, Caliza margosasy niveles de lutitas.

Dol, Dolomitas

Lu-Ar, Lutitas- areniscas.

Mrb, Marmoles

Q, Cuaternario

Q-fl, Cuaternario fluvial

Ri-Da, Riolita - Dacita



Escuela profesional
Ingeniería de Minas

CONCESIÓN MINERA "ENCANTO BLANCO LYOF"

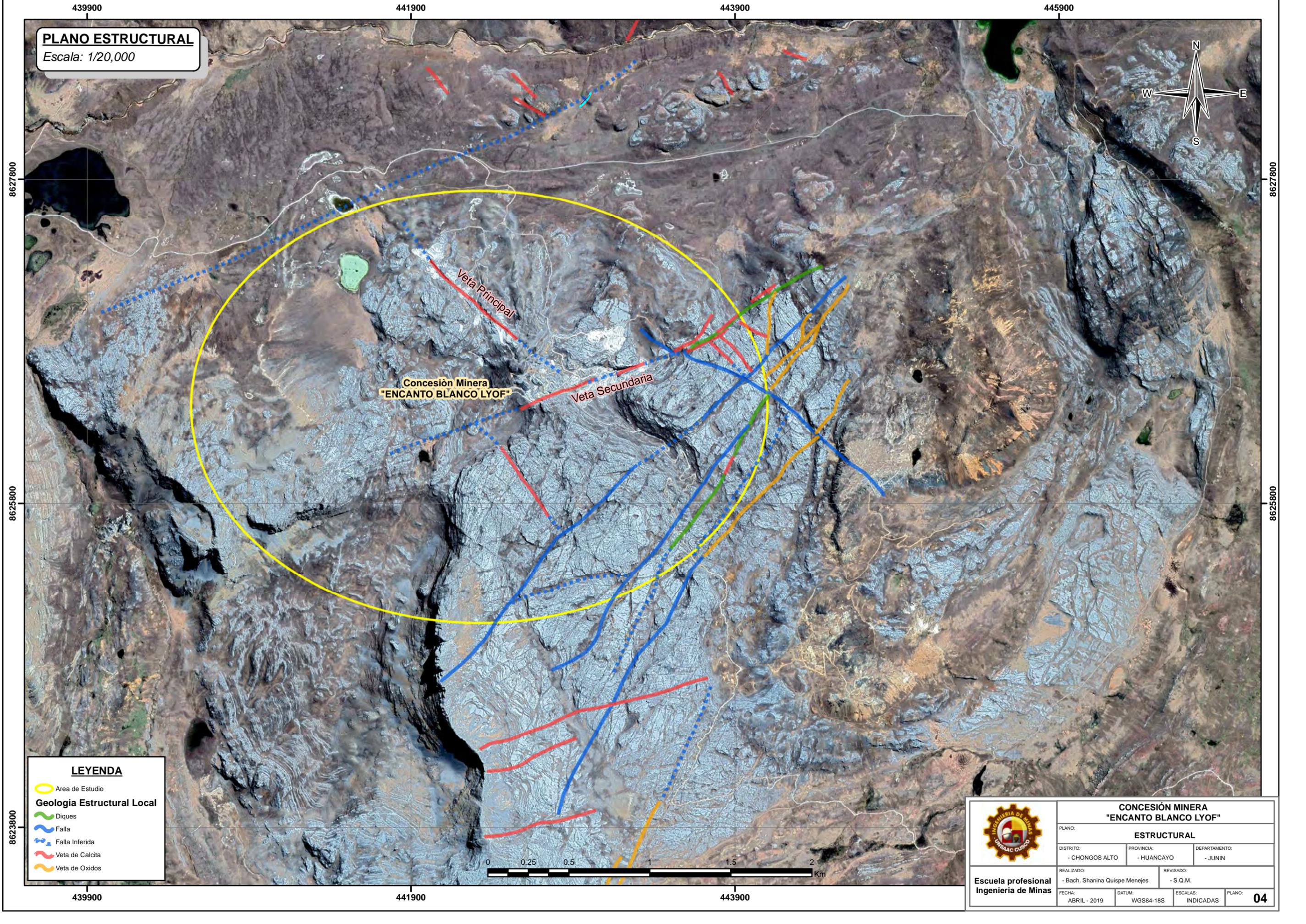
PLANO: GEOLOGICO LOCAL		
DISTRITO: - CHONGOS ALTO	PROVINCIA: - HUANCAYO	DEPARTAMENTO: - JUNIN
REALIZADO: - Bach. Shanina Quispe Menejes	REVISADO: - S.Q.M.	
FECHA: ABRIL - 2019	DATUM: WGS84-18S	ESCALAS: INDICADAS
		PLANO: 03

439900

441900

443900

PLANO ESTRUCTURAL
Escala: 1/20,000



Concesión Minera
"ENCANTO BLANCO LYOF"

Veta Principal

Veta Secundaria

LEYENDA

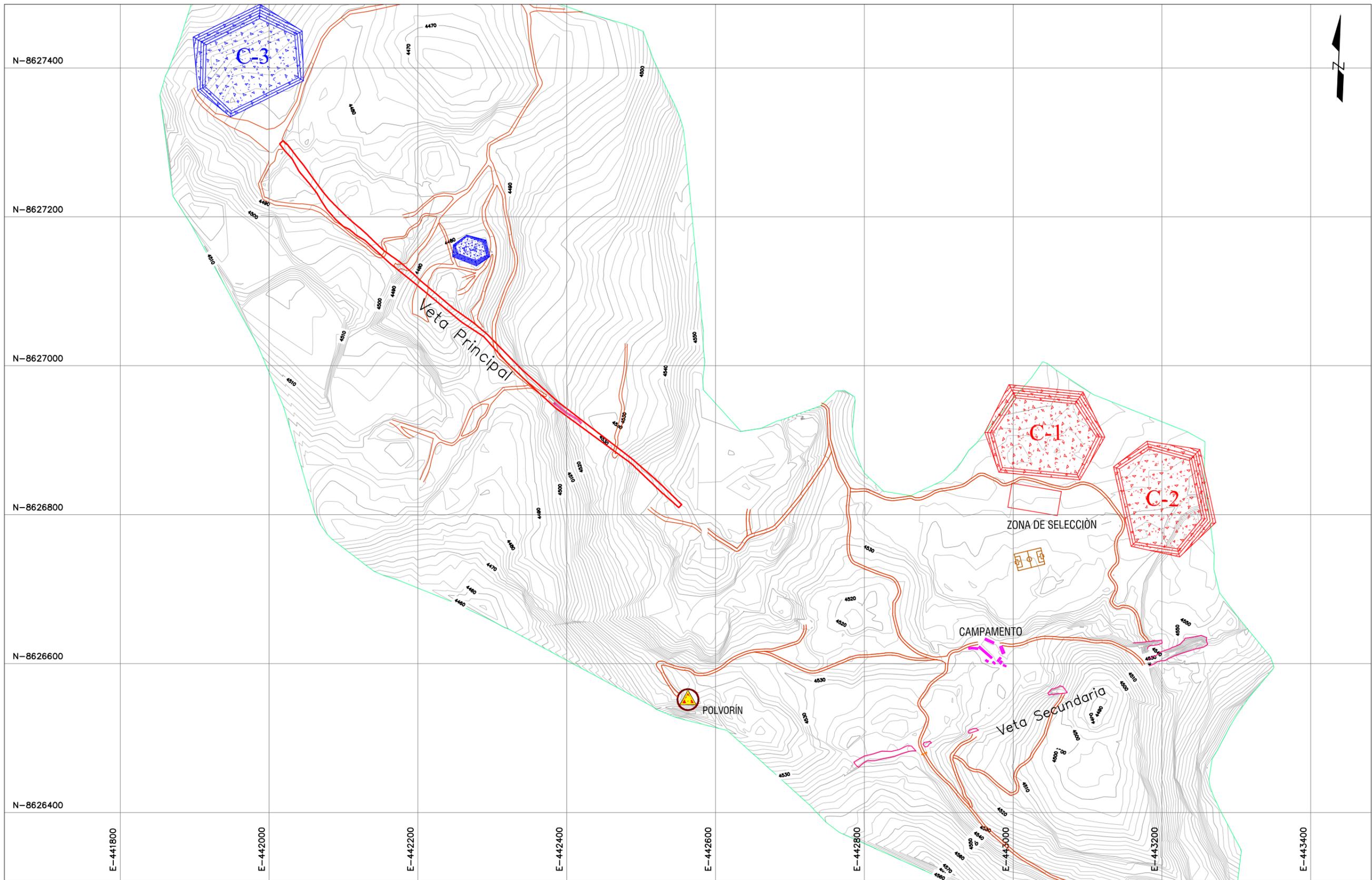
- Area de Estudio
- Geología Estructural Local**
- Diques
- Falla
- Falla Inferida
- Veta de Calcita
- Veta de Oxidos



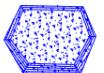
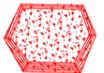
Escuela profesional
Ingeniería de Minas

**CONCESIÓN MINERA
"ENCANTO BLANCO LYOF"**

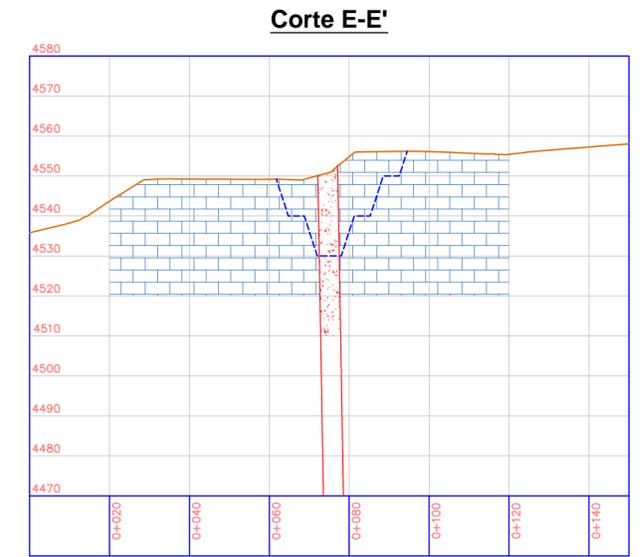
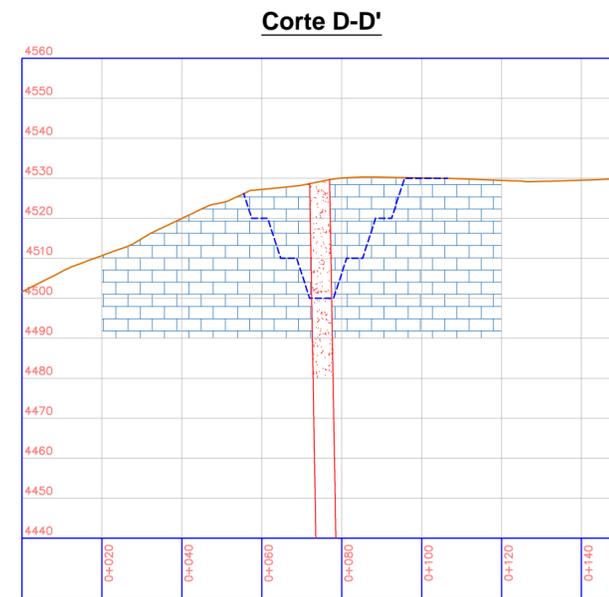
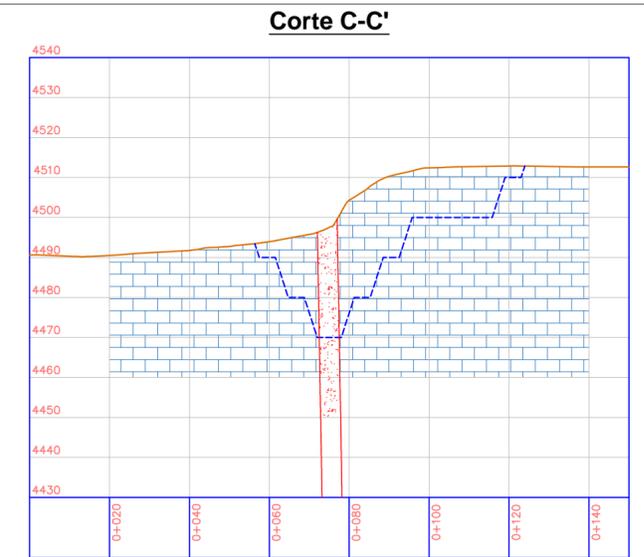
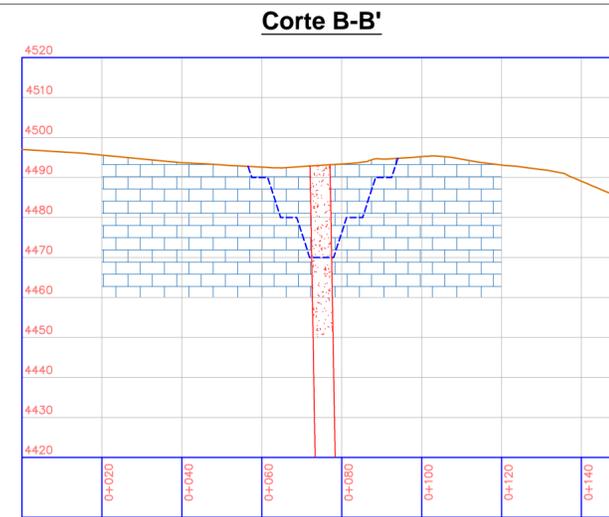
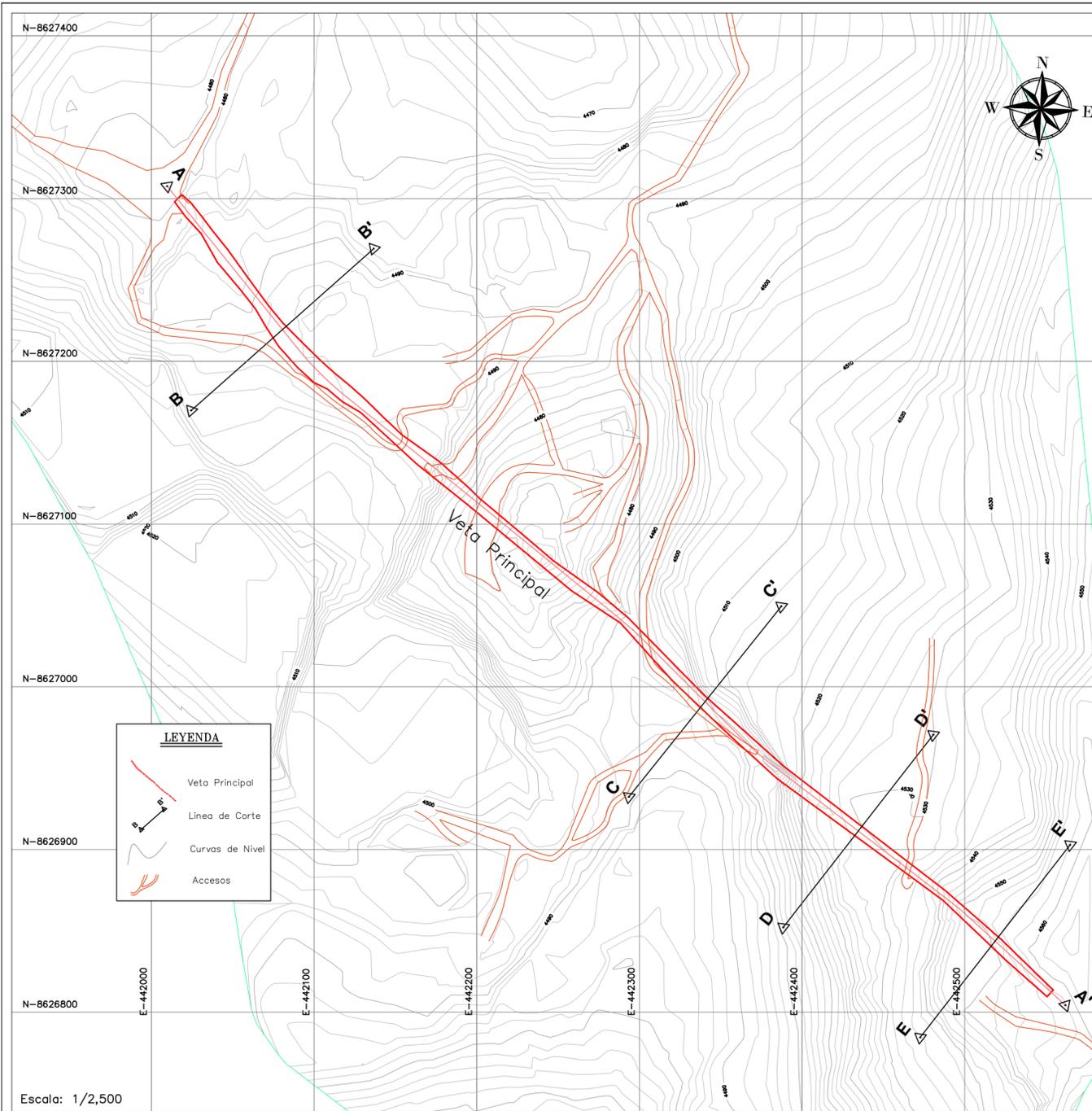
PLANO: ESTRUCTURAL			
DISTRITO: - CHONGOS ALTO	PROVINCIA: - HUANCAYO	DEPARTAMENTO: - JUNIN	
REALIZADO: - Bach. Shanina Quispe Menejes	REVISADO: - S.Q.M.		
FECHA: - ABRIL - 2019	DATUM: - WGS84-18S	ESCALAS: - INDICADAS	PLANO: 04



