



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

**Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos
Naturales no Renovables**

**Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento
Territorial**

**Diseño del sistema de explotación para yeso del área minera
“Manuel Salvador Vega”, código 690344, ubicada en la parroquia
Malacatos, cantón y provincia de Loja.**

**Trabajo de Titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero en
Geología Ambiental y Ordenamiento
Territorial**

AUTOR:

David Francisco González Zumba

DIRECTOR:

Ing. Hernán Luis Castillo García, Ph.D.

Loja - Ecuador

2023

Certificación

Loja, 22 de febrero de 2023

Ing. Hernán Luis Castillo García. Ph.D.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

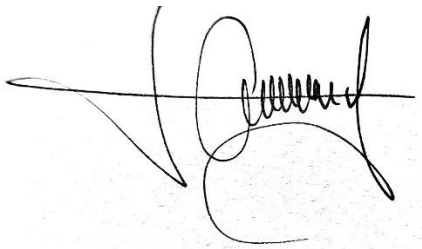
Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Diseño del sistema de explotación para yeso del área minera “Manuel Salvador Vega”, código 690344, ubicada en la parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, de la autoría del estudiante **David Francisco González Zumba, con cedula de identidad N° 1150036109**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Ing. Hernán Luis Castillo García. Ph.D.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, David Francisco Gonzalez Zumba, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'David F. Gonzalez Zumba', written over a horizontal line.

Firma:

Cedula de identidad: 1150036109

Fecha: Loja, 5 de junio de 2023

Correo electrónico: david.f.gonzalez@unl.edu.ec

Teléfono: 09968176664

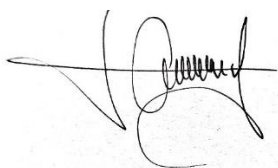
Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **David Francisco Gonzalez Zumba**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Diseño del sistema de explotación para yeso del área minera “Manuel Salvador Vega”**, código 690344, ubicada en la parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja, como requisito para optar por el título de **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a lo cinco días del mes de junio de dos mil veintitrés



Firma:

Autor: David Francisco Gonzalez Zumba

Cedula: 1150036109

Dirección: Malacatos-Loja-Ecuador

Correo Electrónico: davidgonzalezumba@gmail.com

Teléfono: 0996817664

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director del Trabajo de Titulación: Ing. Hernán Luis Castillo García. Ph.D.

Dedicatoria

El presente Trabajo de Titulación está dedicado esencialmente a mi querida madre que con mucho amor y constante apoyo hizo esto posible.

Así mismo a toda mi familia y compañeros de universidad, en especial a Lizbeth Moreno, quienes supieron brindarme el apoyo moral y generoso para culminar de una manera gratificante mi carrera universitaria.

David Francisco Gonzalez Zumba

Agradecimiento

Mediante el presente trabajo investigativo quiero agradecer en primer lugar a Dios, por permitirme este logro en mi vida. A mi madre por ser esa mujer luchadora, ejemplar que me inspira ser mejor persona cada día.

Quiero expresar especial gratitud al Ing. Hernán Castillo, director del Trabajo de Titulación por la oportuna y desinteresada colaboración y dirección prestada al desarrollo y culminación del presente trabajo.

Así mismo de manera particular agradezco a Lizbeth Moreno que siempre supo brindarme su apoyo incondicional y sus conocimientos. A mis amigos en este trayecto universitario de forma peculiar a Cinthya, María Cristina, Leonardo, Romney, Yandry, Yulissa; por su apoyo y amistad desinteresada en estos años de vida universitaria y que ha sido fundamental para conseguir este logro.

Además, aprovecho para expresar mi más sincero agradecimiento al titular minero del ÁREA MINERA “MANUEL SALVADOR VEGA”, en la persona del Sr. Manuel Vega, por concederme la autorización del ingreso al área, aportaciones y facilidades para la recopilación de la información existente y así lograr el objetivo de esta investigación.

Así mismo recalcar el valioso aporte y agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, y la carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial; sus autoridades, planta docente y administrativa, por desempeñar un papel importante en la educación y formación profesional.

David Francisco Gonzalez Zumba

Índice de Contenido

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de Autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenido	vii
Índice de tablas:	xi
Índice de figuras:	xiii
Índice de anexos:	xvii
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	6
4.1. Topografía	6
4.1.1. Levantamiento Topográfico	7
4.1.2. Mapa Topográfico	7
4.1.3. Fotogrametría.....	8
4.1.4. Los parámetros geométricos del vuelo	9
4.1.5. Ortofoto	9
4.2. Geología	10
4.2.1. Importancia de la Geología en Minería	10
4.2.2. Petrografía Sedimentaria	11

4.2.3.	Mineralogía Sedimentaria.....	11
4.2.4.	Cuencas Sedimentarias	12
4.2.5.	Estratigrafía	12
4.2.6.	Geología Estructural	14
4.3.	Yacimientos Minerales No Metálicos	15
4.3.1.	Yacimientos Evaporíticos.....	15
4.4.	Estimación de Recursos y Reservas	18
4.4.1.	Reserva Mineral.....	19
4.4.2.	Métodos de cálculo de reservas	19
4.5.	Sistemas de Explotación en Minería Cielo Abierto.....	21
4.5.1.	Minería a Cielo Abierto	21
4.5.2.	Cortas.....	21
4.5.3.	Canteras	22
4.5.4.	Terrazas	22
4.6.	Labores de exploración.....	23
4.6.1.	Calicatas.....	23
4.6.2.	Trincheras	23
4.6.3.	Pozos.....	23
4.7.	Labores Mineras a Cielo Abierto.....	24
4.7.1.	Rampas	24
4.7.2.	Bancos	24
4.7.3.	Bermas	24
4.7.4.	Labores mineras auxiliares	24
4.7.5.	Ciclo de Trabajo	25
4.8.	Marco Legal Normativo Para Explotación De Minerales No Metálicos	27

4.8.1.	Constitución de la Republica del Ecuador.....	27
4.8.2.	Ley de Minería del Ecuador	27
4.8.3.	Reglamento Ambiental para Actividades Mineras	27
4.8.4.	Reglamento del Régimen Especial de Pequeña Minería.....	28
5.	Metodología.....	29
5.1.	Area de Estudio	29
5.1.1.	Acceso	30
5.2.	Descripción Física del Area de Estudio	31
5.2.1.	Precipitación	31
5.2.2.	Geomorfología.....	32
5.2.3.	Geologia Regional	32
5.2.4.	Geologia Estructural	34
5.3.	Métodos	34
5.3.1.	Método No Experimental	35
5.3.2.	Método Experimental	35
5.4.	Precampo.....	36
5.4.1.	Recopilación de Información Secundaria.....	36
5.5.	Metodología Primer Objetivo	37
5.6.	Metodología Segundo Objetivo	44
5.7.	Metodología Tercer Objetivo	46
5.8.	Metodología Cuarto Objetivo	48
6.	Resultados	54
6.1.	Resultados Primer Objetivo	54
6.2.	Resultados Segundo Objetivo.....	68
6.3.	Resultados Tercer Objetivo.....	74

6.4. Resultados Cuarto Objetivo	80
7. Discusión	96
8. Conclusiones	98
9. Recomendaciones	100
10. Bibliografía	101
11. Anexos	108

Índice de tablas:

Tabla 1. Clasificación del Yeso.....	17
Tabla 2. Coordenadas de Ubicación del Área Minera “Salvador Vega”	30
Tabla 3. Clasificación de Pendientes Según Demek (1972).	40
Tabla 4. Clasificación de las Rocas Según Protodyakonov	50
Tabla 5. Costos por Etapas de Operación.....	52
Tabla 6. Resultados del mapa de pendientes para el área minera.	55
Tabla 7. Coordenadas de Afloramientos y calicatas del área minera DATUM WGS84	56
Tabla 8. Personal que labora en el área minera.	71
Tabla 9. Maquinaria que trabaja en el área minera.	71
Tabla 10. Tiempo promedio de desarrollo de actividades para el área minería de yeso.	71
Tabla 11. Parámetros para la explotación de mineral de yeso	73
Tabla 12. Coste de Producción Actual	73
Tabla 13. Resultados de Ensayo de Fluorescencia de Rayos X para Yeso del Area Minera “Manuel Salvador Vega”.....	74
Tabla 14. Uso de Yeso de Acuerdo a su Composición Química.	75
Tabla 15. Resultados del Ensayo de Difracción de Rayos X para yeso del área minera “Manuel Salvador Vega”.....	75
Tabla 16. Uso de Yeso de Acuerdo a su Mineralogía.	76
Tabla 17. Reservas minerales de yeso para el área minería “Manuel Salvador Vega” código 690344.....	77
Tabla 18. Análisis multicriterio de Sistemas de Explotación.....	81
Tabla 19. Costo Económico por Etapa de Destape	88
Tabla 20. Costo Económico para Herramientas	89
Tabla 21. Depreciación de Herramientas por Año	89

Tabla 22. Costo por Alquiler de Maquinaria.....	89
Tabla 23. Costo por Trabajadores	89
Tabla 24. Costos por Etapas de Operación.....	90
Tabla 25. Area y volúmenes de material a extraer	94

Índice de figuras:

Figura 1. Construcción Mapa Topográfico	8
Figura 2. Fases del proceso fotogramétrico digital	8
Figura 3. Representación de las fases del proceso de realización de la ortofoto.	10
Figura 4. Relación General entre Resultados de Exploración, Recursos y Reservas Minerales	19
Figura 5. Método de los Perfiles o Cortes	20
Figura 6. Método de los Polígonos	20
Figura 7. Método de Bloques	21
Figura 8. Esquema de Sistema de Explotación por Cortas	22
Figura 9. Esquema de Sistema de Explotación por Canteras	22
Figura 10. Esquema de Explotación por Terrazas	23
Figura 11. Ubicación del Area Minera “Manuel Salvador Vega”	29
Figura 12. Acceso Vial al Area Minera “Manuel Salvador Vega”	31
Figura 13. Precipitación Media Mensual de la Parroquia Malacatos.....	32
Figura 14. Mapa Geológico Regional Para el Area de Estudio.	34
Figura 15. Representación de la Método Experimental (R: resultado).....	36
Figura 16. Levantamiento Topográfico del Área Minera (A: Levantamiento con Dron) (B: Levantamiento con GPS Diferencial).....	38
Figura 17. Procesamiento de datos obtenidos en campo, para obtención de la topografía del área minera	38
Figura 18. Procedimiento para la obtención del mapa topográfico para el área minera.	39
Figura 19. Proceso para la obtención de mapa de pendientes del área minera mediante Model Builder.....	40
Figura 20. A) Descripción de Afloramientos B) Toma de Datos Estructurales.....	42

Figura 21. Ficha para Descripción de Actividades dentro del Area Minera “Manuel Salvador Vega”	44
Figura 22. Etiqueta para toma de muestras	47
Figura 23. Mapa de Topográfico para el Area Minera “Manuel Salvador Vega” código 690344.	54
Figura 24. Mapa de Pendientes para el Area Minera “Manuel Salvador Vega”	55
Figura 25. Estratificación de lutitas, arenisca, limolita con vetas de Yeso (Y1), estratificación de limolita, lutita, arenisca con vetas de yeso; (Y2) lutita, arenisca y limolita de la Formación Santo Domingo.	57
Figura 26. Reconstrucción y relación de litofacies entre bloque 1 y bloque 2 de mineral de yeso.....	58
Figura 27. Correlación de litologías en columnas estratigráficas, afloramiento 7 y calicata 2	59
Figura 28. Areniscas de Grano Medio a Fino de la Formación Santo Domingo	60
Figura 29. Vista W-E de un afloramiento de arcillolita de color gris con arenisca de color amarillo.....	60
Figura 30. Correlación de columnas estratigráficas, afloramientos 9,10 y calicatas 3,2,1.	61
Figura 31. Afloramiento donde se observa slumps.	61
Figura 32. Correlación de columnas estratigráficas de afloramientos 11,12.	62
Figura 33. Afloramiento de lutitas, limolita, arenisca, en talud de vía de intervalles.....	63
Figura 34. Afloramiento donde se observa conglomerados de matriz arenisca clastosoportada, talud de vía intervalles.....	63
Figura 35. Correlación de columnas estratigráficas de os afloramientos 1,6,2,3.....	64
Figura 36. Vista NW-SE de un afloramiento donde se observa slumps.	64

Figura 37. Vista W-E de un pliegue sinclinal de lutitas, areniscas, limolitas, lente de yeso, vetillas y vetas de yeso.	65
Figura 38. Vista SW de un afloramiento de lutitas, areniscas, limolitas y vetas de yeso formando un sinclinal tumbado.	66
Figura 39. Vista NW-SE del estrato 1 de lutitas, areniscas y vetillas de yeso de 0.5-5 cm....	66
Figura 40. Mapa Geológico para le Area Minera “Manuel Salvador Vega”	67
Figura 41. Esquema de las Actividades Mineras Actuales de Explotación de Mineral de Yeso en el Área Minera “Manuel Salvador Vega”.....	70
Figura 42. Distancia entre actividades que se desarrollan en el Área Minera “Manuel Salvador Vega”	70
Figura 43. Construcción de secciones para la elaboración de perfiles y con ello determinar las reservas minerales de yeso del área minera “Manuel Salvador Vega”	77
Figura 44. Perfil 1, para área minera “Minera Manuel Salvador Vega”	78
Figura 45. Perfil 2, para área minera “Minera Manuel Salvador Vega”	78
Figura 46. Perfil 3, para área minera “Minera Manuel Salvador Vega”	78
Figura 47. Perfil 4, para área minera “Minera Manuel Salvador Vega”	79
Figura 48. Perfil 4, para área minera “Minera Manuel Salvador Vega”	79
Figura 49. Perfil 4, para área minera “Minera Manuel Salvador Vega”	79
Figura 50. Perfil 4, para área minera “Minera Manuel Salvador Vega”	80
Figura 51. Diseño de Bancos Cantera para Explotación de Yeso del Área Minera “Manuel Salvador Vega”	85
Figura 52. Régimen de Trabajo con la implantación de sistema de explotación por cantera para explotación de yeso del área minera “Manuel Salvador Vega”	88
Figura 53. Proyección de bloques mineralizados, concesión minera y cantera para el diseño de sistema de explotación.....	91

Figura 54. Vista en planta de la implantación del sistema de explotación para el Área Minera	92
Figura 55. Vista en 3D de la implantación del sistema de explotación para el Área Minera .	92
Figura 56. Corte perfil 1 y 2.....	93
Figura 57. Corte perfil 3 y 4.....	93
Figura 58. Corte perfil 5 ,6 y 7.....	93
Figura 59. Vía de acceso a las labores mineras.....	95

Índice de anexos:

Anexo 1. Ficha de Afloramiento Uno	108
Anexo 2. Ficha de Afloramiento Dos	109
Anexo 3. Ficha de Afloramiento Tres.....	110
Anexo 4. Ficha de Afloramiento Cuatro	111
Anexo 5. Ficha de Afloramiento Cinco	112
Anexo 6. Ficha de Afloramiento Seis	113
Anexo 7. Ficha de Afloramiento Siete.....	114
Anexo 8. Ficha de Afloramiento Siete.....	115
Anexo 9. Ficha de Afloramiento Ocho	116
Anexo 10. Ficha de Afloramiento Nueve	118
Anexo 11. Ficha de Afloramiento Diez	119
Anexo 12. Ficha de Afloramiento 11	120
Anexo 13. Ficha de Afloramiento 12.....	121
Anexo 14. Ficha para Calicata Uno	122
Anexo 15. Ficha para Calicata Dos.....	123
Anexo 16. Ficha para Calicata Tres	124
Anexo 17. Ficha para Calicata Cuatro	125
Anexo 18. Ficha para Calicata Cinco.....	126
Anexo 19. Ficha para Calicata Seis	127
Anexo 20. Base de Datos de Afloramientos y calicatas del área minera “Manuel Salvador Vega”	128
Anexo 21. Encuesta para descripción de actividades del área minería.....	129
Anexo 22. Ficha de Descripción de Actividades para la Etapa de Exploración	130
Anexo 23. Ficha de Descripción de Actividades para la Etapa de Explotación	131
Anexo 24. Ficha de Descripción de Actividades para la Etapa de Fundición (Calcinación)	132

Anexo 25. Mapa de la geología regional para el área de estudio.....	133
Anexo 26. Mapa topográfico para el área minera “Manuel Salvador Vega”.....	134
Anexo 27. Mapa de Pendientes del Area Minera “Manuel Salvador Vega”	135
Anexo 28. Mapa Geológico local del área Minera “Manuel Salvador Vega”	136
Anexo 29. Mapa de Perfiles para cálculo de Reservas del Area Minera (Manuel Salvador Vega)	137
Anexo 30. Resultados de Ensayo de Fluorescencia de Rayos X (FRX) para Yeso del Area Minera “Manuel Salvador Vega”	138
Anexo 31. Resultados de Ensayo de Difracción de Rayos X (DRX) para Yeso del Area Minera “Manuel Salvador Vega”.....	139
Anexo 32. Difractograma de Ensayo de Difracción de Rayos X (DRX) para Yeso del Area Minera “Manuel Salvador Vega”	140
Anexo 33. Plataforma de trabajo para diseño de sistema de explotación del área minera “Manuel Salvador Vega”.....	141
Anexo 34. Plano de implantación de sistema de explotación para el área minera “Manuel Salvador Vega” código 690344.....	142
Anexo 35. Mapa de Correlaciones Estratigráficas de Afloramientos y Calicatas para el área minera “Manuel Salvador Vega”	143
Anexo 36. Certificado de Traducción de Documento de Titulación	144

1. Título

Diseño del sistema de explotación para yeso del área minera “Manuel Salvador Vega”, código 690344, ubicada en la parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja.

2. Resumen

El presente trabajo tiene se ha desarrollado con el fin de diseñar el sistema de explotación para yeso del área minera “Manuel Salvador Vega” ubicada en la parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja. La investigación parte de la observación al desarrollo de las actividades de explotación, sin una valoración del yacimiento, de manera artesanal y sin una planificación de labores mineras que permitan un adecuado aprovechamiento, resultando en una explotación desordenada generando una incertidumbre de rentabilidad, y riesgo laboral.

El planteamiento del sistema de explotación se desarrolló en función de las características del yacimiento, características geológicas y propiedades físico-mecánicas de los materiales que componen al yacimiento, así mismo el uso de software Gis para el procesamiento de información obtenida en campo. Este estudio inicio con el levantamiento topográfico del área minera, posterior a ello se desarrolló la geología local del yacimiento, mediante el levantamiento y descripción de afloramientos y calicatas. Determinando dos estratos de Yeso de interés económico Y1 (20m potencia) y Y2 (12m de potencia) sobre los cuales se centró todo el desarrollo de esta investigación.

El cálculo de reservas de mineral de yeso por medio del método de perfiles, se determinó como el idóneo, el cual arrojo los siguientes resultados para reservas explotables de 67234.125 ton este valor se correlaciona con el calculado mediante secciones paralelas en el software RecMin una vez implantado el diseño de cantera este valor es de 64130.01 ton, con esto se confirma que con el sistema de explotación planteado y diseñado se tiene un 95% de aprovechamiento de mineral de yeso. En cuanto al material estéril a retirar el método de perfiles arrojo un total de 174257,55 Ton, con un coeficiente de destape de 2.8 es decir que por cada tonelada de mineral se debe extraer 2.8 Ton de estéril. En cuanto a la calidad del mineral se analizó 1 muestra de veta yeso representativa y limpia de impurezas mediante FRX y DRX, dando como resultado: mineralogía del 100% mineral de yeso, químicamente: 52.5 % de CaO y 29.8% S estos valores son los más representativos y que permiten un aprovechamiento para fines de comercialización industrial

Finalmente, este estudio no sólo beneficia al titular minero, sino también intenta atraer la inversión pública o privada para el desarrollo de una minería responsable en el Ecuador.

Palabras Clave: diseño, reservas, geología, parámetros mineros.

2.1. Abstract

The present work has been developed in order to design the exploitation system for gypsum in the "Manuel Salvador Vega" mining area located in the Malacatos parish, canton and province of Loja. The investigation starts from the observation of the development of the exploitation activities, without an assessment of the deposit, in an artisanal way and without a planning of mining works that allow an adequate use, resulting in a disorderly exploitation generating an uncertainty of profitability, and occupational risk.

The exploitation system approach was developed based on the characteristics of the deposit, geological characteristics and physical-mechanical properties of the materials that make up the deposit, as well as the use of GIS software for the processing of information obtained in the field. This study began with the topographical survey of the mining area, after which the local geology of the deposit was developed, through the survey and description of outcrops and pits. Determining two layers of plaster of economic interest Y1 (20m power) and Y2 (12m power) on which all the development of this research was focused.

The calculation of gypsum ore reserves by means of the profile method was determined as the ideal one, which yielded the following results for exploitable reserves of 67,234.125 tons. This value correlates with that calculated by means of parallel sections in the RecMin software once implemented. the quarry design this value is 64130.01 tons, with this it is confirmed that with the proposed and designed exploitation system there is a 95% use of gypsum mineral. Regarding the sterile material to be removed, the profile method yielded a total of 174257.55 tons, with an uncovering coefficient of 2.8, that is, for each ton of ore, 2.8 tons of sterile must be extracted. Regarding the quality of the mineral, 1 representative gypsum vein sample clean of impurities was analyzed by means of XRF and DRX, resulting in: mineralogy of 100% gypsum mineral, chemically: 52.5% CaO and 29.8% S, these values are the most representative and that allow a use for industrial commercialization purposes

Finally, this study not only benefits the mine owner, but also intends to encourage public or private investment for the development of responsible mining in Ecuador.

Keywords: design, reserves, geology, mining parameters.

3. Introducción

Actualmente en Ecuador la minería ha venido evolucionando, con el pasar de los días, en ámbitos de creación de entidades reguladoras, leyes, que hacen que el desarrollo de estas actividades vaya tomando una mayor responsabilidad social y ambiental al momento de extraer recursos minerales. Por ende, el diseño de sistemas de explotación es uno de los procesos más importantes dentro de la actividad minera debido a que nos permite tonelajes de mineral y estéril, forma final del minado vida útil y rentabilidad como lo menciona Whittle (2011), es donde se definen: las reservas a extraer de mineral y estéril, la capacidad de producción y consecuentemente la vida de la mina.

La importancia de diseñar sistemas de explotación de acuerdo a las características del yacimiento a explotar, como es el caso del área minera “Manuel salvador Vega” mismo que se desarrolla artesanalmente sin parámetros técnico mineros acordes para el desarrollo de actividades mineras, es por ello que existe la necesidad de diseñar un sistema que brinde seguridad y mayor rentabilidad económica, de acuerdo a lo mencionado por Alfaro (2009), el diseño da como resultado un plan de producción de la cantidad de mineral y estéril a remover desde la mina, a lo largo de su vida, en periodos de por lo general un año, de esta manera podemos desarrollar una minería responsable.

El Ecuador al ser un país en vías de desarrollo minero aun no cuenta con una exploración completa de acuerdo a Revista Lideres; solo el 5 a 10% esta prospectado, por consiguiente, esta investigación tiene el objetivo de aportar a esa exploración de minerales de interés económico en el país, para tratar de contribuir a un cambio en la matriz productiva del país y con ello su desarrollo económico, esto de manera general y de manera local aportara con la información necesaria para que el titular minero desarrolle una correcta extracción de mineral de yeso lo que conllevara a tener mayor rentabilidad.

El presente trabajo tiene relación con trabajos ya desarrollados como; “ Léxico Estratigráfico de las Cuencas sedimentarias miocénicas del sur del Ecuador” por parte del Instituto de Investigación Geológico y Energético y elaborado por Alulima et al. (2022), sobre tema de geología, estratigrafía de la cuenca sedimentaria de Malacatos, y mantiene relación con lo elaborado por los autores Alejandro y Mora (1993), en cuanto a geología local y correlación de información estructural y diseño de sistema de explotación.

Para lograr desarrollar la presente investigación los objetivos a cumplir son;

Objetivo General

- Diseñar el sistema de explotación para yeso del área minera “MANUEL SALVADOR VEGA”, CÓDIGO 690344, ubicada en la parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja.

Objetivos Específicos

- Realizar la caracterización geológica sobre la base topográfica del área de estudio.
- Describir las actividades actuales que se desarrollan dentro del área de explotación.
- Determinar las reservas minerales de yeso y la calidad del mismo.
- Plantear un sistema de explotación acorde a las condiciones del yacimiento, con el fin de mejorar el aprovechamiento de Yeso.

4. Marco Teórico

4.1. Topografía

La topografía dentro del campo geológico-minero tiene por objetivos el definir geométricamente el proyecto minero, materializar en el territorio emplazado, y con ello controlar y explotar adecuadamente los yacimientos minerales.

Actualmente existe diversas definiciones sobre topografía como la mencionada por Villalba et al., (2018) en la cual describe que la topografía son todos: “los métodos para reunir información de partes físicas de la Tierra, tales como el relieve, los cauces de corrientes hídricas, entre otros, usando para ello los métodos clásicos de medición en terreno, la fotogrametría y los sensores remotos” (p. 2).

Mientras que Morales y López (2015), define a la topografía como aquella ciencia encargada de: “medir extensiones de tierra tomando los datos para su representación gráfica en un plano a escala, sus formas y accidentes” (p. 10). También cabe recalcar que la topografía es la encargada de determinar distancias horizontales y verticales, medir ángulos entre puntos u objetos sobre la superficie de la tierra.

Por otra parte, Hudiel (2008), la conceptualiza aquella que estudia: “el conjunto de procedimientos para determinar la posición de un punto sobre la superficie terrestre, por medio de medidas según los tres elementos del espacio: dos distancias y una elevación o una distancia, una elevación y una dirección” (p. 9).

Planimetría y Altimetría

De acuerdo a Medina (2010), la planimetría comprende: “los procedimientos para tomar en el campo los datos que nos permitan proyectar sobre un plano horizontal la forma del terreno, o sea su contorno o perímetro, así como los detalles naturales o debidos a la mano del hombre” (p. 6).

La literatura referente a planimetría menciona que: estudia los instrumentos y métodos para proyectar sobre una superficie plana horizontal, la exacta posición de los puntos más importantes del terreno y construir de esa manera una figura similar al mismo. Entre los trabajos que realiza la planimetría tenemos: cálculo de superficie, división de terrenos en parcelas, replanteo de líneas viejas o destruidas, construcción de planos de terrenos (Morales y López, 2015, p. 13).

En lo referente a altimetría Guzmán (2012), destaca que se encarga de: “determina las alturas de los diferentes puntos del terreno con respecto a una superficie de referencia; generalmente correspondiente al nivel medio del mar” (p. 9). Es importante mencionar que con la altimetría nos es posibles representar el relieve terrestre ya sea en planos de curvas de nivel o perfiles.

4.1.1. Levantamiento Topográfico

Continuando con el estudio de la topografía se tiene el levantamiento topográfico, que consiste en aplicar los procedimientos adecuados para representar el terreno en un plano. Como lo sostiene Wolf y Ghilani (2016), consideran que: “los levantamientos topográficos determinan la ubicación de características o accidentes naturales y artificiales, así como las elevaciones usadas en la elaboración de mapas” (p. 7).

Mientras que para, Villalba et al. (2018), un levantamiento topográfico es:

Un conjunto de operaciones que tienen por objeto determinar la posición de puntos en el espacio y su representación en un plano, el conjunto de operaciones incluye: a) selección del método de levantamiento, b) elección del equipo a utilizar, c) identificar y ubicar posibles vértices de apoyo, d) realización de mediciones en terreno, e) cálculo y procesamiento de datos, f) elaboración de planos (p. 3).

Por otra parte, cabe mencionar que el correcto desarrollo de un levantamiento topográfico de acuerdo a Morales y López (2015), se conforma de dos etapas:

- **Etapa de Campo:** consiste en la toma de datos, tales como ángulos, distancias, etc.
- **Etapa de Gabinete:** corresponde al cálculo y dibujo de lo levantado en el campo.

4.1.2. Mapa Topográfico

Culminada la etapa del levantamiento topográfico, se procede a la elaboración de mapas topográficos mismos que muestran elementos cartográficos de un área geográfica a una escala determinada, representándolos de acuerdo a normas sean internacionales o nacionales. En vista de ello Peñaranda (2017), define a un mapa topográfico como: “una representación del relieve de la superficie terrestre a una escala determinada. En ellos se encuentran las curvas de nivel que permiten reflejar el relieve de la superficie de la Tierra” (p. 13).

Para la elaboración de un mapa topográfico Buzo (2007), menciona que es necesario solventar tres problemas los cuales se muestran en la Figura 3.

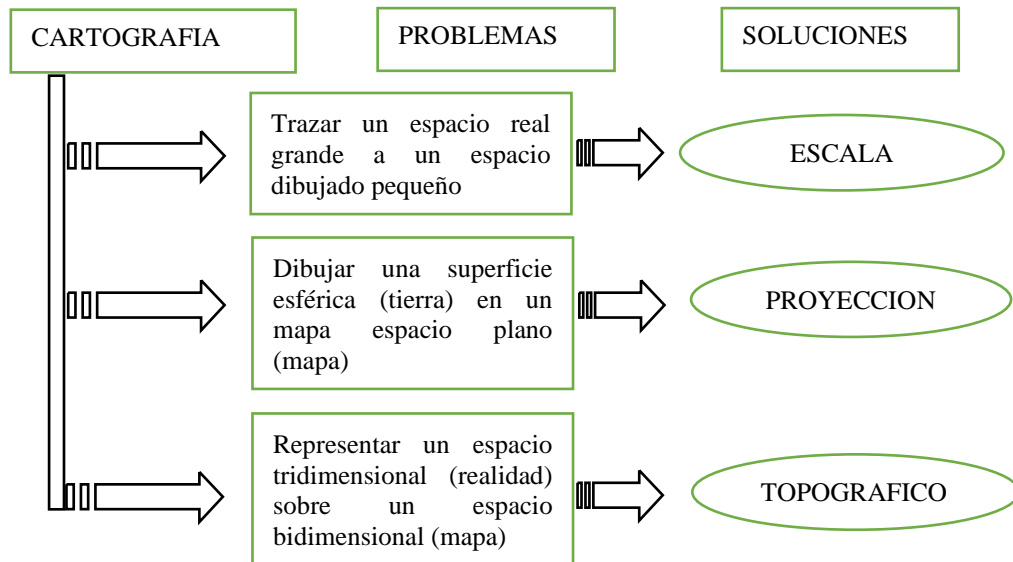


Figura 1. Construcción Mapa Topográfico

Fuente: Buzo (2007)

4.1.3. Fotogrametría

Un levantamiento fotogramétrico se puede entender como el uso de vehículos aéreos no tripulados con el fin de generar cartografía de un terreno y a su vez modelar una superficie, como lo menciona Peña y Méndez (2011), la fotogrametría es: “el conjunto de métodos y procedimientos mediante los cuáles podemos deducir de la fotografía de un objeto, la forma y dimensiones del mismo” (p. 9).

Por otra parte, sustenta Cheli (2011), que la fotogrametría: “tiene como propósito reconstruir un espacio tridimensional (terreno u otro objeto) a partir de imágenes bidimensionales de este y parámetros que los vinculan (p. 91).

A partir de las definiciones anteriores, podemos manifestar que la fotogrametría conlleva un conjunto de métodos y procedimientos con el fin de determinar con base a una fotografía la forma y dimensiones de un terreno.

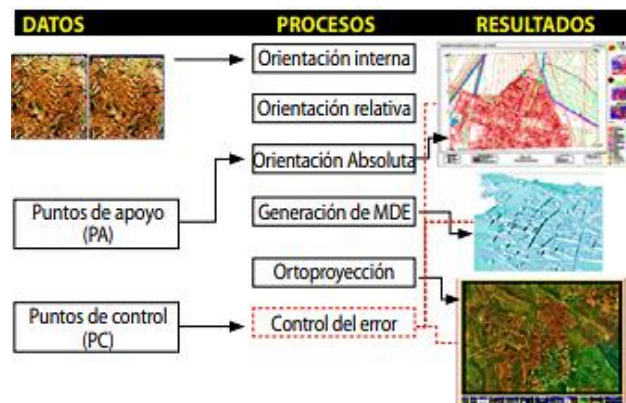


Figura 2. Fases del proceso fotogramétrico digital

Fuente: Rosado (2014)

4.1.4. Los parámetros geométricos del vuelo

De manera sencilla Cheli (2011), resume los parámetros de vuelo en los siguientes:

El plan de vuelo se realiza sobre una cartografía existente, de escala menor a la de la fotografía pretendida. **El conocimiento de los límites y formas del área a sobrevolar** (su longitud mayor y menor) y las superposiciones entre fotos y recorridos consecutivos nos permiten diseñar la geometría del vuelo. **El espaciamiento entre tomas consecutivas** (base aérea o avance longitudinal B), que permita la visión estereoscópica y además la conexión entre madejas consecutivos, requiere que la cámara recorra una distancia que sea el 40% de la longitud del terreno cubierto por cada foto. **Recorridos Paralelos**, habitualmente son necesarios recorridos paralelos que se superponen entre sí, con espaciamiento entre ejes de vuelo (p. 86).