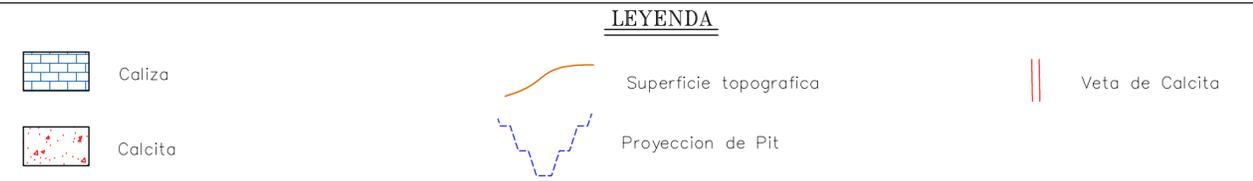
LEYENDA

	Veta Principal		Accesos		Cancha de Caliza		Campamentos
	Curvas de Nivel		Laboreos Antiguos		Cancha de Calcita		Polvorin

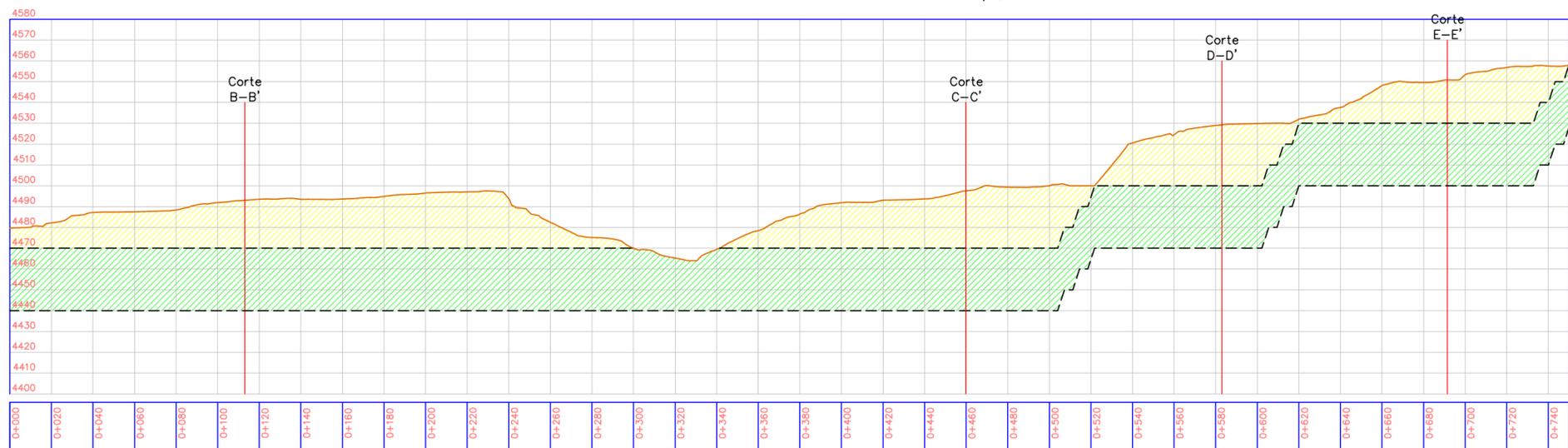
	"ENCANTO BLANCO LYOF"			
	PLANO GENERAL			
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA DE MINAS	DISTRITO:	PROVINCIA:	DEPARTAMENTO:	
	CHONGOS ALTO	HUANCAYO	JUNIN	
FECHA:	DATUM:	ESCALA:	PLANO:	
MAYO, 2018	WGS - 84	1/5,000	05	



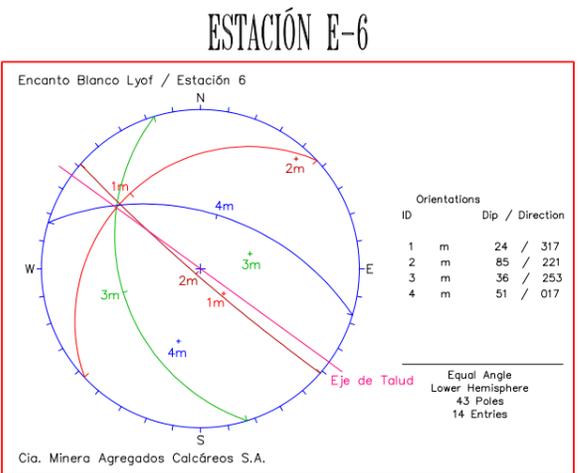
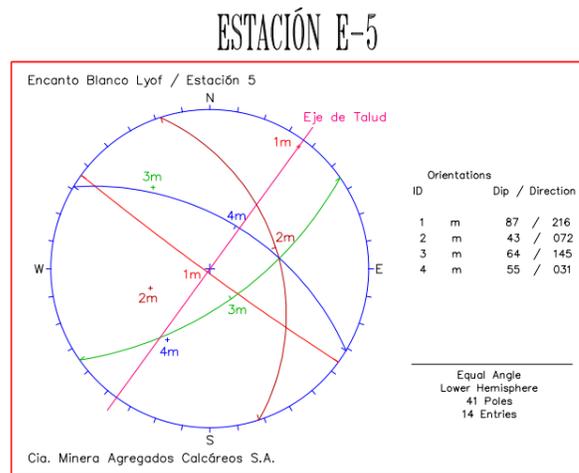
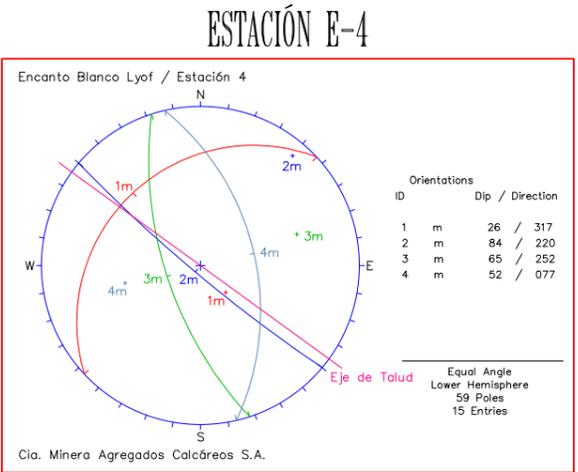
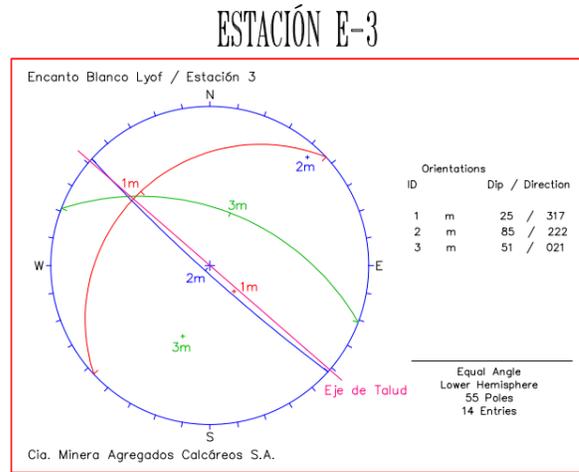
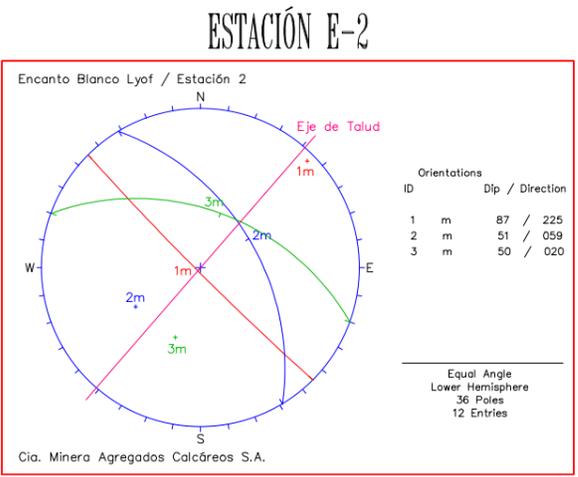
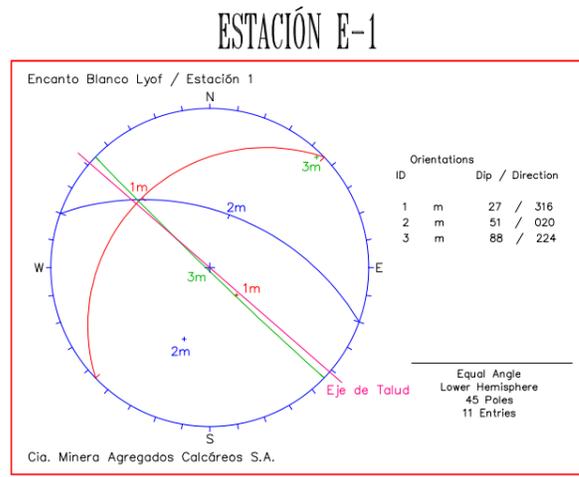
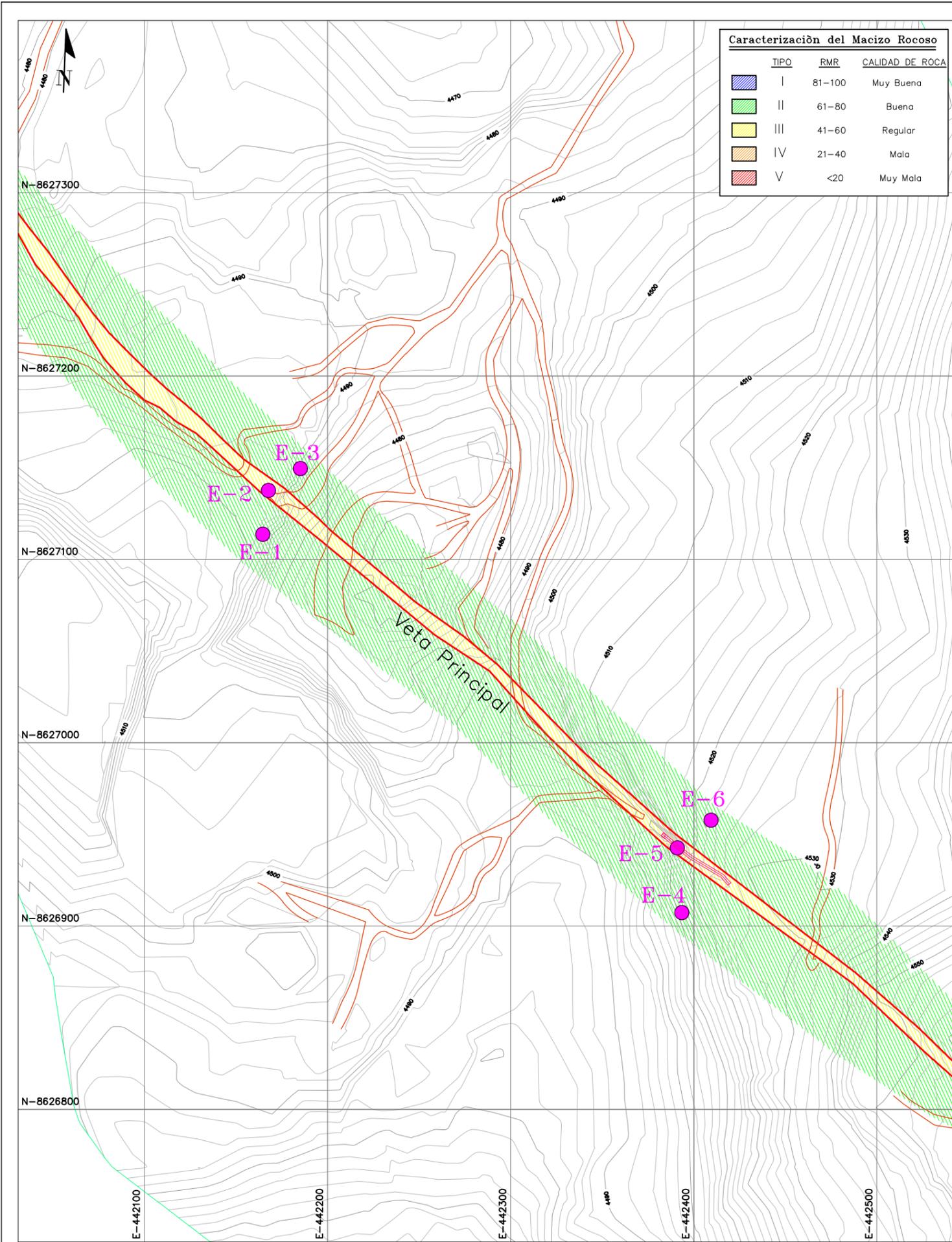
Escala: 1/2,500