4.1.5. Ortofoto

La ortofoto es aquella representación fotográfica de una superficie terrestre en específico, en la que se ha realizado el cambio de una proyección central a proyección ortogonal de todos sus elementos, como lo sostiene Rosado (2014), una ortofoto:

Es una fotografía aérea corregida geoméricamente (ortorectificada). A diferencia de una imagen aérea, una ortofoto puede ser utilizada para realizar mediciones reales ya que es una representación precisa de la superficie terrestre, en la que se han corregido las distorsiones inherentes a las imágenes aéreas. Las ortofotos combinan las características de detalle y cobertura temporal de las fotografías aéreas y la escala uniforme y precisión geométrica de los mapas (p. 110).

Por otra parte, Palacios (2014), menciona que una ortofoto: “es una imagen fotográfica del terreno, cuya proyección central ha sido transformada en una proyección ortogonal, eliminando así las distorsiones planimétricas causadas por la inclinación de la cámara aérea y al desplazamiento debido al relieve” (p. 145).

Con base en los conceptos antes establecidos para obtener una ortofoto es necesario corregir las fotos aéreas de acuerdo a su relieve e inclinación de la fotografía, esto mediante el uso de un MDT (modelo digital del terreno).

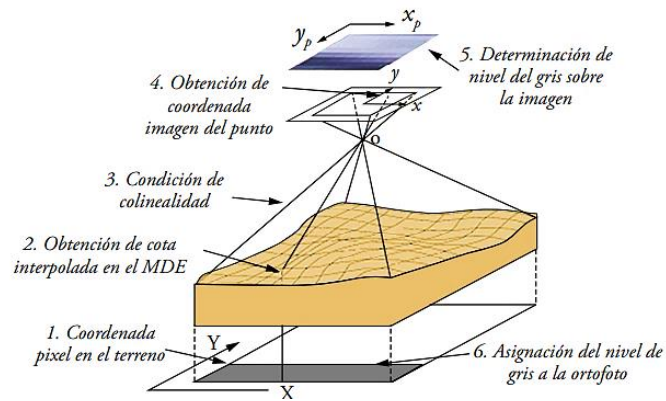


Figura 3. Representación de las fases del proceso de realización de la ortofoto.

Fuente: Rosado (2014)

4.2. Geología

Si bien la geología de manera general es la: “ciencia de la tierra y tiene por objeto entender la evolución del planeta y sus habitantes, desde los tiempos más antiguos hasta la actualidad mediante el análisis de las rocas”(Servicio Geológico Mexicano, s. f.).

Por otra parte, Tarbuck y Lutgens (2005), mencionan que la geología es: “la ciencia que persigue la comprensión del planeta Tierra. La ciencia de la Geología se ha dividido tradicionalmente en dos amplias áreas: la física y la histórica” (p.2).

Al referirnos en específico a la geología dentro de las actividades mineras esta es una subdisciplina de la Geología que estudia la composición y estructura de la Tierra para determinar la ubicación, formación, posibilidades económicas y relaciones estructurales en un depósito mineral; mediante la elaboración, control, supervisión y ejecución de programas de exploración de yacimientos minerales (Alati Mining, 2021).

El correcto desarrollo y aplicación de la Geología de Minas en proyectos permite:

- Encontrar nuevos recursos minerales.
- Estimar las reservas de mineral.
- Realizar la planificación geológica de una explotación minera.
- Desarrollar proyectos enfocados al mejoramiento continuo de los procesos mineros.

4.2.1. Importancia de la Geología en Minería

De acuerdo a Díaz (2018), la importancia de la geología en las actividades mineras radica en que: “es la base de investigaciones y exploraciones realizadas en afloramientos de macizos rocosos y suelos que permiten la planificación de la mina” (p. 1). Partiendo de este criterio es fundamental en una operación minera conocer la geología del suelo en el que se va a desarrollar los proyectos con el fin de llevar a cabo un desarrollo eficiente, garantizando la seguridad de los trabajadores y la sustentabilidad de los procesos productivos.

La aplicación de estudios geológicos dentro del desarrollo de proyectos mineros es de suma importancia ya que se deben conocer los procesos geológicos que dieron origen al recurso y al yacimiento como lo menciona Díaz (2018), estos estudios geológicos permiten: “determinar si la zona es de alto riesgo y si es rentable su explotación, además permite identificar otros lugares con mayor posibilidad de encontrar yacimientos” (p. 2).

Cabe recalcar que todo cuanto proyecto se quiera realizar, se hace sobre el suelo o roca, por esta razón su estudio y análisis resulta fundamental. La rama de la geología que se aplica mayormente a la minería es la geotecnia ya que es fundamentas para definir métodos de excavación y soportes de túneles, taludes, cavernas, piques, ya sea en operaciones subterráneas o a cielo abierto (Díaz, 2018, p. 2).

4.2.2. Petrografía Sedimentaria

La petrología sedimentaria trata sobre la descripción e interpretación geológica de las rocas sedimentarias, se divide en petrografía y petrogénesis. La petrografía se encarga de describir y cuantificar los componentes. La petrogénesis se ocupa de interpretar el origen de las piedras al conocer los procesos que les dieron lugar (Tapia, 2017, p. 1).

4.2.3. Mineralogía Sedimentaria

Partiendo de una definición general de mineralogía para Ovejero et al. (2015), la mineralogía: “es una ciencia de la Geología dedicada al estudio de la estructura cristalina y las propiedades intrínsecas de los minerales, aborda el conocimiento específico de la morfología, geométrica y relación con las propiedades ópticas” (p. 3).

Dentro de la mineralogía se distinguen las siguientes ramas, mismas que están orientadas al conocimiento físico - químico de los minerales, y de acuerdo a Ovejero et al. (2015), se describen de la siguiente forma:

- **Mineralogía Física:** aquella donde las propiedades físicas pueden reconocerse a simple vista o determinarse por medio de pruebas sencillas como el rayado, color, fractura, clivaje, dureza, lustre, densidad relativa y fluorescencia o fosforescencia.
- **Mineralogía Química:** tiene por objetivo identificar la composición química de los minerales. Sus componentes químicos también pueden determinarse por medio de análisis de rayos X.
- **Cristalografía:** se enfoca en el estudio del estado cristalino y formación de los minerales en distintos sistemas cúbico o isométrico, hexagonal, tetragonal, ortorrómbico, monoclinico y triclinico.

En lo referente a la mineralogía sedimentaria Escobar (2017), menciona que son tres los minerales principales que componen a las rocas sedimentarias: la arcilla (la illita y la caolinita), el cuarzo y la calcita. Otros minerales son los feldespatos, de sodio y calcio principalmente, dolomita, yeso, anhidrita y halita (p. 239).

4.2.4. Cuencas Sedimentarias

Una cuenca sedimentaria es una depresión de la corteza terrestre que tiene su génesis por actividad tectónica de las placas, en la que se acumulan sedimentos, como lo sustenta Maroto (s. f.), mismo que menciona que una cuenca sedimentaria es:

lugar donde se acumulan los sedimentos en capas horizontales formando las rocas sedimentarias. Las cuencas presentan diferentes condiciones fisicoquímicas (profundidad, pH, salinidad, etc.), biológicas y geológicas que determinan los diferentes ambientes en los que se produce la sedimentación y permiten interpretar como se originaron las rocas.

Al hablar de cuencas sedimentarias también nos debemos referir a los tipos de cuencas, las cuales se describen a continuación de acuerdo a Maroto (s. f.);

- **Continetales:** son depresiones continentales donde se acumulan sedimentos de forma transitoria hasta que son movilizados de nuevo por la acción de las corrientes fluviales.
- **Marinas:** son depresiones en las que se forman la mayor parte de las rocas sedimentarias.

4.2.5. Estratigrafía

Es la más importante en el campo sedimentario ya que cada capa marca la terminación de un evento, como lo sustenta Arenas y Cuevas (2011), estratigrafía: “palabra compuesta por dos raíces distintas: el latín stratum y el griego graphia. La Estratigrafía puede definirse como el estudio de las sucesiones de roca y la correlación de eventos y procesos geológicos en tiempo y espacio” (p. 55).

A su vez el Servicio Geológico Mexicano (2017), define a la estratigrafía como una rama de la Geología que trata del estudio e interpretación, así como de la identificación, descripción y secuencia tanto vertical como horizontal de las rocas estratificadas; también se encarga de la cartografía y correlación de estas unidades de roca, determinando el orden y el momento de los eventos en un tiempo geológico determinado, en la historia de la Tierra.

De acuerdo a la investigación de Escobar (2017), lo que interesa de la estratificación es: “la geometría interna de las capas pues dichas estructuras ponen en evidencia el ambiente de formación” (p. 240).

En función a la geometría las capas de estratificación pueden ser:

Horizontales, si el ambiente de formación es tranquilo (lacustre); onduladas, si se trata en el ambiente de las dunas; inclinadas, si el ambiente es detrítico; rizadas, cuando son marcas de ambiente de playa; cruzadas, si el ambiente es pantano, y geodas, si son capas esféricas concéntricas explicadas por un fenómeno osmótico por diferencia de salinidad (Escobar, 2017, p. 241).

4.2.5.1. Correlación de Secciones Estratigráficas

Dentro de la estratigrafía está inmersa la correlación de secciones estratigráficas, como un procedimiento utilizado para comparar dos o más secciones estratigráficas que comparten un intervalo de tiempo, como lo menciona Ponce et al. (2018), la correlación de perfiles estratigráficos:

Busca establecer una correspondencia entre las características y la posición estratigráfica de sucesiones geológicas que pueden estar separadas metros, centenares de metros o decenas de kilómetros. Las correlaciones permiten definir la geometría de los depósitos, lo cual resulta fundamental para la realización de los modelos deposicionales (p. 20).

Para la correlación de perfiles estratigráficos es fundamental tener en cuenta criterios físicos que se observan en campo, a continuación, se detallan algunos de ellos de acuerdo a (Ponce et.al, 2018);

Criterio de continuidad lateral de los estratos de Steno: este criterio refiere a aquellas unidades litoestratigráficas que por su continuidad pueden ser trazadas de una localidad a otra.

Criterio de facies sedimentarias: este criterio se basa en el análisis de las características que presentan las distintas facies sedimentarias reconocidas, como puede ser las capas guías mismas que se caracterizan por mostrar una litología o contenido fosilífero que es único respecto a las capas infrayacentes y suprayacentes, y que además tiene una gran extensión regional.

Superficies de discontinuidad: es importante la identificación de estas superficies, las cuales pueden representar etapas de erosión o de no deposición, pudiendo tener representación global, regional o local. De acuerdo a sus características pueden ser clasificadas en: paraconcordante, discordante erosiva, discordante angular e inconformidad (p. 20-21).

4.2.6. Geología Estructural

La geología estructural se encarga de estudiar y describir las distintas deformaciones que han resultado en la corteza terrestre y que se presentan sea a pequeña o gran escala. Por su parte Rodríguez (2012), sustenta que: la geología estructural es la rama de la geología que estudia la corteza terrestre, sus estructuras y la relación de las rocas que las forman. Estudia la geometría de las rocas y la posición en que aparecen en superficie. Interpreta y estudia la deformación de los materiales en la corteza terrestre, cuyas representaciones más habituales son la formación de pliegues y de fallas (p. 5).

Mientras que Tarbuck y Lutgens (2005), describen que los geólogos estructurales:

Estudian la arquitectura de la corteza terrestre y cómo adquirió este aspecto en la medida en que fue consecuencia de la deformación. Estudiando la orientación de los pliegues y las fallas, así como los rasgos a pequeña escala de las rocas deformadas, los geólogos estructurales pueden determinar a menudo el ambiente geológico original, y la naturaleza de las fuerzas que produjeron esas estructuras rocosas. De este modo se están descifrando los complejos acontecimientos que constituyen la historia geológica.

4.2.6.1. Pliegues

Cuando las rocas son sometidas a deformaciones tienen como respuesta su plegamiento, de acuerdo a esto Escobar (2017), define a los pliegues como:

Arrugas producidas en las rocas mientras se encuentran en su estado plástico; sus dimensiones van de centímetros a cientos de km. Los pliegues se producen preferentemente en los bordes compresivos de las placas, es decir, en las zonas de subducción, y en general a importante profundidad (p. 287).

Por su parte Rodríguez (2012), describe que una roca se pliega cuando:

Una superficie de referencia definida antes del plegamiento como plana se transforma en una superficie curva. El plegamiento es tanto mayor cuanto más numerosas y fuertes son las variaciones de buzamiento. Las rocas en las que se aprecia el plegamiento con mayor facilidad son las sedimentarias, cuyos planos de estratificación se muestran como buenos planos de referencia (p.10).

Cabe mencionar que los pliegues se clasifican generalmente como anticlinal y sinclinal, pero se los puede determinar en función de su geometría y su posición como; pliegue recto, pliegue inclinado, pliegue tumbado.

4.2.6.2. Fallas

Las fallas en conjunto con los pliegues constituyen los elementos más representativos dentro de la geología estructural y de acuerdo a Vich y Ortiz (2010), se pueden definir las fallas como: “discontinuidades en rocas a lo largo de las cuales existe un desplazamiento diferencial significativo, estas discontinuidades cortan y desplazan distintas litologías y la intersección entre la superficie cortada y el plano de falla se conoce como línea cutoff” (p. 124).

4.3. Yacimientos Minerales No Metálicos

De acuerdo al glosario del Reglamento Ambiental Para Actividades Mineras (2016), se entiende como minerales no metálicos a las rocas y minerales que por sus características físico-químicas mineralógicas carecen de propiedades para transmitir calor o electricidad y constituyen materia prima natural para las industrias y otras actividades económicas, tales como: baritinas, arenas silíceas, cuarzos, limolitas, arcillas, caolines, pumitas, feldespatos, puzolanas, calizas, dolomitas, travertinos, zeolitas, diatomitas, diatomeas, evaporitas (comprendidos los depósitos de yeso y los depósitos salinos), fluoritas (p. 50).

Mientras Lima (2016), sustenta que los minerales no metálicos incluyen compuestos y rocas utilizados en la construcción, como fertilizantes o en productos químicos de síntesis. Los más utilizados son: nitratos, sulfatos, fosfatos, mármol, granitos, arenas y gravas. Los minerales no metálicos son aquellos que: no tienen brillo propio, en su estado sólido son frágiles y no son conductores de electricidad.

4.3.1. Yacimientos Evaporíticos

Su clasificación se basa en la composición química del mineral. Esta clasificación es a su vez genética, ya que cada compuesto químico precipita en condiciones de concentración diferentes, que son el reflejo de características ambientales. La roca más representativa es el yeso que químicamente es un sulfato esta roca se forma en ambientes sedimentarios asociados a actividad tectónicas, por precipitación directa cuando ocurre saturación y desde luego por evaporación (Rocas Sedimentarias. Origen, Evolución y Procesos Sedimentarios, s. f.).

En cuando a las evaporitas Escobar (2017), menciona que son rocas sedimentarias producidas en ambientes de tipo cálido y árido, como resultado de la evaporación del agua del mar:

Experimentalmente al evaporarse el agua marina se origina la formación de carbonato cálcico, después sulfato cálcico (yeso) y finalmente las sales más solubles, incluida la halita (sal común). Sin embargo, cuantitativamente las evaporitas no pueden deberse a una simple evaporación puesto que una capa de metro y medio de halita requiere la

deseccación de 100 metros de profundidad marina y hay muchos depósitos de sal con cientos de metros de espesor en mares abiertos. El resultado de tales procesos, si se dan sedimentos porosos, es que la caliza original se sustituye por dolomita de grano fino y el sulfato cálcico (anhidrita) crece dentro del sedimento y lo deforma (p. 244-245).

4.3.1.1. Yeso

De acuerdo a lo establecido por la (Subsecretaría de Minería, 2017), el yeso es un sulfato de calcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), se presenta en cristales tabulares exfoliables en láminas, generalmente incoloros. Tiene una dureza de 2 en la escala de Mohs y una gravedad específica de 2.32 gr/cc. Su color generalmente varía de blanco a blanco grisáceo, sin embargo, puede tener diversas tonalidades de amarillo, rojizo, castaño, azul grisáceo, rosa o amarillo como consecuencia de impurezas; es suave y plástico; a altas temperaturas de calcinación pierde toda el agua. Presenta varios hábitos, incluyendo el espato lustroso fibroso, alabastro compacto y selenita cristalina (p. 5).

Por otra parte, Nielson et al. (2005), definen al yeso como un mineral de sulfato de calcio con dos moléculas de agua, con diverso origen. Al microscopio petrográfico se ve mayormente de tipo granoblástico, presentado los depósitos de valor comercial una amplia variedad en el tamaño de los cristales y las texturas. En los depósitos que no han sufrido prácticamente acciones perturbantes, las texturas son consistentes con las unidades estratigráficas, a diferencia de aquellos que han sido deformados y recrystalizados, que presentan texturas porfiroblásticas con la combinación de capas de yeso fibroso y afieltrado (p. 431).

4.3.1.2. Clasificación de Yeso

De acuerdo a lo mencionado por Coaquira et al. (2016), la clasificación de yesos está en función a la calcinación y el grado de temperatura a la que sea sometido este mineral, en la tabla 1 se describe dicha clasificación:

Tabla 1. Clasificación del Yeso

Temperatura	Tipo de Yeso
Temperatura ordinaria	Piedra de yeso, o sulfato de calcio bihidrato: $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$.
107 °C	Formación de sulfato de calcio hemihidrato: $\text{CaSO}_4 + \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$.
107 - 200 °C	Desecación del hemihidrato, con fraguado más rápido que el anterior.
200 - 300 °C	Yeso con ligero residuo de agua, de fraguado lentísimo y de gran resistencia.
300 - 400 °C	Yeso de fraguado aparentemente rápido, pero de muy baja resistencia.
500 - 700 °C	Yeso Anhidro o extra cocido, de fraguado lentísimo o nulo.
750 - 800 °C	Empieza a formarse el yeso hidráulico.
800 - 1000 °C	Yeso hidráulico normal, o de pavimento.
1000 - 1400 °C	Yeso hidráulico con mayor proporción de cal libre y fraguado más rápido.

Fuente: Coaquira et al. (2016)

4.3.1.3. Tipos de yesos y sus usos industriales

El yeso es uno de los minerales más comunes en ambientes sedimentarios. Es un mineral constituyente de rocas que producen lechos masivos, generalmente a partir de la precipitación de aguas altamente salinas, su clasificación y uso industrial de acuerdo a la Subsecretaría de Minería (2017), viene dada de la siguiente forma:

4.3.1.3.1. Yesos sin calcinar

Es un mineral constituido principalmente por sulfato de calcio dihidratado, tal como se encuentra en los yacimientos.

Actividades consumidoras:

- Cemento
- Agroquímicos
- Pinturas
- Obras mineras
- Tratamiento del agua

4.3.1.3.2. Yesos calcinados

Es el sulfato de calcio, hemihidratado, obtenido del yeso natural a través de deshidratación parcial por calentamiento.

Actividades consumidoras:

- Construcción (Productos prefabricados)
- Cerámica
- Fundición
- Medicina (Ortopedia)
- Dental
- Agricultura

4.3.1.3.3. Yesos artesanales, tradicionales o multifases

- **Yeso Blanco:** es el nombre tradicional de un producto artesanal o industrial que se obtiene del yeso natural. Con pocas impurezas, de grano fino, color blanco, que se usa principalmente para el enlucido más exterior, de acabado.
- **Yeso Negro:** producto que contiene más impurezas, de grano grueso, color gris y con el que se da una primera capa de enlucido.

6.3.1.3.4. Yesos industriales o de horno mecánico

- **Yeso de construcción:** Grueso; para pasta de agarre en tabicados en revestimientos interiores y como conglomerante auxiliar en obra. Fino; para enlucidos, refilos o blanqueos sobre revestimientos interiores (guarnecidos).
- **Escayola:** es un yeso de alta calidad y grano muy fino, con pureza mayor al 90% en mineral de aljez.

De acuerdo a las investigaciones realizadas por Paladines y Soto (2010), en el Ecuador el yeso es empleado en forma natural (crudo) o calcinado. En forma calcinada se emplea para la industria del cemento, para elaborar placas, paneles, molduras; yesos especiales se utilizan en la fabricación de moldes en medicina y ortodoncia. En el año 2.002, la provincia de Loja fue la primera productora de yeso con 4.730 Toneladas (p. 247).

4.4. Estimación de Recursos y Reservas

Al hacer referencia a la estimación de recursos/reservas se debe entender que es un proceso continuo que inicia con la exploración y recopilación de la información en campo, seguida de la interpretación geológica y la estimación de recursos, como lo sostiene Tolentino (2019), la estimación de los recursos y reservas constituye: “una de las etapas más importantes a la hora de evaluar un depósito mineral, es un proceso que determina en gran medida el valor industrial y la viabilidad del proyecto, el mismo que requiere alto grado de precisión y responsabilidad” (p. 5).



Figura 4. Relación General entre Resultados de Exploración, Recursos y Reservas Minerales

Fuente: Kelvey (1972)

4.4.1. Reserva Mineral

Las reservas minerales que se clasifican en probadas y probables, representan el subconjunto del recurso mineral medido e indicado y que es extraíble de acuerdo a un plan minero sustentable técnica y económicamente, inserto en un escenario productivo (CODELCO, 2016, p. 39). La descripción de las reservas probadas y probables se mencionan de acuerdo a (Reglamento de Clasificación de Recursos y Reservas Mineras, 2016, p. 12):

Reserva Probable: Es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Indicado y en algunas circunstancias Recurso Mineral Medido. Incluye los materiales de dilución y tolerancias por pérdidas que puedan producirse cuando se explota el material.

Reserva Probada: Es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Medido. Incluye los materiales de dilución y tolerancias por pérdidas que se pueden producir cuando se explota el material.

4.4.2. Métodos de cálculo de reservas

Si bien la selección de un método para determinar reservas depende de las características geológicas del yacimiento y de las técnicas de exploración empleadas la importancia que tiene el mismo al momento de seleccionarlo es fundamental y de acuerdo a Bustillo y López (1997) se tiene los siguientes métodos:

4.4.2.1. Métodos Clásicos

- **Método de los Perfiles o Cortes**

Según, este método suele ser aplicable a cuerpos mineralizados más o menos irregulares que han sido investigados con sondeos cuyas direcciones permiten establecer cortes, perfiles o secciones como se puede observar en la Figura 5.

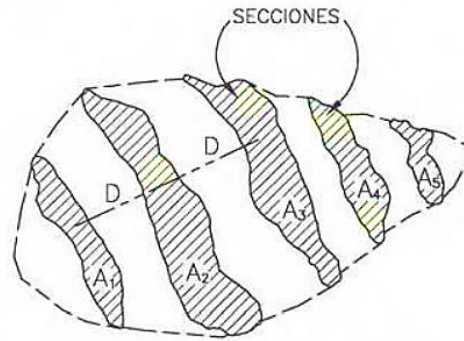


Figura 5. Método de los Perfiles o Cortes

Fuente: Bustillo y López (1997)

- **Método de los Polígonos**

Este método se basa en el hecho de que cada muestra tiene un área de influencia en el interior del cual, teóricamente el depósito permanece con las mismas características observadas en la muestra, lo que equivale a considerar que las modificaciones de valores entre dos muestras consecutivas se hace de manera uniforme, o sea siguiendo el Criterio del vecino más Próximo.

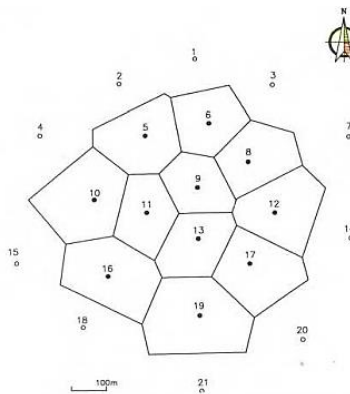


Figura 6. Método de los Polígonos

Fuente: Bustillo y López (1997)

- **Método de Bloques**

En los modelos de bloques el depósito se suele discretizar con paralelepípedos iguales en toda el área, aunque existen variaciones dentro de esa modalidad. Estos paralelepípedos son unidades de exploración que luego se convertirán en unidades de explotación, por lo tanto, se debe seguir un criterio para su generación. La determinación de las dimensiones óptimas del bloque depende principalmente de: Variabilidad de las leyes; Continuidad geológica de las mineralizaciones; Tamaño de las muestras y espaciamiento entre ellas; Capacidades de los equipos mineros; Escala productiva de la futura explotación; Taludes de diseño de la explotación; Capacidad de la computadora utilizada.

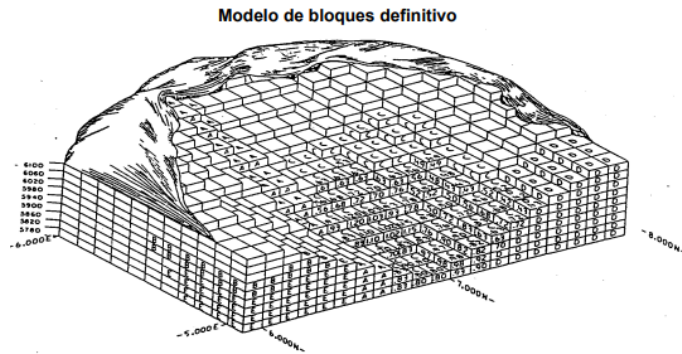


Figura 7 Método de Bloques

Fuente: Bustillo y López (1997)

4.5. Sistemas de Explotación en Minería Cielo Abierto

4.5.1. Minería a Cielo Abierto

Según Herrera y Pla Ortiz (2006), la minería a cielo abierto se caracteriza por:

Los grandes volúmenes de materiales que se deben mover. La disposición del yacimiento y el recubrimiento e intercalaciones de material estéril determinan la relación estéril/mineral con que se debe extraer este último. Este parámetro, comúnmente denominado "ratio", puede ser muy variable de unos depósitos a otros, pero en todos condiciona la viabilidad económica de las explotaciones y, consecuentemente, la profundidad que es posible alcanzar por minería de superficie (p. 2).

4.5.2. Cortas

De acuerdo a Herrera y Pla Ortiz (2006), este sistema se da en:

Yacimientos masivos o de capas inclinadas, la explotación se lleva a cabo tridimensionalmente por banqueo descendente, con secciones verticales en forma troncocónica. Estos métodos son los tradicionales de la minería metálica y se adaptaron en las últimas décadas a los yacimientos de carbón, introduciendo algunas modificaciones. La extracción, en cada nivel, se realiza en un banco con uno o varios tajos. También nos menciona que el desarrollo en cuando a profundidad de estas explotaciones suele ser grande, llegándose en algunos casos a superar los 300 m. Salvo en los yacimientos con una gran corrida, como sucede con los de carbón, las posibilidades de relleno de hueco con los propios estériles son escasas (p. 5).

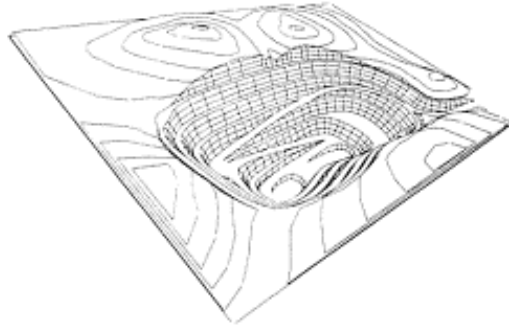


Figura 8. Esquema de Sistema de Explotación por Cortas

Fuente: Herrera y Pla Ortiz (2006)

4.5.3. Canteras

Referente a canteras es que son las explotaciones de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción. Constituyen, con mucho, el sector más importante en cuanto a número, ya que desde muy antiguo se han venido explotando para la extracción y abastecimiento de materias primas con uso final en la construcción y en obras de infraestructura (Herrera y Pla Ortiz, 2006, p. 5).

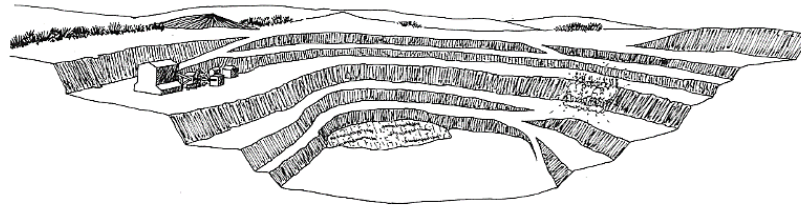


Figura 9. Esquema de Sistema de Explotación por Canteras

Fuente: Herrera y Pla Ortiz (2006)

4.5.4. Terrazas

Para Martínez (2013), este método se basa en una minería de:

Banque o con avance unidireccional. Se aplica en yacimientos relativamente horizontales, de uno o varios niveles mineralizados y con recubrimientos potentes, pero que permiten depositar el estéril en el hueco creado, transportándolo alrededor de la explotación. Las profundidades que se alcanzan son importantes, existiendo casi exclusivamente una limitación de tipo económico en la determinación de cuál es el último nivel mineralizado que se explotará (p. 6).

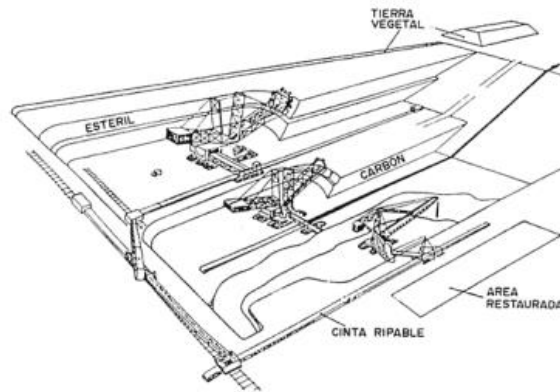


Figura 10. Esquema de Explotación por Terrazas

Fuente: Herrera y Pla Ortiz (2006)

4.6. Labores de exploración

De acuerdo a las labores de exploración tienen por objetivo inspeccionar el yacimiento a explotar, al igual que se las realiza con el objetivo de determinar la cantidad y calidad del mineral.

4.6.1. Calicatas

Para las calicatas son uno de los métodos más empleados en el reconocimiento superficial del terreno y dado su bajo coste y rapidez de realización constituyen un elemento habitual en cualquier tipo de investigación en el terreno.

Por otra parte Fernández y Tessone (2015), mencionan que: “las calicatas (de sección rectangular) son poco profundas (1 a 3 m) y suelen emplearse para la exploración de las porciones someras de depósitos diseminados y stockworks, excavadas en una malla regular” (p. 5).

4.6.2. Trincheras

Según Fernández y Tessone (2015), las trincheras son:

del mismo rango de profundidad que las calicatas, pero mucho más largas; se realizan en depósitos con una orientación más o menos definida y se excavan perpendiculares a esa orientación. Estos tipos de labores, con sus respectivos muestreos, permiten ajustar el programa y diseño de perforaciones (p. 5).

4.6.3. Pozos

De acuerdo a lo mencionado por SIAPA (2014), los pozos se excavan con el fin de tomar muestras de cada estrato, para observar y levantar el perfil estratigráfico de sus paredes. Dichas excavaciones deben tener un área de 1.00 x 1.5m (como mínimo), con separaciones y profundidades variables, los cuales dependen de la zona donde se ubique el sitio en estudio, del material encontrado, de la posición del nivel freático y de la importancia del proyecto (p. 8).

4.7. Labores Mineras a Cielo Abierto

4.7.1. Rampas

Cervantes et al. (2013), definen a una rampa como: “camino en pendiente que permite el tránsito de equipos desde la superficie a los diferentes bancos en extracción. Tiene un ancho útil de 25m, de manera que permite la circulación segura de camiones de gran tonelaje en ambos sentidos” (p.45).

Palomino (2015), conceptualiza a una rampa como: “una vía por una faja de terreno con un plano de rodadura especialmente dispuesto para el transito adecuado de vehículos y está destinada a comunicar entre si los frentes de explotación con los botadores y centros de acopio” (prr.5).

4.7.2. Bancos

Los bancos para Cervantes et al. (2013), son: “el módulo o escalón comprendido entre dos niveles que constituyen la rebanada que se explota de estéril o mineral, y que es objeto de excavación desde un punto del espacio hasta una posición final preestablecida” (p. 41).

Diseño de Minado (s. f.), se menciona que los bancos son el: “componente básico y más importante para la extracción de un yacimiento y producción de mineral a cielo abierto, este se conforma de una superficie superior e inferior, separada por una distancia vertical (h) denominada como altura de banco” (p. 27).

4.7.3. Bermas

También llamado pretil para diferenciarlo de las bermas del talud minero, es un elemento de seguridad en la rampa para detener los equipos en los extremos, en caso de potenciales caídas, y evitar accidentes. Una berma con una altura de por lo menos la mitad de la rueda del camión más grande que transita en el área, es una dimensión generalmente requerida por las regulaciones mineras (Pizarro, 2017, p. 19).

Las bermas en minería para Cervantes et al. (2013), son la franja de cara horizontal de un banco, como un borde que se deja especialmente para detener los derrames de material que se puedan producir al interior del rajo. Su ancho vario entre 8 y 12m. Las Bermas deben tener un ancho tal que permite que se crucen dos camiones y el movimiento de las máquinas de carguío (p. 42).

4.7.4. Labores mineras auxiliares

Las operaciones mineras auxiliares se ejecutan de manera progresiva de acuerdo a como se desarrolle el plan de minado, de entre ellos se destacan las siguientes labores:

5.7.4.1. Drenaje

De acuerdo a Sánchez (1995), el drenaje tiene por objetivo el mantener las condiciones adecuadas de trabajo a cielo abierto; minimizando la cantidad de agua en circulación en las áreas operativas; reaprovechando el máximo de agua utilizada en el proceso industrial; al igual que eliminar aguas con ciertas características para que no afecten negativamente la calidad del cuerpo de agua receptor (p. 252).

5.7.4.2. Escombreras

Según Actis (2009), el emplazamiento de una escombrera se debe basar en criterios técnicos, económicos, ambientales y socio-económicos:

Entre los criterios específicos más importantes se encuentran: la distancia de transporte desde la explotación hasta la escombrera, que, en definitiva, afecta al costo total de la operación; la capacidad de almacenamiento necesaria, que viene impuesta por el volumen de materiales estériles a remover; las alteraciones potenciales que pueden producirse sobre el medio natural y las restricciones ecológicas existentes en el área de implementación (p 9).

4.7.5. Ciclo de Trabajo

Tomando como base el reglamento del Reglamento del Régimen Especial de Pequeña Minería (2019), el ciclo minero se entiende como:

El conjunto de operaciones que se realizan ordenadamente bajo el régimen especial de pequeña minería y minería artesanal, en yacimientos o depósitos, y que se inician con la gestación del proyecto, la exploración - explotación, el desarrollo, la producción, procesamiento o beneficio, comercialización y el cierre de las operaciones del mismo, observando en todo caso los principios de solidaridad, sustentabilidad y del buen vivir (p. 3).

4.7.5.1. Desbroce (stripping ration)

Martínez (2013), menciona que la preparación es: “aquella acción de limpieza y remoción de la capa vegetal en las áreas de trabajo” (p. 39).

4.7.5.2. Destape

Álvarez (2013), considera que el destape es:

La labor de la preparación minera que requiere de un mayor volumen de trabajo, todo el mineral que no cumpla las exigencias de aprovechamiento es considerado escombros; su excavación-carga, almacenamiento y transportación es un proceso inevitable en la

minería a cielo abierto, conlleva cuantiosos recursos económicos, técnicos y materiales para su ejecución (p. 21).

4.7.5.3. Preparación

Según Cervantes et al. (2013), la preparación de una mina consiste en: “desarrollar o ejecutar labores mineras para arrancar y extraer el mineral económico de los depósitos minerales en forma sistemática y con la mayor productividad” (p. 3).

4.7.5.4. Arranque

Muñoz y Siachoque (2014), denominan al arranque como:

La operación de extracción de mineral y estéril, del área de explotación. Este depende de factores como el tipo de material, disposición del mismo y la topografía del terreno, entre otras. Para el descapote, este se realizará con la retroexcavadora y se llevará a unas zonas preestablecidas para depositar la capa vegetal, el arranque del material crudo en los bancos de explotación se realizará con la misma máquina (p. 65).

Mientras que la conceptualización de Martínez (2013), respecto al arranque es: “extracción del estéril y del mineral de interés fragmentando a un tamaño que pueda ser manipulado por el sistema definido de cargue y transporte. En la extracción del cuerpo mineralizado se debe evitarla contaminación del material de interés con el estéril” (p. 40).

4.7.5.5. Carga y Acarreo

Según Saavedra (2017), el carguío y el transporte: “constituyen las acciones que definen la principal operación en una faena minera. Estas son las responsables del movimiento del mineral o estéril que ha sido fragmentado en el proceso de tronadura” (p. 4).

Por otra parte Martínez (2013), define al carguío como la operación de cargue del mineral o estéril al sistema de transporte definido y puede ser de dos formas;

- **Método Cíclico:** se utilizan herramientas como palas de empuje. Cargadores, retroexcavadoras.
- **Método Continuo:** se utiliza rueda de cangilones que alimenta a bandas transportadoras.

4.7.5.6. Transporte

De acuerdo a Martínez (2013), el transporte es el traslado del material o mineral arrancado hasta el sitio de acoplo o planta de beneficio, así como el estéril es llevado a los botaderos (p. 25).

4.7.5.7. Almacenamiento estoqueado

Según Martínez (2013), el almacenamiento del material extraído de la mina para su comercialización o posterior beneficio y uso. Estas áreas deben estar en función de cantidad de material a extraer, el tiempo de almacenamiento y calidad de éste (p. 41).

4.7.5.8. Transformación (Conminucion)

Martínez (2013), define a esta acción como el proceso de selección, trituración, molienda, mezcla y homogenización, y otras operaciones similares a que se somete el material explotado en bruto para luego ser utilizado según las necesidades de la industria e infraestructura (p. 43).

4.8. Marco Legal Normativo Para Explotación De Minerales No Metálicos

Con base en la jerarquización plasmada en la Constitución de la República del Ecuador (2008), para el ámbito de aplicación de normas legales en el caso de aprovechamiento de minerales no metálicos se constituye de la siguiente forma: la constitución; las leyes orgánicas; las leyes ordinarias; las normas regionales; los decretos y reglamentos.

4.8.1. Constitución de la Republica del Ecuador

Partiendo de la Constitución de la Republica del Ecuador (2008), en la Sección Cuarta, **Art. 408** se menciona que son propiedad inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado los recursos naturales no renovables y, en general, los productos del subsuelo, yacimientos minerales y de hidrocarburos, sustancias cuya naturaleza sea distinta de la del suelo...” “Estos bienes sólo podrán ser explotados en estricto cumplimiento de los principios ambientales establecidos en la Constitución.

4.8.2. Ley de Minería del Ecuador

Con base en la Ley de Minería (2009), del Ecuador Capitulo IV de Minerales No Metálicos en el **Art. 145 Explotación de Minerales No Metálicos**: “La exploración y explotación de minería no metálica, deberán cumplir con las normas generales aplicables a las concesiones mineras en los términos dispuestos por la presente Ley y su Reglamento General, incluyendo el pago de regalías”

4.8.3. Reglamento Ambiental para Actividades Mineras

Por otro lado, el Reglamento Ambiental Para Actividades Mineras (2016), en el **Art. 94 de Preparación de los Frentes de Explotación** establece que: “El diseño y operación de los bancos para la explotación de minerales metálicos, no metálicos y materiales de construcción a cielo abierto se sujetarán a las disposiciones pertinentes determinadas en la normativa que el Ministerio Sectorial emita para tal efecto”.

4.8.4. Reglamento del Régimen Especial de Pequeña Minería

Con base en el Reglamento del Régimen Especial de Pequeña Minería (2009), **Art. 18** se considera minería artesanal a aquella que: “se realiza mediante el trabajo individual, familiar o asociativo de quien efectúa labores mineras en áreas libres, única y exclusivamente como medio de sustento, conforme se establece en el artículo 134 de la Ley de Minería”

Respecto a las Labores de exploración y explotación en pequeña minería y minería artesanal este reglamento menciona en su **Art. 11** que, por la naturaleza especial de las actividades en pequeña minería, las labores de exploración podrán efectuarse de manera simultánea con las de explotación, en una misma área, conforme a los planes de desarrollo para cada proyecto aprobados por la Agencia de Regulación y Control Minero.

5. Metodología

5.1. Area de Estudio

La presente investigación se desarrolló en la provincia y cantón de Loja, parroquia Malacatos, sector San José de Ceibopamba, en el área minera de yeso denominada “**Manuel Salvador Vega**” código 690344.



Figura 11. Ubicación del Area Minera “Manuel Salvador Vega”

Fuente: El Autor (2022)

La concesión se encuentra registrada en el catastro minero con una extensión de 1 hectárea de permiso de explotación, y su objetivo es la extracción de yeso para usos en la construcción, en la agricultura y en la ortopedia, mismo que se comercializa hacia la ciudad de Cuenca la cual cuenta con la industria para procesar este mineral y de la cual se tiene mayor demanda.

En la Tabla 2 se indican las coordenadas UTM (PSAD 56) y WGS-84 de ubicación para el área concesionada:

Tabla 2. Coordenadas de Ubicación del Área Minera “Salvador Vega”

Area Minera Salvador Vega				
PSAD-56		WGS-84		Altura
X	Y	X	Y	
689641	9536027	689622	9535897	1715
689741	9535027	699722	9535897	1690
689741	9535927	689722	9535996	1670
689641	9535927	699622	9535996	1710

Fuente: El Autor (2022)

5.1.1. Acceso

El acceso hacia el área minera se puede realizar a través de vía aérea y terrestre; por vía aérea desde Quito o Guayaquil hasta el aeropuerto “Camilo Ponce Enrique” del cantón Catamayo perteneciente a la provincia de Loja; posterior a ello un recorrido hasta la ciudad de Loja por vía terrestre de primer orden. De igual el acceso se puede realizar mediante vía terrestre desde Quito tomando la vía Panamericana, de igual manera se puede acceder, desde Guayaquil pasando por Machala hasta llegar a Loja.

La parroquia Malacatos está ubicada en la parte Sur de la Provincia de Loja, a unos 32 km. El acceso se lo realiza por el sur de la provincia de Loja tomando la vía Loja-Malacatos (asfaltada 32km); consecutivamente se toma el tramo vial de Malacatos- Catamayo (vía intervalles), con un recorrido de 6 km en dirección NW hasta llegar al barrio San José de Ceibopamba. Finalmente se toma una carrera de acceso con dirección SW durante un recorrido de 300m hasta llegar al área minera “Manuel Salvador Vega”.

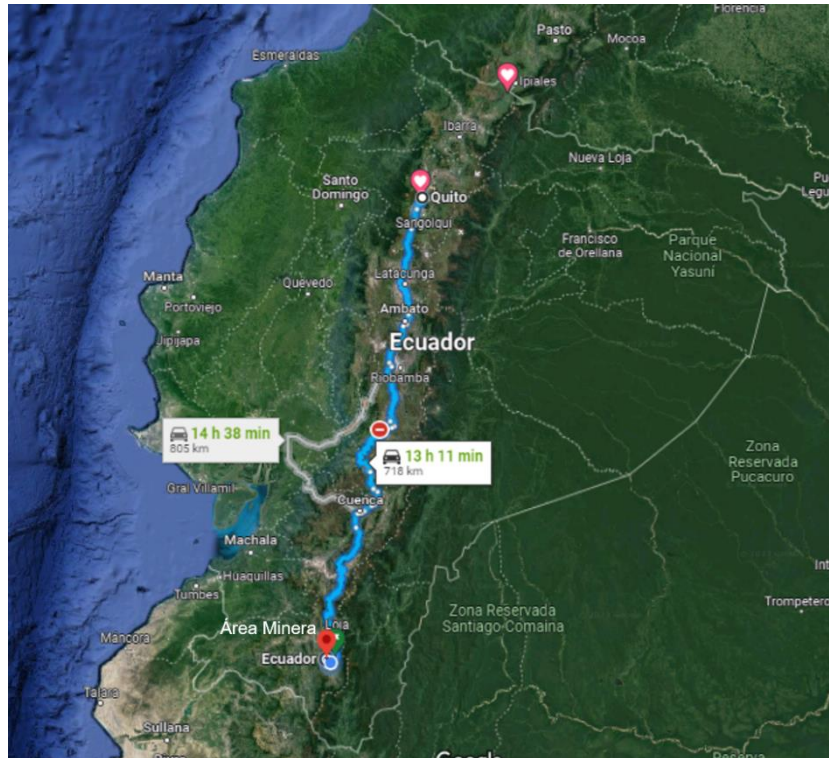


Figura 12. Acceso Vial al Área Minera “Manuel Salvador Vega”

Fuente: El Autor (2022)

5.2. Descripción Física del Área de Estudio

Para la descripción biofísica del área de estudio se ha descrito de acuerdo a lo mencionado en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT 2015) :

5.2.1. Precipitación

La caracterización climática del área minera, se definió haciendo uso de la información mostrada en el PDOT (2015) de la parroquia Malacatos mismo que muestra los valores climáticos y meteorológicos de las estaciones; La Argelia, Malacatos, Vilcabamba, Quinara, Yangana, comprendidos en una serie de datos desde 1985 a 2009.

Para el área de estudio se ha identificado que pertenece a un clima sub templado, con una temperatura promedio anual de 20°C. Mientras que la precipitación para zona donde se ubica el área minera se identificó una media anual entre 850 y 1500 mm para el rango de meses comprendidos de enero-diciembre; el periodo de lluvias más abundantes es de febrero-abril y el periodo de menos precipitaciones en los meses de junio a agosto.

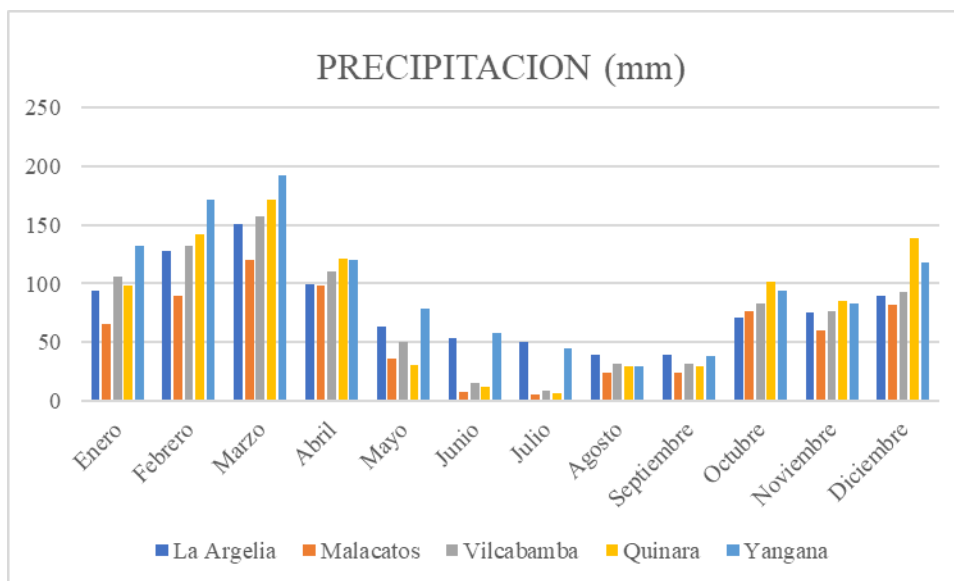


Figura 13. Precipitación Media Mensual de la Parroquia Malacatos

Fuente: PDOT Malacatos (2015)

5.2.2. Geomorfología

De acuerdo al PDOT (2015), de la parroquia su geomorfología se originó debido a procesos tectónico erosivos. La Unidad geomorfológica con mayor extensión en la parroquia es el relieve montañoso con mayor extensión. Esta unidad tiene una superficie de 7.395,55 ha, lo que representa el 35,82 % de la superficie total de la parroquia. A continuación, se detalla el resto de unidades geomorfológicas para la cuenca sedimentaria de Malacatos, enfocadas al sector San José de Ceibopamba donde se encuentra ubicada el área minería.

Relieve colinado alto (R5). Morfológicamente presentan cimas redondeada asociadas a vertientes convexas y mixtas en su mayoría, aunque también se observan cimas agudas, asociadas a vertientes cóncavas e irregulares y en cuanto a la morfometría, estos relieves presentan pendientes que van de 12 a 100 %, y desniveles de 100 a 200 m.

Relieve colinado medio (R4): La unidad presenta pendientes medias, media a fuerte, fuerte, muy fuerte y escarpada, fluctuando entre los 12 a 150%, posee desniveles relativos de 5 a 200 m, caracterizados por cimas agudas de vertientes irregulares.

5.2.3. Geología Regional

La cuenca sedimentaria Malacatos- Vilcabamba de acuerdo a lo mencionado en el “Léxico Estratigráfico de las Cuencas Sedimentarias Miocénicas del Sur del Ecuador ” elaborado por el Instituto de Investigación Geológico y Energético a cargo de los autores Alulima et al. (2022), su ubicación y división se da de la siguiente manera; se ubicada en el sur de Ecuador, en la provincia de Loja, en la región Sierra. Toma su nombre de las poblaciones de Malacatos y Vilcabamba. La cuenca está dividida en:

- Fm. San José.
- Fm. Santo Domingo.
- Fm. San Francisco.
- Fm. Cerro Mandango.
- U. Suro.

La cuenca proyectada desde su parte más elevada podría alcanzar hasta 1100 m, La cuenca se determinó como del Mioceno medio a superior.

Formación San José: En la base se preservan intercalaciones de arcosas, limolitas, grawacas feldespáticas. Los estratos de areniscas gruesas superan el 1 m y contienen en parte conglomerados lacustres con clastos metamórficos y volcánicos. Los estratos de arenisca fina tienen laminación horizontal con estratificación cruzada a pequeña escala y ripples. Se tiene varias intercalaciones volcánicas con tufitas ricas en cristales verdes y líticos, con clastos volcánicos y metamórficos.

Formación Santo Domingo: Hungerbühler (1997), la redefinió dándole nuevos límites, reconsiderando su estratigrafía y subdividiéndola en los miembros Yeso y Carbón. El Mb. Yeso está dominado por secuencias de lutitas de color “chocolate” que alternan cíclicamente con limos de coloración más clara y niveles aislados de areniscas y microconglomerados. La característica de este miembro es la presencia de capas de yeso y nódulos lutíticos y carbonatados con envolturas de yeso fibroso. El Mb. Carbón es una repetición de estratos de lutitas negras, limolitas e intervalos menores de areniscas. Estas últimas están particularmente canalizadas en la base muestran estratificación horizontal y cruzada además de ripple marks, existen nódulos calcáreos y abundantes diques clásticos esporádicos ingresos del mar.

Formación San Francisco: Está formada por una secuencia de areniscas y limos marrones o gris-azulados, interrumpidos por cuerpos canaliformes formados por litarenitas y sublitarenitas de aporte metamórfico. Las principales estructuras sedimentarias son ripples de corriente y oleaje, laminación paralela, ondulante y convoluta, estructuras de carga, flamas y slumps claramente diferenciados y fosilizados en la vertical por facies no deformadas.

Formación Cerro Mandango: Predominan los ortoconglomerados masivos, pobremente clasificados con clastos subangulosos a subredondeados de origen metamórfico principalmente y tamaño variado; intercalaciones de areniscas de grano grueso con estratificación horizontal y lutitas.

Unidad Suro: Litológicamente exhibe secuencias métricas de paraconglomerados intercalados con niveles centimétricos de areniscas conglomeráticas, no se aprecian estructuras sedimentarias (Anexo 25)

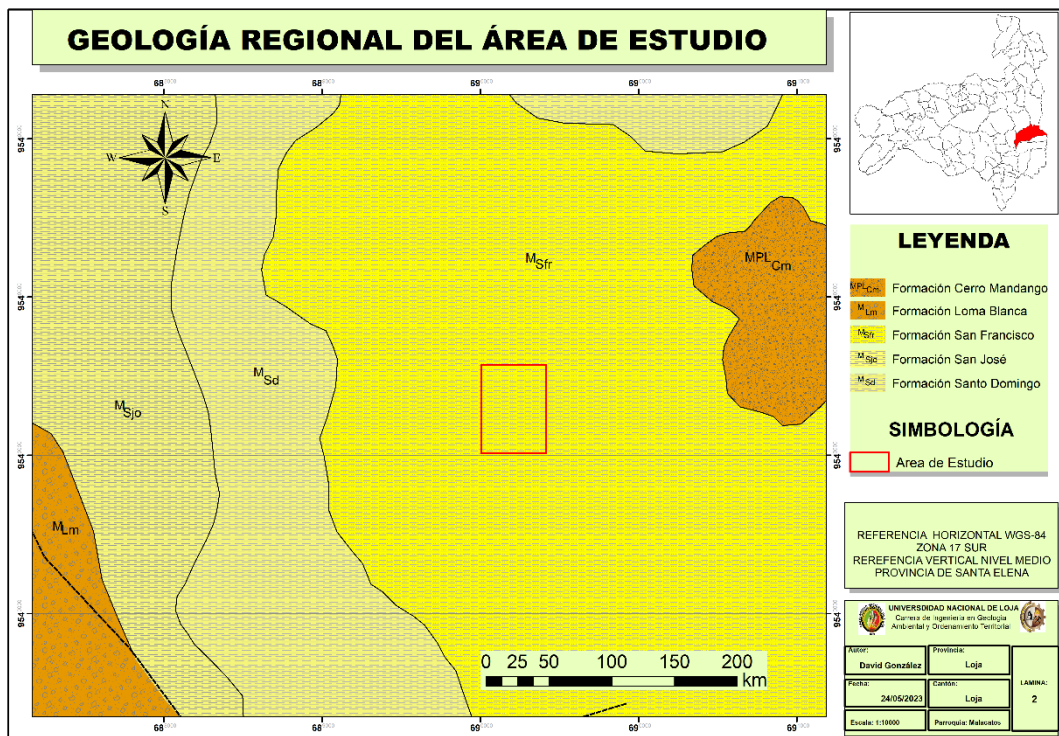


Figura 14. Mapa Geológico Regional Para el Area de Estudio.

Fuente: Hoja Geológica de Gonzanama (2017).

5.2.4. Geología Estructural

La zona de estudio de manera regional la cuenca sedimentaria de Malacatos se encuentra influenciada por la Falla Picota con una dirección NW–SE y buzamiento al noreste que ha controlado el levantamiento de las secuencias sedimentarias, de igual manera se tiene la falla inversa San Agustín, con dirección NE–SW y buzamiento vertical, al nororiente de la cuenca se encuentra la falla inversa El Tambo, con dirección variable entre N–S y ENE–WSW y buzamiento entre este y noroeste, al occidente la falla inversa Solanda se presenta segmentada con direcciones entre N–S y NW–SE y buzamiento hacia el oeste Solís et al. (2017).

5.3. Métodos

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se utilizaron los métodos no experimental y experimental, mismos que permitieron el cumplimiento de los objetivos planteados para esta investigación.

5.3.1. Método No Experimental

Respecto a la investigación no experimental esta se basa en principalmente en hechos y variables que ya se suscitaron, como lo menciona Hernández et al. (2014), en este tipo de investigación: “se observan fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para analizarlos realiza sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos” (p. 152).

Dicho de otra manera, para el presente trabajo investigativo se aplicó el método no experimental mediante la observación preliminar del área minera “Manuel Salvador Vega” a fin de determinar las deficiencias en la explotación del yeso, mismas que se analizaron cuidadosamente para proponer un adecuado sistema de explotación.

5.3.2. Método Experimental

En cuanto a la investigación experimental esta hace referencia a “elegir o realizar una acción y después observar sus consecuencias” (Hernández et al., 2014, p. 129).

Por ende, el método experimental se aplicó en el cambio de una variable independiente (sistema de explotación), es decir planteamiento de un sistema y con ello poder observar los efectos sobre la explotación de mineral de yeso, en cuanto a ingresos y egresos de la aplicación de este sistema planteado. Este proceso se resume en la Figura 19, y se detalló de la siguiente forma:

- **Precampo:** consistió recopilación de información (estudios previos, mapas geológicos-topográficos, hojas geológicas, fotografías) con el fin de determinar una base preliminar del área de estudio.
- **Campo:** se desarrolló el levantamiento topográfico, geológico, estructuras, construcción de calicatas, descripción de actividades, descripción de tipo de yacimiento, que fueron la base para desarrollar los mapas de la topografía, geología, cálculo de reservas y diseño de sistema de explotación para área de estudio.
- **Caracterización:** en esta fase de realizaron la toma de muestras para determinar calidad de mineral en laboratorio, la delimitación del yacimiento y caracterización del mismo y con ello se determinó el método para cálculo de reservas de mineral y sistema de explotación.
- **Laboratorio:** consistió en determinar las propiedades físicas y químicas del mineral y con ello se determinó los usos industriales para mineral de yeso.
- **Trabajo de Gabinete:** se realizaron cada uno de los mapas, cálculo de reservas, perfiles, análisis de resultados de laboratorio, se determinó los parámetros mineros

técnicos y se planteó el sistema de explotación, para aprovechamiento de mineral de yeso.

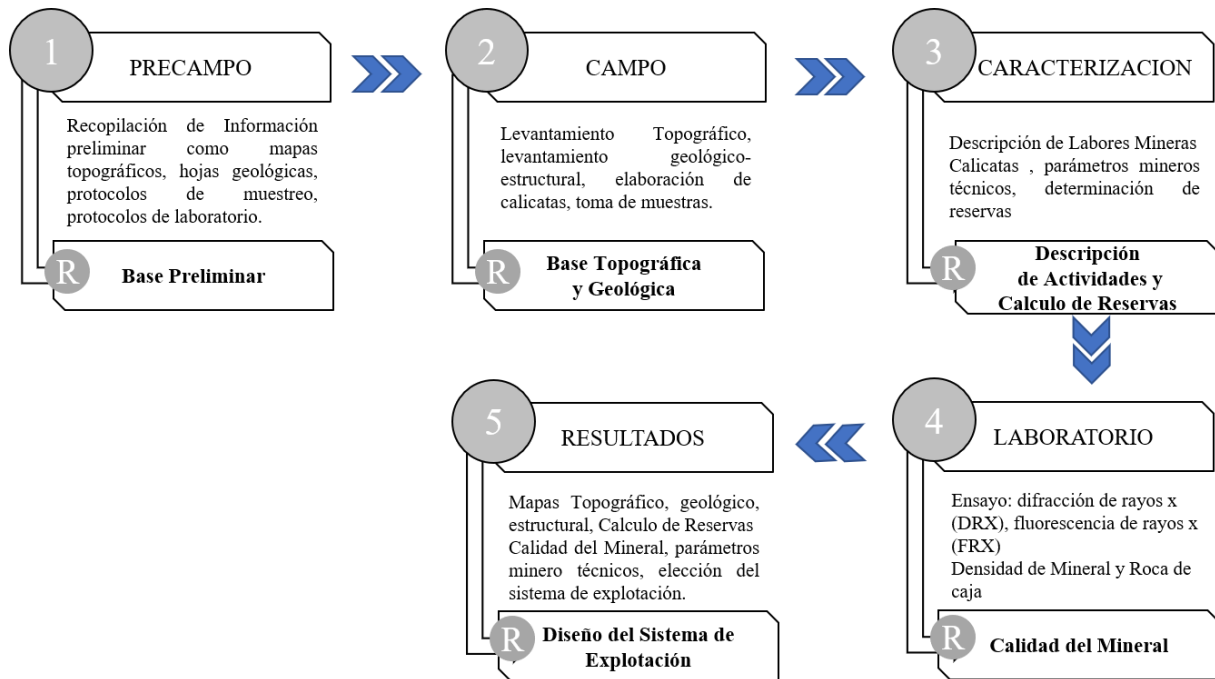


Figura 15. Representación de la Método Experimental (R: resultado)

Fuente: El Autor (2022)

5.4. Precampo

5.4.1. Recopilación de Información Secundaria

Para el desarrollo de esta fase se recopiló información de fuentes oficiales por revisión bibliográfica que permitieron el cumplimiento de cada uno de los objetivos planteados en la presente investigación.

Primer objetivo: se obtuvo información de los documentos presentados para la obtención de permiso de explotación por parte del titular minero, hoja geológica Gonzanamá (Hoja 57, N VII-B, 2017), del plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Malacatos (2019), Léxico Estratigráfico de las cuencas sedimentarias miocénicas del sur del Ecuador (2022) de esto se obtuvo información sobre topografía, relieve, geología, estructuras.

Segundo objetivo: se obtuvo información del permiso de funcionamiento donde se detalla el desarrollo de las actividades realizadas por el área minera, así como el tipo de minería que se efectúa.

Tercer objetivo: se recopiló información de libros, informes, enfocados a minería de yeso, libros sobre evaluación de reservas y métodos para determinación de calidad de mineral.

Cuarto objetivo: se realizó la búsqueda en libros sobre sistemas de explotación y su aplicación de acuerdo a los tipos de yacimientos, de igual manera recopilación de información sobre cálculos matemáticos aplicados en los diseños de sistemas de explotación finalmente estudios previos como (“Elección del sistema de explotación para los yesos existentes en el área minera “Jabonillo”) a fin de determinar el sistema de explotación adecuado para el aprovechamiento económico de mineral de yeso.

5.5. Metodología Primer Objetivo

“Realizar la caracterización geológica sobre la base topográfica del área de estudio.”

La metodología que se aplicó para el cumplimiento de este objetivo fue de campo y oficina, en campo se realizó visitas al área de estudio, levantamiento topográfico, levantamiento y descripción de afloramientos, construcción de calicatas en los sitios donde no fue visible la geología de área de estudio, la recolección de muestras de mano, fotografías, posterior a ello en oficina y laboratorio se realizó el procesamiento de datos, y la determinación de la topografía y geología de la zona de estudio. La escala de trabajo que se utilizó para el presente trabajo investigativo es 1:1000.

Topografía

Etapas de Campo

Se realizó el levantamiento topográfico de 10 ha que las cuales 1 ha comprende al permiso de explotación obtenido por el titular minero, la ampliación del levantamiento a 10ha de terrenos que pertenecen al titular minero, se lo realizó con fines de una expansión de explotación de yeso, de igual manera para una mejor determinación de la geología, las características del yacimiento, determinación de reservas y poder implantar el diseño de sistema de explotación, para ello se hizo uso de un dron modelo Phantom 4 Pro v2 y GPS diferencial Trimble R8 RTK con estos equipos se tomó, registro y almacenó la información del área minera.

Se inició con la planificación del vuelo, a una altura de 100m altura tomada desde el suelo (punto de partida del dron) esta altura se determinó mediante vuelos de reconocimiento ya que la el área de estudio presentó zonas elevadas en dirección NW. Se hizo despegar el dron en horario matutino comprendido entre las 11h00 a 12h00, donde las condiciones climáticas no presentaron perturbaciones por nubes, lluvia o viento, este proceso tardo unos 20min. Ver Figura 16.

Seguidamente se instaló el GPS diferencial Trimble R8 RTK, el cual se colocó sobre un trípode y se definió un punto fijo en el suelo, mediante una estaca. La altura punto fijo en piso altura de RTK fue de 1.72m, con ello se procedió crear y fijar un punto IGM en el área de

estudio, con coordenadas UTM (PSAD-56) N:689673.784m E:953596.496m Z:1699.221m.s.n.m), el cual tardo 30min en estar en la mayor precisión posible.

Posterior a ello se instaló el Robert (GPS diferencial móvil) y se desplazó por la zona de estudio, se definieron 5 puntos denominados de control, cada uno de esto dispuso de sus coordenadas para post-procesamiento.

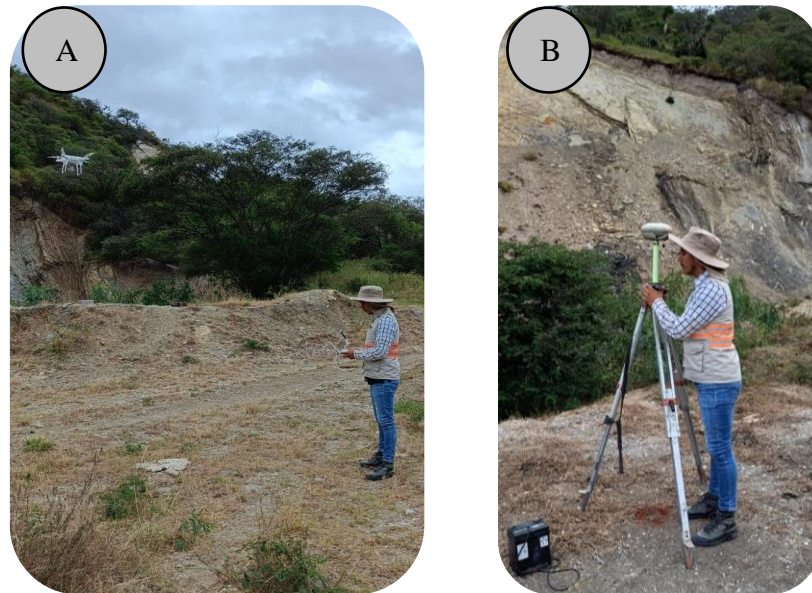


Figura 16. Levantamiento Topográfico del Área Minera (A: Levantamiento con Dron) (B: Levantamiento con GPS Diferencial)

Fuente: El Autor (2022)

Etapa de Gabinete

Una vez realizado el levantamiento topográfico se procedió a la descarga de los datos obtenidos por el GPS Diferencial, al igual que las imágenes tomadas con el Dron Phantom 4 Pro v2.

Seguidamente haciendo uso del software Agisoft Metashape (Ver Figura 17), se procesó las fotografías en crudo, donde se escaló las fotos de acuerdo a los puntos de control tomados por medio del GPS Diferencial, dando como resultado final una ortofoto del área de estudio, con una precisión de 2cm a escala 1:1000m.