CORTE A-A' (Eje de Veta) Escala: 1/2,000



 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA DE MINAS	"ENCANTO BLANCO LYOF"		
	SECCIONES		
DISTRITO: CHONGOS ALTO	PROVINCIA: HUANCAYO	DEPARTAMENTO: JUNIN	
FECHA: MAYO, 2018	DATUM: WGS - 84	ESCALA: Indicadas	PLANO: 06



LEYENDA

- Veta Principal
- Estación Geomecánica
- Curvas de Nivel
- Accesos

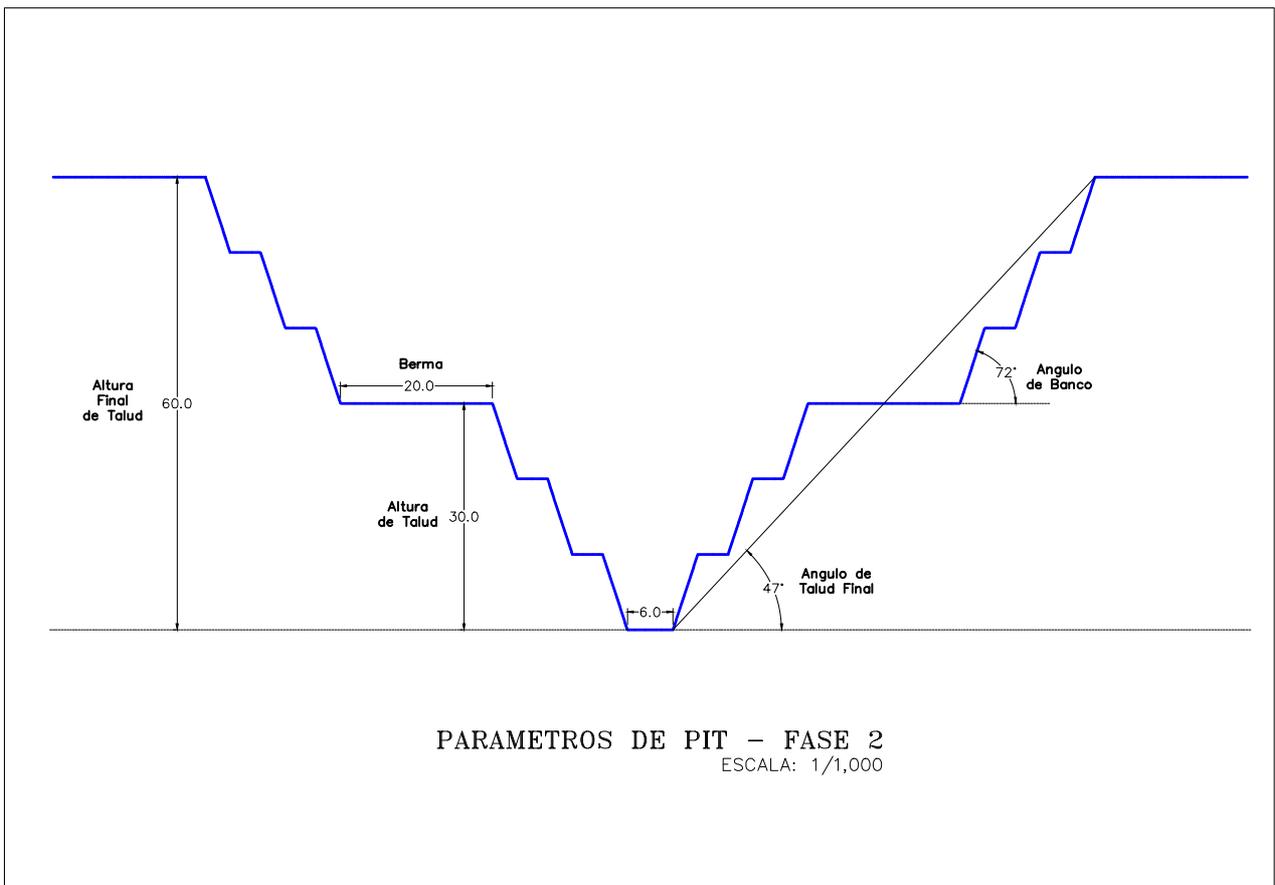
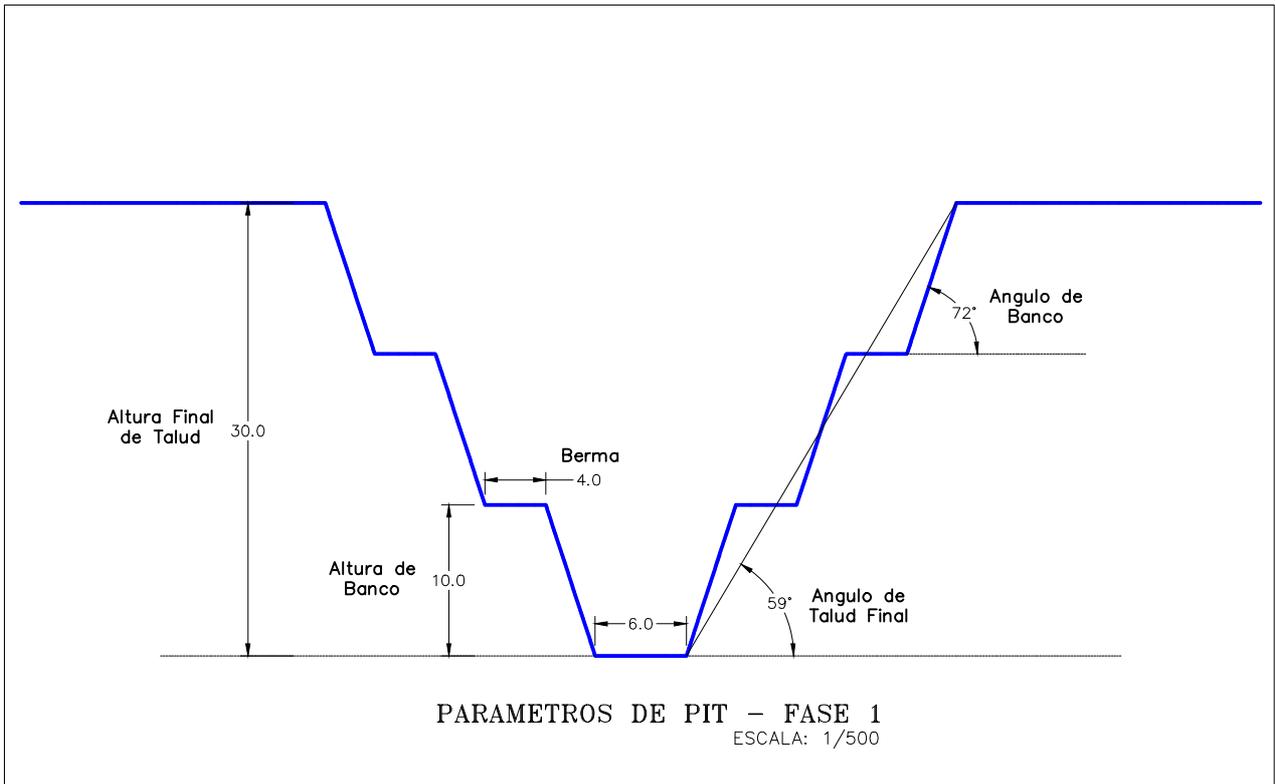


"ENCANTO BLANCO LYOF"

PLANO GEOMECANICO

ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA DE MINAS	DISTRITO: CHONGOS ALTO	PROVINCIA: HUANCAYO	DEPARTAMENTO: JUNIN
	FECHA: MAYO, 2018	DATUM: WGS - 84	ESCALA: 1/2,500
			PLANO: 07

PARAMETROS DE PIT – ENCANTO BLANCO LYOF



PARAMETROS DE DISEÑO (FASE 1)	
Altura de talud final	: 30m
Angulo de talud de final	: 59°
Altura de banco	: 10m
Angulo de banco	: 72°
Berma de seguridad	: 4m

PARAMETROS DE DISEÑO (FASE 2)	
Altura de talud final	: 60m
Angulo de talud de final	: 47°
Altura de Talud	: 30m
Angulo de Talud	: 59°
Berma de seguridad	: 20m

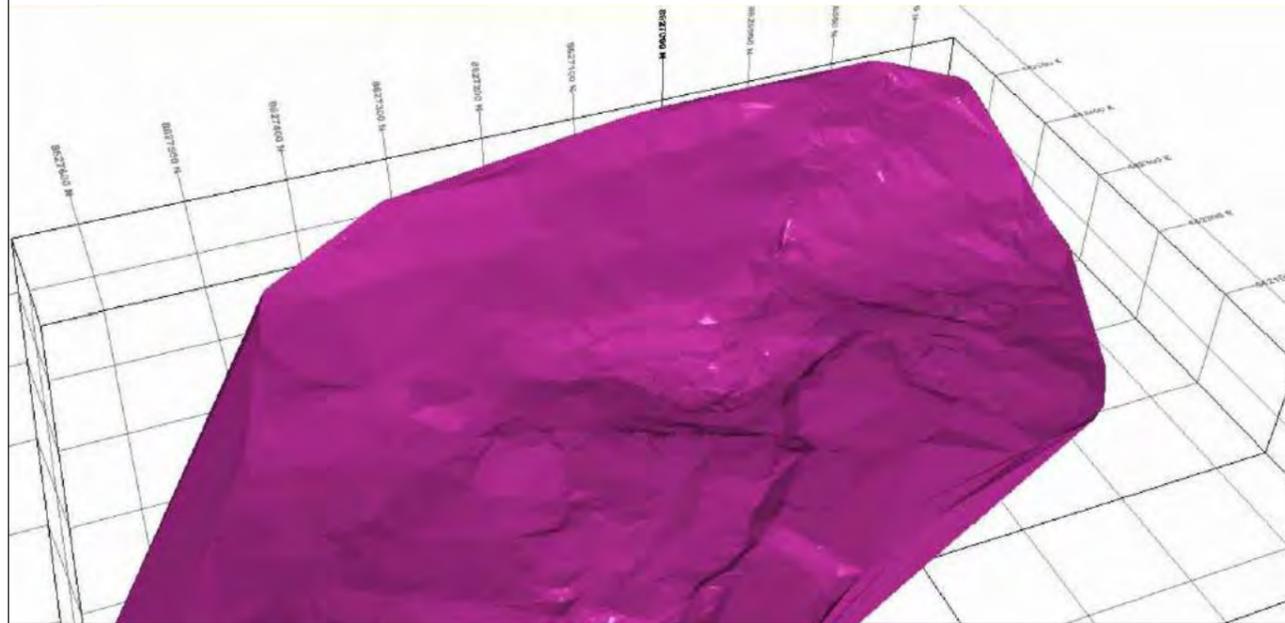


ESCUELA PROFESIONAL
INGENIERIA DE MINAS

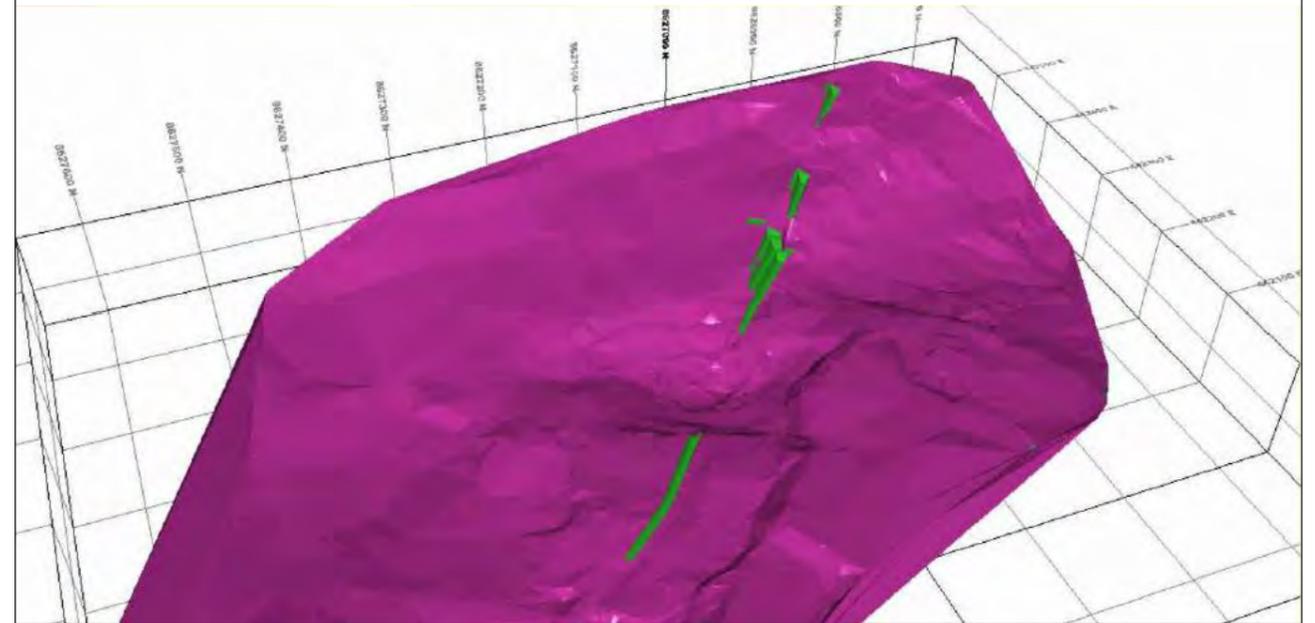
"ENCANTO BLANCO LYOF"			
DISEÑO DE PIT			
DISTRITO: CHONGOS ALTO	PROVINCIA: HUANCAYO	DEPARTAMENTO: JUNIN	
FECHA: MAYO, 2018	DATUM: -	ESCALA: Indicadas	PLANO: 08