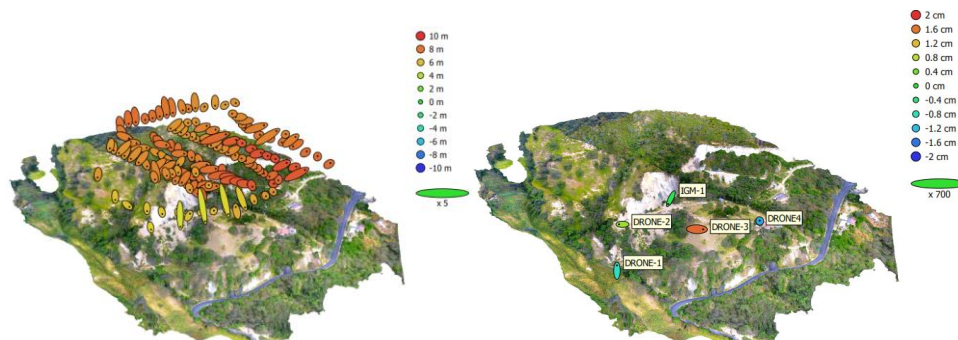


Figura 17. Procesamiento de datos obtenidos en campo, para obtención de la topografía del área minera

Fuente: El autor (2022)

La elaboración del mapa topográfico, se realizó mediante la metodología propuesta por los autores Peña y Méndez (2005), que mencionan las siguientes fases para la elaboración de un mapa topográfico:

- Generación de modelo digital de terreno a partir de nube de puntos con coordenadas X, Y y Z
- Ubicación de puntos de control, correspondientes al área de estudio
- Realizar la triangulación de la superficie de estudio
- Análisis de modelado y generación de curvas de nivel
- Dibujo de elementos auxiliares como ríos, quebradas, casas, vías, etc.
- Perfiles transversales o longitudinales necesarios.

La ortofoto se obtuvo del procesamiento de las fotografías aéreas capturas por el dron mediante el vuelo sobre el área minera, estas fotos fueron procesadas en el software Agisoft Metashape el cual se encarga de solapar cada una de las fotografías, de igual manera se subió a este programa cada uno de los puntos de control a fin de georreferenciar la ortofoto con los puntos fijos en campo.

Una vez obtenida la ortofoto se procedió a cargar la misma al software ArcGIS, y con la ayuda de las herramientas que proporciona este programa se construyó el modelo digital de elevaciones, posteriormente se graficó los elementos auxiliares a una escala real, este proceso se lo detalla de la siguiente manera (Ver figura 18).

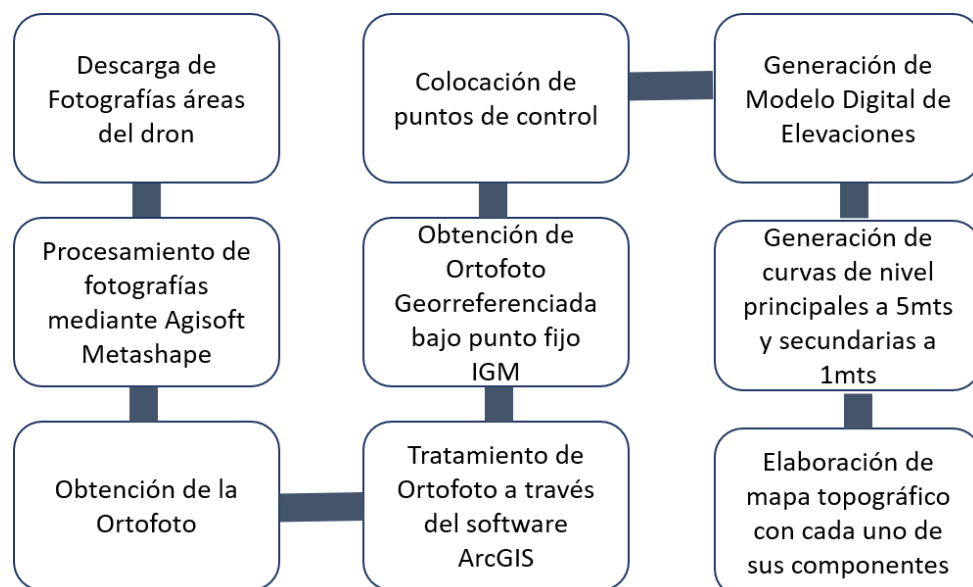


Figura 18. Procedimiento para la obtención del mapa topográfico para el área minera.

Fuente: El autor (2022)

La presentación de los resultados se la realizó mediante un mapa topográfico, para ello se siguió la metodología descrita por el Instituto Geográfico Militar del Ecuador (2013), donde se mencionan las pautas principales que debe contener el mapa topográfico:

- Hidrografía
- Planimetría
- Simbología para infraestructura, Aeronáutica, Toponimia, siglas, textos
- Escala, leyenda, colores de la simbología

Finalmente, con el objetivo de visualizar la inclinación del área de estudio y conocer las zonas de mayor o menor pendiente que ha dejado la explotación actual, se elaboró el mapa de pendientes para el área minera, para ello se utilizó la metodología planteada por Demek (1972) la cual clasifica a las pendientes de la siguiente manera (ver tabla 3):

Tabla 3. Clasificación de Pendientes Según Demek (1972).

Tipo de Pendiente	Categoría (°)	Gradiente (%)
Ligeramente inclinado	0-5	3.5-8.7
Fuertemente inclinado	5-15	8.7-26.8
Muy inclinado	15-35	26.8-70
Empinado	35-55	70-143
Vertical	>55	>143

Fuente: Demek (1972)

El mapa de pendientes elaborado a partir de la metodología de Demek permitió visualizar la variación del relieve del área minera, proporcionó la información necesaria para el posterior diseño de explotación y los trabajos que se quieran plantear en el diseño. La elaboración de este mapa se planteó cada una de las fases mediante un Model Builder en el software ArcGIS.

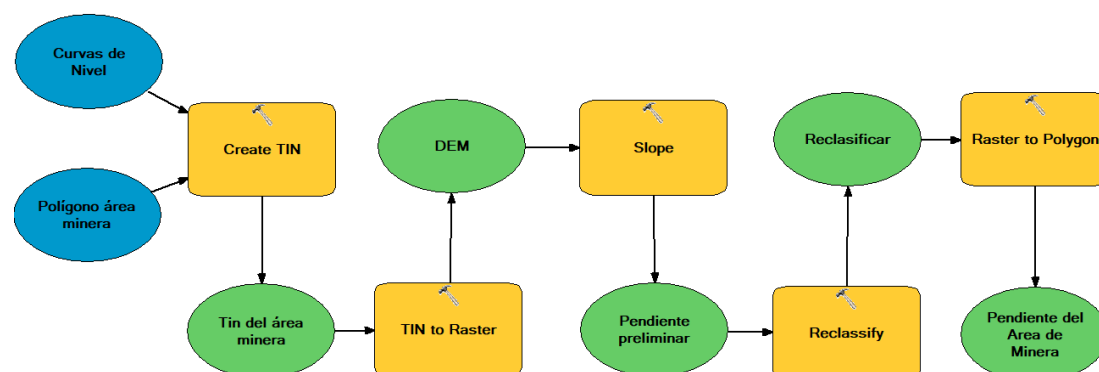


Figura 19. Proceso para la obtención de mapa de pendientes del área minera mediante Model Builder.

Fuente: El autor (2022)

Geología

Sobre la base topográfica levantada del área minera a escala 1:1000 se realizó el levantamiento geológico de acuerdo a la metodología plantada por Ayala (2020) para Explorock S.A. la cual se desarrolló de siguiente manera:

Observación: Corresponde a la visualización del afloramiento esto implica la toma de datos de la localización geográfica del afloramiento, detección preliminar de litologías y representación mental de las orientaciones de posibles estructuras, con la meta de obtener un esquema general del afloramiento, en esta fase suelen realizarse dibujos orientados o “sketchs” geológicos sobre una libreta de campo los cuales tratan de representar a “primera vista” la geología del sitio.

Identificación: Consiste en la verificación de los rasgos geológicos observados en el proceso anterior. Se lleva a cabo mediante la determinación litológica en el mismo afloramiento haciendo uso de piqueta y lupa de mano. En este sentido, se determinan las litologías y particularmente las relaciones de contacto entre ellas. Esta última información ayuda a corroborar y afinar lo realizado en la observación.

Medición: Al contar con la litología, relaciones de campo y asociación estructural definidas, se procede a establecer las magnitudes y direcciones a las orientaciones de los elementos planares/lineares (P. Ej. Estratos, fallas, etc.). Para esto, se hace uso de la brújula u algún dispositivo digital que entregue los rumbos y buzamientos de la mejor manera posible.

Ploteo de Datos: se plasma en el mapa topográfico todas las características geológicas obtenidas en la visualización-identificación-medición de datos. Todos los puntos de observación, datos de rumbos y buzamientos más los trazos de lineamientos/fallas/pliegues se dibujan a mano tomando como referencia a las curvas de nivel. Los afloramientos quedan representados por polígonos cuyos colores se asignan según su tipo de roca o edad, mientras que las líneas correspondientes a la proyección horizontal de estratos, planos de falla u otros elementos planares se representan como líneas.

De igual manera para la representación mediante un mapa se consideró; los estándares de nomenclatura estratigráfica, simbolización y abreviaturas para la cartografía geológica, y el léxico estratigráfico de las cuencas sedimentarias miocénicas del sur del Ecuador, planteadas por el Instituto de Investigación Geológico y Energético.

Fase de campo

Para la elaboración del mapa geológico se realizó la descripción de 13 afloramientos “in situ” a través de observación directa como se plasma en la Figura 20, para dicha descripción se hizo uso de martillo geológico, brújula tipo Brunton, rayador, fichas de afloramientos, lupa de bolsillo lápices de colores para la identificación de rocas. De igual manera fue necesario la construcción de 5 calicatas de 60cm x 60cm y una profundidad promedio de 1.5m, debido a que no se contaba con afloramientos en varias zonas que permitan corroborar la continuación de las litologías del área minera, es mediante las calicatas que se pudo observar la continuidad de la litología, los datos obtenidos de estas fueron características físicas como color, textura, consistencia de cada una de la litología.

Por otra parte, los afloramientos existentes a lo largo del área minera, se encontraron en la vía principal, vía de acceso al área minera, trinchera de explotación actual y trinchera de exploración, estos permitieron de manera directa una descripción macroscópica de los tipos de rocas, formación a la que pertenece, mineralización de yeso, estructuras y sus respectivos datos estructurales.



Figura 20. A) Descripción de Afloramientos B) Toma de Datos Estructurales

Fuente: El Autor (2022)

Para el levantamiento de la información obtenida de los afloramientos se utilizó la ficha de afloramientos (*Anexo 1. Ficha de Afloramientos*) y para el levantamiento de la información obtenida de las calicatas se realizó mediante la ficha del (*Anexo14. Ficha para Calicatas*)

Además de ello, se llevó un registro fotográfico de las diferentes litologías al igual que la toma de muestras de mano de cada una de los afloramientos y calicatas a fin de determinar en laboratorio el tipo de roca, y cada una de sus características.

Fase de Gabinete

Con la información levantada en campo se procedió al tratamiento de los datos, mediante la creación de una base de datos en Excel con cada una de las litologías presentes en el área minera obtenidos mediante el levantamiento de afloramientos y calicatas, a fin de tener la información en digital y con ello poder subir al software ArcGIS 10.5, donde se procedió a la elaboración del mapa geológico de la siguiente manera:

- Se inicio con la carga información litológicas mediante la base de datos Excel, coordenadas de afloramientos y calicatas en DATUM WGS-84 y PSAD-56. Para mayor facilidad de trabajo se estableció el Datum WSG-84 como sistema de coordenadas para el presente trabajo, y únicamente el datum PSAD56 se usó en la marcación del polígono de permiso de explotación. (Anexo.18)
- Seguido a ello se sobrepuso el levantamiento topográfico, y se creó shapefiles de afloramientos y calicatas a fin de que se permita la visualización espacial de los puntos muestreados.
- Posterior a ello, se procedió a trazar los polígonos de la geología, tomando en consideración la homogeneidad de las litologías, levantadas en los afloramientos y calicatas. Estos polígonos se construyeron por formación a la que pertenecen las litologías.
- Definidos los polígonos de la geología por formaciones presente en el área minera, se procedió a realizar su tramado y coloración respectivamente, poniendo énfasis en la mineralización de yeso de acuerdo a la metodología del IGM para elaboración de mapas geológicos.
- Finalmente se graficó cada una de las estructuras levantadas en campo, su simbología y su ubicación espacial, simbología de formaciones y se realizó cortes geológicos que permitieron interpretar el orden de las formaciones que afloran dentro del área minera.

En esta fase también se realizó la construcción de columnas estratigráficas de cada uno de los afloramientos y calicatas a fin de correlacionar litologías de los diferentes puntos muestreados sobre el área minería; para ello se procedió de la siguiente manera;

- Base de datos Excel con las potencias y litologías de cada uno de los afloramientos y calicatas
- Elaboración de columnas estratigráficas en el software Strater 5.

- Correlación mediante el criterio de continuidad lateral de los estratos: refiere a litologías que por su continuidad pueden ser trazadas de una localidad a otra.
- Elaboración de un plano de correlación de litologías.

5.6. Metodología Segundo Objetivo

“Describir las actividades actuales que se desarrollan dentro del área de explotación.”

La descripción de actividades se la realizó mediante una encuesta realizada al titular minero (Anexo 21), de cómo desarrolla las actividades para la extracción de Yeso en conjunto con una observación directa a campo para verificación del desarrollo de actividades como se muestra en la figura 21 y la ficha completa se muestra en el (Anexo 22). La elaboración y adaptación de la ficha de descripción de actividades mineras se basa en la planteada por el Ministerio del Ambiente de Ecuador (2019) titulado “exploración inicial en pequeña minería / mediana minería / gran minería (metálicos y no metálicos) con sondeos de prueba o reconocimiento (en caso de aplicar)”.

FICHA DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES MINERAS			
Ubicación	Codificación	Fecha	
Area Minera		Titular Minero	
Coordenadas UTM-DATUM WGS-84		Tipo de Mineral Explotado:	
X Y Z			
Actividad Minera Actual		Tipo de Explotación Minera	
Exploración	Cielo Abierto	Subterránea	
Prospección		Tipo de Minería	
Explotación	Artesanal	Gran Minería	
Beneficio	Pequeña	Aluvial	
Fundición	Mediana	No Definido	
Refinación		Sistema de Explotación de Explotación Minera	
Comercialización	Canteras	Bancos	
	Terrazas	Cortas	
Labores Mineras	Descubiertas	No Definido	
Bermas		Infraestructura	
Bancos		Escombrera	
Rampas	Polvorín	Vías de Acceso	
Otro	Campamento		
		Equipos	
Materiales			
Pala	Barreta	Retroexcavadoras	Carretillas
Explosivos	Otro	Volquetes	Gallinetas
		Cargadores	Otro
Descripción			

Figura 21. Ficha para Descripción de Actividades dentro del Area Minera “Manuel Salvador Vega”

Fuente: El Autor (2022)

Con la información levantada en campo, se elaboró los resultados para el presente objetivo mediante la representación de esquemas de las actividades que se ejecutan, tablas de producción y equipos o herramientas usadas para el desarrollo de actividades, y finalmente determinar el ciclo de trabajo actual, y con ello determinar el ritmo de producción con el que se desarrolla la extracción de yeso.

Ritmo de Producción Actual y Costes de Producción

Los cálculos respectivos sobre ritmos de producción y costes de producción se efectuarán de acuerdo a los establecido por Alejandro y Mora (1993):

Producción Diaria

$$PD = \frac{\text{Ton mes}}{\text{dia}}$$

Producción Mineral por Hora

$$PH = \frac{\text{Ton dia}}{\text{horas}}$$

Producción Mensual

$$PM = \frac{\text{Ton dia}}{\text{mes}}$$

Producción Anual

$$PA = \text{produccion mensual} * 12 \text{ meses}$$

Producción de Estéril por Hora

$$PEsteril = \text{Produccion mineral hora} * Ki$$

Ki: coeficiente industrial (o medio) de Destape

Ki: V_e / V_m : $K_i = 2.8$

Donde:

V_e = Volumen de Estéril.

V_m = Volumen de mineral.

Producción de Estéril Mensual

$$PEsteril = \text{esteril} \frac{m^3}{\text{hora}} * 20 \text{ dias}$$

Producción Anual

$$PEsteril = \text{produccion mensaul} * 12$$

Costos económicos

Ingresos

$$I = Pa * Pmine.$$

Donde:

- Pa: producción mensual
- Pmine: precio de venta de mineral por tonelada (120\$/Ton)

Egresos

$$Ea = Costes\ de\ Produccion$$

Rentabilidad

$$Re = I - ea$$

5.7. Metodología Tercer Objetivo

“Determinar las reservas minerales de yeso y calidad del mismo.”

Calidad de Mineral

Se determinó la calidad de mineral de yeso en el laboratorio de la Universidad Técnica Particular de Loja para ello se realizó el análisis mediante difracción de rayos x y fluorescencia de rayos x. el procedimientos y ensayos a realizarse se detallan a continuación:

- **Difracción de Rayos X**

Empleando el Difractómetro D8 ADVANCE, y los programa para la determinación cualitativa y semicuantitativa DIFFRAC.EVA y TOPAS. Con ello se determinó la composición mineralógica de yeso.

- **Fluorescencia de Rayos X**

Método: Mining Light Elements (MLE). Mediante este ensayo se determinó la composición química de mineral de yeso.

Toma de Muestras

Como primer paso se limpió de impurezas la zona de toma de muestras, posterior a ello se excavo con una barreta hasta unos 20cm para extraer la veta de mineral de yeso una muestra sin impurezas, como lutitas, arenisca, que alteren los resultados de laboratorio.

Envasado e identificación de la muestra

La muestra de mineral de yeso se envasó en una bolsa de plástico para toma de muestras de roca y se procedió con el etiquetado respectivo con un marcador de tinta indeleble. La rotulación de la muestra contó con la siguiente información:



	DISEÑO DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA YESO DEL ÁREA MINERA “MANUEL SALVADOR VEGA”, CÓDIGO 690344, UBICADA EN LA PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA		
CODIGO DE CAMPO	UBICACIÓN		
CODIGO DE LABORATORIO	PROVINCIA		
RESPONSABLE	CANTON		
FECHA/HORA	SECTOR		
ENSAYOS A REALIZAR	COORDENADAS UTM WGS84-17S	X	
		Y	
		Z	

Figura 22. Etiqueta para toma de muestras

Fuente: Autor, (2022)

Cálculo de Reservas Método de Perfiles

El método elegido para determinar las reservas de yeso es un método clásico denominado método de perfiles, se eligió este método por sus ventajas de fácil aplicación, entendimiento y facilidad de adaptación a los diferentes tipos de mineralización sean metálicos o no metálicos.

Para ello se siguió la metodología establecida en el manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras elaborado por los autores Bustillo & López (1997), la cual menciona los siguientes pasos para la aplicación de este método:

- a) Delimito un polígono el cual abarco los dos bloques minerales, para posterior realizar el trazado de las líneas de perfil cada 25m de distancia adicional a ello se cargó la topografía del área minera con el fin de a posterior cortar la línea de perfil con cada curva de nivel e ir dibujando el perfil de las 7 líneas de perfil trazadas.
- b) Se contorneo el cuerpo mineral de yeso de acuerdo a los rumbos de los bloques Y1 (N6W) y Y2 (N49W).
- c) Se dibujaron los perfiles a una escala 1:100
- d) Se calcularon las áreas en los perfiles por su semejanza con figuras geométricas mediante el software AutoCAD, para esto se proyectaron en los perfiles los bloques minerales de acuerdo a su rumbo a fin de determinar el área de interés mineral y el estéril, y el desbroce mismo que se estableció como 1m de capa vegetal a retirar en cada uno de los perfiles.
- e) Se calcularon las reservas de cada uno de los perfiles multiplicando el área de cada perfil por la distancia de 25m que es la distancia de trazado entre un perfil y otro. De igual manera se determinó la cantidad de estéril y desbroce.
- f) Finalmente se calcularon las reservas explotables de mineral de yeso, así como de estéril, y desbroce de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Volumen_{Total} = \frac{A_1 + A_2}{2} * D + \frac{A_2 + A_3}{2} * D + \dots + \frac{A_n + A_{n+1}}{2} * D$$

5.8. Metodología Cuarto Objetivo

“Plantear un sistema de explotación acorde a las características del yacimiento, con el fin de mejorar el aprovechamiento de yeso.”

Una vez cumplidos los objetivos anteriores y de haber analizado los resultados obtenidos de los mismos, se procedió a plantear el sistema de explotación más idóneo para el aprovechamiento de yeso en el área minera, el mismo que debe cumplir con los parámetros técnico-económicos en beneficio del titular minero. Para ello se realizó dos etapas, de campo y gabinete.

Etapas de Campo

Se describió las características del yacimiento mineral de yeso, posterior a ello se elaboró una tabla comparativa de ventajas y desventajas de los sistemas de explotación de minería a cielo abierto, con el fin de determinar el sistema de explotación más idóneo.

Etapas de Gabinete

Una vez obtenidas las características del yacimiento se procedió a realizar los cálculos necesarios de cada uno de los parámetros técnico-mineros, los cálculos realizados fueron los mencionados por Noguel y Recio (2001) en su libro Trabajos a Cielo Abierto y de igual manera los planteados por (Galán, 2018), los cálculos realizados son los siguientes:

- **Profundidad De La Cantera**

Este parámetro se define como la diferencia entre la cota máxima y la cota mínima de explotación identificada durante el levantamiento topográfico.

$$\text{Profundidad de la cantera} = C_{\text{máx}} - C_{\text{mín}}$$

- **Altura De Banco:**

En las condiciones de la cantera se determinó la altura de los bancos en función de la maquinaria a utilizarse, este parámetro se determina calculando mediante la siguiente fórmula:

$$h = 0,9 (Ab)$$

Donde:

Ab: alcance del brazo, y será utilizado viendo el catálogo de la maquinaria a utilizarse.

- **Número De Bancos**

Para determinar el número de bancos que deberán conformarse para la profundidad del depósito, se utilizó la siguiente relación:

$$N^{\circ} \text{ Bancos} = \frac{\text{Profundidad de la cantera}}{\text{Altura del banco}}$$

- **Ancho De Vía**

Se calcula en función del número de carriles, con la siguiente expresión:

$$A = AC * (0.5 + 1.5n)$$

Donde:

A = Ancho de la vía.

AC = Ancho del vehículo.

n = Número de carriles.

- **Ancho De La Berma De Seguridad**

Se calcula en función de la altura del banco, mediante la expresión:

$$B = \frac{h}{3}$$

Donde:

B = Ancho de la berma

h = Altura del banco de trabajo

- **Ancho De La Plataforma De Trabajo**

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$T = C + A + B$$

Donde:

T = Ancho de la plataforma de trabajo

C = Espacio de maniobra de la pala cargadora (1.5 veces su longitud)

A = Ancho de la vía.

B = Berma de seguridad

- **Ángulo De Talud De Banco**

Se lo calcula de acuerdo al coeficiente de Protodyakonov el cual depende de la resistencia a la compresión simple de la roca.

$$\emptyset = \tan^{-1} (f)$$

Donde:

$$f = \text{Coeficiente de Protodyakonov} = \frac{RSC (MPa)}{10}$$

Tabla 4. Clasificación de las Rocas Según Protodyakonov

Clasificación De Las Rocas Según Protodyakonov				
Categoría	Grado de resistencia de la roca	Rocas	Coeficiente de resistencia "f"	Ángulo de resistencia interna "B"
IV	Rocas suficientemente resistentes	Arenisca común. Minerales de hierro	6	80 32'
IV a	ídem	Esquistos arenosos, areniscas esquistosas.	5	78 41'
V	Rocas de resistencia media	Esquistos arcillosos resistentes. Areniscas y calizas no resistentes, conglomerados suaves.	4	75 58'
V a	Ídem	Diferentes esquistos (no resistentes). Margas compactas	3	71 34'
VI	Rocas suficientemente suaves	Esquistos suaves. Calizas, cretas, sal gema, yeso muy suave. Suelos congelados, antracita. Margas corrientes. Areniscas desmenuzadas, guijos cementados, suelos pedregosos.	2	63 26'
VI a	Ídem	Suelos cascajosos. Esquistos destrozados, arcillas y ripios prensados, carbón de piedra resistente, arcilla endurecida.	1.5	63 23'
VII	Rocas suaves	Arcilla (compacta). Carbón de piedra suave, recubrimientos resistentes, suelos arcillosos.	1	45 00'
VII a	Ídem	Arcilla arenosa suave, loess, grava.	0.8	38 40'

VIII	Rocas terrosas	Suelo cultivable. Turba. Arcilla terrosa liviana. Arena húmeda	0.6	30 58'
IX	Rocas pulverulentas	Arena, detritus, grava, tierra suelta, carbón extraído	0.5	26 33'
X	Rocas fluyentes	Arenas fluyentes, suelos pantanosos, loess diluidos y otros suelos diluidos.	0.3	16 42'

Fuente: (Núñez, 2019)

- **Volumen del Mineral**

Es el volumen de mineral a explotarse una vez realizado el cálculo de reservas. El volumen calculado se determinó de la sumatoria de los bloques mineralizados:

Volumen Mineral: B1+B2

Volumen Mineral: m³

- **Volumen de Estéril**

Es el volumen a despejarse para poder permitir la explotación de yeso, este volumen se lo ha calculado mediante los perfiles realizados para el cálculo de reservas, este volumen será retirado por retroexcavadora según se requiera.

VTE= m³

- **Coefficiente de Destape**

Este coeficiente se determina mediante la relación entre el estéril y el mineral.

Cd: Ve/Vm

- **Producción de la Cantera**

La producción de la cantera se estableció tomando como la base la actual producción mensual del área minera, y la demanda que tiene del yeso, de ello se plantea:

Producción Diaria: Ton

Producción Mensual: Ton

Producción Anual: Ton

- **Tiempo de Duración de la Cantera**

Viene dada por la siguiente formula:

$$T = \frac{Q * n}{P}$$

Donde:

T: Tiempo de duración de la cantera

Q: reservas explotables

n: Peso volumétrico del mineral

P: producción anual

- **Régimen de Trabajo**

El régimen de trabajo de la cantera se estableció de acuerdo a las fases mineras que se desarrollan.

- **Personal de Trabajo**

El personal de trabajo se estableció el acorde a cada una de las actividades mineras que se desarrollan.

- **Proceso de carguío y transporte**

Este proceso se realizó en función del volumen de material explotado.

- **Costos Económicos**

Se determinó cada uno de los costos por etapas de desarrollo, por producción, por herramientas y maquinaria. Dichos cálculos se los realizó de forma anual, quedando establecidos de la siguiente forma:

Tabla 5. Costos por Etapas de Operación

Operación	Coste Total	Coste por tonelada de Mineral
Destape		
Herramientas		
Extracción		
TOTAL		

$$Costo_{ton\ mineral} = \frac{Costo\ Total}{Ton.\ Año}$$

Fuente: (El Autor, 2022)

Ingresos

Se determinó al multiplicar la producción anual por el precio de venta por tonelada de mineral este ingreso será de forma anual.

$$I = Pa * P_{mine}.$$

Donde:

- Pa: producción anual
- P_{mine}: precio de venta de mineral por tonelada

$$I = Pa * P_{mine}.$$

Egresos

Se determinó mediante el producto de producción mineral anual por el coste de operación.

$$Ea = Pa * Co$$

Donde:

- **Pa:** Producción Anual
- **Co:** Coste de Tonelada al Año

Rentabilidad

$$Re = Ingresos - Egresos$$

Diseño de Sistema de Explotación

Definido el sistema de explotación para yeso y una vez realizados los cálculos de parámetros minero técnicos, para el sistema de explotación elegido, se procedió a la representación del sistema mediante el Software de Libre acceso RECMIN. El diseño de sistema de explotación se lo realizó en un polígono de 10ha de las cuales 1ha comprende el permiso de explotación obtenido por el titular minero, se decidió trabajar sobre las 10ha con el fin de a futuro expandir la explotación yeso, con miras a pasar de minería artesanal a pequeña minería, brindando de esta manera mejores aspectos de trabajo técnico, ambientales y económicos.

Para ello se realizó los siguientes pasos.

- Se cargo al software la topografía actual del área minería (10ha), bloques mineralizados y el polígono del área minera concesionada (1ha).
- Posterior a ello se ingresó los parámetros de ángulo de talud, ángulo de paramento, altura de banco, numero de bancos, anchos de vía, bloques mineralizados.
- Diseñada la cantera con las correcciones pertinentes se procedió a recortar la topografía actual respecto a la cantera.
- Establecido el recorte, se obtuvo la nueva topografía con el sistema de explotación establecido, luego se triangulo la cantera a fin de obtener un modelo 3D de la misma.
- Seguidamente se procedió a realizar la construcción de perfiles, solapando la topografía actual con la nueva topografía, con ello se obtuvo el volumen mineral explotable, a fin de correlacionar con las reservas calculadas anteriormente.
- Finalmente se procedió a plasmar este diseño mediante mapas donde se muestre cada uno de los procesos realizados.

6. Resultados

6.1. Resultados Primer Objetivo

“Realizar la caracterización geológica sobre la base topográfica del área de estudio.”

Topografía

Una vez levantada la topografía del área de estudio y haber procesado los datos obtenidos en campo se obtuvo la siguiente para el área minería “Manuel Salvador Vega” código 690344. Se levanto una extensión de 10ha de las cuales 1ha comprende el permiso de explotación obtenido por el titular minero y que consta en el catastro minero. El levantamiento de 10ha se lo realizo con fines de expansión en el aprovechamiento de yeso y para poder implementar adecuadamente el diseño de sistema de explotación, cabe recalcar que estas 10ha son propiedad del titular minero.

La fisiográfica de la zona de estudio está comprendida por cotas que van desde los 1640 msnm hasta los 1755 msnm. dando como resultado un desnivel de 115 metros. Las elevaciones de mayor cota corresponden lomeríos ubicados en la zona NW-SW mientras que la cota más baja se ubica en la zona SE y pertenecen a zonas de pequeñas elevaciones. (*Anexo 26. Mapa Topográfico del Area Minera “Manuel Salvador Vega”.*)

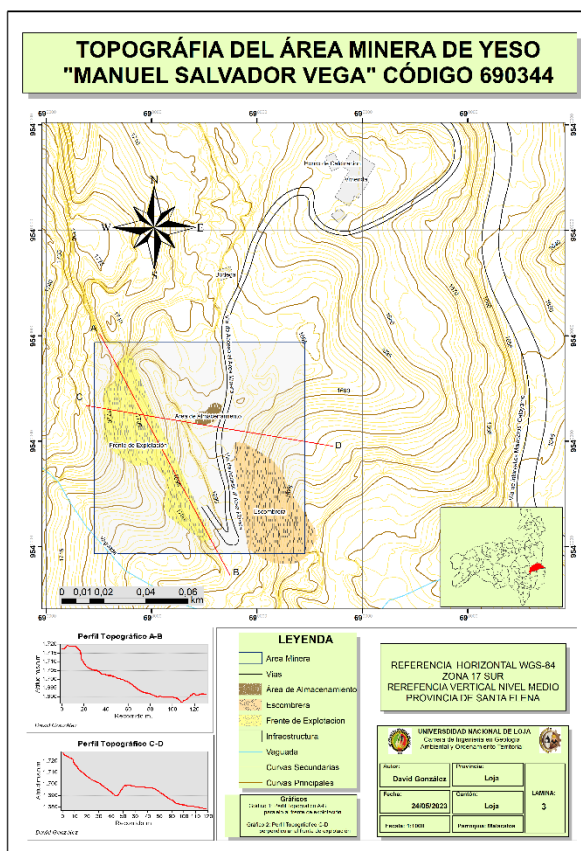


Figura 23. Mapa de Topográfico para el Area Minera “Manuel Salvador Vega” código 690344.

Fuente: El Autor (2022)

Con el levantamiento topográfico y con fines de conocer el relieve actual que viene dejando la explotación, se realizó el mapa de pendientes donde se obtuvo como resultado que la mayor parte del área posee una pendiente en un rango de 15° a 35° ocupando un 52.08% del área total, de igual manera el 22.64% del área se encuentra en una pendiente que van desde los 5° a 15° (Ver Anexo 27). La siguiente tabla muestra los resultados a detalle obtenidos del mapa de pendientes para el área minera.

Tabla 6. Resultados del mapa de pendientes para el área minera.