ETAPAS DE MINADO DE LA VETA PRINCIPAL EN LA CONCECIÓN MINERA "ENCANTO BLANCO LYOF"

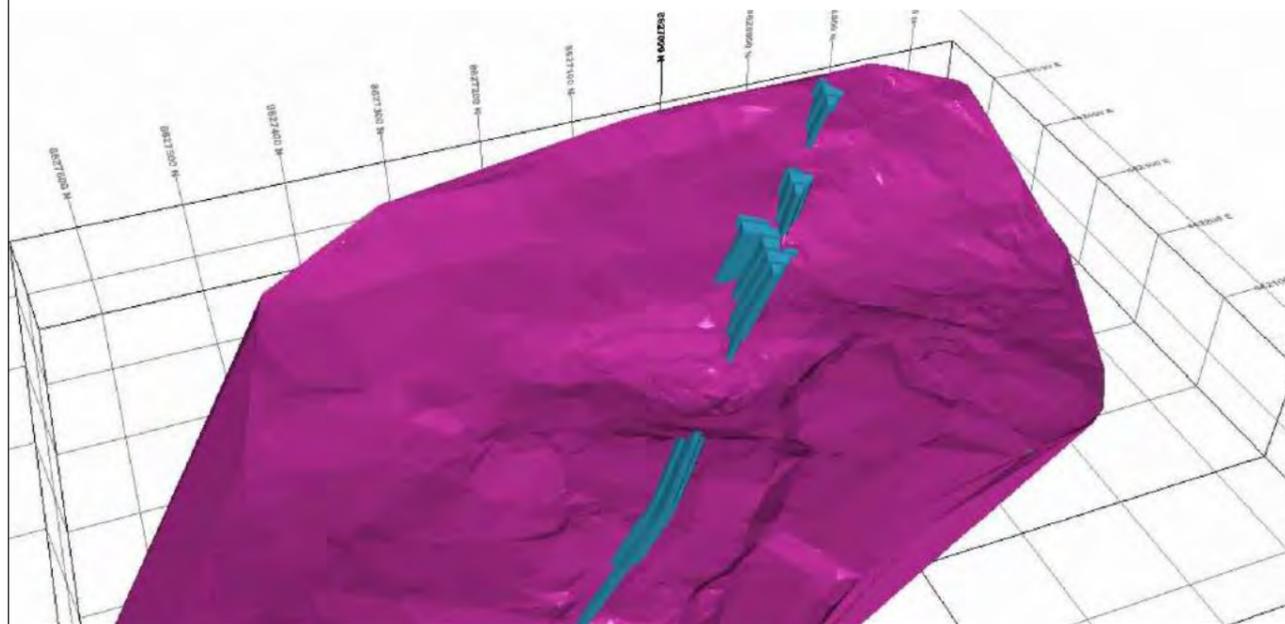
Etapa Inicial



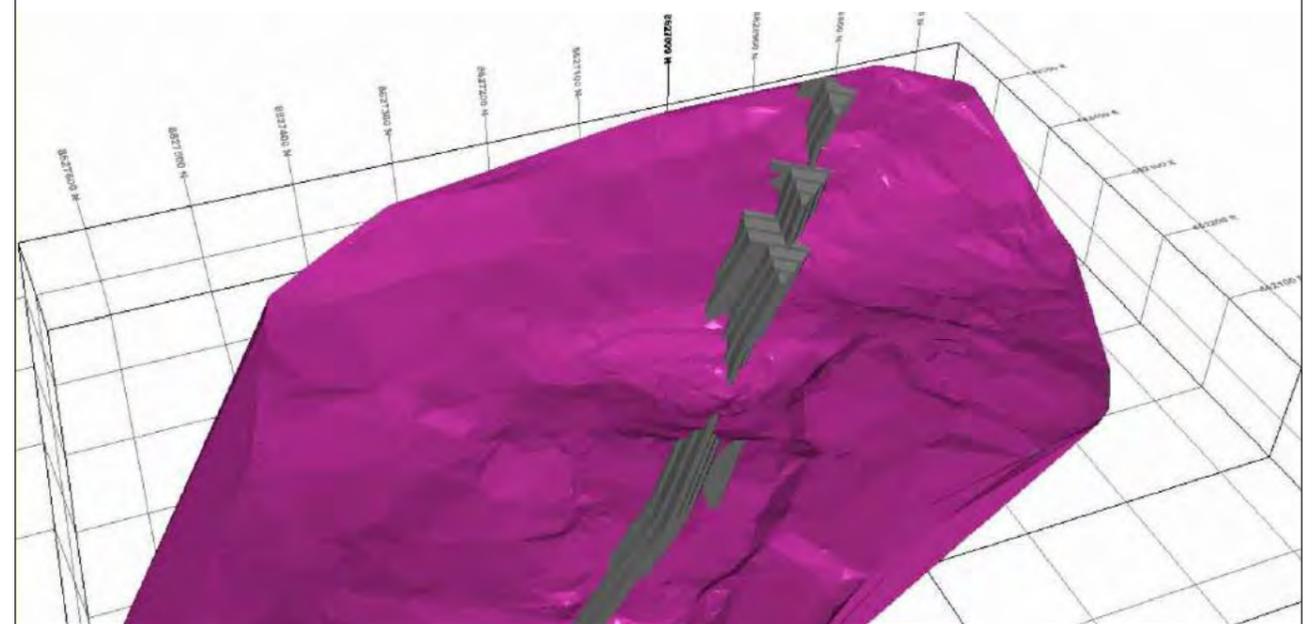
Etapa 1



Etapa 2



Etapa 3



	"ENCANTO BLANCO LYOF"			
	ETAPAS DE MINADO			
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA DE MINAS	DISTRITO:	PROVINCIA:	DEPARTAMENTO:	
	CHONGOS ALTO	HUANCAYO	JUNIN	
FECHA:	DATUM:	ESCALA:	PLANO:	
MAYO, 2018	WGS - 84	Graficas Indicadas	09	

ANEXO 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

INFORME N° 237/11/LMR/UNI

***ENSAYOS DE COMPRESION SIMPLE
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL
ENSAYOS DE PROPIEDADES FISICAS***

Solicitado por:
COMACSA

Muestra:
Bloques rocosos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM D2938

Los resultados son los siguientes:

<i>Muestra</i>	<i>Diámetro (cm.)</i>	<i>Altura (cm.)</i>	<i>Carga (KN.)</i>	<i>Resistencia a la Compresión Simple (Kg./cm²)</i>	<i>Resistencia a la Compresión Simple (MPa)</i>
<i>M-1</i>	<i>3.80</i>	<i>7.67</i>	<i>120.00</i>	<i>1082.89</i>	<i>106.12</i>

Observación: Estandarizado según Protodyakonov ($L/D = 2$)

ENSAYOS DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Se ha ensayado 3 testigos por cada muestra entregada. Los testigos se realizaron según la norma ASTM 2664-95.

Los resultados son lo siguientes:

<i>Muestra</i>	<i>Diámetro (cm.)</i>	<i>Altura (cm.)</i>	<i>Carga (Kg.)</i>	<i>Confin. (MPa)</i>	<i>Resistencia (MPa)</i>	<i>mi</i>	<i>Angulo de Fricción Interno (°)</i>	<i>Cohesión (MPa)</i>
	<i>5.39</i>	<i>11.08</i>	<i>29724.8</i>	<i>2</i>	<i>128.1</i>	<i>23.4</i>	<i>54.18</i>	<i>17.67</i>
<i>M-1</i>	<i>5.39</i>	<i>8.87</i>	<i>35530.1</i>	<i>4</i>	<i>148.6</i>			
	<i>5.39</i>	<i>8.74</i>	<i>39873.6</i>	<i>6</i>	<i>166.4</i>			





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

ENSAYOS DE PROPIEDADES FISICAS.

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM D2216

Los resultados son los siguientes:

<i>Muestra</i>	<i>Diámetro (cm.)</i>	<i>Altura (cm.)</i>	<i>Densidad Seca (gr./cm³)</i>	<i>Densidad Húmeda (gr./cm³)</i>	<i>Porosidad Aparente (%)</i>	<i>Absorción (%)</i>	<i>Peso Especifico Aparente (KN/m³)</i>
M-1	5.39	2.84	2.68	2.68	0.66	0.25	26.25

Nota:

- La empresa solicitante es responsable de la toma de muestra en campo.
- La información correspondiente a las muestras fue proporcionada por el cliente.



Ing. Elvis Valencia Chávez
Jefe del Laboratorio de Mecánica de Rocas
Universidad Nacional de Ingeniería



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

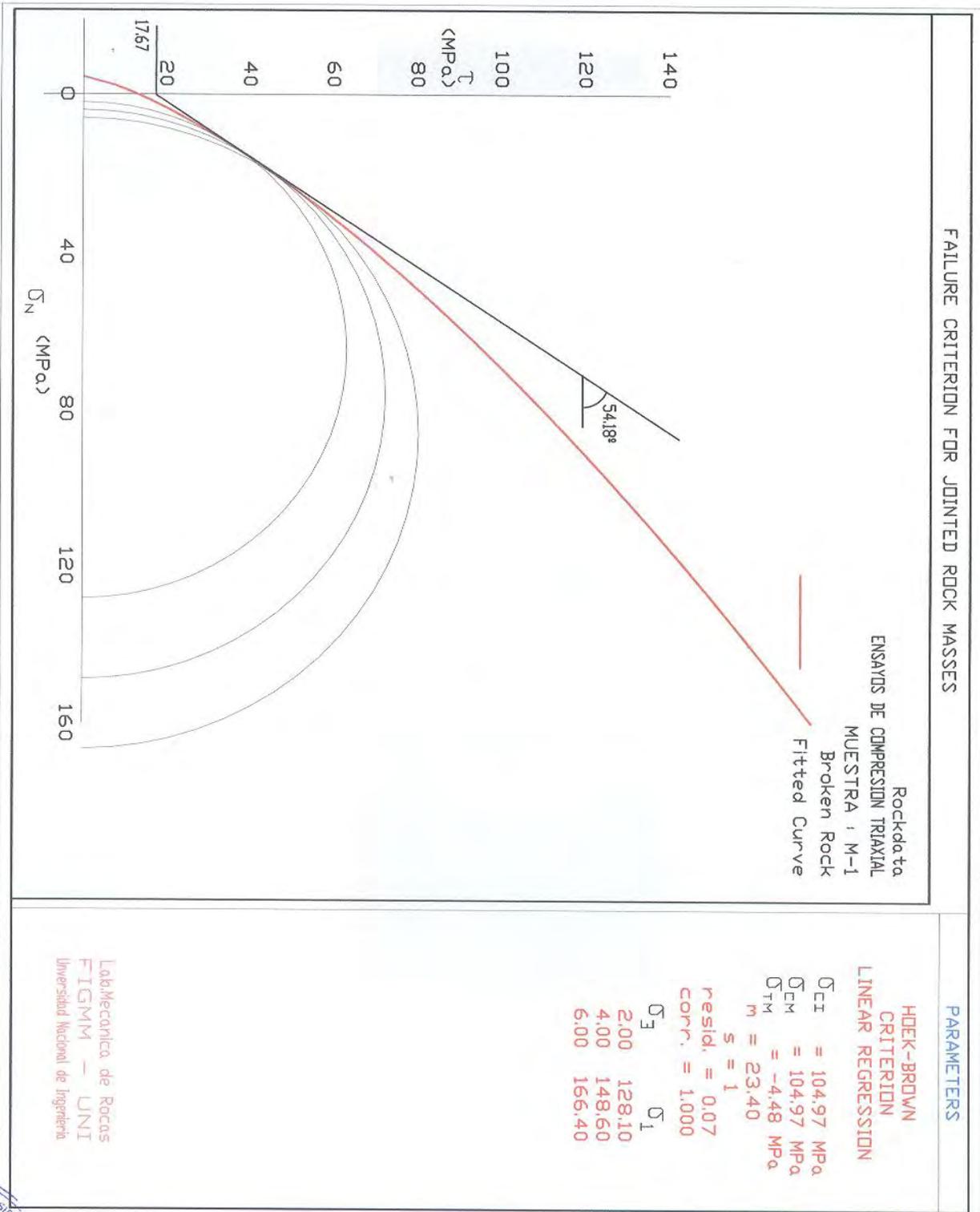
GRAFICOS

COMPRESION TRIAXIAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

FOTOS

COMPRESION UNIAXIAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

ANTES



DESPUES





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

FOTOS

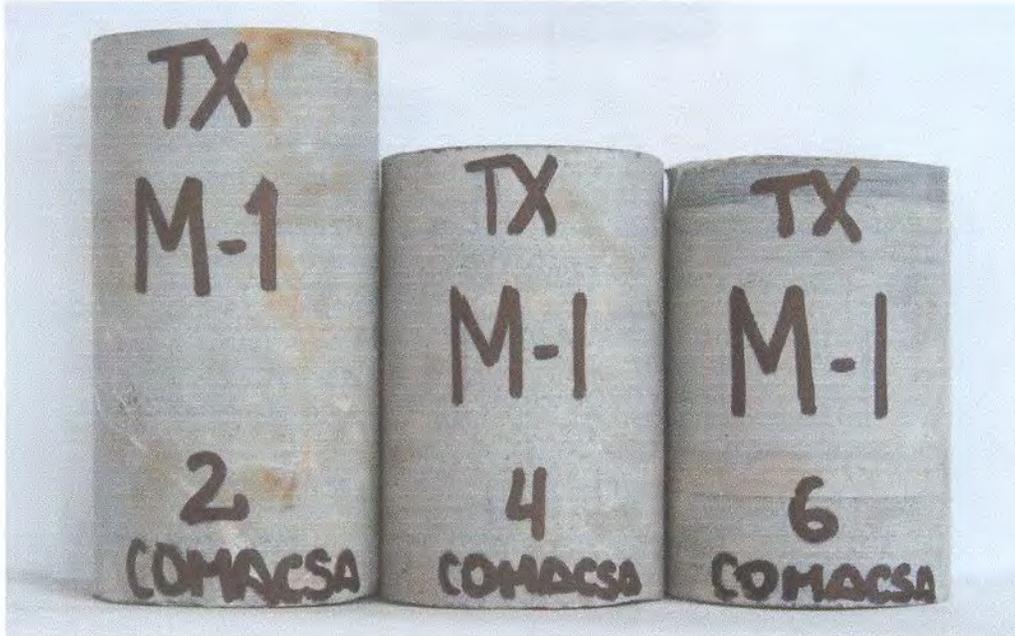
COMPRESION TRIAXIAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

ANTES



DESPUES





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

INFORME N° 250/12/LMR/UNI

ENSAYOS DE COMPRESION UNIAXIAL ENSAYOS DE PROPIEDADES FISICAS ENSAYOS DE CONSTANTES ELASTICAS ENSAYOS DE COMPRESION TRIAXIAL

Solicitado por:
COMACSA

Muestra:
Bloques rocosos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM D2938

Los resultados son los siguientes:

<i>Muestra</i>	<i>Diámetro (cm.)</i>	<i>Altura (cm.)</i>	<i>Carga (KN.)</i>	<i>Resistencia a la Compresión Simple (Kg./cm²)</i>	<i>Resistencia a la Compresión Simple (MPa)</i>
M-1	4.50	9.18	245.60	424.43	41.59

Observación: Estandarizado según Protodyakonov ($L/D = 2$)

ENSAYOS DE PROPIEDADES ELÁSTICAS

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM D3148

Los resultados son los siguientes:

<i>Muestra</i>	<i>Diámetro (cm.)</i>	<i>Altura (cm.)</i>	<i>Modulo Young (GPa)</i>	<i>Poisson</i>
M-1	4.52	9.20	6.58	0.32
M-2	4.54	9.08	9.92	0.31

ENSAYOS DE PROPIEDADES FISICAS.

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM 2216- 02

Los resultados son los siguientes:

<i>Muestra</i>	<i>Diámetro (cm.)</i>	<i>Altura (cm.)</i>	<i>Densidad Seca (gr./cm³)</i>	<i>Densidad Húmeda (gr./cm³)</i>	<i>Porosidad Aparente (%)</i>	<i>Absorción (%)</i>	<i>Peso Especifico Aparente (KN/m³)</i>
M-1	5.08	2.02	2.63	2.63	0.59	0.22	25.76





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

ENSAYOS DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Se ha ensayado 3 testigos por cada muestra entregada. Los testigos se realizaron según la norma ASTM 2664-95.

Los resultados son los siguientes:

<i>Muestra</i>	<i>Diámetro (cm.)</i>	<i>Altura (cm.)</i>	<i>Carga (Kg.)</i>	<i>Confin. (MPa)</i>	<i>Resistencia (MPa)</i>	<i>mi</i>	<i>Angulo de Fricción Interno (°)</i>	<i>Cohesión (MPa)</i>
	5.07	9.88	11698.3	2	56.6	7.67	36.86	12.15
M-1	5.07	10.16	13325.3	4	64.7			
	5.07	9.93	14995.6	6	72.6			

Nota:

- La empresa solicitante es responsable de la toma de muestra en campo.
- La información correspondiente a las muestras fue proporcionada por el cliente.



Ing. Elvis Valencia Chávez
Jefe del Laboratorio de Mecánica de Rocas
Universidad Nacional de Ingeniería



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

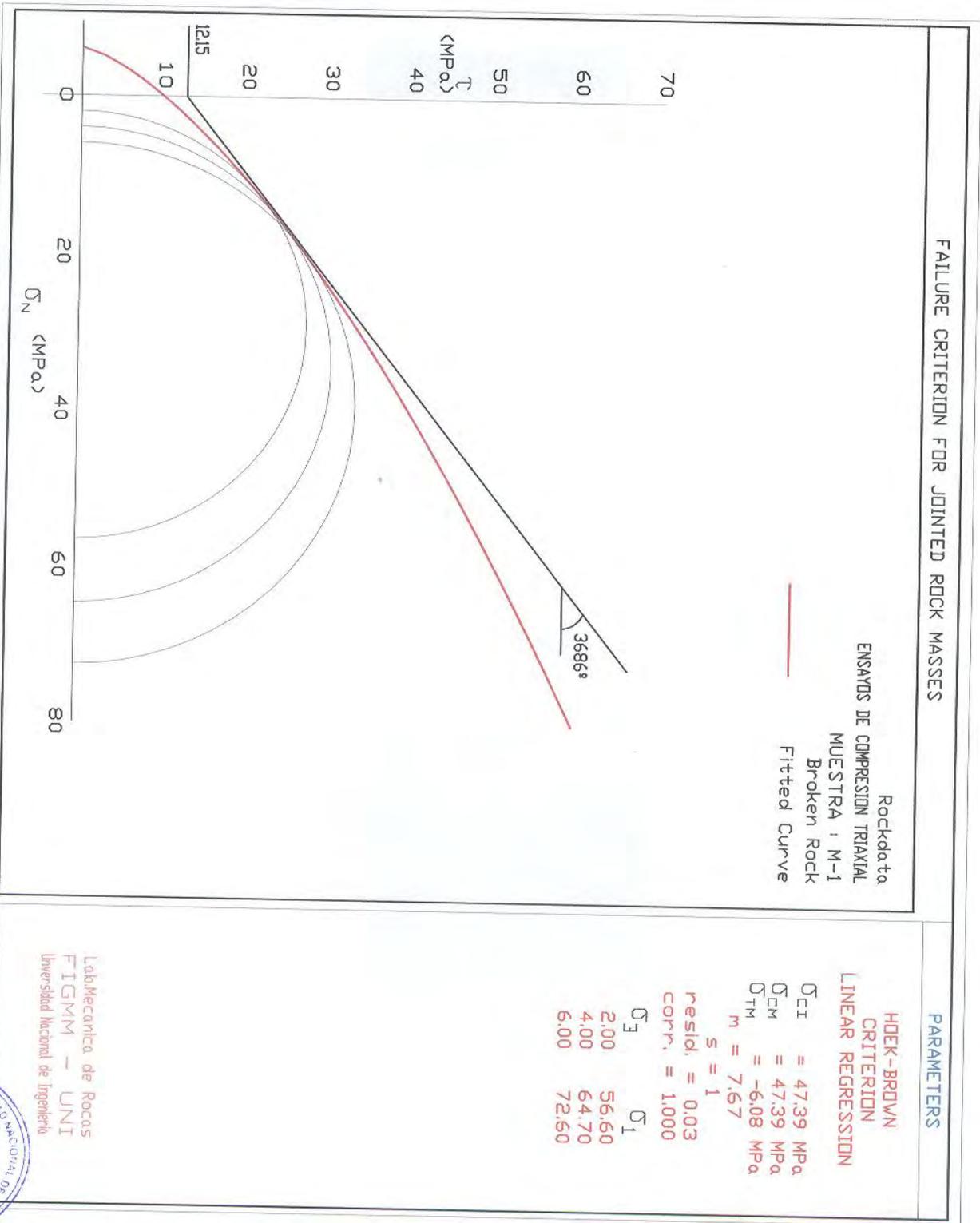
GRAFICOS

COMPRESION TRIAXIAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas



Lab.Mecanica de Rocas
FIGMM - UNI
Universidad Nacional de Ingeniería





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

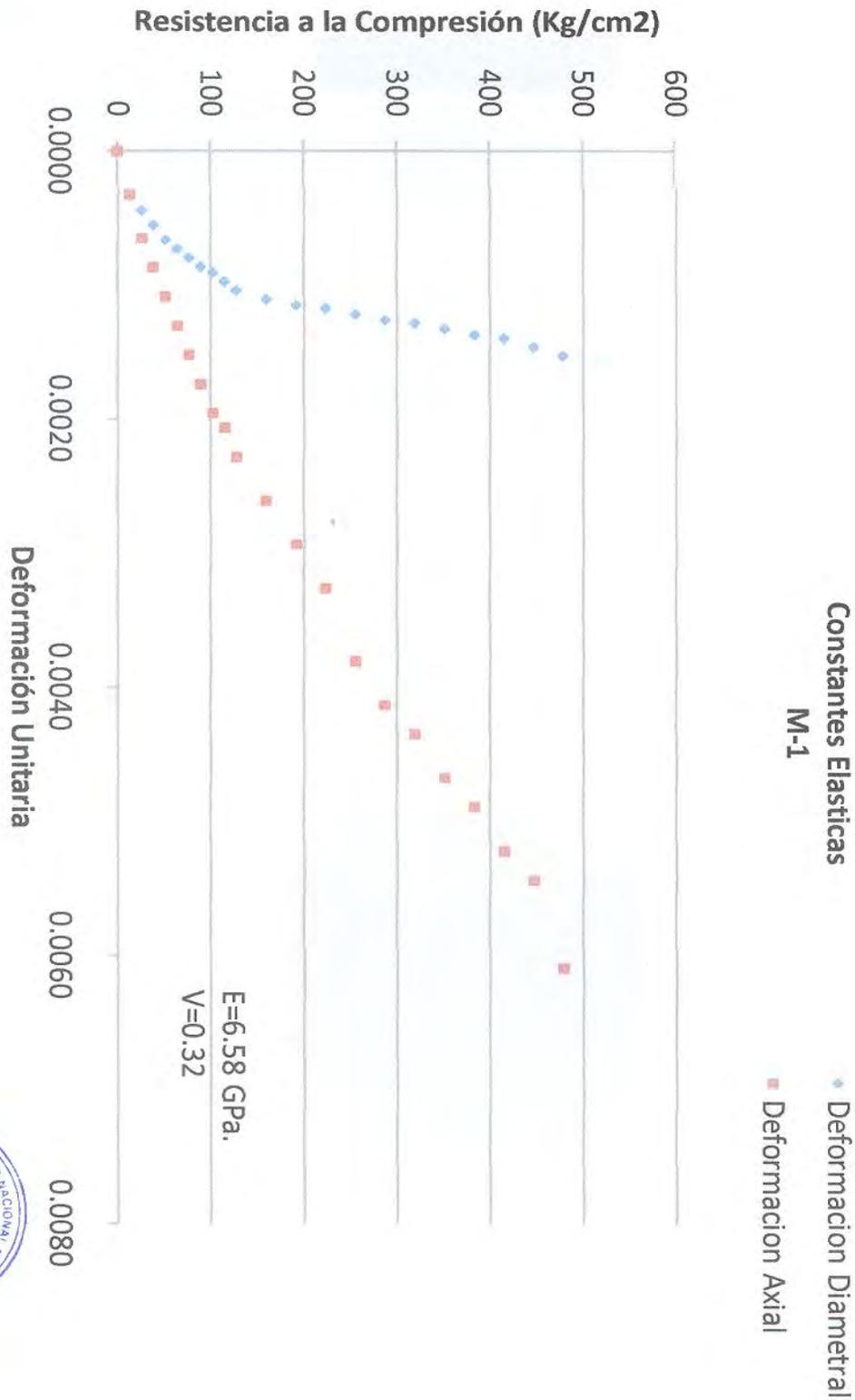
GRAFICOS

CONSTANTES ELASTICAS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

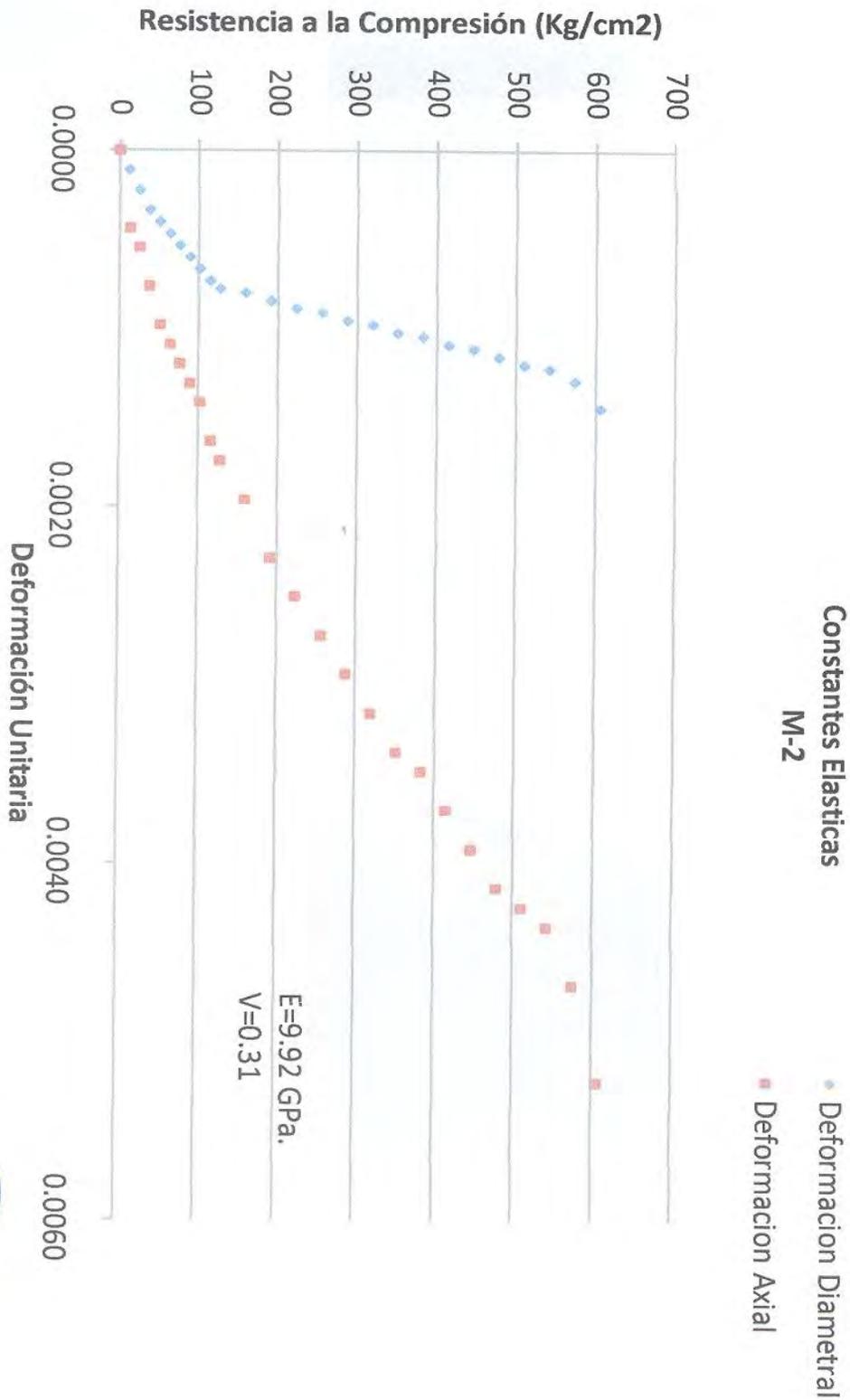
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