Código	Rango	Area (m)	Porcentaje (%)	Clase
1	(0-5)	4435,998272	5,374921	Ligeramente Inclinado
2	(5-15)	18685,50343	22,640476	Fuertemente Inclinado
3	(15-35)	42987,53871	52,086279	Muy Inclinado
4	(35-55)	14323,95305	17,35576	Empinado
5	>55	2098,413234	2,542563	Vertical
Total		82531,4067		

Fuente: El autor (2023)

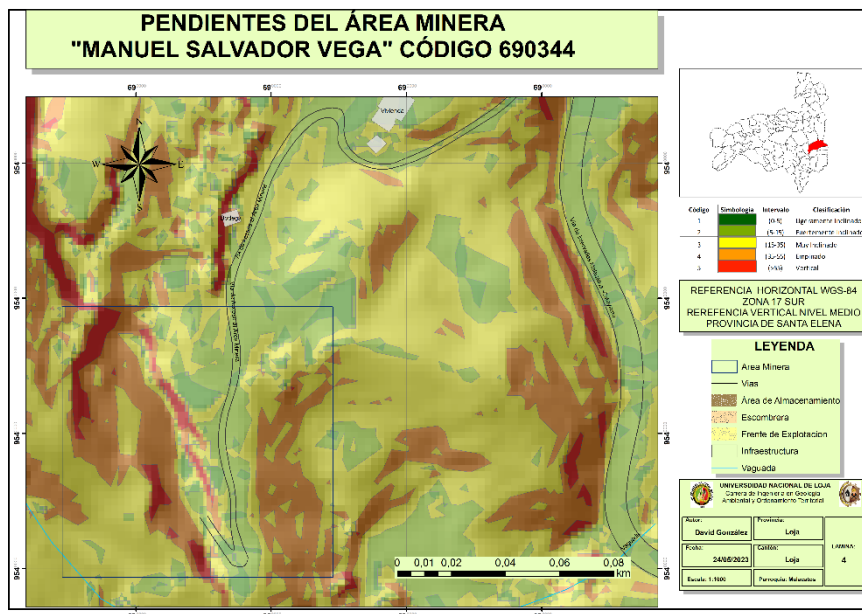


Figura 24. Mapa de Pendientes para el Área Minera "Manuel Salvador Vega"

Fuente: El Autor (2022)

Geología

La geología del área minera se define a partir de la información secundaria presentada en la hoja geológica de Gonzanama (2017), léxico estratigráfico de las cuencas sedimentarias miocénicas del sur del Ecuador (2022), el desarrollo del trabajo de campo que constituyó en el recorrido del área, la descripción de afloramientos, elaboración y descripción de calicatas en

los sitios donde no era visible la geología, la toma de muestras de mano de los afloramientos y calicatas para su posterior descripción.

Mediante la visita a campo se logró caracterizar 13 afloramientos y se construyeron 5 calicatas en las zonas donde no se disponía de afloramientos para verificación de continuidad de la geología. La Tabla 7 muestra las coordenadas de los puntos muestreados para la elaboración de la geología.

Tabla 7 Coordenadas de Afloramientos y calicatas del área minera DATUM WGS84

Nº	Descripción	X	Y	Descripción	X	Y
1	Afloramiento	689651	9535982	Calicata	689739	9535935
2	Afloramiento	689738	9535859	Calicata	689753	9536047
3	Afloramiento	689725	9535872	Calicata	689737	9535981
4	Afloramiento	689757	9535878	Calicata	689792	9535987
5	Afloramiento	689778	9535894	Calicata	689793	9535980
6	Afloramiento	689836	9535897			
7	Afloramiento	689811	9535939			
8	Afloramiento	689827	9535980			
9	Afloramiento	689792	9536086			
10	Afloramiento	689796	9536011			
11	Afloramiento	689818	9535917			
12	Afloramiento	689674	9535929			
13	Afloramiento	689644	9535879			

Fuente: El autor (2023)

La caracterización geológica se la realizó mediante formaciones de las cuales se fue constatando las litologías que dispone cada una de ellas, las cuales se detalla a continuación:

Formación Santo Domingo

Paquete de Lutita, arenisca, limolita con vetas de Yeso

Afloran en gran medida en la zona NW y SW del área de estudio mismas que corresponden a la Formación Santo Domingo, esta formación sobreyace a la Formación San José.

El Primer Estrato (Y1), se trata de una secuencia de láminas y capas de yeso, cuya potencia varía para vetillas desde los 0.3 a 5cm y vetas desde los desde 5cm a 25cm. Además, estas láminas y capas de yeso se encuentran interestratificadas, con arenisca de color blanco hueso a gris, lutitas de color gris y limolitas de color café.

Para el caso del segundo estrato (Y2) se trata de una secuencia de capas de yeso cuya potencia varia encontrando vetillas desde los 0.1 a 5cm y vetas desde los 5cm hasta 1m. conjuntamente con la mineralización se observa interestratificación de arenisca color blanco hueso a gris, yeso laminar, lutita y limolita.

Sobre estos dos bloques se evidencia una clara intercalación de facies rocosas sedimentarias duras con otras más blandas en forma de FLYSCH. En la Fotografía 30 se visualiza los estratos de lutitas, con vetillas y vetas de yeso, al igual que capas de areniscas y limolitas intercaladas con vetillas de yeso.

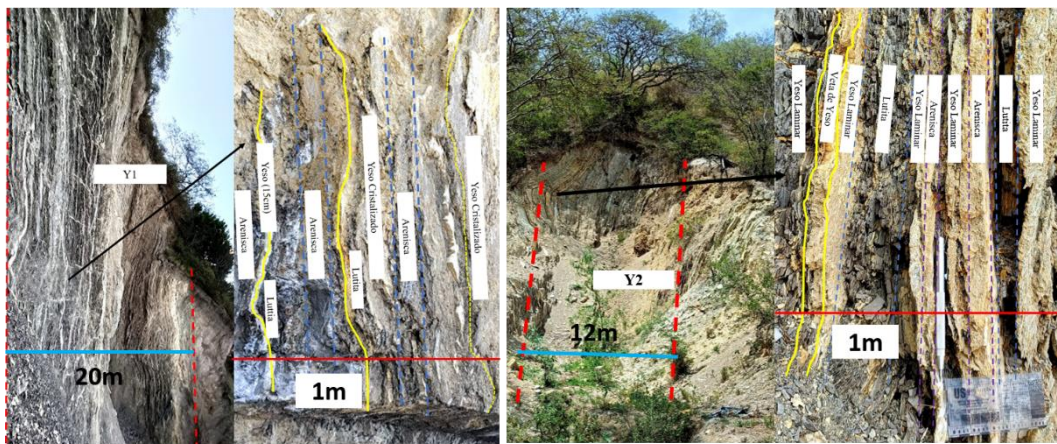


Figura 25. Estratificación de lutitas, arenisca, limolita con vetas de Yeso (Y1), estratificación de limolita, lutita, arenisca con vetas de yeso; (Y2) lutita, arenisca y limolita de la Formación Santo Domingo.

Fuente: El Autor (2022)

Los afloramientos corresponden a la Fm. Santo Domingo formado por lutitas, areniscas, vetas de yeso, limolita y yeso laminar cuyos planos de estratificación tienen una dirección de N6W/ 54 NE (Y1); N49W / 80SW(Y2). Ubicados en 689642 mE-9535984m; 689725 mE-9535872m (Datum WGS84 UTM 17S) respectivamente.

Finalmente, los dos bloques identificados con mineralización se encuentran en forma de Flysh (tectofacie) de ahí parte la importancia de reconstruir de acuerdo a sus facies la relación entre estos dos bloques, tomando en consideración, propiedades geométricas (espesor y geometría de los estratos y propiedades direccionales) y litología (color, textura, granulometría). Esto se ha plasmado en el siguiente bosquejo.

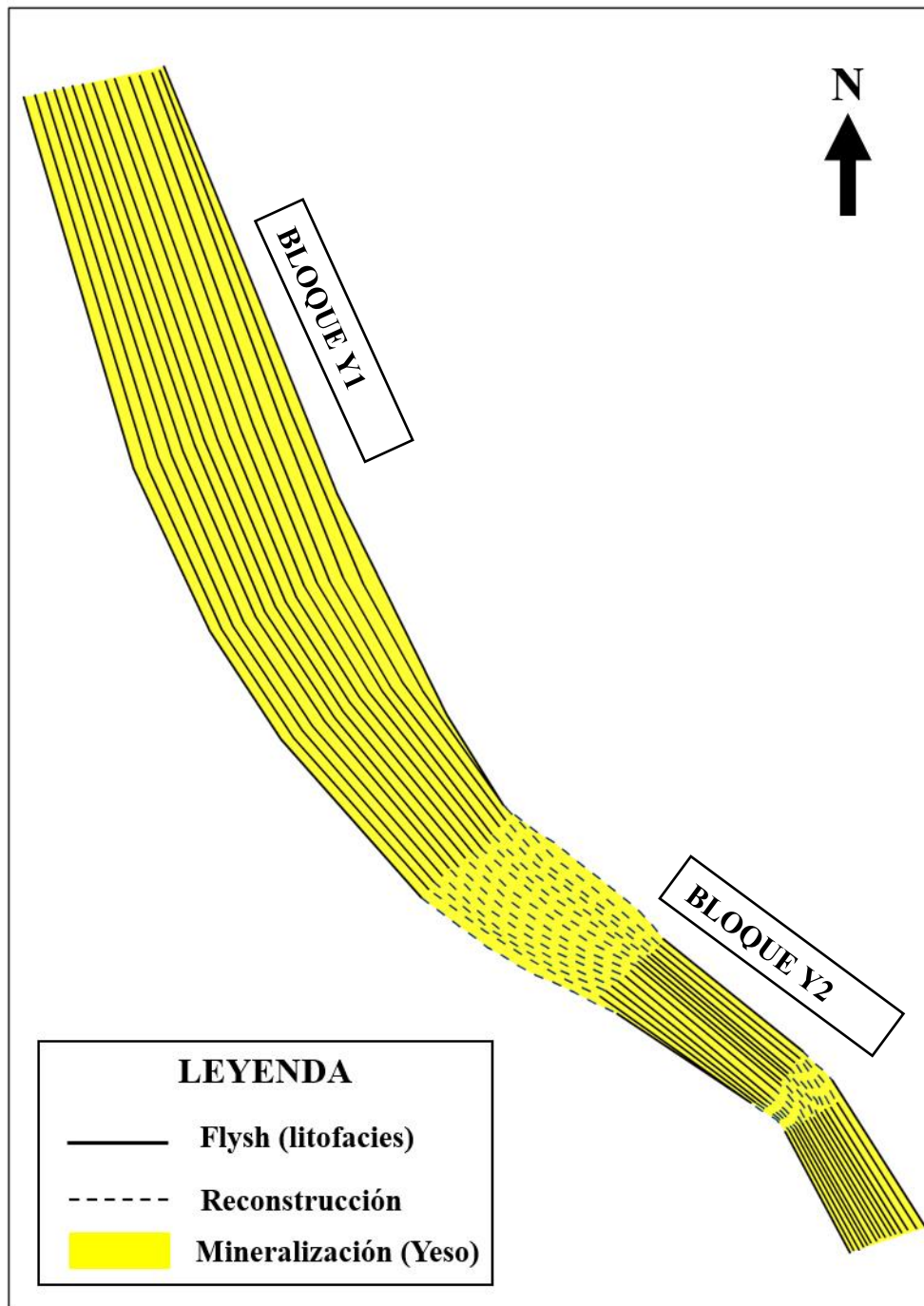


Figura 26. Reconstrucción y relación de litofacies entre bloque 1 y bloque 2 de mineral de yeso.

Fuente: El autor (2023)

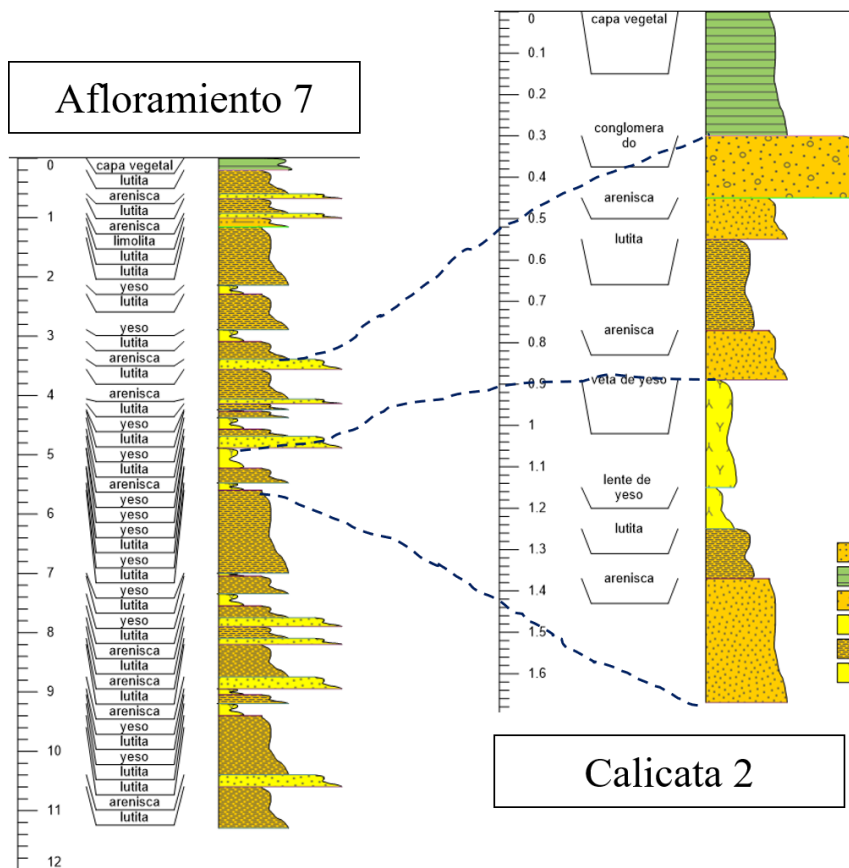


Figura 27. Correlación de litologías en columnas estratigráficas, afloramiento 7 y calicata 2

Fuente: El autor (2023)

Arenisca, limolitas, lutita, vetillas de yeso

Se encuentra en secuencia sedimentaria con las lutitas y limolitas, estas areniscas presentan colores claros amarillentos a grises con una granulometría de fina a media. Se encuentra areniscas amarillentas intercaladas con vetillas de yeso. Se encuentran formando ripple marks, esto por acción de las corrientes de agua en el proceso de formación.

La calicata 4,5,6 de los anexos corresponden a areniscas de color amarillento poco cimentada, de grano fino, con oxidaciones producto de la precipitación del yeso. Como se observa en la figura 28.



Figura 28. Areniscas de Grano Medio a Fino de la Formación Santo Domingo

Fuente: El Autor (2022)

Intercalaciones de Arcillolitas con Areniscas

Las arcillolitas presentan variaciones de colores desde azuladas hasta tonos violáceos, amarillosos y marrón oscuro, producto de oxidaciones están medianamente compactadas, se encuentran intercalados con pequeños estratos de areniscas que contienen vetillas de yeso en sectores puntuales. Estas arcillolitas forman parte de la Fm. Santo Domingo y forman una secuencia sedimentaria con las areniscas, de acuerdo a las calicatas realizadas se determinó arcillolitas en el sector sur-oeste, al límite de la concesión minera.

El afloramiento que se observa en la Fotografía 34 se encuentran ubicados en 689766mE – 9535881mN (Datum WGS84 UTM 17S).

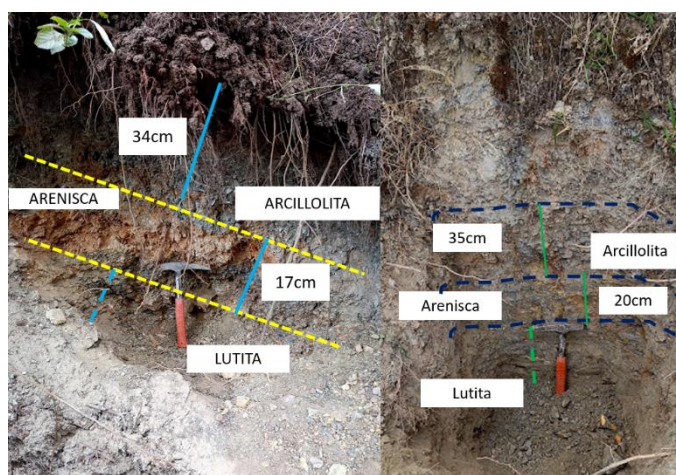


Figura 29. Vista W-E de un afloramiento de arcillolita de color gris con arenisca de color amarillo.

Fuente: El Autor (2022)

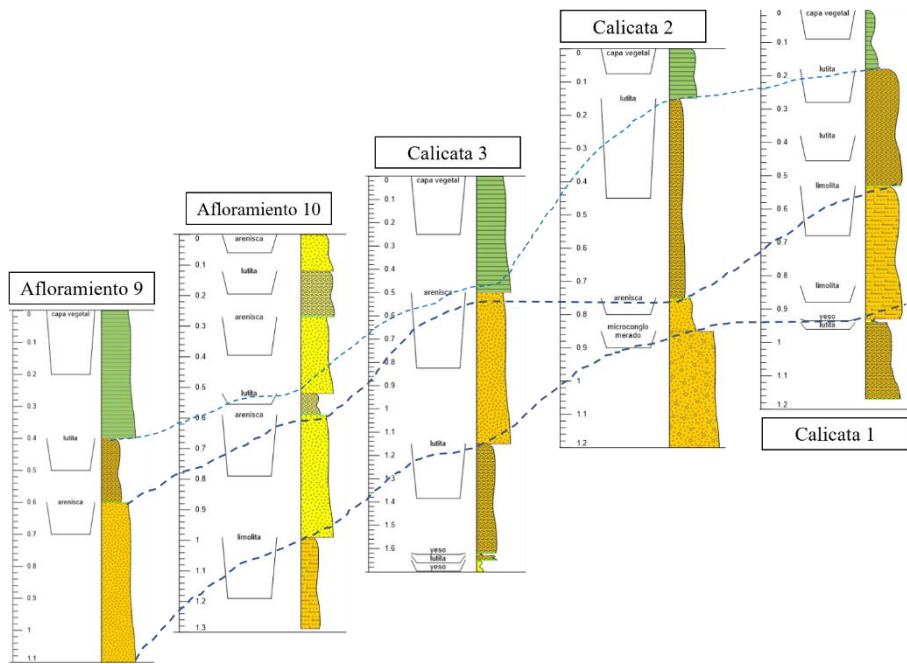


Figura 30. Correlación de columnas estratigráficas, afloramientos 9,10 y calicatas 3,2,1.

Fuente: El Autor (2022)

Lutitas, areniscas, limolita y lente de yeso

Está formada por lutitas de tonalidad gris, que a su vez están intercaladas con vetillas de yeso con presencia de oxidaciones producto de la precipitación de yeso, se presenta a estar intercalación lentes de yeso alojados en lutita, limolita, arenisca, leyó laminar y yeso en vetillas. La presencia de limolitas es notoria por su coloración café-marrón por precipitación de yeso, que se encuentra parcialmente diseminado, intercalado a estas se encuentra arenisca con vetillas de yeso cortando el rumbo de estas. Adicional a ello estos estratos se encuentran dentro de una estructura de tipo slumps. Los afloramientos donde se observó estas litologías corresponden a 4,9,10. Mientras que la figura 31 se puede observar la presencia de Slumps en un paquete de lutitas, limolitas, vetillas de yeso y arenisca.

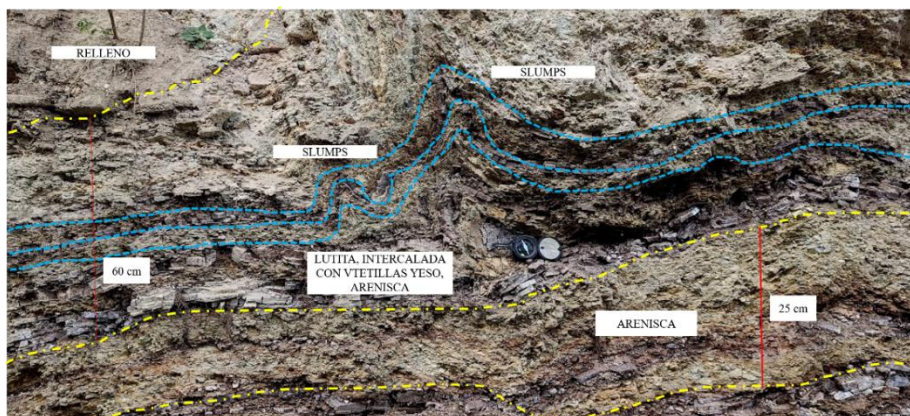


Figura 31. Afloramiento donde se observa slumps.

Fuente: El Autor (2022)

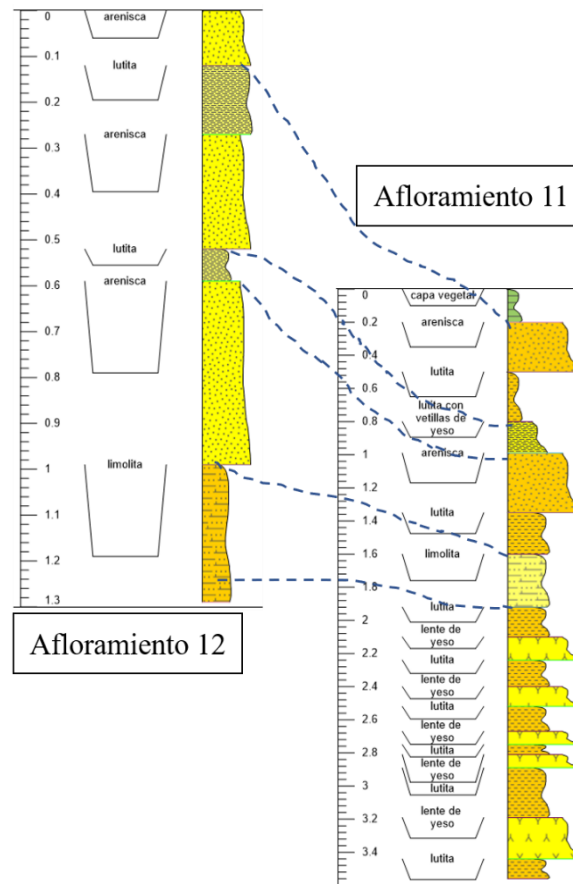


Figura 32. Correlación de columnas estratigráficas de afloramientos 11,12.

Fuente: El Autor (2022)

Formación San José

Limolitas y Areniscas

Se encuentran en estratos intercalados con, lutita y vetas de yeso, estas limolitas tienen una coloración marrón, con la presencia de vetillas de yeso y yeso laminar que alteran esta coloración.

Las areniscas presentan estratificación cruzada con limolitas y lutitas, estas areniscas son de grano fino a medio, con presencia de magnetita, con una tonalidad gris y alteraciones producto de la precipitación de yeso. En estas capas de arenisca se alojan vetillas y vetas de yeso del tipo laminar y blanco.

Este afloramiento corresponde a la Frm. San José y se ubica en en 689811 mE – 9535939mN (Datum WGS84 UTM 17S).

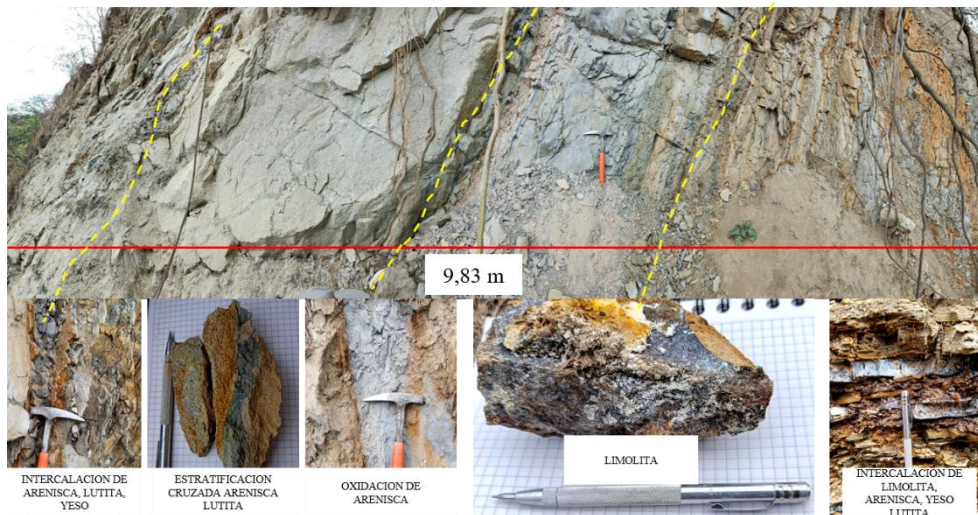


Figura 33. Afloramiento de lutitas, limolita, arenisca, en talud de vía de intervalles.

Fuente: El Autor (2022)

Conglomerados

Se encuentran en la vía de intervalles Malacatos el Tambo, los clastos redondeados varían su tamaño de 6 a 10.5 centímetros, siendo del tipo clasto soportado con una matriz de arenisca. A ello se le suma la presencia de microconglomerados con clastos de cuarzo, lutita, en una matriz de arenisca clastosoportada. Anteponiéndose a estas capas se encuentran areniscas con estratificación cruzada de lutitas, la precipitación de yeso hace que la arenisca cambie su coloración gris a amarilla.

Este afloramiento corresponde a la Frm. San José y se ubica en en 689827 mE – 9535980mN (Datum WGS84 UTM 17S).

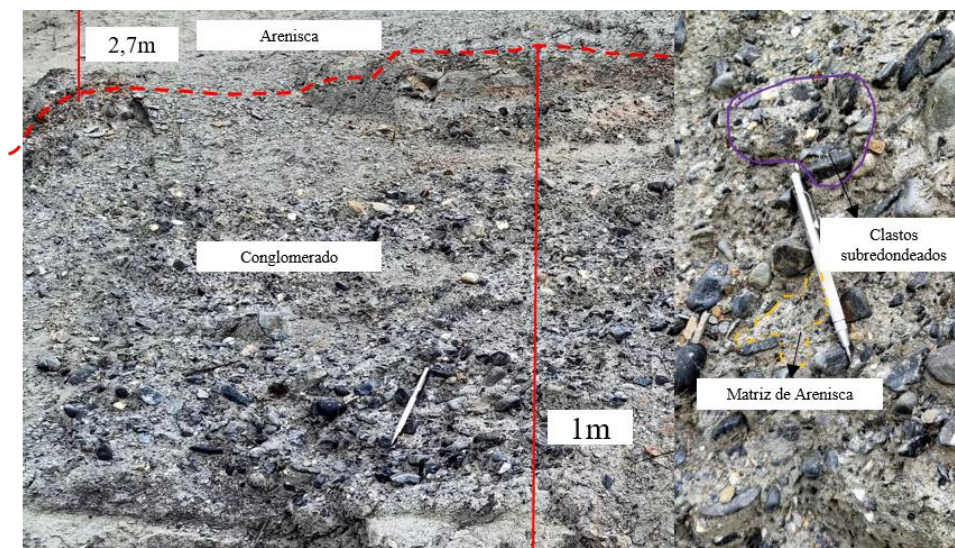


Figura 34. Afloramiento donde se observa conglomerados de matriz arenisca clastosoportada, talud de vía intervalles.

Fuente: El Autor (2022)

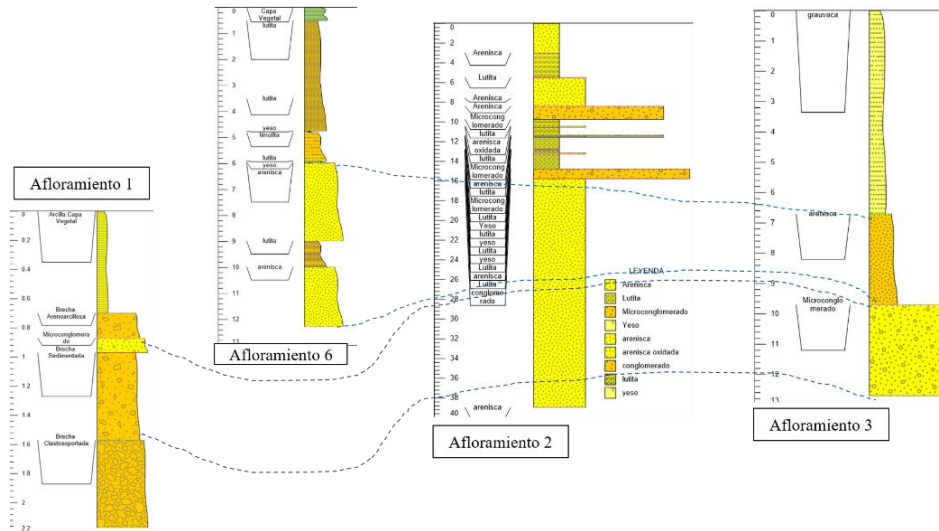


Figura 35. Correlación de columnas estratigráficas de os afloramientos 1,6,2,3

Fuente: El Autor (2022)

Finalmente se plasma mediante un mapa de correlación de calicatas y afloramientos, para el área minera (Anexo 36). Dicha correlación se realizó a fin de establecer una correspondencia entre las características litológicas y definir la formación a la que pertenecen los afloramientos y calicatas levantadas.

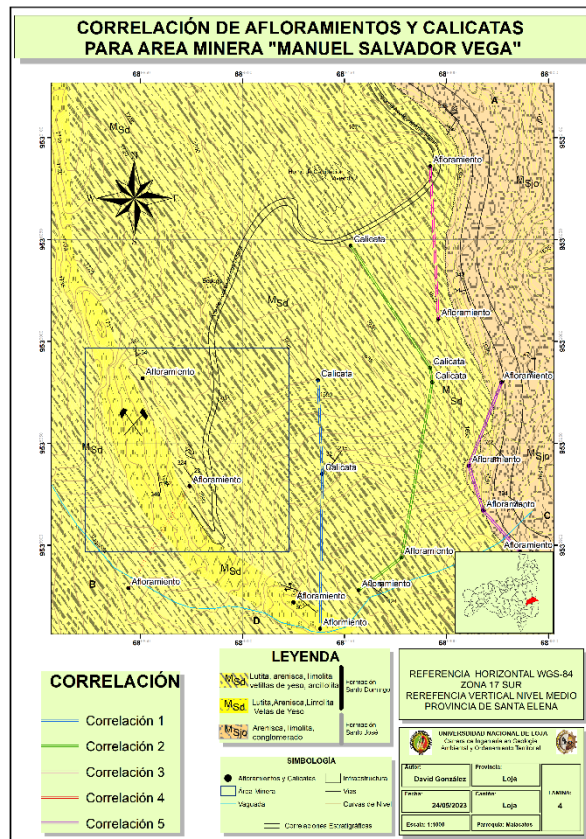


Figura 36. Vista NW-SE de un afloramiento donde se observa slumps.

Fuente: El Autor (2022)

Geología Estructural

Durante el levantamiento geológico se observó algunas estructuras las cuales se presentan en litologías de lutitas, arenisca, limolitas estas estructuras son; sinclinal, sinclinal tumbado, Flysh.

En la Figura 37 se puede apreciar la presencia de un sinclinal de lutitas intercaladas con arenisca, limolita, vetillas de yeso y lente de yeso, plegadas y alteradas de coloración gris a rojiza, se encuentra ubicado en la vía de acceso al área minera, cuyos flancos tienen las siguientes medidas de yacencia N54W/32NE y N45W/18SW. Ubicación: 689796mE – 9536011mN (Datum WGS84 UTM 17S).

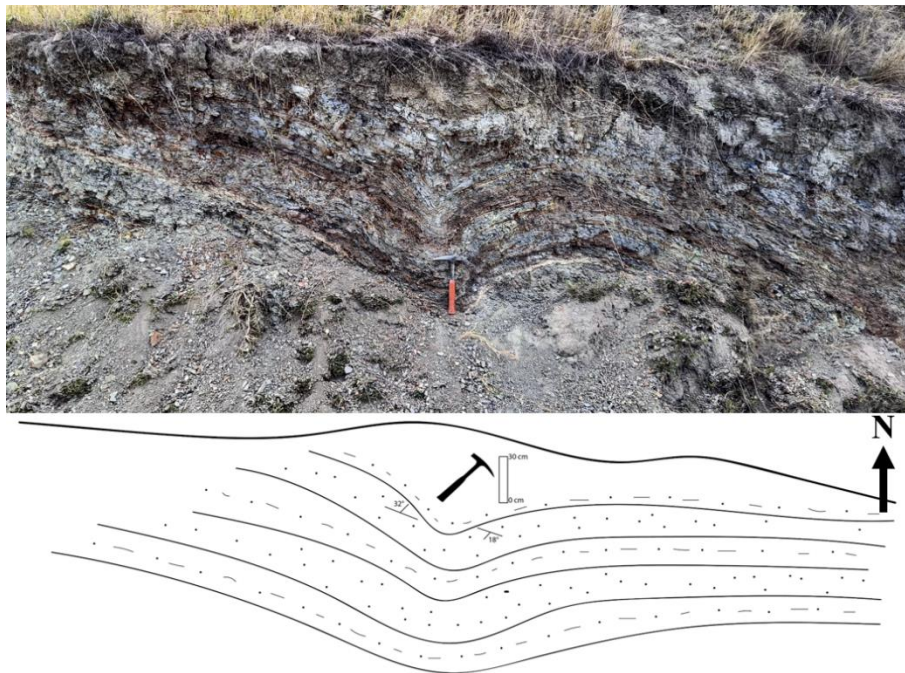


Figura 37. Vista W-E de un pliegue sinclinal de lutitas, areniscas, limolitas, lente de yeso, vetillas y vetas de yeso.

Fuente: El Autor (2022)

En la Figura 38, se observa la presencia de un pliegue tumbado el cual se presenta en un paquete de lutitas, arenisca, lente de yeso, limolita y vetillas de yeso, mismo que tiene una dirección preferencial hacia el NW siendo sus elementos de yacencia N55W/80SW. Ubicado en 689725mE – 9535872mN (Datum WGS84 UTM 17S).