FOTOS

COMPRESION UNIAXIAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

ANTES



DESPUES





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

FOTOS

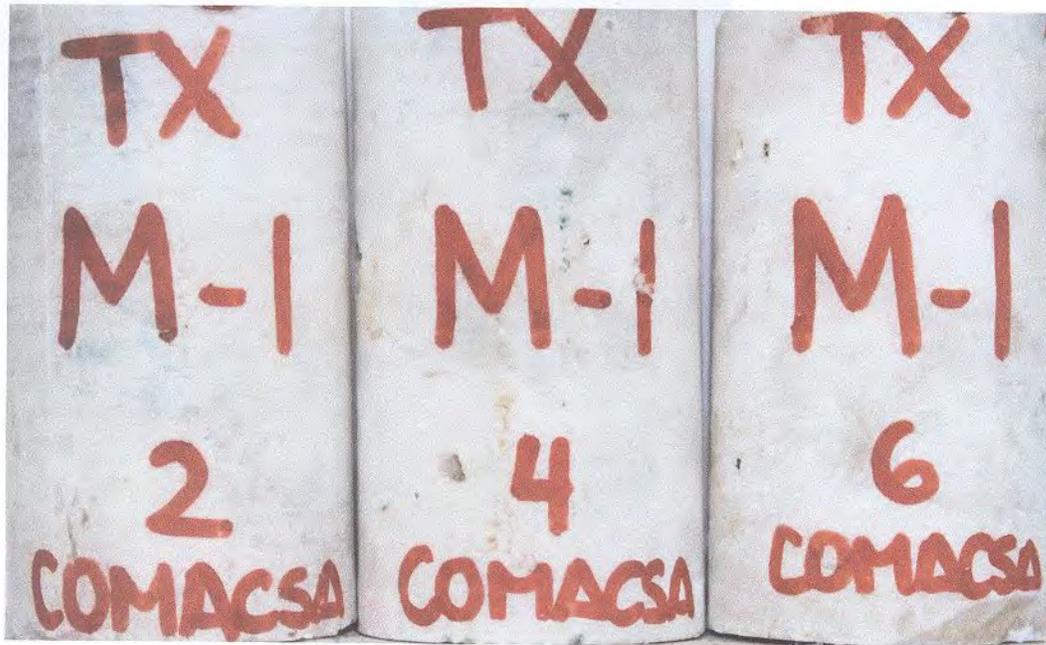
COMPRESION TRIAXIAL



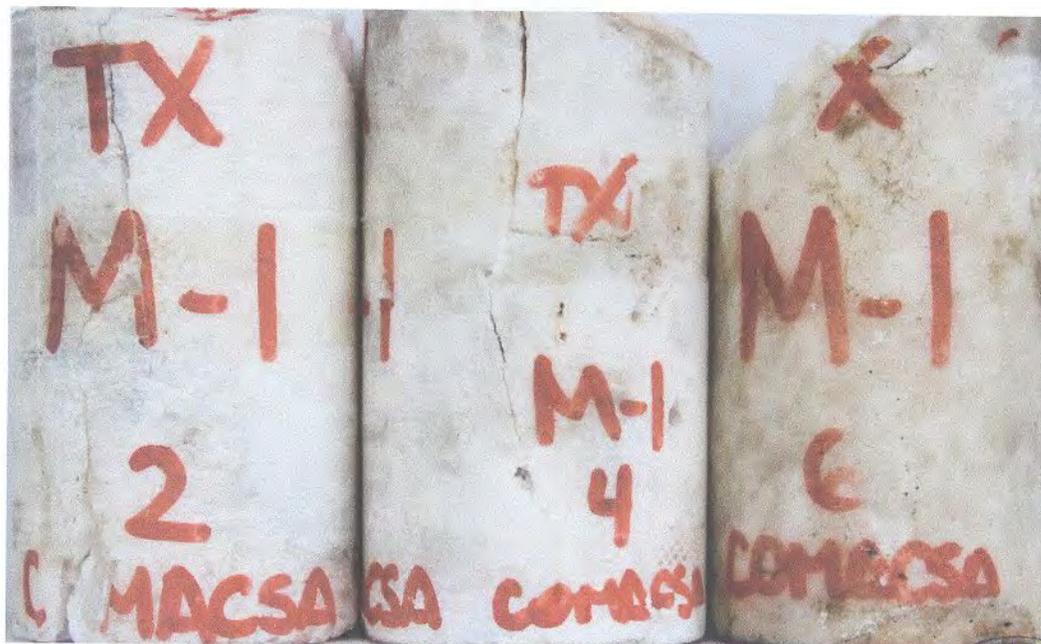
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

ANTES



DESPUES



ANEXO 3

DATOS DE MAPEO RMR (BIENIAWSKI)

CIA. MINERA AGREGADOS CALCAREOS S.A.
DEPARTAMENTO DE MINAS
AREA GEOMECANICA



CONCESIÓN MINERA:
 LUGAR:

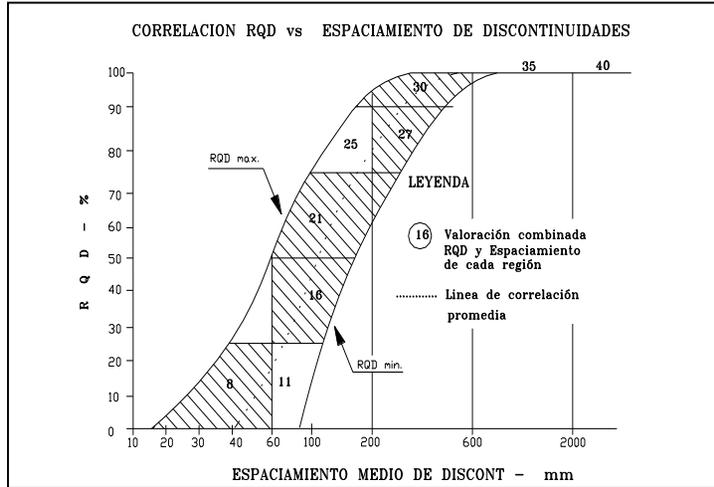
"ENCANTO BLANCO LYOF"
Coord. UTM 442,164.67 E; 8'627,113.70 N

POR: **VZM, ASL**
 FECHA: **Enero, 2018**
 HOJA: **1 de 1**

Nº ESTACION		ORIENTACION DE TALUD		TRAMO		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)								
E-1		DIR. DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA	RANGO DE VALORES					VALORADO			
		N 41°	72°	0	60	VALOR ESTIMADO								
TIPO DE ROCA						PARAMETRO					VALORADO			
A		%	B	%	Nº Fract. / ml.	R. COMPRES. UNIAXIAL (M)								
Caliza		90	Calcita	10	7 a 9	RQD %	>250 (15)	X 100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	12		
						ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	0,6-2 (15)	0,2-0,6 (10)	X 0,06-0,2 (8)	< 0,06 (5)	3		
TIPO ESTRU.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO	RELLENO		COMENTARIOS	CONDICION DE JUNTAS	RANGO DE VALORES					VALORADO	
	DIR. BUZAMIENT.	BUZAMIENTO		TIPO	ESPESOR			VALOR ESTIMADO						
ES	316	27	20	Limpio	< 5 mm	SISTEMA 1	PERSISTENCIA	<1m long. (6)	1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	X > 20 m (0)	4A	0
SD	20	51	3	Limpio	< 5 mm	SISTEMA 2	ABERTURA	Cerrada (6)	X <0.1mm apert. (5)	0.1-1.0mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	5
SD	224	88	3	Limpio	< 5 mm	SISTEMA 3	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	X Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	5
							RELLENO	X Limpia (6)	Duro < 5mm (4)	Duro> 5mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	6
							ALTERACION	Sana (6)	X Lig. Alterada. (5)	Mod.Alterada (3)	Muy Alterada (2)	Descompuestz (0)	4E	5
							AGUA SUBTERRANEA	X Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	15
VALOR TOTAL RMR (suma de valoracion de 1 al 5)												RMR BASIC.		
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
RMR		100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0						71		
DESCRIPCIÓN		I MUY BUENA		II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA					II		

INDICES DE RESISTENCIAS			
GRADO	IDENTIFICACION EN EL CAMPO		Grado de Resistencia Compres.Uniax M
R1	Delesnable con los golpes firmes con la punta del martillo de geologo se desconcha con una cuchilla.		Muy baja 1.0 - 5.0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla, marcas poco profundas en la roca con golpe firme de martillo de geologo (de		Baja 5 - 25
R3	No se raya ni desconcha con el cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo de geologo.(Se indenta		Media 25 - 50
R4	La muestra se rompe con uno o dos golpes de martillo.		Alta 50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.		Muy Alta 100 - 250
R6	Solo se reompe esquirlas de la muestra con el martillo.(la Roca se astilla con golpes de picota)		> 250

INDICES DE INTEMPERIZACION			
GRADO	DESCRIPCION		
I	SANA	Ningun signo de intemperismo en el material rocoso. Quizá ligera decoloracion sobre superficies de discontinuidad principales.	
II	LIGERO	La decoloracion indica intemperismo del material rocoso y superficies de discontinuidad. El material rocoso decolorido extremadamente es mas debil que su condicion sana.	
III	MODERADA	Menos de la mitad de material rocoso esta descompuesto y/o desintegrado a un suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un marco continuo o como un nucleo rocoso.	
IV	MUY INTEMP.	Mas de la mitad de material rocoso esta descompuesto y/o desintegrado desintegrado a un suelo.La roca sana o decolorada se presenta como un marco discontinuo o como nucleo rocoso.	
V	DESCOMPUES	Todo el material rocoso esta descompuesto y/o desintegrado a suelo . La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.	



ABREVI. ESPACIAMIENTO	
1	> 2 m
2	0.6 - 2 m
3	0.2 - 0.6 m
4	X 0.06 - 0.2 m
5	< 0.06 m

ABREVIATURAS DE TIPOS DE RELLENO	
Ox	OXIDO
Bx	BRECHA
Arc	ARCILLA
Pnz	PANIZO
Cal	X CALCITA

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
Mz	Monzonita
Gr	Granito
Cz	X Caliza
Di	Diorita
Vo	Volcánico
Esq	Esquisto
And	Andesita

ABREVIATURAS DE TIPOS DE ESTRUCTURAS	
J	X JUNTAS
F	FALLA
V	VETA
E	X ESTRATIFICACIÓN
V	VENILLA
Gt	GRIETAS

COMENTARIOS ADICIONALES	
EL MACIZO ROCOSO ES COMPETENTE	
LA ALTERACIÓN DE LAS JUNTAS ES DE LIGERA .	
LA SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES SE ENCUENTRAN SECAS.	

DATOS DE MAPEO RMR (BIENIAWSKI)

CIA. MINERA AGREGADOS CALCAREOS S.A.
DEPARTAMENTO DE MINAS
AREA GEOMECANICA



CONCESIÓN MINERA:
 LUGAR:

"ENCANTO BLANCO LYOF"

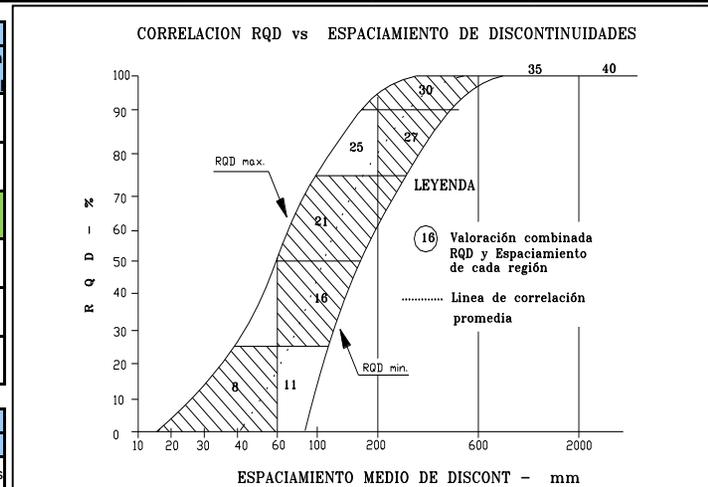
Coord. UTM 442,167.74 E; 8'627,137.60 N

POR: **VZM, ASL**
 FECHA: **Enero, 2018**
 HOJA: **1 de 1**

Nº ESTACION		ORIENTACION DEL TALUD		TRAMO		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)									
E-2		N 311°	72°	0	60	RANGO DE VALORES VALOR ESTIMADO					VALORADO				
TIPO DE ROCA						PARAMETRO					VALORADO				
A		%	B	%	Nº Fract. / ml.	R. COMPRES. UNIAXIAL (M)									
Calcita		90	Caliza	10	10 a 11	RQD %	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1	4		
TIPO DE ROCA						ESPACIAMIENTO (m)									
A		%	B	%	Nº Fract. / ml.	RQD %	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1	4		
Calcita		90	Caliza	10	10 a 11	RQD %	90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	2	13		
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO	RELLENO		COMENTARIOS		CONDICION DE JUNTAS							
DIR. BUZAMIENT.	BUZAMIENTO		TIPO	ESPESOR				PERSISTENCIA	VALOR ESTIMADO						
F	225	87	7	Panizo	> 5 mm	SISTEMA 1		<1m long. (6)	1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)	4A	0	
SD	59	51	15	Limpio	< 5 mm	SISTEMA 2		Cerrada (6)	<0.1mm apert. (5)	0.1-1.0mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	5	
SD	20	50	10	Limpio	< 5 mm	SISTEMA 3		Muy rugosa (6)	Muy rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3	
								RELLENO	Duro < 5mm (4)	Duro> 5mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	2	
								ALTERACION	Sana (6)	Lig. Alterada. (5)	Mod.Alterada (3)	Muy Alterada (2)	Descompuestz (0)	4E	5
								AGUA SUBTERRANEA	X Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	15
VALOR TOTAL RMR (suma de valoracion de 1 al 5)												RMR BASIC.			
CLASE DE MACIZO ROCOSO												55			
RMR		100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0						III			
DESCRIPCIÓN		I MUY BUENA		II BUENA		III REGULAR		IV MALA		V MUY MALA					

INDICES DE RESISTENCIAS			
GRADO	IDENTIFICACION EN EL CAMPO		Ingo de Resisten ompres.Uniax M
R1	Delesnable con los golpes firmes con la punta del martillo de geologo se desconcha con una cuchilla.		Muy baja 1.0 - 5.0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla, marcas poco profundas en la roca con golpe firme de martillo de geologo (de		Baja 5 - 25
R3	No se raya ni desconcha con el cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo de geologo.(Se indenta		Media 25 - 50
R4	La muestra se rompe con uno o dos golpes de martillo.		Alta 50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.		Muy Alta 100 - 250
R6	Solo se reompe esquirlas de la muestra con el martillo.(la Roca se astilla con golpes de picota)		> 250

INDICES DE INTEMPERIZACION			
GRADO	DESCRIPCION		
I	SANA	Ningun signo de intemperismo en el material rocoso. Quizá ligera decoloracion sobre superficies de discontinuidad principales.	
II	LIGERO	La decoloracion indica intemperismo del material rocoso y superficies de discontinuidad. El material rocoso decolorido extremadamente es mas debil que su condicion sana.	
III	MODERADA	Menos de la mitad de material rocoso esta descompuesto y/o desintegrado a un suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un marco continuo o como un nucleo rocoso.	
IV	MUY INTEMP.	Mas de la mitad de material rocoso esta descompuesto y/o desintegrado desintegrado a un suelo.La roca sana o decolorada se presenta como un marco discontinuo o como nucleo rocoso.	
V	DESCOMPUES	Todo el material rocoso esta descompuesto y/o desintegrado a suelo . La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.	



ABREVI. ESPACIAMIENTO	
1	> 2 m
2	0.6 - 2 m
3	0.2 - 0.6 m
4	0.06 - 0.2 m
5	< 0.06 m

ABREVIATURAS DE TIPOS DE RELLENO	
Ox	OXIDO
Bx	BRECHA
Arc	ARCILLA
Pnz	PANIZO
Cal	CALCITA

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
Mz	Monzonita
Gr	Granito
Cz	Caliza
Di	Diorita
Vo	Volcánico
Esq	Esquisto
And	Andesita

ABREVIATURAS DE TIPOS DE ESTRUCTURAS	
J	JUNTAS
F	FALLA
V	VETA
E	ESTRATIFICACIÓN
V	VENILLA
Gt	GRIETAS

COMENTARIOS ADICIONALES	
EL MACIZO ROCOSO CORRESPONDE A LA VETA PRINCIPAL DE CALCITA,	
JUNTAS ES DE LIGERA ,	
LA SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES SE ENCUENTRAN SECAS.	

DATOS DE MAPEO RMR (BIENIAWSKI)

CIA. MINERA AGREGADOS CALCAREOS S.A.
DEPARTAMENTO DE MINAS
AREA GEOMECANICA



CONCESIÓN MINERA:
 LUGAR:

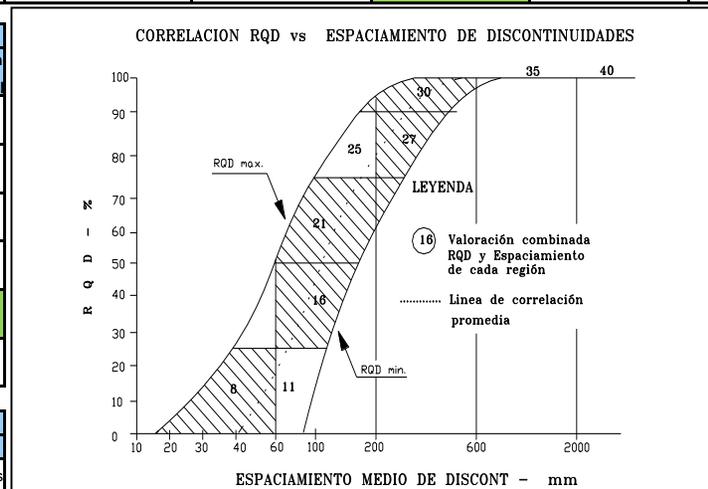
"ENCANTO BLANCO LYOF"
Coord. UTM 442,185.18 E; 8'627,149.52 N

POR: **VZM, ASL**
 FECHA: **Enero, 2018**
 HOJA: **1 de 1**

Nº ESTACION		ORIENTACION DEL TALUD		TRAMO		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)															
E-3		N 221°	72°	0	60	PARAMETRO		RANGO DE VALORES VALOR ESTIMADO					VALORADO								
TIPO DE ROCA						R. COMPRES. UNIAXIAL (M)															
A		%	B		%	Nº Fract. / ml.		>250	(15)	X 100-250	(12)	50-100	(7)	25-50	(4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1	12			
Caliza		90	Calcita		10	7 a 9		RQD %	90-100	(20)	X 75-90	(17)	50-75	(13)	25-50	(8)	<25	(3)	2	15	
TIPO ESTRU.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO	RELLENO		COMENTARIOS		ESPACIAMIENTO (m)		CONDICION DE JUNTAS		VALOR ESTIMADO		VALORADO							
DIR. BUZAMIENT.	BUZAMIENTO	TIPO	ESPEJOR					PERSISTENCIA	ABERTURA		RUGOSIDAD		RELLENO		ALTERACION						
ES	317	25	20	Limpio	< 5 mm	SISTEMA 1		<1m long.	(6)	1-3 m Long.	(4)	3-10m	(2)	10-20 m	(1)	X > 20 m	(0)	4A	0		
F	222	85	3	Limpio	< 5 mm	SISTEMA 2		Cerrada	(6)	X <0.1mm apert.	(5)	0.1-1.0mm	(4)	1 - 5 mm	(1)	> 5 mm	(0)	4B	5		
SD	21	51	3	Limpio	< 5 mm	SISTEMA 3		Muy rugosa	(6)	X Muy rugosa	(5)	Lig.rugosa	(3)	Lisa	(1)	Espejo de fall	(0)	4C	3		
								Duro < 5mm	(4)	X Duro > 5mm	(2)	Suave < 5 mm	(1)	Suave > 5 mm	(0)	4D	4				
								Lig. Alterada.	(5)	X Lig. Alterada.	(5)	Mod.Alterada	(3)	Muy Alterada	(2)	Descompuest	(0)	4E	5		
								Seco	(15)	X Seco	(15)	Humedo	(10)	Mojado	(7)	Goteo	(4)	Flujo	(0)	5	15
VALOR TOTAL RMR (suma de valoracion de 1 al 5)																		RMR BASIC.			
CLASE DE MACIZO ROCOSO																		67			
RMR		100 - 81		80 - 61		60 - 41		40 - 21		20 - 0											
DESCRIPCIÓN		I MUY BUENA		II BUENA		III REGULAR		IV MALA		V MUY MALA											

INDICES DE RESISTENCIAS			
GRADO	IDENTIFICACION EN EL CAMPO		Grado de Resistencia Compres.Uniax M
R1	Delesnable con los golpes firmes con la punta del martillo de geologo se desconcha con una cuchilla.		Muy baja 1.0 - 5.0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla, marcas poco profundas en la roca con golpe firme de martillo de geologo (de		Baja 5 - 25
R3	No se raya ni desconcha con el cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo de geologo.(Se indenta		Media 25 - 50
R4	La muestra se rompe con uno o dos golpes de martillo.		Alta 50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.		Muy Alta 100 - 250
R6	Solo se reompe esquirlas de la muestra con el martillo.(la Roca se astilla con golpes de picota)		> 250

INDICES DE INTEMPERIZACION			
GRADO	DESCRIPCION		
I	SANA	Ningun signo de intemperismo en el material rocoso. Quizá ligera decoloracion sobre superficies de discontinuidad principales.	
II	LIGERO	La decoloracion indica intemperismo del material rocoso y superficies de discontinuidad. El material rocoso decolorido extremadamente es mas debil que su condicion sana.	
III	MODERADA	Menos de la mitad de material rocoso esta descompuesto y/o desintegrado a un suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un marco continuo o como un nucleo rocoso.	
IV	MUY INTEMP.	Mas de la mitad de material rocoso esta descompuesto y/o desintegrado desintegrado a un suelo.La roca sana o decolorada se presenta como un marco discontinuo o como nucleo rocoso.	
V	DESCOMPUES	Todo el material rocoso esta descompuesto y/o desintegrado a suelo . La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.	



ABREVI.	ESPACIAMIENTO
1	> 2 m
2	0.6 - 2 m
3	0.2 - 0.6 m
4	X 0.06 - 0.2 m
5	< 0.06 m

ABREVIATURAS DE TIPOS DE RELLENO	
Ox	OXIDO
Bx	BRECHA
Arc	ARCILLA
Pnz	PANIZO
Cal	X CALCITA

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
Mz	Monzonita
Gr	Granito
Cz	X Caliza
Di	Diorita
Vo	Volcánico
Esq	Esquisto
And	Andesita

ABREVIATURAS DE TIPOS DE ESTRUCTURAS	
J	X JUNTAS
F	FALLA
V	VETA
E	X ESTRATIFICACIÓN
V	VENILLA
Gt	GRIETAS

COMENTARIOS ADICIONALES	
EL MACIZO ROCOSO ES COMPETENTE	
LA ALTERACIÓN DE LAS JUNTAS ES DE LIGERA .	
LA SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES SE ENCUENTRAN SECAS.	

DATOS DE MAPEO RMR (BIENIAWSKI)
CIA. MINERA AGREGADOS CALCAREOS S.A.
DEPARTAMENTO DE MINAS
AREA GEOMECANICA



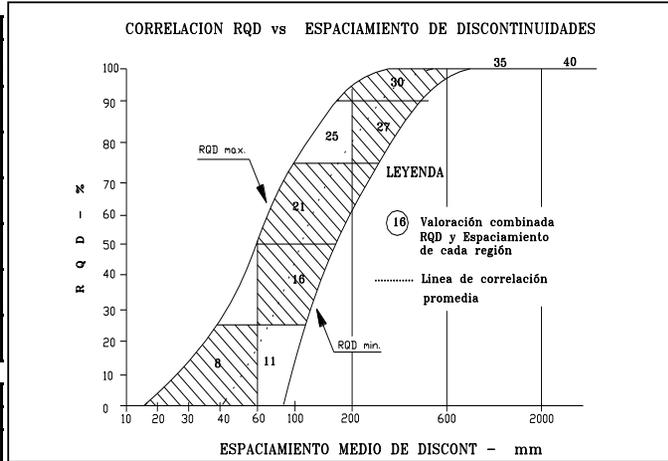
CONCESIÓN MINERA: **"ENCANTO BLANCO LYOF"**
 LUGAR: **Coord. UTM 442,393.53 E; 8'626,907.37 N**

POR: **VZM, ASL**
 FECHA: **Enero, 2018**
 HOJA: **1 de 1**

Nº ESTACION	ORIENTACION DEL TALUD		TRAMO		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)														
	DIR. DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA	PARAMETRO		RANGO DE VALORES								VALORADO				
E-4	N 36°	72°	0	50			VALOR ESTIMADO												
TIPO DE ROCA					FRECUENCIA FRACTURA														
A		B		%		Nº Fract. / ml.													
Caliza		90		Calcita		10		8 a 10											
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO	RELLENO		COMENTARIOS													
	DIR. BUZAMIENTO	BUZAMIENTO		TIPO	ESPESOR														
ES	317	26	20	Limpio	< 5 mm	SISTEMA 1	R. COMPRE. UNIAXIAL (MPa)	>250 (15)	X 100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2)	<5(1)	<1(0)	1	11			
F	220	84	3	Limpio	< 5 mm	SISTEMA 2	RQD %	90-100 (20)	X 75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	> 5 mm (0)	4A	2	15			
SD	252	65	3	Limpio	< 5 mm	SISTEMA 3	ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	0.6-2 (15)	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2 (8)	X < 0.06 (5)	3	5					
SD	77	52	10	Limpio	< 5 mm	SISTEMA 4	CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m long. (6)	1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	X > 20 m (0)	4B	0				
							ABERTURA	Cerrada (6)	X <0.1mm apert. (5)	0.1-1.0mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4E	5					
							RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	X Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3					
							RELLENO	Limpia (6)	X Duro < 5mm (4)	Duro> 5mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	4					
							ALTERACION	Sana (6)	X Lig. Alterada. (5)	Mod.Alterada (3)	Muy Alterada (2)	Descompuest. (0)	4E	5					
							AGUA SUBTERRANEA	X Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	15					
VALOR TOTAL RMR (suma de valoracion de 1 al 5)																RMR BASIC.			
CLASE DE MACIZO ROCOSO																63			
RMR		100 - 81		80 - 61		60 - 41		40 - 21		20 - 0						II			
DESCRIPCIÓN		I MUY BUENA		II BUENA		III REGULAR		IV MALA		V MUY MALA									

INDICES DE RESISTENCIAS			
GRADO	IDENTIFICACION EN EL CAMPO		Indice de Resistencia Compres. Uniaxial (MPa)
R1	Delesnable con los golpes firmes con la punta del martillo de geologo se desconcha con una cuchilla.		Muy baja
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla, marcas poco profundas en la roca con golpe firme de martillo de geologo (de punta)		Baja
R3	No se raya ni desconcha con el cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo de geologo.(Se indenta superficialmente.)		Media
R4	La muestra se rompe con uno o dos golpes de martillo.		Alta
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.		Muy Alta
R6	Solo se reompe esquirilas de la muestra con el martillo.(la Roca se astilla con golpes de picota)		> 250

INDICES DE INTEMPERIZACION		
GRADO	DESCRIPCION	
I	SANA	Ningun signo de intemperismo en el material rocoso. Quizá ligera decoloracion sobre superficies de discontinuidad principales.
II	LIGERO	La decoloracion indica intemperismo del material rocoso y superficies de discontinuidad. El material rocoso decolorado extremadamente es mas debil que su condicion sana.
III	MODERADA	Menos de la mitad de material rocoso esta descompuesto y/o desintegrado a un suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un marco continuo o como un nucleo rocoso.
IV	MUY INTEMP.	Mas de la mitad de material rocoso esta descompuesto y/o desintegrado a un suelo.La roca sana o decolorada se presenta como un marco discontinuo o como nucleo rocoso.
V	DESCOMPUESTO	Todo el material rocoso esta descompuesto y/o desintegrado a suelo . La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.