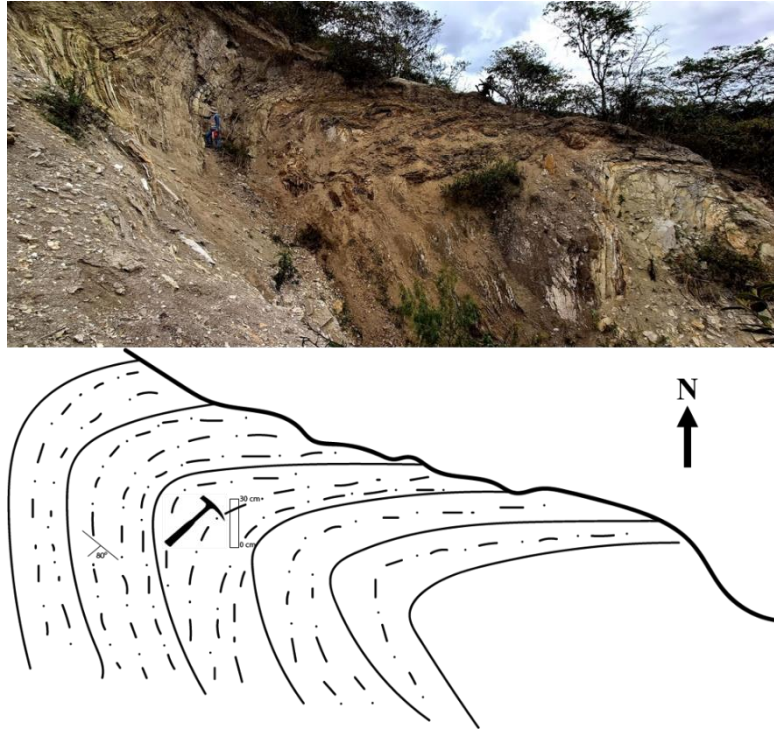


Figura 38. Vista SW de un afloramiento de lutitas, areniscas, limolitas y vetas de yeso formando un sinclinal tumbado.

Fuente: El Autor (2022)

La Figura 39, se observa estratificación tipo Flysh que corresponde a una intercalación de lutitas, limolitas, areniscas y vetillas pequeñas de yeso sus elementos de yacencia son S36E/23NE. Ubicado en: 689674 mE y 9535929mN (Datum WGS84 UTM 17S).

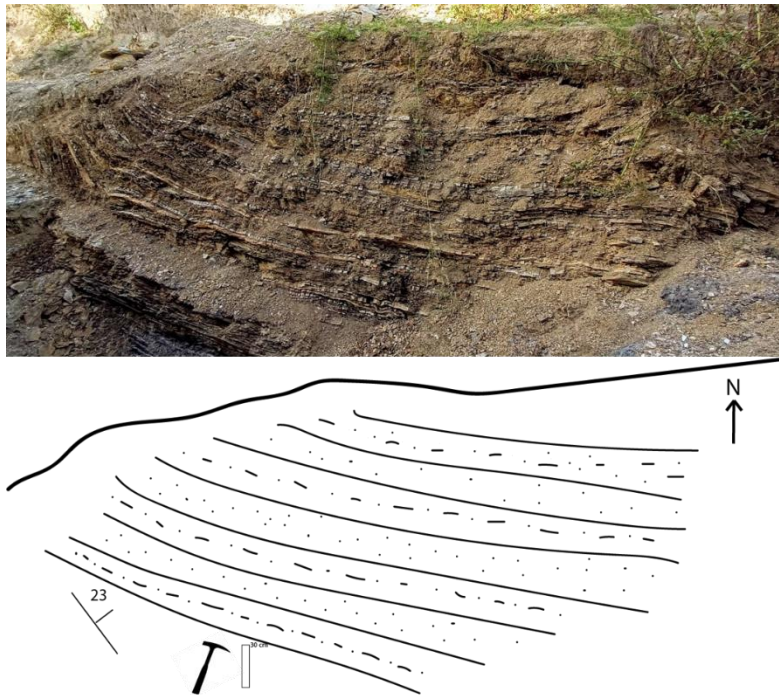


Figura 39. Vista NW-SE del estrato 1 de lutitas, areniscas y vetillas de yeso de 0.5-5 cm.

Fuente: El autor (2022)

Luego de haber levantado la información geológica en campo se procedió a elaborar el mapa geológico del área de estudio, colocando toda la información levantada en campo como litologías, tramados, simbologías, colores correspondientes, datos estructurales. Se plasmó la geología por formaciones a las que pertenece cada una de las litologías levantadas a una escala 1:1000, las cuales son Formación Santo Domingo y Formación San José. (Anexo 28. Mapa Geológico local del área Minera “Manuel Salvador Vega”)

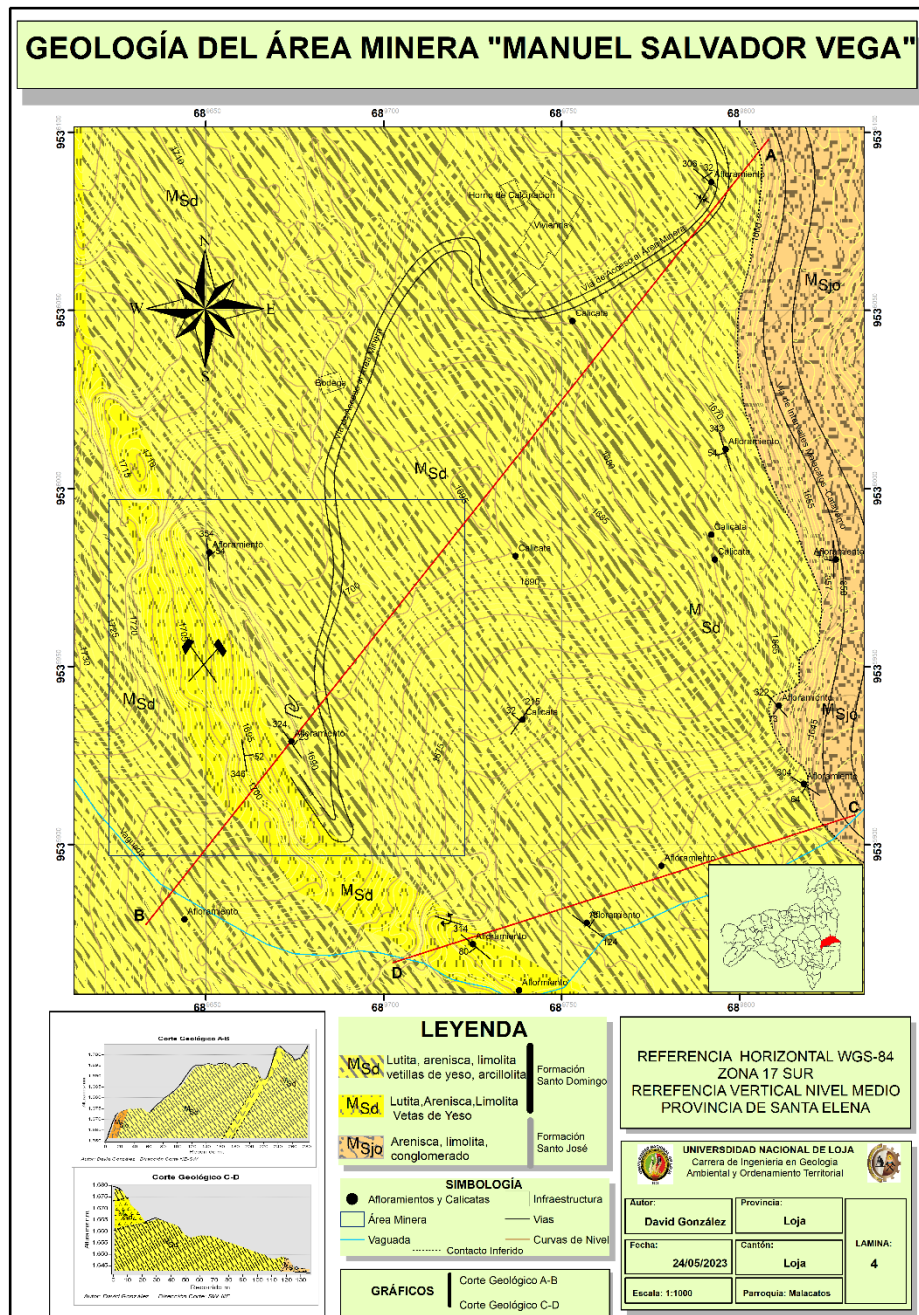


Figura 40. Mapa Geológico para le Area Minera “Manuel Salvador Vega”

Fuente: El Autor (2022)

6.2. Resultados Segundo Objetivo

“Describir las actividades actuales que se desarrollan dentro del área de explotación.”

Descripción de Actividades

Mediante la interpretación de las entrevistas realizadas al titular minero, del área minera “Manuel Salvador Vega” perteneciente a la parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja, se obtuvo los siguientes resultados.

El área de minera de yeso Manuel Salvador Vega no cuenta con un sistema de explotación y el aprovechamiento de mineral se realiza de forma artesanal existiendo una trinchera de grandes dimensiones a una profundidad de 30m que se encuentra en forma paralela al rumbo del cuerpo mineral.

Dispone de una vía de acceso a la trinchera y el material estéril es sacado hacia el exterior y depositado al costado de la misma. Los trabajos que se han realizado para extraer el mineral, han dejado un talud con un ángulo mayor al ángulo de estabilidad natural, generando riesgo laboral, y pérdidas económicas.

Las actividades que se desarrollan en área minera son; desbroce, preparación y arranque se realizan simultáneamente sin separación de estas actividades, carga y transporte, almacenamiento, beneficio (calcinación).

Desbroce y Preparación

- Estas dos etapas se dan en conjunto y para ello se hace el alquiler de una retroexcavadora CAT 416F, la cual se encarga de retirar la capa vegetal y estéril hasta llegar al estrato de mineral, habitualmente esta etapa no se da constantemente solo cuando es requerido.

Arranque del Mineral

- Se resalta que el titular minero no dispone de maquinaria propia, para realizar esta etapa, y el alquiler de una retroexcavadora se da solo cuando el estéril complica su retiro mediante puntas o barreras, o cuando se tiene demanda de yeso que supera la capacidad de extracción manual.
- Por ende, en esta etapa se ha promediado la extracción manual y con maquinaria dando como resultado una extracción de mineral de 8ton mes, esto de acuerdo a lo mencionado por el titular minero.
- En cuando a la maquinaria se realiza el alquiler de una retroexcavadora CAT 416F la cual se hace uso para arranque de mineral, a esto se le suman herramientas como: carretillas, barretas, palas, combo, puntas, las cuales son

adquiridas por el titular minero y sirven para la extracción, carga, transporte del mineral y estéril.

- La extracción de yeso se da en promedio unos 15 días laborales, o a su vez estos días aumentan dependiendo de la demanda que se tenga de yeso. En lo referente a la mano de obra empleada se cuenta de 4-5 obreros, las cuales cumplen con los trabajos extracción, carga y transporte del mineral y el retiro de estéril del estéril, con las herramientas mencionadas anteriormente.

Carga y Transporte del Mineral

- Los trabajos de carga y transporte se realizan de forma manualmente. Para el cargado de mineral se utiliza palas y carretillas; las cuales tienen una capacidad de carga de 0.053 ton, mismas que se transportan hasta las zonas de almacenamiento que normalmente están en la parte inferior (20-50m) de la trinchera o a su vez se acumulada dentro de la misma, esto para el caso de venta de mineral en crudo, actualmente se viene dando la calcinación de mineral de yeso y posterior trituración, para ellos se transporta el mineral a la zona de calcinación ubicada a unos 150metros de la trinchera.
- Estas actividades son desarrolladas por el hombre, se evidencia un ciclo de trabajo definido.

Almacenamiento del Mineral

El almacenamiento del mineral de yeso, se lo realiza en cúmulos cercanos al área de explotación o a su vez se lo almacena en un espacio cercano al horno de calcinación.

Beneficio (Calcinación de Yeso)

- El área minera actualmente realiza la calcinación del yeso la cual se la realiza post extracción de mineral. Este proceso toma unos 10 días laborales, una vez hecha la calcinación se procede a la molienda del mineral, esto con el fin de obtener yeso molido, mismo que se empaca en sacos de 50kg, este proceso se viene realizando debido a la demanda que tiene el yeso molido para la construcción, y como abono para la agricultura, normalmente su comercialización se da hacia la ciudad de Cuenca.

Finalmente, se identificó que la extracción de yeso, tiene sus falencias en su forma de explotación ya que no cuenta con un sistema de explotación que permita el aprovechamiento de mineral de manera técnica, contrario a ello la extracción se realiza de manera desordenada, dejando una explotación incompleta de mineral de yeso.

El desarrollo de actividades se plasmó mediante un diagrama donde se menciona el desbroce, preparación, arranque, carga y transporte, almacenamiento y beneficio.



Figura 41. Esquema de las Actividades Mineras Actuales de Explotación de Mineral de Yeso en el Área Minera “Manuel Salvador Vega”

Fuente: El Autor (2022)

Realizada la entrevista al titular minero se procedió a visitar el área minera a fin de constatar cada uno de los procesos que se desarrollan, esto con el objetivo de determinar el ciclo de trabajo que se ejecuta, las distancias existentes entre cada actividad, de la información levantada de campo se obtuvieron los siguientes resultados.

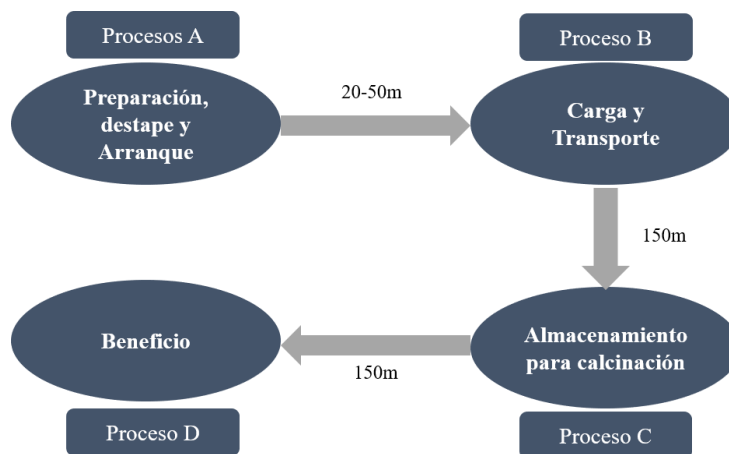


Figura 42. Distancia entre actividades que se desarrollan en el Área Minera “Manuel Salvador Vega”

Fuente: El Autor (2022)

Para fines de determinación del ritmo de producción actual, se determinó la capacidad de la maquinaria, personal de trabajo y tiempo de desarrollo de cada una de las actividades de extracción mineral de yeso, se detallan a continuación:

Tabla 8. Personal que labora en el área minera.

PERSONAL			
N°	Cargo	Horario	
1	Operador de retroexcavadora	8:00-12:00	El alquiler de retroexcavadora, se realiza por horas, unas 3 veces por semana, no cumple una jornada completa.
4	Trabajadores	8:00-12:00 / 13:00-17:00	

Fuente: El Autor (2022)

Tabla 9. Maquinaria que trabaja en el área minera.

HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA			
N°	Modelo	Capacidad	
1	Retroexcavadora CAT416F	1m ³ cucharón frontal, 0.43 m ³ cucharón brazo.	Esta maquinaria es de alquiler y se usa para preparación y arranque de mineral. Se utiliza para carga y transporte del mineral, hacia la zona de almacenamiento o calcinación.
2	Carretillas	0.053 ton	
1	Camión de Carga HINO GH2006	12 ton	Se alquila para venta de mineral en crudo o molido, este alquiler es 1 vez al mes.

Fuente: El Autor (2022)

Tabla 10. Tiempo promedio de desarrollo de actividades para el área minería de yeso.

TIEMPO DE ACTIVIDADES			
Actividad	Equipo	Tiempo (h)	Ciclo de trabajo
Preparación y arranque	Retroexcavadora CAT416F	4h	1
Carga y Transporte	Carretillas	4h	1
Beneficio	Horno de calcinación	8h	1

Fuente: El Autor (2022)

Consiguiente a ello, se procedió a realizar los cálculos respectivos para determinar el ritmo de producción actual, de la siguiente manera:

Ritmo de Producción Actual

Para el cálculo de la producción actual se cuenta con los siguientes datos:

- **Producción cada 15 días:** 8 Ton
- **Producción proyectada anualmente (PA):** 8Ton * 12 meses: 96 Ton
- **Capacidad de carga de cada carretilla:** 0.053 Ton
- **Densidad del Yeso:** 2.3 t/m³

Producción Mineral por Hora

$$PH = \frac{PD}{8h}$$

$$PD = \frac{0.53 \text{ Ton}}{8h/dia}$$

$$PD = 0.07 \text{ Ton/dia}$$

$$PD = 0.030 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Producción Diaria

$$PD = \frac{8 \text{ Ton}}{15 \text{ dias}}$$

$$PD = 0.53 \text{ Ton/dia}$$

$$PD = 0.23 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Producción Mensual

$$PM = \frac{96 \text{ Ton}}{12 \text{ meses}}$$

$$PM = 8 \text{ Ton/mes}$$

$$PM = 3.4 \text{ m}^3/\text{mes}$$

Producción Anual

$$PM = 8 \frac{\text{ton}}{\text{mes}} * 12 \text{ meses}$$

$$PM = 96 \text{ ton/año}$$

Producción de Estéril por Hora

$$PEsteril = PH * Ki$$

Ki: coeficiente industrial (o medio) de Destape

Ki: V_e / V_m : $K_i = 2.8$

Donde:

V_e = Volumen de Estéril.

V_m = Volumen de mineral.

$$PEsteril = 0.26 \text{ m}^3/h * 2.8$$

$$PEsteril = 0.72 \text{ m}^3/h$$

Producción de Estéril Mensual

$$PEsteril = 3.4 \text{ m}^3/\text{mes} * 2.8$$

$$PEsteril = 9.52 \text{ m}^3/\text{mes}$$

$$PEsteril = 22.4 \text{ Ton}/\text{mes}$$

Producción de Estéril Mensual

$$PEsteril = 22.4 \frac{\text{ton}}{\text{mes}} * 12 \text{ meses}$$

$$PEsteril = 268.8 \text{ ton}/\text{año}$$

Coste de producción

Tabla 11. Parámetros para la explotación de mineral de yeso

Parámetros de Explotación	Datos	Costo
Numero de frentes	1	
Numero de Equipos	1	25/h
Mano de Obra	7	2.5\$/h
Tiempo de trabajo para equipo	4h/día	
Tiempo de trabajo para mano de obra	4h/día	

Fuente: (El Autor 2022)

Tabla 12. Coste de Producción Actual

Costos en Extracción	Costos
Costo por Personal	400\$
Costo por Equipo	300\$
Total	700\$/ cada que se hace extracción.
Año	8400\$/año

Fuente: (El Autor 2022)

Ingresos

$$I = Pa * Pmine.$$

Donde:

- Pa: producción mensual
- Pmine: precio de venta de mineral por tonelada (120\$/Ton)

$$I = 96\text{Ton}/\text{año} * 120\$.$$

$$I = 11520 \text{ \$/año}$$

Egresos

$$Ea = 8400\$/año$$

Rentabilidad

$$Re = 11520\$ - 84000\$$$

$$Re = 3120\$$$

6.3. Resultados Tercer Objetivo

“Determinar las reservas minerales de yeso y calidad del mismo”

Calidad de Mineral

Los ensayos realizados para la determinación de calidad de mineral de yeso fueron; ensayo para composición química (Fluorescencia de rayos X) y ensayo para composición mineralógica (Difracción de rayos X), de acuerdo a lo mencionado en el acápite de metodología estos ensayos se realizaron en los laboratorios de la Universidad Técnica Particular de Loja. Los resultados de los ensayos antes mencionados se presentan de la siguiente forma:

Fluorescencia de Rayos X (FRX)

La composición química de yeso del área minería “Manuel Salvador Vega” se determinó mediante (FRX), empleando el equipo Bruker S1 Turbo SD. En la siguiente tabla se presentan los valores de composición química:

Tabla 13. Resultados de Ensayo de Fluorescencia de Rayos X para Yeso del Area Minera “Manuel Salvador Vega”

Muestra	Al ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	S (%)	P ₂ O ₅ (%)	CaO (%)
1	7.0	6.6	29.8	2.3	52.5

Nota: El Na₂O y Carbono no es analizado por FRX, pero la muestra los puede contener.

Fuente: El Autor (2022)

Teniendo como resultados los siguientes datos de composición química; Oxido de Aluminio: 7%; Oxido de Silicio 6%; Azufre 29.8%; Dióxido de Fosforo 2.3% y Oxido de Calcio 52.5%. considerando que estos resultados corresponden a la composición química de la muestra expresada en elementos mayoritarios (>1%), minoritarios (<1 a 0,1%) y trazas (ppm).

Con base en la composición química se procedió a determinar el uso de mineral de yeso para la industria y que represente un beneficio económico, de esto se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 14. Uso de Yeso de Acuerdo a su Composición Química.

Composición	Uso Industrial	Porcentaje de comercialización	Porcentaje obtenido
Al_2O_3	Fabricación de componentes Cerámicos, aditivo para la fabricación de vidrio.	70% - 90%	7%
SiO_2	Industria de la Cerámica, cemento y viscosidad en pinturas	40% - 100%	6.6%
S	tratamiento y vulcanización del caucho, como elemento en fungicidas, como aditivo en insecticidas	90% - 100%	29.8%
P_2O_5	Extintores de Incendios	99%	2.3%
CaO	fusión y purificación de otros metales, abonos, construcción	40% - 100%	52.5%

Fuente: El Autor (2022)

De los análisis de composición química se determinó que el mineral de yeso del área minera, puede enfocar su uso de acuerdo a porcentaje de azufre (29.8%) para abonos, elemento en fungicidas, aditivo en insecticidas, y de acuerdo a su composición en oxido de calcio (52.5%) enfoca sus usos en construcción y sus derivados, abonos, fusión y purificación de metales.

Difracción de Rayos X (DRX)

La mineralogía del yeso se determinó mediante Difracción de Rayos X, con el fin de determinar los compuestos con cristalización presentes en la muestra mineral, mediante el empleo de Difractómetro D8 ADVANCE, y los programa DIFFRAC.EVA y TOPAS para la determinación cualitativa y semicuantitativa de la concentración y purezas yeso. En la Tabla 6 se detallan los resultados:

Tabla 15. Resultados del Ensayo de Difracción de Rayos X para yeso del área minera “Manuel Salvador Vega”

Muestra	Fases Minerales	Semicuantificación (%)
1	Yeso	100%

Fuente: El Autor (2022)

Adicional a ello los resultados arrojaron que la muestra puede contener trazas de Wavelita ($Al(PO)(OHF)_3$), que no se pudo semicuantificar. El mineral de Wavelita es fosfato de aluminio y dado a que la muestra de yeso en su composición química arrojó presencia de Fosforo y Aluminio, lo que podría dar paso a la formación de este mineral, pero este análisis mineralógico semicuantitativo no refleja la cuantificación de este mineral.

De acuerdo a la composición mineralógica de yeso, se procedió a analizar los usos de yeso de acuerdo a la pureza obtenida en los resultados de laboratorio.

Tabla 16. Uso de Yeso de Acuerdo a su Mineralogía.

Mineral	Uso Industrial	Composición	Porcentaje obtenido de la muestra
Yeso	Yeso Agrícola	17-20 % (Ca) y 14-18 % (S)	Ca: 52%; S:29%
Yeso	Yeso Farmacéutico	99%	100%
Yeso	Placas aislantes	40%	100%
Yeso	Papel, Pintura, plástico	95% Cer	100%
Yeso	Enlucidos y acabados	80%	100%
Yeso	Cerámica	75%	100%
Yeso	Prefabricados	85%	100%
Yeso	Escayola	90% – 92%	100%

Fuente: El Autor (2022)

En cuanto a su composición mineralógica el mineral de yeso, se puede comercializar para; yeso agrícola, placas aislantes, enlucidos y acabados, cerámica, prefabricados, yeso farmacéutico ya que su porcentaje arroja un 100% mineral de yeso. Es decir, un 100% de pureza lo que permite tener una rentabilidad económica ya que se dispone de demanda de comercialización.

Reservas Minerales De Yeso

La determinación de reservas se inició con la delimitación del polígono que abarco el Bloque (Y1) y Bloque (Y2), tomando en consideración lo siguiente;

- Forma del yacimiento, estratiforme o por capas.
- Rumbos y buzamientos de los bloques.
- Potencias aflorables a superficie de los bloques.
- Límites de permiso de explotación y terreno del titular minero.
- Area disponible para expansión de yeso.
- Zonas que no poseen mineral de interés.

Una vez determinado el polígono como se muestra en la figura 43 (*Anexo 29*) para cálculo de reservas se elaboraron los mismo considerando las cotas de desnivel en las que son visibles afloran los bloques a superficie;

- Bloque (Y1) aflora en la cota 1730 a 1690 m.s.n.m. con una potencia de 20m y sus datos estructurales N5W / 54NE
- Bloque (Y2) aflora en la cota 1690 a 1665 m.s.n.m. con una potencia de 12m y sus datos estructurales N49W/80SW

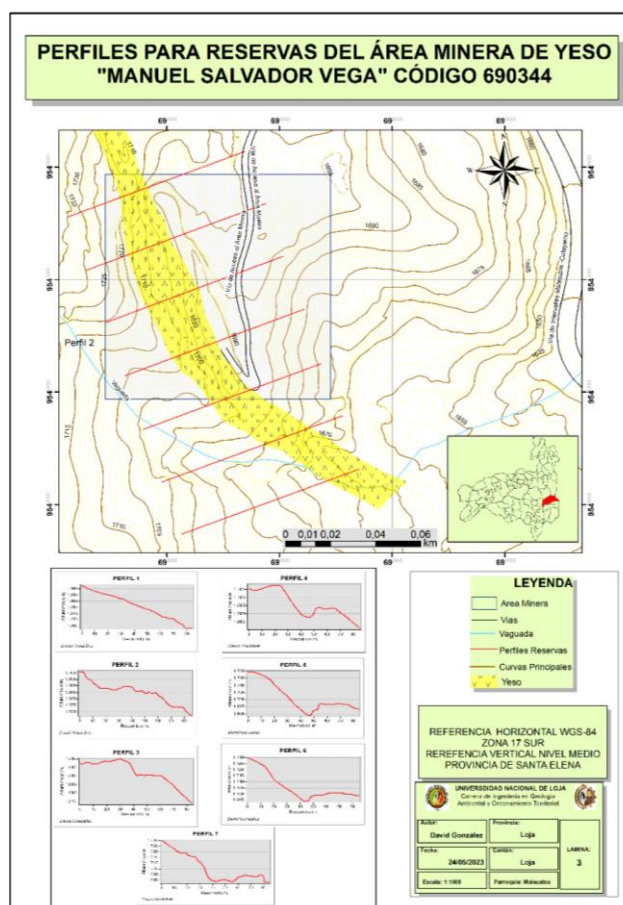


Figura 43. Construcción de secciones para la elaboración de perfiles y con ello determinar las reservas minerales de yeso del área minera “Manuel Salvador Vega”

Fuente: El autor (2022)

Se obtuvo los siguientes resultados de reservas para los dos bloques de mineralización de yeso.

Tabla 17. Reservas minerales de yeso para el área minería “Manuel Salvador Vega” código 690344.

Perfil	Distancia (m)	Area bloque 1 (m2)	Area bloque 2 (m2)	Area estéril (m2)	Desbroce (m2)	Densidad yeso (ton/m3)	Volumen mineral bloque 1 y 2 (m3)	Reservas yeso bloque 1 y 2 (ton)	Estéril (ton)
1	12,5	16,17	0	751,26	38,72	2,1	202,125	424,4625	17842,425
2	25	60,59	0	612,84	84	2,1	1514,75	3180,975	29109,9
3	25	198,85	0	751,26	38,72	2,1	4971,25	10439,625	35684,85
4	25	185,52	127,7	77,42	83,48	2,1	7830,5	16444,05	3677,45
5	25	184,18	280,96	908,26	128,98	2,1	11628,5	24419,85	43142,35
6	25	53,57	155,82	943,17	79,06	2,1	5234,75	10992,975	44800,575
7	12,5	44,35	6,4	0	76,93	2,1	634,375	1332,1875	0
TOTAL							32016,25	67234,125	174257,55

Fuente: El Autor (2022)

Se obtuvo como resultado 67234.125 Ton de reservas explotables de mineral de yeso, 174257.55 Ton de estéril. Los valores mostrados en la tabla anterior, fueron obtenidos a través de siete perfiles realizados cada 25m de distancia, obteniendo los siguientes cortes y valores:

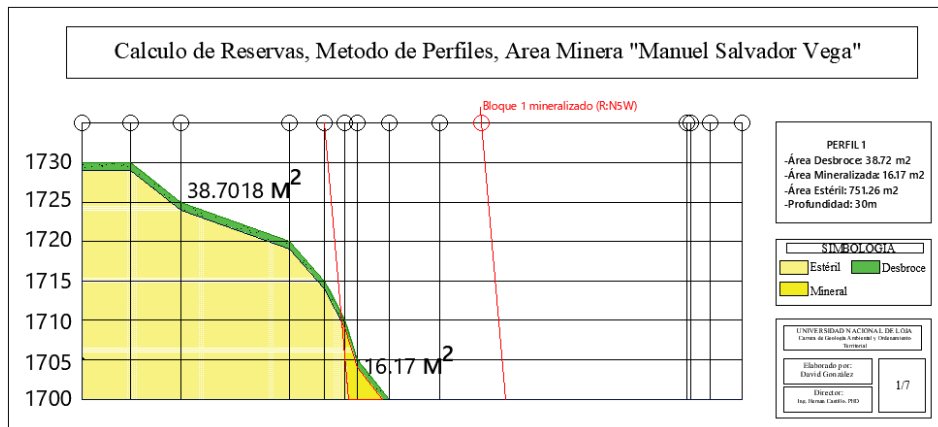


Figura 44. Perfil 1, para área minera “Minera Manuel Salvador Vega”

Fuente: El autor (2022)

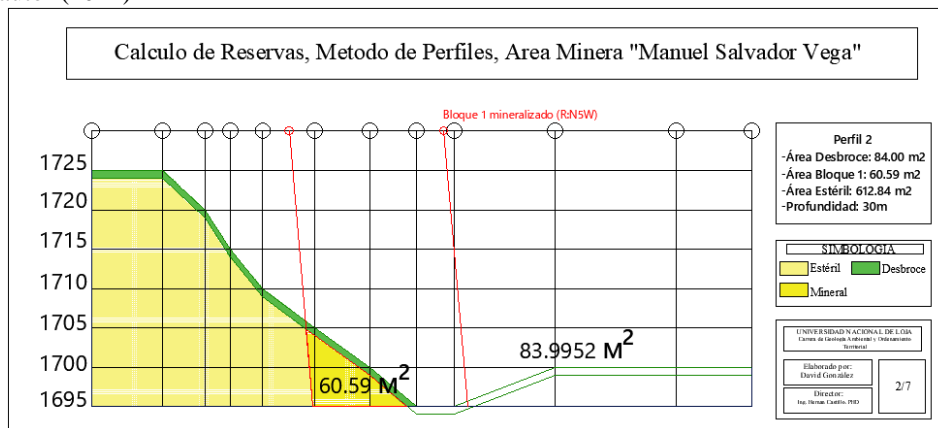


Figura 45. Perfil 2, para área minera “Minera Manuel Salvador Vega”

Fuente: El autor (2022)

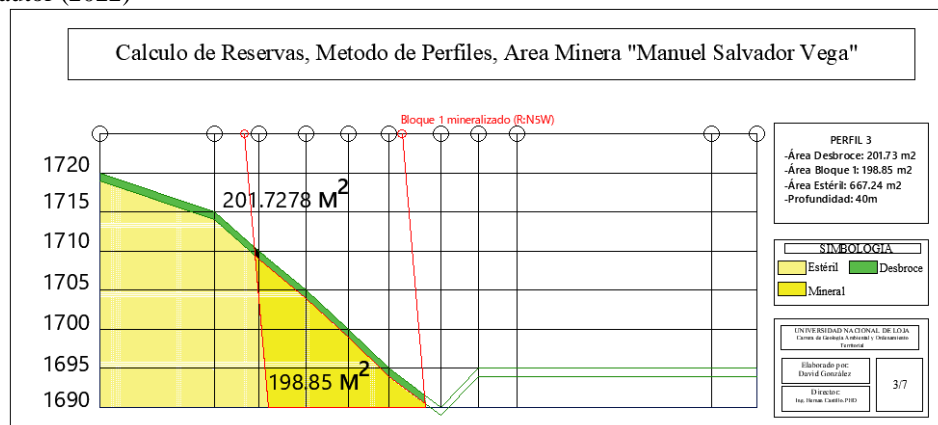


Figura 46. Perfil 3, para área minera “Minera Manuel Salvador Vega”

Fuente: El Autor (2022)

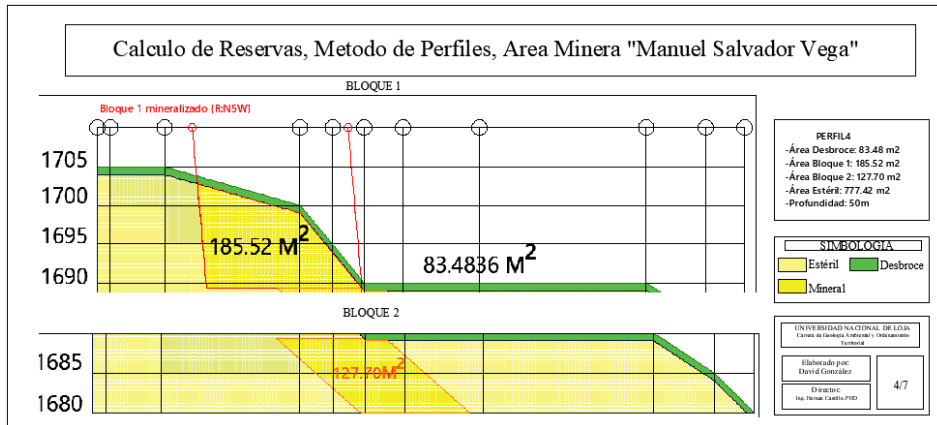


Figura 47. Perfil 4, para área minera “Minera Manuel Salvador Vega”

Fuente: El autor (2022)

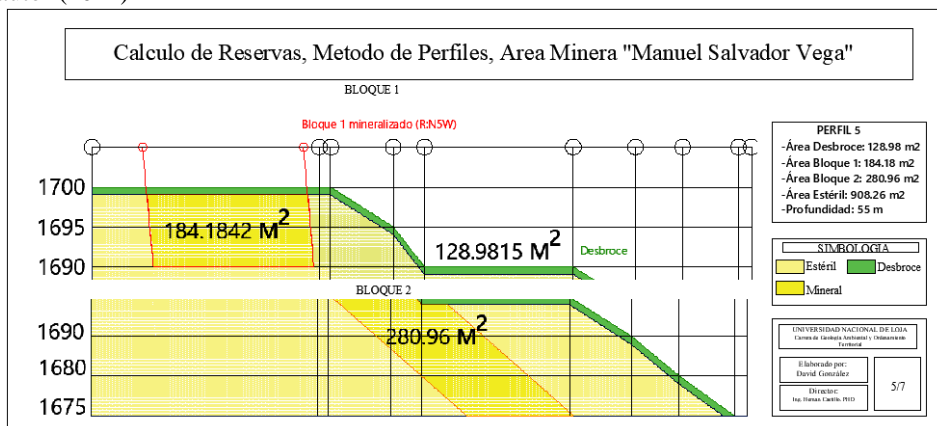


Figura 48. Perfil 4, para área minera “Minera Manuel Salvador Vega”

Fuente: El autor (2022)

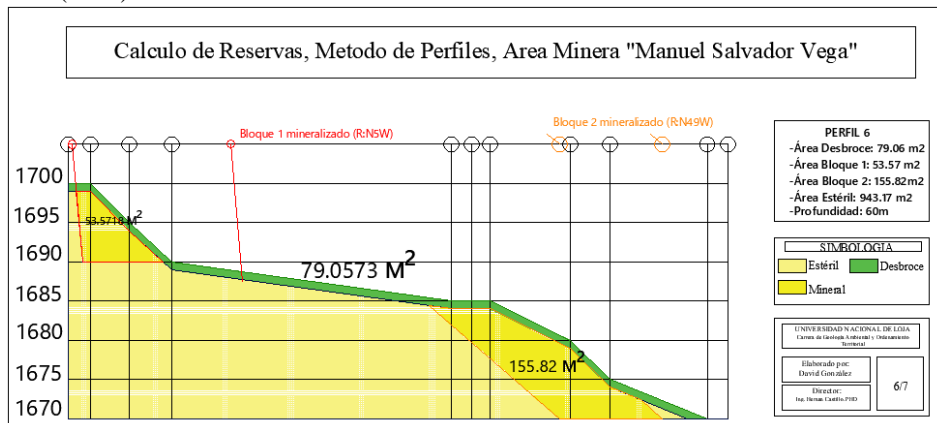


Figura 49. Perfil 4, para área minera “Minera Manuel Salvador Vega”

Fuente: El autor (2022)

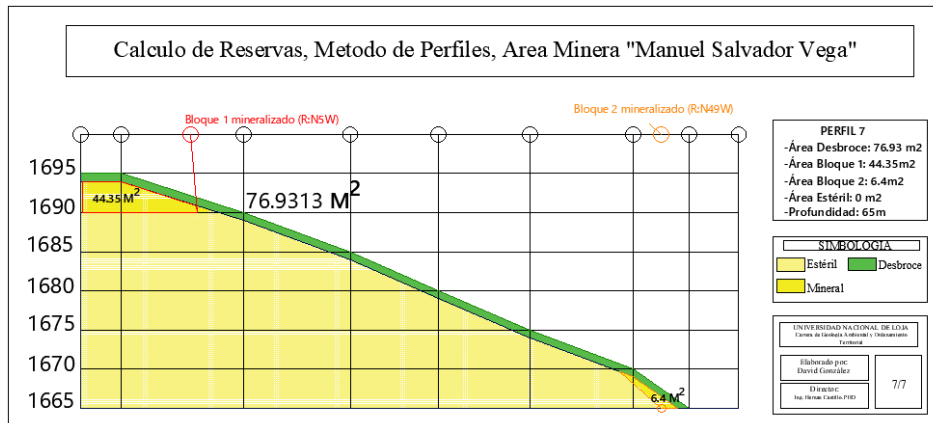


Figura 50. Perfil 4, para área minera “Minera Manuel Salvador Vega”

Fuente: El autor (2022)

6.4. Resultados Cuarto Objetivo

“Plantear un sistema de explotación acorde a las características del yacimiento, con el fin de mejorar el aprovechamiento de yeso.”

Características del Yacimiento Mineral de Yeso

Para el diseño de sistema de explotación fue necesario definir las características que presenta el yacimiento mineral de yeso las cuales son;

- **Por su forma:** es un yacimiento en forma de capas o estratificado.
- **Por su relieve:** es de laderas
- **Por su posición respecto a la superficie:** es elevado y profundo
- **Por su ángulo de caída:** es del tipo abrupto con un ángulo de buzamiento mayor a los 35°
- **Por su estructura de cuerpo mineral:** es del tipo complejo es decir que conjuntamente con el mineral de importancia, hay mineral sin las condiciones requeridas e intercalaciones de material estéril.

Establecidas las características del yacimiento mineras se procede a la determinación del sistema de explotación, la elección del mismo se lo realizo mediante una tabla comparativa de cada una de las características de los sistemas de explotación (Ver tabla 18), tomando en consideración las siguientes condiciones:

- Adaptación al terreno del área de estudio
- Eficiencia y facilidad de ejecución
- Compatibilidad para extracción de material
- Rentabilidad Económica
- Impactos ambientales

Tabla 18. Análisis multicriterio de Sistemas de Explotación

Sistemas de Explotación para Yeso			
Sistema	Descripción	Ventajas	Desventajas
Cortas	Se usa en yacimientos masivos o de capas inclinadas, la explotación se lleva a cabo tridimensionalmente por banqueo descendente, con secciones verticales en forma troncocónica.	<p>La extracción, en cada nivel, se realiza en un banco con uno o varios tajos.</p> <p>El desarrollo en cuando a profundidad de estas explotaciones suele ser grande, llegándose en algunos casos a superar los 300 m.</p>	Estos métodos son los tradicionales de la minería de carbón. la explotación se lleva a cabo tridimensionalmente por banqueo descendente, con secciones verticales en forma troncocónica.
Canteras	Se realizan para las explotaciones de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción.	<p>Se caracteriza por la formación de un gran número de bancos, aprovechando la pendiente y el depósito superficial.</p> <p>Se caracteriza por la formación de un gran número de bancos, aprovechando la pendiente y el depósito superficial.</p> <p>Garantizar la seguridad del personal operativo y el aprovechamiento racional y secuencial de la roca o mineral de interés.</p> <p>Permite iniciar la restauración con antelación y desde los bancos superiores hasta los de menor cota.</p> <p>Presentando bermas intermedias y taludes técnicamente diseñados en condiciones de estabilidad favorables.</p>	Exigen constituir toda la infraestructura viaria para acceder a los niveles superiores desde el principio y obliga a una mayor distancia de transporte.
Terrazas	Yacimientos de uno o varios niveles mineralizados y con recubrimientos potentes	<p>Las profundidades que se alcanzan son importantes, existiendo casi exclusivamente una limitación de tipo económico en la determinación de cuál es el último nivel mineralizado que se explotará.</p> <p>Banqueo con avance unidireccional.</p> <p>Permiten depositar el estéril en el hueco creado, transportándolo alrededor de la explotación.</p>	Yacimientos relativamente horizontales
Contorno	Yacimientos con capas tumbada.	Excavación del estéril y del mineral en sentido transversal al afloramiento, hasta alcanzar el límite económico, dejando un talud de banco único y progresión longitudinal siguiendo el citado afloramiento	De reducida potencia y topografía generalmente desfavorable, se aplican los métodos conocidos bajo la denominación de minería de contorno
Descubiertas	Este método se aplica en yacimientos tumbados u horizontales.	Consiste en el avance unidireccional de un módulo con un solo banco desde el que se efectúa el arranque del estéril y vertido de éste al hueco de las fases anteriores	Recubrimientos de estéril inferiores, por lo general, a los 50 m.

Fuente: El Autor, (2023)

Una vez analizadas las características de los sistemas de explotación antes planteados y considerando los criterios de seguridad laboral, criterios de producción, ambientales y sociales se eligió el sistema de explotación mediante cantera, mismo que se acopla a la explotación de yeso que está comprendido dentro de la extracción de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción, y a su vez nos permiten aprovechar la pendiente del terreno, técnicamente nos brinda condiciones de estabilidad y seguridad operacional favorables, un aprovechamiento racional y secuencial del material.

El diseño de sistema de explotación de cantera se construyó sobre la topografía del área de estudio abarcando 10ha mismas que pertenece al titular minero, de las cuales 1ha pertenece al permiso actual para explotación, esto se lo realizó con el objetivo de hacer un cambio de minería, pasando de minería artesanal a pequeña minería en busca de un desarrollo y aprovechamiento de materias primas.

Previo al diseño del sistema de explotación fue determinar conocer las propiedades del mineral y del estéril los cuales se detallan a continuación;

Propiedades Físico Mecánicas del Yeso

Para determinación de las propiedades físico-mecánicas de las rocas encajantes con el mineral se ha tomado como referencia datos de estudios previos que comparten similitud al sector de estudio. De ellos se tienen los siguientes:

Densidad de Yeso

Es el peso del mineral por unidad de volumen del agua. De ello se tiene:

$$Pe = 2.1 \text{ Ton/m}^3$$

Este dato corresponde al usado para este caso de estudio como el peso específico del yeso 2.1 Ton/m³.

Densidad de Estéril

Se denomina como el peso que posee la unidad de volumen de la muestra de roca en estado natural.

$$T = 1.9 \text{ Ton/m}^3$$

Coefficiente de Protodyakonov

Es un valor adimensional 100 veces menor que el valor de compresión uniaxial.

$$F = 1.5$$

El cual expresa que el grado de resistencia de las rocas pertenece a suficientemente suaves.

Conocidas las propiedades del mineral y estéril para el área minería de yeso “Manuel Salvador Vega” se procedió a calcular los parámetros minero geométricos principales para el diseño de cantera, considerando lo siguiente, volumen de mineral a explotar, comercialización de mineral, especificaciones técnicas de la maquinaria la cual será de alquiler.

Parámetros Principales de Diseño de la Cantera

Dimensiones de la Cantera

Estas dimensiones se establecieron con base topografía actual del área de estudio y el afloramiento visible los bloques de mineralización, en las diferentes cotas de elevación al igual tomando en consideración los perfiles elaborados en el cálculo de reservas.

Profundidad de la cantera

$$P_C = C_{max} - C_{min}$$

Donde:

- *P_c*: Profundidad de la Cantera
- *C_{max}*: Cota de elevación máxima
- *C_{min}*: Cota de elevación mínima

$$P_C = 1730 \text{ m} - 1665 \text{ m}$$

$$P_C = 65 \text{ m}$$

Altura de Banco

Para el diseño del sistema de explotación se realizará el alquiler de maquinaria para este caso es una Retroexcavadora CAD 420F, la misma que nos permite determinar la siguiente altura para los bancos, de acuerdo a la de extensión de su brazo en profundidad de excavación es de 4.3m.

$$h = 0.9(h)$$

$$h = 0.9(4.2)$$

$$h = 3.87 = 4 \text{ m}$$

Matemáticamente se determinó una altura de 4 metros para los bancos. Sin embargo, por motivos de geometría y estabilidad del talud se realizará bancos de 7 metros de altura que serán explotados de manera descendente en dos fases de 3.5 metros de altura cada una.

Numero de Bancos

$$N_B = \frac{Pc}{h}$$

Donde:

- *Pc: Profundidad de la cantera*
- *h: altura del banco*

$$N_B = \frac{65 \text{ m}}{7 \text{ m}}$$

$$N_B = 9$$

Se conformaron 9 bancos de 7m de altura cada uno partiendo desde la cota 1730m.s.n.m.

Ángulo De talud de trabajo:

Es el ángulo que se forma entre la horizontal y el talud de avance de explotación, este ángulo puede ser variable de acuerdo al material que se encuentre.

$$\phi = \tan^{-1}(f)$$

$$\phi = \tan^{-1}(1.5)$$

$$\phi = 63^\circ$$

Este ángulo fue corroborado con la tabla de resistencia de rocas propuesto por Protodyakonov, misma que arrojo como resultado al yeso y estéril en un grado de resistencia de rocas suficientemente suaves cuyo ángulo de resistencia es de 63.6°

Plataforma de trabajo

- **Ancho de berma**

Se calcula en función de la altura de banco, mediante la expresión:

$$B = \frac{h}{3}$$

Donde:

- *h= altura de banco*

$$B = \frac{4}{3}$$

$$B = 1.3$$

- **Ancho de vía**

Se calcula en función del número de carriles, con la siguiente expresión:

$$A = AC * (0.5 + 1.5n)$$

Donde:

A: Ancho de la vía.

AC: Ancho del Vehículo

n: Número de Carriles

EC: Distancia de Seguridad

$$A = 2.5m * (0.5 + 1.5(1))$$

$$A = 5m$$

Para el ancho del vehículo se utilizó el de la retroexcavadora CAD 420F ya que esa es la maquinaria más ancha en comparación con el resto de maquinaria que vayan a ingresar al sistema de explotación. Su ancho según las especificaciones técnicas es de 2.5 metros.

Ancho de la plataforma de trabajo

$$T = C + A + B$$

$$T = (1.5 * 2.5m) + 5 + 1.3$$

$$T = 8.4 + 5 + 1.3$$

$$T = 14.7m$$

La plataforma de trabajo será de 14.7m considerando que el ancho de vía es de 5m y será de un solo carril, una berma de seguridad de 1.3 metros quedando como espacio de maniobra 8.4 metros que son los necesarios para la maniobrabilidad de la retroexcavadora.

(Anexo 33)

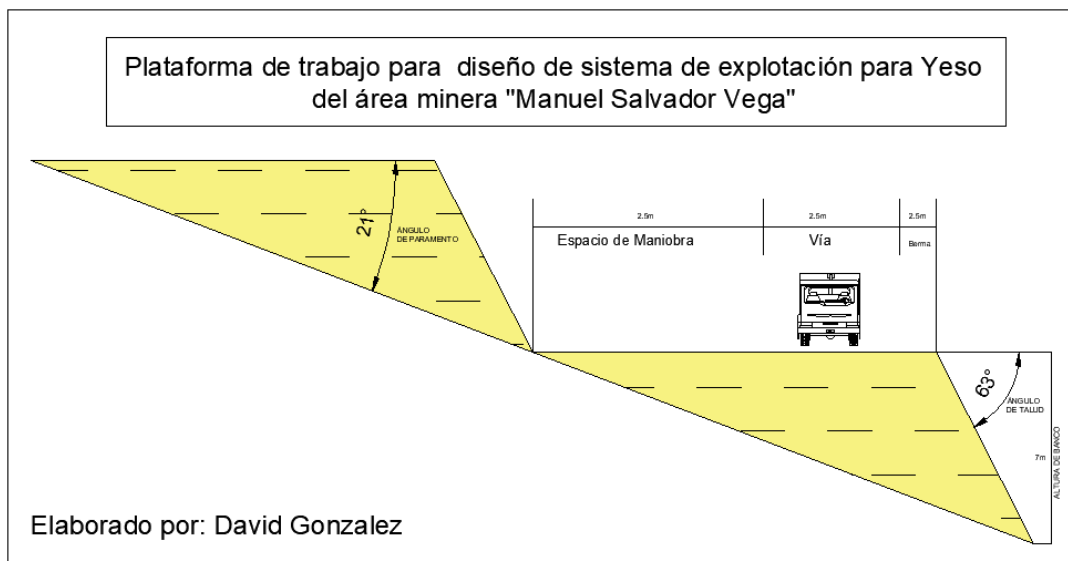


Figura 51. Diseño de Bancos Cantera para Explotación de Yeso del Área Minera “Manuel Salvador Vega”

Fuente: El Autor (2022)

Volumen del Mineral

Es el volumen de mineral a explotarse una vez realizado el cálculo de reservas. El volumen calculado como explotable es de:

$$\text{Volumen Mineral: } B1+B2$$

$$\text{Volumen Mineral: } 32016.25 \text{ m}^3$$

Volumen de Estéril

Es el volumen a despejarse durante la explotación de yeso, este volumen se lo ha calculado mediante los perfiles realizados para el cálculo de reservas, este volumen será retirado por retroexcavadora CAD 420E según se requiera.

$$\text{VTE} = 91714.5 \text{ m}^3$$

Coefficiente de Destape

Este coeficiente se determina mediante la relación entre el estéril y el mineral.

$$\text{Cd: } \text{Ve/Vm}$$

$$\text{Cd: } 32016.25 \text{ m}^3 / 91714.5 \text{ m}^3$$

$$\text{Cd: } 2.8$$

Producción de la Cantera

La producción de la cantera se estableció tomando como la base la actual producción mensual del área minera 8ton, cantidad que no permite expandir industrialmente la venta de yeso para construcción, agricultura, en la medicina, mismos campos que requieren una gran producción para abastecer la demanda de los productos y subproductos.

También se consideró la capacidad de trabajo de la maquinaria, horas de trabajo y personal de trabajo que compete a pequeña minería ya que es el principal objetivo de este diseño de explotación, expandirse de artesanal a pequeña minería, la cual menciona en su art.138, que la producción en pequeña es de hasta 800 metros cúbicos por día, con relación a la minería de no metálicos y materiales de construcción. Es decir, una producción entre las 300 a 1000 ton/día. Dicho esto, se plantea:

Producción	Tiempo (días)	Cantidad (Ton)	En función a
Diaria	8h= 1 día	9	En función a la capacidad de carga de la maquinaria de transporte Volquete HINO FT500H el cual dispone de una capacidad de carga de 10ton. Por otra parte, se definió esta cantidad en función a la producción actual mensual la cual es de 8ton, misma que no abastece a la demanda de yeso solicitada por las industrias.
Mensual	20 días	180	
Anual	240 días	2160	

Fuente: El Autor (2022)

Tiempo de Duración de la Cantera

Viene dada por la siguiente formula:

$$T = \frac{Q * n}{P}$$

Donde:

- T: Tiempo de duración de la cantera
- Q: reservas probadas + probables = 32016.25 m³
- n: Peso volumétrico del mineral = 2.10 Ton/m³
- P: producción anual = 2160 Ton

$$T = \frac{32016.25 \text{ m}^3 * 2.10 \text{ Ton/m}^3}{2160 \text{ Ton}}$$

$$T = 16 \text{ años}$$

Régimen de Trabajo

El régimen de trabajo de la cantera se lo ha establecido de la siguiente manera:

- Para la preparación o desbroce se lo realizara mediante el alquiler de retroexcavadora (CAT 420E), la cual realizará el desbroce de material estéril según lo requiera para la conformación de los bancos descendentes, los cuales serán diseñados cada 3.5m hasta llegar a los 7m que es la altura final de talud, por efectos de estabilidad del mismo. El material estéril y de desbroce se lo colocará en la plataforma superior de cada uno de los bancos una vez terminado el aprovechamiento de mineral, El material estéril excedente se lo llevará a depósitos comunitarios para fines varios mediante el alquiler de volquete HINO FTH500 el cual se encargará de llevar el material estéril sobrante a depósitos comunitarios.
- Para el arranque del mineral se lo realizara mediante turnos matutinos de 8 horas con un total de 264 días en el año. Con el alquiler de retroexcavadora (CAT 420 E) y un volquete (HINO FT H500) con una capacidad de carga de 10ton.
- De la carga y transporte de mineral este proceso será realizado de forma cíclica, una retroexcavadora se encarga de la limpieza de estéril y construcción de bancos, mientras que otra se encarga de la extracción de mineral, y posterior carga de mineral extraído.

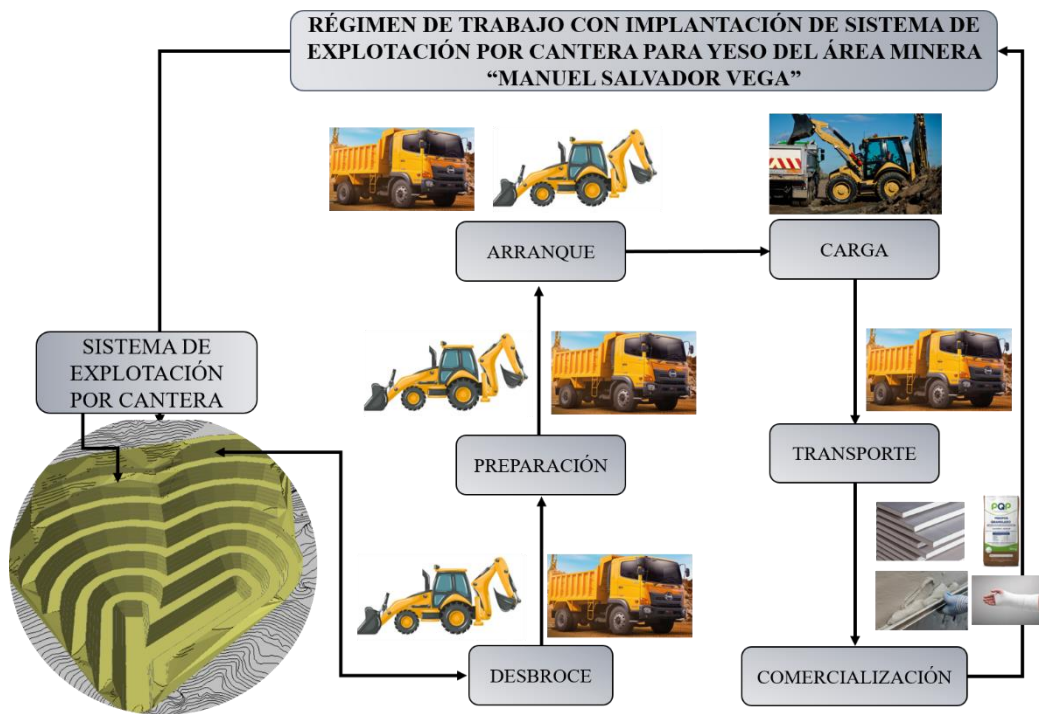


Figura 52. Régimen de Trabajo con la implantación de sistema de explotación por cantera para explotación de yeso del área minera “Manuel Salvador Vega”

Fuente: El Autor (2022)

Personal de Trabajo

La explotación del mineral se ejecutará con la guía de un Ingeniero de Minas o afines. En los trabajos de desbroce y arranque de mineral se contará con el aporte de 15 trabajadores, mismo que serán moradores del lugar, contabilizando dentro de este número a los operarios de retroexcavadora, y volquete.

Costos Económicos

Tabla 19. Costo Económico por Etapa de Destape

Descripción	No	Costo Unidad	Costo Anual
Retroexcavadora (CAD 420E)	1	25\$/h	1250\$
Capacidad de carga		1 m ³	
Utilización (50h/año)			
Volquete	1	20 \$/h	1000\$
		TOTAL	2250 \$

Fuente: (El Autor, 2022)

Tabla 20. Costo Económico para Herramientas

Descripción	No	Costo Unidad	Costo Total
Carretillas	3	60	180
Barretas	3	20	60
Palas	3	7.50	22.5
		TOTAL	262.5 \$

Fuente: (El Autor, 2022)

Tabla 21. Depreciación de Herramientas por Año

Descripción	Vida Útil	Costo Total	Depreciación Anual
$DP = \frac{\text{costo}}{\text{vida util}}$			
Carretillas	3 años	180\$	60\$/año
Barretas	5 años	60\$	12\$/año
Palas	2 años	22.54	11.25\$/año
		TOTAL	262.5 \$

Fuente: (El Autor, 2022)

Tabla 22. Costo por Alquiler de Maquinaria

Alquiler	No	Costo / h	Costo Dia	Costo Anual
Retroexcavadora (CAD 420E)	2	25	200	60800
Volquete (HINO FT H500)	2	20	40	42000
Horas de Utilización (2112 h / año)				
		TOTAL	440 \$	102800

Fuente: (El Autor, 2022)

Tabla 23. Costo por Trabajadores

Descripción	No	Costo diario	Costo Mensual	Costo Anual
Ingeniero	1	54.54\$	1200 \$	14400\$
Trabajadores	5	20\$	2200\$	26400\$
		TOTAL	2960 \$	40800

Fuente: (El Autor, 2022)

Tabla 24. Costos por Etapas de Operación

Operación	Coste Total	Coste por tonelada de Mineral
Destape	2250\$	0.56 \$/Ton. año
Herramientas	262.5\$	0.06 \$/ton. año
Extracción	143600\$	34.30 \$/ Ton. año
		$Costo_{ton mineral} = \frac{Costo Total}{Ton. Año}$
TOTAL	143600 \$/año	66.48 \$/Ton

Fuente: (El Autor, 2022)

Ingresos

Se determino al multiplicar la producción anual por el precio de venta por tonelada de mineral este ingreso será de forma anual.

$$I = Pa * P_{mine}.$$

Donde:

- Pa: producción anual
- P_{mine}: precio de venta de mineral por tonelada

$$I = Pa * P_{mine}.$$

$$I = 1300Ton/año * 120 \$$$

$$I = \mathbf{156000\$/año}$$

Considerando el Coeficiente de destape 1:2.8

$$2160 \text{ ton} / 2.8 = \mathbf{1300Ton de Mineral / Año}$$

P_{mine}: 50kg de yeso se vende a 6\$

$$50\text{kg} \longrightarrow 6\$$$

$$1000 \text{ kg} \longrightarrow ?\$$$

1Ton de Mineral vale 120\$

Egresos

Se determino mediante el producto de producción mineral anual por el coste de operación.

$$Ea = Pa * Co$$

Donde:

- **Pa:** Producción Anual
- **Co:** Coste de Tonelada al Año

$$Ea = 2160 \text{ Ton/año} * 66.48$$

$$Ea = 143596.8 \text{ \$/Ton. año}$$

Rentabilidad

$$Re = \text{Ingresos} - \text{Egresos}$$

$$Re = 156000\$/\text{año} - 143596.8\$/\text{año}$$

$$Re = 12403.2\$/\text{año}$$

Una vez establecidos los parámetros minero geométricos se plasmó el diseño en planos 2D y 3D mediante el uso del software minero RECMIN

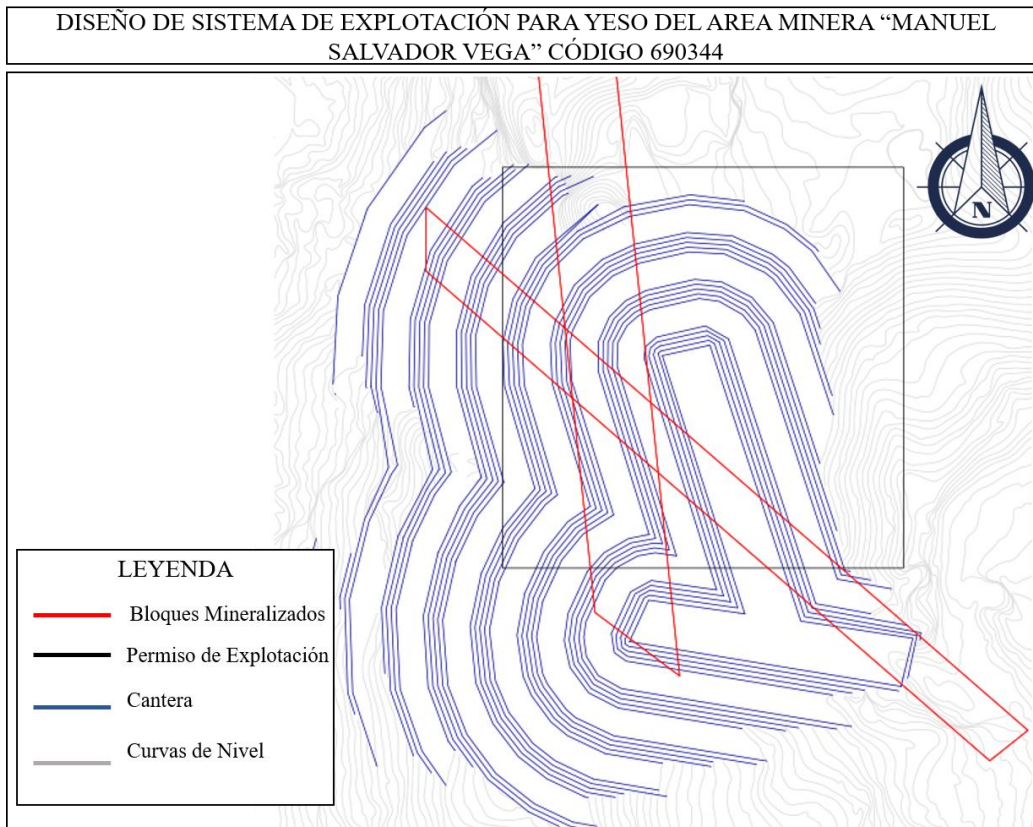


Figura 53. Proyección de bloques mineralizados, concesión minera y cantera para el diseño de sistema de explotación

Fuente: El Autor (2022)

IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA YESO DEL AREA MINERA
"MANUEL SALVADOR VEGA" CÓDIGO 690344

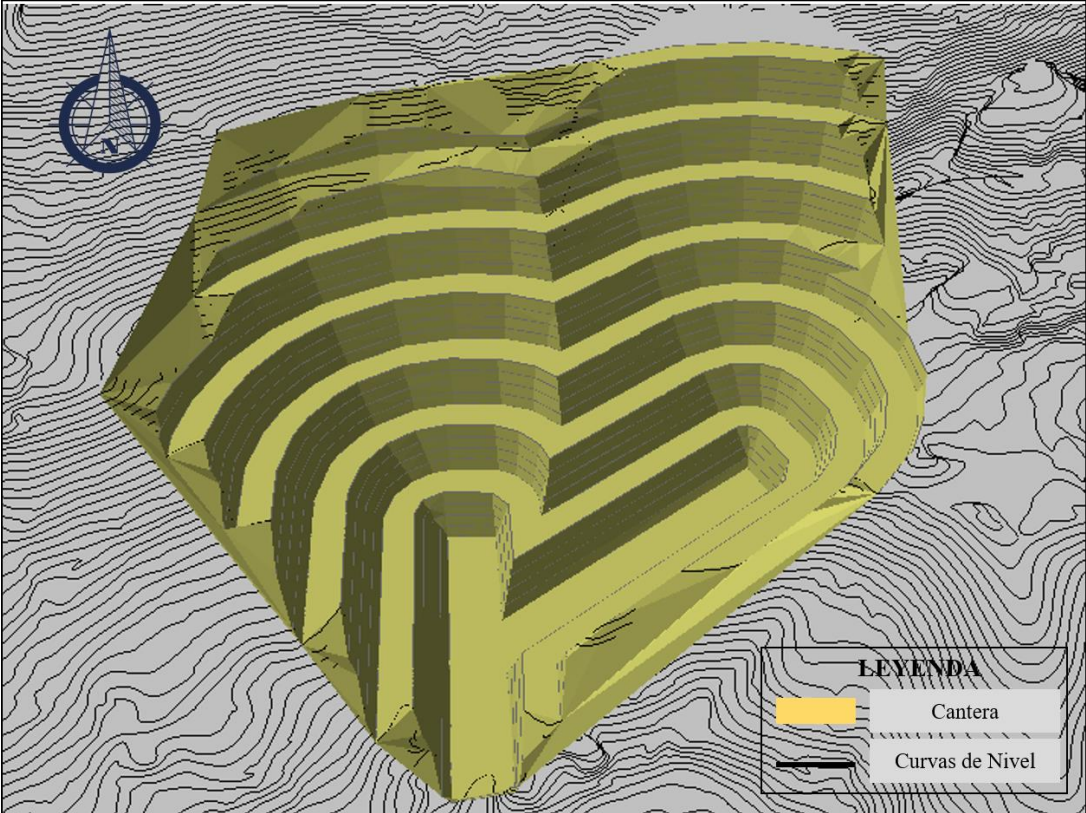


Figura 54. Vista en planta de la implantación del sistema de explotación para el Área Minera

Fuente: El Autor (2022)

VISTA 3D DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA YESO DEL AREA MINERA
"MANUEL SALVADOR VEGA" CÓDIGO 690344

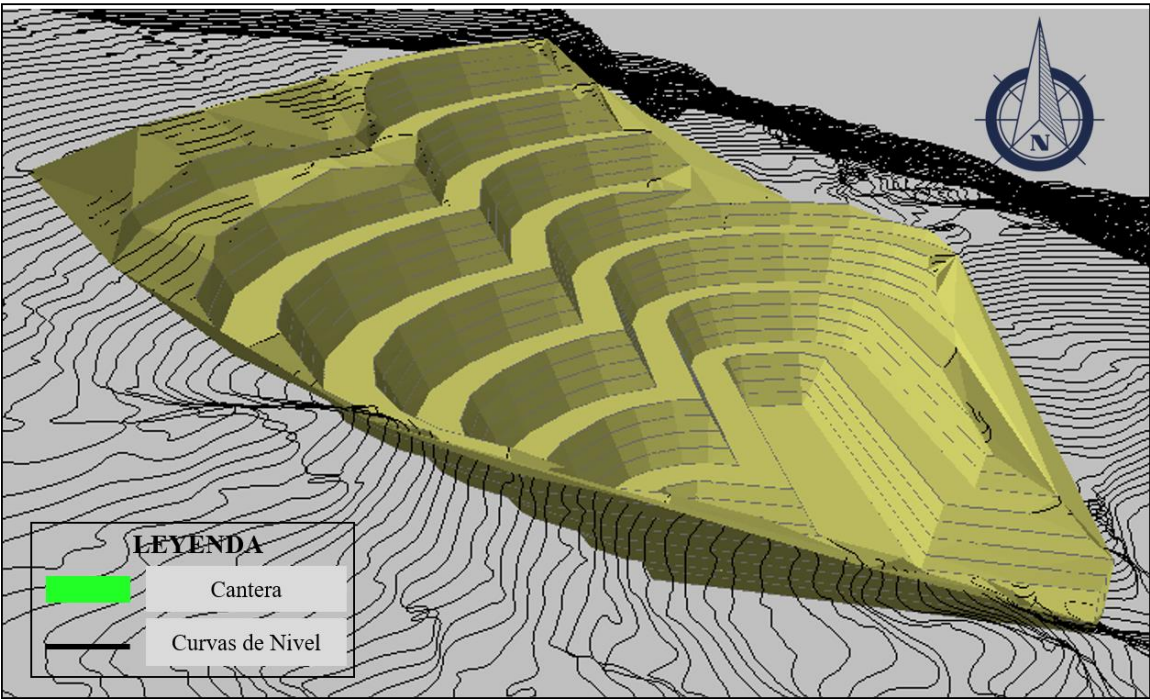


Figura 55. Vista en 3D de la implantación del sistema de explotación para el Área Minera

Fuente: El Autor (2022)

Implantado el sistema de explotación se realizó y cálculo el volumen de material a extraer a través del software RecMin V. 2021 con el cual se construyeron 7 cortes en secciones paralelas con dirección N-S cada 10metros y, como resultado se obtuvieron los respectivos perfiles los cuales muestran el material sobre y bajo la línea de perfil a extraer. Una vez determinadas las áreas se procede a calcular sus volúmenes con el método de los perfiles como se muestra en las siguientes figuras.