ABREVI. ESPACIAMIENTO	VALOR
1	> 2 m
2	0.6 - 2 m
3	0.2 - 0.6 m
4	X 0.06 - 0.2 m
5	< 0.06 m

ABREVIATURAS DE TIPOS DE RELLENO	DESCRIPCION
Ox	OXIDO
Bx	BRECHA
Árc	ARCILLA
Pnz	PANIZO
Cal	X CALCITA

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
Mz	Monzonita
Gr	Granito
Cz	X Caliza
Di	Diorita
Vo	Volcánico
Esq	Esquisto
And	Andesita

ABREVIATURAS DE TIPOS DE ESTRUCTURAS	
J	X JUNTAS
F	FALLA
V	VETA
E	X ESTRATIFICACIÓN
V	VENILLA
Gt	GRIETAS

COMENTARIOS ADICIONALES	
EL MACIZO ROCOSO ES COMPETENTE	
LA ALTERACIÓN DE LAS JUNTAS ES DE LIGERA	
LA SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES SE ENCUENTRAN SECAS.	

DATOS DE MAPEO RMR (BIENIAWSKI)

CIA. MINERA AGREGADOS CALCAREOS S.A.
DEPARTAMENTO DE MINAS
AREA GEOMECANICA



CONCESIÓN MINERA:
 LUGAR:

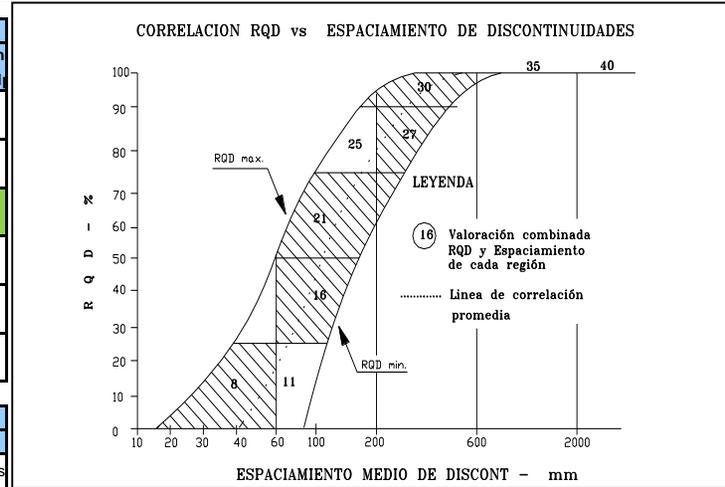
"ENCANTO BLANCO LYOF"

Coord. UTM 442,391.02 E; 8'626,942.62 N

POR: **VZM, ASL**
 FECHA: **Enero, 2018**
 HOJA: **1 de 1**

Nº ESTACION	ORIENTACION DEL TALUD		TRAMO		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)											
	DIR. DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA	PARAMETRO	RANGO DE VALORES VALOR ESTIMADO					VALORADO					
E-5	N 306°	72°	0	50												
TIPO DE ROCA					CONDICION DE JUNTAS											
A		%	B		%	Nº Fract. / ml.		R. COMPRES. UNIAXIAL (M)								
Calcita		90	Caliza		10	11 a 12		RQD %	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	X 25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0) 1	4		
TIPO ESTRU.		ORIENTACION		RELLENO		COMENTARIOS		ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	0,6-2 (15)	0,2-0,6 (10)	X 0,06-0,2 (8)	< 0,06 (5) 3	7		
F	216	87	7	Panizo	> 5 mm	SISTEMA 1		PERSISTENCIA	<1m long. (6)	1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	X > 20 m (0) 4A	0		
SD	72	43	15	Limpio	< 5 mm	SISTEMA 2		ABERTURA	Cerrada (6) X	<0.1mm apert. (5)	0.1-1.0mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0) 4B	5		
SD	145	64	10	Limpio	< 5 mm	SISTEMA 3		RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5) X	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0) 4C	3		
SD	31	55	3	Limpio	< 5 mm	SISTEMA 4		RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5mm (4) X	Duro> 5mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0) 4D	2		
										ALTERACION	Sana (6) X	Lig. Alterada. (5)	Mod.Alterada (3)	Muy Alterada (2)	Descompuestz (0) 4E	5
										AGUA SUBTERRANEA	X Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0) 5	15
VALOR TOTAL RMR (suma de valoracion de 1 al 5)											RMR BASIC.					
CLASE DE MACIZO ROCOSO											53					
RMR		100 - 81		80 - 61		60 - 41		40 - 21		20 - 0		III				
DESCRIPCIÓN		I MUY BUENA		II BUENA		III REGULAR		IV MALA		V MUY MALA						

INDICES DE RESISTENCIAS			
GRADO	IDENTIFICACION EN EL CAMPO		Ing de Resisten ompres.Uniax M
R1	Delesnable con los golpes firmes con la punta del martillo de geologo se desconcha con una cuchilla.		Muy baja 1.0 - 5.0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla, marcas poco profundas en la roca con golpe firme de martillo de geologo (de		Baja 5 - 25
R3	No se raya ni desconcha con el cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo de geologo.(Se indenta		Media 25 - 50
R4	La muestra se rompe con uno o dos golpes de martillo.		Alta 50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.		Muy Alta 100 - 250
R6	Solo se reompe esquirlas de la muestra con el martillo.(la Roca se astilla con golpes de picota)		> 250



ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
Mz	Monzonita
Gr	Granito
Cz	X Caliza
Di	Diorita
Vo	Volcánico
Esq	Esquisto
And	Andesita

ABREVIATURAS DE TIPOS DE ESTRUCTURAS	
J	X JUNTAS
F	X FALLA
V	X VETA
E	ESTRATIFICACIÓN
V	VENILLA
Gt	GRIETAS

INDICES DE INTEMPERIZACION			
GRADO	DESCRIPCION		
I	SANA	Ningun signo de intemperismo en el material rocoso. Quizá ligera decoloracion sobre superficies de discontinuidad principales.	
II	LIGERO	La decoloracion indica intemperismo del material rocoso y superficies de discontinuidad. El material rocoso decolorido extremadamente es mas debil que su condicion sana.	
III	MODERADA	Menos de la mitad de material rocoso esta descompuesto y/o desintegrado a un suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un marco continuo o como un nucleo rocoso.	
IV	MUY INTEMP.	Mas de la mitad de material rocoso esta descompuesto y/o desintegrado desintegrado a un suelo.La roca sana o decolorada se presenta como un marco discontinuo o como nucleo rocoso.	
V	DESCOMPUES	Todo el material rocoso esta descompuesto y/o desintegrado a suelo . La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.	

ABREVIA.	ESPACIAMIENTO
1	> 2 m
2	0,6 - 2 m
3	0,2 - 0,6 m
4	X 0,06 - 0,2 m
5	< 0,06 m

ABREVIATURAS DE TIPOS DE RELLENO	
Ox	OXIDO
Bx	BRECHA
Arc	ARCILLA
Pnz	X PANIZO
Cal	X CALCITA

COMENTARIOS ADICIONALES

EL MACIZO ROCOSO CORRESPONDE A LA VETA PRINCIPAL DE CALCITA, JUNTAS ES DE LIGERA , LA SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES SE ENCUENTRAN SECAS.

DATOS DE MAPEO RMR (BIENIAWSKI)

CIA. MINERA AGREGADOS CALCAREOS S.A.
DEPARTAMENTO DE MINAS
AREA GEOMECANICA



CONCESIÓN MINERA:
 LUGAR:

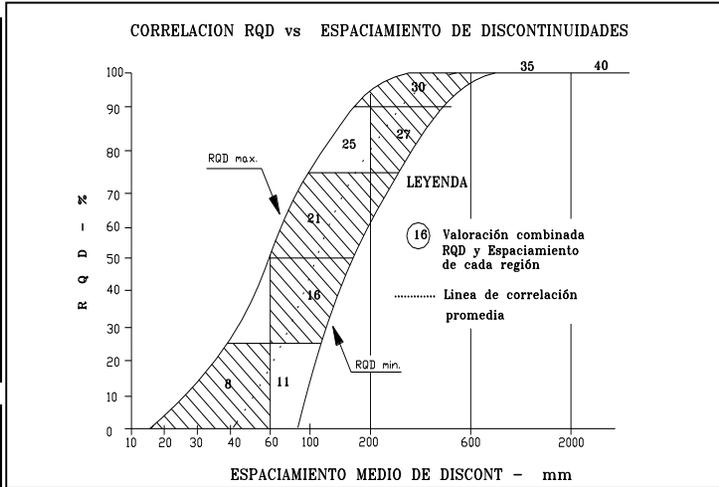
"ENCANTO BLANCO LYOF"
Coord. UTM 442,409.45 E; 8'626,957.71 N

POR: **VZM, ASL**
 FECHA: **Enero, 2018**
 HOJA: **1 de 1**

Nº ESTACION		ORIENTACION DEL TALUD		TRAMO		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)									
E-6		N 216°	72°	0	50	PARAMETRO		RANGO DE VALORES VALOR ESTIMADO					VALORADO		
TIPO DE ROCA						CONDICION DE JUNTAS						VALOR TOTAL RMR (suma de valoracion de 1 al 5)			
A		%	B		%	Nº Fract. / ml.		CLASE DE MACIZO ROCOSO							
Caliza		90	Calcita		10	7 a 8		R. COMPRES. UNIAXIAL (M)	>250 (15)	X 100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1	12
RQD %								RQD %	90-100 (20)	X 75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	2	17
ESPACIAMIENTO (m)								ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	0,6-2 (15)	0,2-0,6 (10)	X 0,06-0,2 (8)	< 0,06 (5)	3	8
PERSISTENCIA								PERSISTENCIA	<1m long. (6)	1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	X > 20 m (0)	4A	0
ABERTURA								ABERTURA	Cerrada (6)	X <0,1mm apert. (5)	0,1-1,0mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	5
RUGOSIDAD								RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	X Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3
RELLENO								RELLENO	Limpia (6)	X Duro < 5mm (4)	Duro> 5mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	4
ALTERACION								ALTERACION	Sana (6)	X Lig. Alterada. (5)	Mod.Alterada (3)	Muy Alterada (2)	Descompuestz (0)	4E	5
AGUA SUBTERRANEA								AGUA SUBTERRANEA	X Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	15
VALOR TOTAL RMR (suma de valoracion de 1 al 5)												RMR BASIC.			
CLASE DE MACIZO ROCOSO												69			
RMR		100 - 81	80 - 61		60 - 41	40 - 21	20 - 0	DESCRIPCIÓN					II		
		I MUY BUENA		II BUENA		III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA							

INDICES DE RESISTENCIAS			
GRADO	IDENTIFICACION EN EL CAMPO		Indice de Resistencia Compres.Uniax M
R1	Delesnable con los golpes firmes con la punta del martillo de geologo se desconcha con una cuchilla.		Muy baja 1.0 - 5.0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla, marcas poco profundas en la roca con golpe firme de martillo de geologo (de		Baja 5 - 25
R3	No se raya ni desconcha con el cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo de geologo.(Se indenta		Media 25 - 50
R4	La muestra se rompe con uno o dos golpes de martillo.		Alta 50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.		Muy Alta 100 - 250
R6	Solo se reompe esquirlas de la muestra con el martillo.(la Roca se astilla con golpes de picota)		> 250

INDICES DE INTEMPERIZACION			
GRADO	DESCRIPCION		
I	SANA	Ningun signo de intemperismo en el material rocoso. Quizá ligera decoloracion sobre superficies de discontinuidad principales.	
II	LIGERO	La decoloracion indica intemperismo del material rocoso y superficies de discontinuidad. El material rocoso decolorido extremadamente es mas debil que su condicion sana.	
III	MODERADA	Menos de la mitad de material rocoso esta descompuesto y/o desintegrado a un suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un marco continuo o como un nucleo rocoso.	
IV	MUY INTEMP.	Mas de la mitad de material rocoso esta descompuesto y/o desintegrado desintegrado a un suelo.La roca sana o decolorada se presenta como un marco discontinuo o como nucleo rocoso.	
V	DESCOMPUES	Todo el material rocoso esta descompuesto y/o desintegrado a suelo . La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.	



ABREVI. ESPACIAMIENTO
1 > 2 m
2 0,6 - 2 m
3 0,2 - 0,6 m
4 X 0,06 - 0,2 m
5 < 0,06 m

ABREVIATURAS DE TIPOS DE RELLENO	
Ox	OXIDO
Bx	BRECHA
Arc	ARCILLA
Pnz	PANIZO
Cal	X CALCITA

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
Mz	Monzonita
Gr	Granito
Cz	X Caliza
Di	Diorita
Vo	Volcánico
Esq	Esquisto
And	Andesita

ABREVIATURAS DE TIPOS DE ESTRUCTURAS	
J	X JUNTAS
F	FALLA
V	VETA
E	X ESTRATIFICACIÓN
V	VENILLA
Gt	GRIETAS

COMENTARIOS ADICIONALES	
EL MACIZO ROCOSO ES COMPETENTE	
LA ALTERACIÓN DE LAS JUNTAS ES DE LIGERA .	
LA SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES SE ENCUENTRAN SECAS.	

ANEXO 4

Explotación subterránea de la Calcita Laboreo Artesanal



Vista de la primera Etapa por explotación a Cielo Abierto



Clasificación y lavado del mineral calcita, en esta etapa se limpia el mineral de las impurezas y contaminantes por medio de agua y escobillas.



Clasificación y lavado del mineral calcita



Vista del carguío del mineral lavado (calcita), hacia los camiones



Vista Panorámica del Proyecto