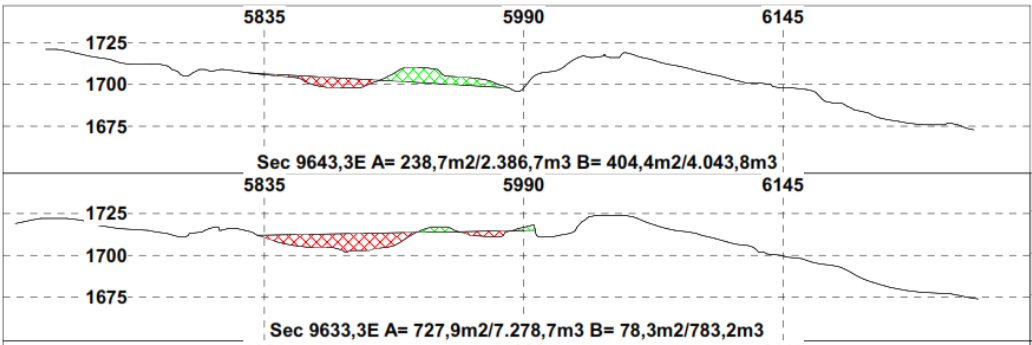


Figura 56. Corte perfil 1 y 2

Fuente: El Autor (2022)

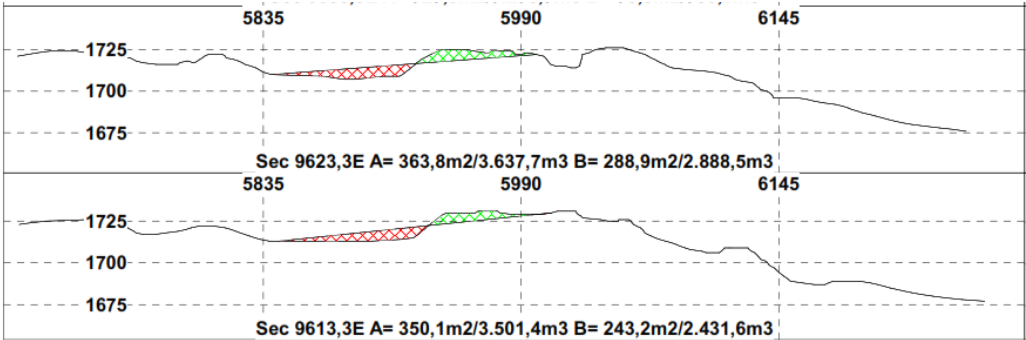


Figura 57. Corte perfil 3 y 4

Fuente: El Autor (2022)

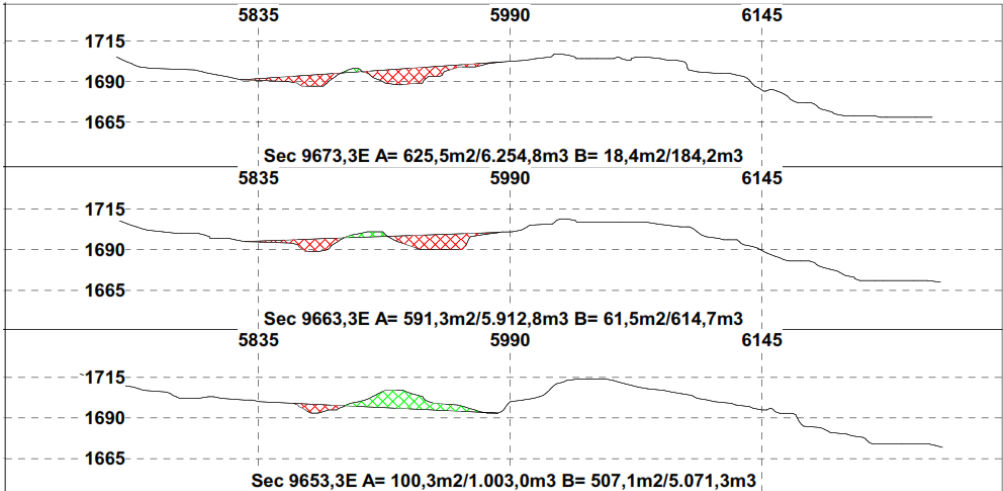


Figura 58. Corte perfil 5 ,6 y 7

Fuente: El Autor (2022)

Tabla 25 Area y volúmenes de material a extraer

Perfiles	Volúmenes a Extraer del Yeso y Estéril	
	Area (m ²)	Volumen (m ³)
Perfil 1	643.1	6430.5
Perfil 2	803.2	1511.1
Perfil 3	652.7	3252.3
Perfil 4	593.3	5933
Perfil 5	643.9	809.7
Perfil 6	652.8	6527.5
Perfil 7	607.4	6074
Total	4596.4 m ²	30538.1

Fuente: El Autor (2023)

Los resultados obtenidos mediante los perfiles fueron de 30538.1 m³ de material a extraer mismo que se correlaciona con lo realizado el acápite de cálculo de reservas el cual fue de 32016.25 m³. Estos valores multiplicados por la densidad de mineral de yeso de 2.1 ton/m³ nos da una diferencia de 3104 ton, esto quiere decir que con el diseño de sistema de explotación por cantera para explotación de yeso, se tiene un 95% de aprovechamiento de este mineral.

Cabe recalcar que conjuntamente con mineral se extrae material estéril que mediante los perfiles de RecMin no se ha podido cuantificar, sin embargo, el volumen de estéril se lo evidencia en la tabla del apartado cálculo de reservas.

Finalmente se proyecta la vía de acceso a las labores mineras, diseñado con un ancho de cinco metros y una pendiente máxima del 10% para que la maquinaria pueda acceder a la plataforma de trabajo y dar inicio a las actividades mineras. Dicha vía fue diseñada siguiendo la línea de máxima pendiente hacia la cota más baja en lo máximo posible evitando cotas que provoquen la elevación en % de pendiente y se vuelva imposible el acceso de la maquinaria.

De igual manera se elaboró el plano de implantación del sistema de explotación, con cada uno de sus elementos los cuales se los visualiza en el (Anexo 34).

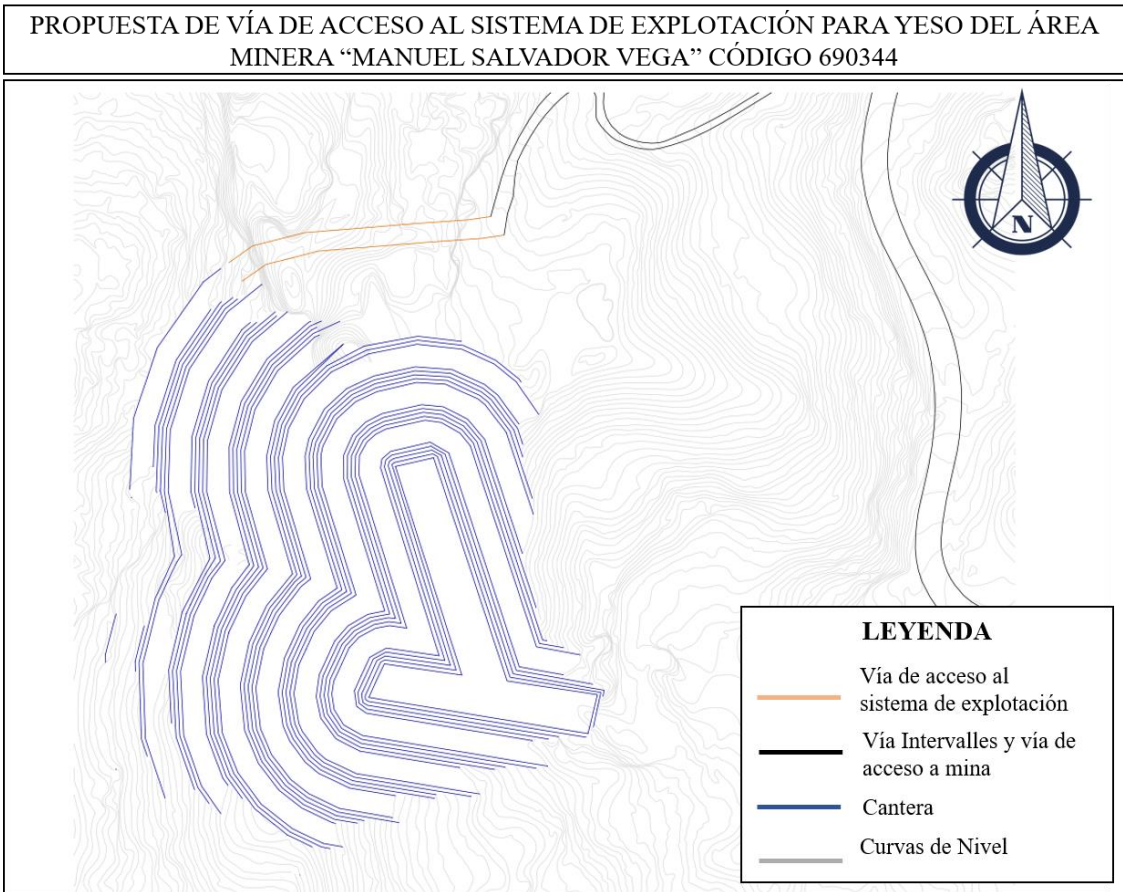


Figura 59. Vía de acceso a las labores mineras.

Fuente: El Autor (2022)

7. Discusión

Los resultados han permitido plantear un sistema de explotación con vista a potenciar el aprovechamiento de mineral, dicho sistema era el objetivo principal de esta investigación. Para plantear el sistema de explotación acorde a este proyecto minero, se ha tenido que determinar características topográficas y geológico, caracterizar el yacimiento mineral, estimar sus reservas a explotar, parámetros minero geométricos, costes económicos para finalmente diseñar el sistema de explotación haciendo uso de software minero. Dicho esto, se determina que:

Mediante el presente trabajo se determinó la caracterización geológica del área minera “Manuel Salvador Vega” la cual corresponde a paquetes estratificados de rocas sedimentarias que contienen mineralización de yeso, con vetas de 5 a 25cm y de 25cm a 1m estas vetas se encuentran intercaladas entre rocas duras y blandas a manera de Flysh, dichas rocas se identificaron como lutitas, limolitas y areniscas, pertenecientes a la Formación Santo Domingo la cual sobreyace a la Formación San José con litologías como areniscas, limolitas y conglomerados. Corroborando y verificando de esta manera lo descrito por el Léxico Estratigráfico de las Cuencas Miocénicas del Ecuador (2022) y Hoja Geológica de Gonzanamá a escala 1:100000.

Se determina que efectivamente la mejor manera de conocer el desarrollo de actividades mineras se obtiene de fichas de campo y encuestas como lo menciona (Ministerio del Medio Ambiente 2022) de ello se obtuvo que la explotación actual es de manera artesanal, lo que desemboca en el aprovechamiento de mineral de forma desordenada dejando una trinchera de grandes dimensiones que pone en riesgo las actividades de explotación, esto se refleja en el ritmo de producción actual de 96 ton/año que no permite el abastecimiento para fines industriales, conociendo que existe una gran demanda de este mineral en la actualidad.

De la presente investigación se determina que el yeso presenta químicamente S (29.8%), CaO (52.5%), y en mineralogía un 100% de mineral de yeso. Con base a ello se lo puede usar para la construcción en sus diversas aplicaciones de uso, revestidos, planes de yeso, aislantes, para la agricultura en la creación de abonos, y en menor porcentaje para el uso en el campo de la medicina de acuerdo a la investigación planteada por Fernández (1997).

La cuantificación de reservas por método de perfiles de acuerdo a Bustillo & López (1997), es uno de los métodos más idóneos para minería de no metálicos y esto se lo evidencia en la presente investigación ya que permitió contornear el yacimiento mineral de yeso para su aprovechamiento llegando a obtener reservas explotables de 67234.125 Ton, sumado a esto en la investigación de explotación de yeso planteada Mora (1995), determina que las reservas

explotables obtenidas por método de perfiles tienen más del 90% de veracidad al momento de desarrollar la explotación.

El sistema de explotación por canteras de acuerdo a los autores Noguel y Recio (2001) es un sistema fácil de acoplar a yacimientos no metálicos ya que permite el aprovechamiento de estos en casi su 100%, esto se comprueba en el presente trabajo ya que una vez determinadas las condiciones del área minera, contorneado el yacimiento, obtenidas sus reservas, definidos los parámetros minero geométricos, y diseñada la cantera, se obtuvo un 95% de aprovechamiento de mineral de yeso, mediante la implantación del sistema de explotación por cantera.

Finalmente, el diseño de sistema de explotación por cantera para el área minera “Manuel Salvador Vega” dio una idea general de la rentabilidad que se puede obtener con la implementación de este sistema quedando como rentabilidad anual la cantidad de 12403.2\$, durante un tiempo de vida de la cantera de 16 años, la rentabilidad del sistema propuesto versus el desarrollo de explotación de yeso actual es 90% más rentable si se llega a implementar destacando que para ello es necesario el cambio de régimen minero de artesanal a pequeña minería.

8. Conclusiones

- Para lograr el objetivo de diseñar un sistema de explotación para el aprovechamiento de yeso, el levantamiento topográfico se lo realizó en una extensión de 10ha de las cuales 1ha comprende el permiso de explotación obtenido por el titular minero. De esto se obtuvo que la fisiográfica de la zona de estudio está comprendida por cotas que van desde los 1640 msnm hasta los 1755 msnm. dando como resultado un desnivel de 115 metros, y de acuerdo a Demek las pendientes de la zona de estudio se encuentran en mayor porcentaje pendientes muy inclinadas ocupando un 52.08% del área total, y en un 22.64% del área se encuentran pendientes fuertemente inclinadas.
- Se concluye que la caracterización geológica del área minera corresponde a paquetes de rocas sedimentarias que contienen mineralización de yeso, con vetas de 5 a 25cm y de 25cm a 1m estas vetas se encuentran intercaladas entre rocas duras y blandas a manera de Flysh, dichas rocas se identificaron como lutitas, limolitas y areniscas, pertenecientes a la Formación Santo Domingo la cual sobreyace a la Formación San José la misma que aflora el área de estudio con litologías como areniscas, limolitas y conglomerados.
- Se evidencio, de acuerdo a la descripción de actividades, que actual explotación se realizan de forma artesanal existiendo una trinchera de grandes dimensiones que se encuentra en forma paralela al rumbo del cuerpo mineral. Dispone de una vía de acceso a la trinchera y el material estéril es sacado hacia el exterior y depositado al costado de la misma, para ello se emplea equipos como; carretillas, pala, barretas, alquiler de maquinaria del tipo retroexcavadora y para cargar un camión mula, con un personal de trabajo de 4-5 trabajadores generando un timo de producción anual de (96Ton) lo que genera una rentabilidad económica de 3120\$/año.
- En conclusión, se calculó las reservas explotables de yeso por método de perfiles dando como resultado reservas explotables para yeso de 67234.124 Ton entre los bloques Y1 y Y2, con un estéril a retirar de 174257.55 Ton. La determinación de calidad de mineral de yeso mediante fluorescencia de rayos (FRX) y Difracción de Rayos X (DRX) arrojaron resultados para composición química en mayor porcentaje, la presencia de S (29.8%), CaO (52.5%), y en mineralogía un 100% de

mineral. Esto permite hacer uso de este mineral sea en construcción, agricultura o en dependencia del tratamiento que se le dé al mismo antes de su comercialización.

- Finalmente, el sistema de explotación elegido fue por canteras de acuerdo a las características del yacimiento, parámetros minero técnicos, parámetros de rehabilitación ambiental y rentabilidad. Quedando definida por bancos descendentes desde la cota 17730m.s.n.m a la cota 1665m.s.n.m. en las cuales aflora la mineralización, una altura de bancos de 7m y plataforma de trabajo de 14.3m, los cuales serán construidos en dos fases de 3.5m cada uno, de acuerdo a las capacidades de maquinaria, mediante un método cíclico de arranque, carga y transporte de mineral, por último el material estéril se acumulará en pilas a un costado de la plataforma superior de trabajo, para evitar obstaculizar el desarrollo de las actividades mineras, y de esta manera poder emplear este material al momento de realizar el cierre de mina con el objetivo de rehabilitar las áreas afectadas., esto permite tener una rentabilidad económica de 12403.2\$ anual mente, esto durante 16años de vida de la cantera.

9. Recomendaciones

- Se pide socializar al titular minero sobre el sistema de explotación propuesto en esta investigación y los beneficios del mismo si llegase a implementarse.
- Es importante capacitar al personal inmerso en las actividades del área minera para yeso, con el fin de que adquieran el conocimiento para un adecuado aprovechamiento y desarrollo de la explotación en la extracción de yeso,
- Se recomienda al personal que labora en la explotación de yeso y al titular minero el uso de equipos de protección para evitar riesgos laborales u otros tipos de riesgos ligados a esta actividad ya que la forma de explotación actual no es la adecuada.
- Es recomendable de acuerdo a la actual demanda de mineral de yeso en la industria de construcción y agricultura que se busque la inversión de empresas sea privada o pública a fin de aprovechar las reservas determinadas mediante este estudio.
- Finalmente se recomienda al titular minero realizar los trámites pertinentes para cambio de minería artesanal a pequeña minería eso con vista a un mejor aprovechamiento de mineral de yeso y con ello una mayor rentabilidad y seguridad laboral.

10. Bibliografía

- Actis, A. (2009). *Escombreras, ubicacion, estabilidad y contaminacion ambiental*. EMPREMIN. <https://core.ac.uk/download/pdf/231220982.pdf>
- Alati Mining. (2021, agosto 12). *IMPORTANCIA DE LA GEOLOGÍA EN MINAS*. <https://miningalati.com/importancia-de-la-geologia-en-minas/#:~:text=Para%20el%20sector%20minero%2C%20un,estudio%20del%20movimiento%20de%20y>
- Alejandro, A., & Mora, L. (1993). *Explotacion y Tratamiento del Yeso en el sitio «San José de Ceibopamba»*.
- Alulima, B., Leon, J., Tobar, J., & Coronel, O. (2022). *Léxico Estratigráfico de las Cuencas sedimentarias miocénicas del sur del Ecuador* (p. 58). Instituto de Investigacion Geologico y Energetico. https://www.geoenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/02/lexico_estratigrafico_cuencas_sedimentarias_miocenicassur_ecuador.pdf
- Álvarez, N. (2013). *Cálculo de las labores de destape y diseño de la escombrera del cuerpo 8 del yacimiento Yagrumaje Sur en la empresa "Comandante Ernesto Che Guevara"*. [INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO "Dr. Antonio Núñez Jiménez"]. <http://ninive.ismm.edu.cu/bitstream/handle/123456789/2724/TesisNayla.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arenas, R., & Cuevas, V. (2011). *Conceptos Basicos de Estratigrafía*. 55-59.
- Ayala, L. (2020). *Notas Esenciales Sobre el Mapeo Geológico*. <https://www.explorock.com/notas-esenciales-sobre-mapeo-geologico/>
- Bustillo, M., & López, C. (1997). *Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras*. ENTORNO GRAFICO S.L.
- Buzo, I. (2007, septiembre 17). *La Cartografía*. <https://es.slideshare.net/isaacbuzo/la-cartografia>

- Cervantes, M., Pasapera, D., Sandoval, C., & Sussoni, A. (2013). *Labores Mineras*.
<https://es.slideshare.net/carlosDaniel995/labores-mineras>
- Cheli, A. (2011). *Introducción a la Fotogrametría y su evolución* (Primera). <http://www.biblioteca.org.ar/greenstone/collect/libagr/index/assoc/HASH013d.dir/doc.pdf>
- Coaquira, B., Chavez, J., Churacutipa, N., Ramirez, C., & Mamani, L. (2016, febrero 25). *El Yeso*. <https://es.slideshare.net/JaimeArpasi/yesoexposicion>
- Constitucion de la Republica del Ecuador. (2008). *Constitucion de la Republica del Ecuador*.
- Corporación Nacional del Cobre de Chile. (2016). *Recursos y Reservas Minerales* (pp. 39-44). CODELCO. <https://www.codelco.com/memoria2016/pdf/mem2016codelco-recursos-reservas.pdf>
- Díaz, H. (2018). *Importancia de La Geología en La Minería*.
- Diseño de Minado*. (s. f.). <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/482/11/A11.pdf>
- Escobar, G. (2017). *Manual de Geología para Ingenieros*. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/3145/rocassedimentarias.pdf?sequence=15&isAllowed=y>
- Fernández, R., & Tessone, M. (2015). *Actividades de Exploracion Minera*. Cátedral de Geología de Minas. https://blogs.ead.unlp.edu.ar/geominas/files/2016/04/Actividades_Exploracion_Minera-2015.pdf
- Giner, J., Pozo, M., Carenas, B., Domínguez, C., García, A., Regadío, M., & De Soto, I. (s. f.). *Tipos de Fallas*. https://formacion.uam.es/pluginfile.php/165/mod_resource/content/3/tipos_de_fallas.pdf
- Guzman, J. (2012). *Topografía* (Primera). http://students.aiu.edu/submissions/profiles/resources/onlineBook/d5x4T4_Topografia.pdf

- Herrera, J., & Pla Ortiz, F. (2006). *Metodos de Minería a Cielo Abierto*. Universidad Politécnica de Madrid. https://oa.upm.es/10675/1/20111122_METODOS_MINERIA_A_CIELO_ABIERTO_2.pdf
- Hudiel, S. (2008). *Manual de Topografía-Altímetria*. <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/apuntes-topografia-i.pdf>
- Instituto Geografico Militar del Ecuador. (2013). *Metodología Utilizada Para La Generación De Cartografía Básica Del Ecuador Territorial Escala 1:5000* (p. 30). https://uns-tats.un.org/unsd/geoinfo/rcc/docs/rcca10/E_Conf.103_21_IGM_ECUADOR.pdf
- Ley de Minería. (2009). *Ley de Minería de la Republica del Ecuador*.
- Lima, C. (2016). *Influencia de la minería no metálica en la economía ecuatoriana en el período 2000 – 2014* [PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR]. http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/10533/Disertaci%C3%B3nCarlosVelasco_Febrero2016.pdf?sequence=1
- Maroto, G. (s. f.). *Mineralogía. Temas 10,11 y 12*. https://ocw.unican.es/plugin-file.php/3084/course/section/2841/tema_10-11-12.pdf
- Martínez, J. (2013). *Explotación de materias de construcción* (Primera Edición). Ministerio de Minas y Energía. <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/169095/EXPLORACION+DE+MATERIALES.pdf/fc129902-1523-4764-9a05-755e3bb7896e>
- Medina, M. Z. (2010). *APUNTES DE TOPOGRAFÍA*. 216.
- Morales, W., & López, D. (2015). *Texto Basico Autoinformativo de Topografía General*. UNA. <https://cenida.una.edu.ni/textos/NP31G192t.pdf>
- Muñoz, C., & Siachoque. (2014). *DISEÑO DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO PARA LA MINA EL DIAMANTE, DENTRO DEL CONTRATO EN VIRTUD DE APORTE N° 00904-15 EN EL MUNICIPIO DE TIBASOSA, VEREDA LA CARRERA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ*. [UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y

TECNOLÓGICA DE COLOMBIA]. <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1515/1/TGT-256.pdf>

Nielson, H., Sarudiansky, R., Ponce, M., & Duggan, M. (2005). Yeso. En *MINERALES PARA LA AGRICULTURA EN LATINOAMÉRICA*.

Noguel, J., & Recio, A. (2001). *Trabajos Mineros a Cielo Abierto*.

Ovejero, A., Achá, & Suerio, A. (2015). *Cristalografía y Óptica Mineral*. Editorial Científica Universitaria.

Palacios, J. G. (2014). *TOPOGRAFÍA PARA LAS TROPAS*.

https://node1.123dok.com/dt02pdf/123dok_es/002/806/2806141.pdf.pdf?X-Amz-Content-Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=7PKKQ3DUV8RG19BL%2F20220607%2F%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20220607T143107Z&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Expires=600&X-Amz-Signature=65e8e64f9645c88fe2fe71e3cc4fd55df806c9a1f529dc5b206d5ee4d00856ff

Paladines, A., & Soto, J. (2010). *Geología y Yacimientos Minerales del Ecuador* (Primera). Universidad Técnica Particular de Loja - UTPL.

Palomino, J. (2015, agosto 2). *Explotación Superficial e Infraestructura Minera*. <https://es.slideshare.net/JhoelPalomino/rampas-en-mineria>

Peña, J., & Méndez, T. (2005). *Manual de prácticas de topografía y cartografía*. Universidad de la Rioja.

Peña, J., & Méndez, T. (2011). *Fundamentos de Fotogrametría*. Unirioja.

Peñaranda, D. (2017). *El mapa topográfico como recurso en la educación primaria. Interpretación de la hoja de San Leonardo de Yague*. Universidad de Valladolid.

<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/29616/TFG-O-1246.pdf;jsessionid=63796FAA25C850FA172304B6274B573B?sequence=1>

Pizarro, A. (2017). *Planificación minera a cielo abierto considerando diseño óptimo de rampas* [UNIVERSIDAD DE CHILE]. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/146684/Planificaci%3fb3n-minera-a-cielo-abierto-considerando-dise%3b1o-optimode-rampas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, Parroquia Malacatos*. SERVICIOS DE ASISTENCIA TÉCNICA EN DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL (SATDOT).

Ponce, J., Montagna, A., & Carmona, N. (2018). *Atlas de estructuras sedimentarias inorgánicas y biogénicas: Descripción, análisis e interpretación a partir de afloramientos, testigos corona y registros de imágenes de pozo* (Primera Edición). Fundación YPF.

Reglamento Ambiental Para Actividades Mineras. (2016). <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-80.pdf>

Reglamento de Clasificación de Recursos y Reservas Mineras. (2016). *REGLAMENTO DE CALIFICACION DE RECURSOS Y RESERVAS MINERAS*.

Reglamento del Regimen Especial de Pequeña Minería, R. C. (2019). *REGLAMENTO DEL REGIMEN ESPECIAL DE PEQUEÑA MINERÍA*. 13.

Rocas Sedimentarias. Origen, Evolucion y Procesos Sedimentarios. (s. f.). <http://usuarios.geofisica.unam.mx/gvazquez/yacimientosELIA/zonadesplegar/Clases/Clase%205%20Rocas%20sedimentarias.pdf>




Rodríguez, M. (2012). *Geología estructural. Esfuerzos y deformaciones de las rocas. Deformación dúctil: Los pliegues y sus tipos. Mecanismos de plegamiento. Deformaciones frágiles: Diaclasas y fallas. Características y tipos. Asociaciones de pliegues y fallas*.

- Rosado, E. (2014). *Introducción a la Fotogrametría y Cartografía aplicadas a la Ingeniería Civil* (Universidad de Extremadura).
- Saavedra, M. (2017, julio 20). *Carguío y Transporte*. <https://es.slideshare.net/MatiasFiguerosaSaaved/carguio-y-transporte>
- Sanchez, L. (1995). *Drenaje de Minas a Cielo Abierto*. UNESCO. <http://www.edsonplascencia.com/minas/drenajecieloabierto.pdf>
- Servicio Geológico Mexicano. (s. f.). *Que es la Geología*. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/157537/Que-es-la-Geologia.pdf>
- Servicio Geológico Mexicano. (2017). *Estratigrafía*. <https://www.sgm.gob.mx/Web/Museo-Virtual/Estratigrafia/Introduccion-estratigrafia.html>
- SIAPA. (2014). *CRITERIOS Y LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA FACTIBILIDADES, GEOTECNIA*. https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_7._geotecnia.pdf
- Sociedad de Investigación y Explotación Minera de Castilla y León (SIEMCALSA). (2008). *Los Aridos de Castilla y Leon*. Domènech e-learning multimedia, S.A. <http://www.siemcalsa.com/images/pdf/Los%20aridos.pdf>
- Subsecretaría de Minería. (2017). *Perfil de Mercado del Yeso* (p. 54). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/287809/Perfil_Yeso_2017.pdf
- Tapia, U. (2017). *Manual de prácticas de laboratorio de Petrología Sedimentaria* [Universidad Nacional Autónoma de México]. http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/14547/1/Manual%20de%20laboratorio%20de%20Petrolog%C3%ADa%20Sedimentaria_HTUZ.pdf
- Tarbuck, E., & Lutgens, F. (2005). *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física* (Octava). Pearson. <https://xeologosdelmundo.org/wp-content/uploads/2016/03/TARBUCK-y-LUTGENS-Ciencias-de-la-Tierra-8va-ed.-1.pdf>




- Tolentino, F. (2019). “*ESTIMACION DE RECURSOS Y RESERVAS CON EL USO DE SOFTWARE MINERO PARA LA EXPLOTACION DEL PROYECTO MINERO - DON JAVIER*” [UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA].
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/10089/IMtobafa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vich, R., & Ortiz, D. (2010). Problemas de Geología Estructural. Fallas. *Reduca(Geología)*, 124-147.
- Villalba, M., Vargas, W., & Vergara, C. (2018). *Topografía, Conceptos y Aplicaciones*.
<https://www.ecoediciones.com/wp-content/uploads/2018/02/Topograf%C3%ADa-Conceptos-y-aplicaciones-ebook.pdf>
<https://www.ecoediciones.com/wp-content/uploads/2018/02/Topograf%C3%ADa-Conceptos-y-aplicaciones-ebook.pdf>
- Wolf, P., & Ghilani, C. (2016). *Topografía* (Decimo Cuarta). Alfaomega.

11. Anexos





Anexo 1. Ficha de Afloramiento Uno

Diseño del Sistema de Explotación Para Yeso del Area Minera “Manuel Salvador Vega”								
Ficha para descripción de afloramientos								
FOTOGRAFÍA		AFLORAMIENTO N°:		1				
		UBICACIÓN:		San José de Ceibopamba- Vía al Tambo				
		RESPONSABLE:		David González				
		COORDENADAS UTM		X: 689836	Y: 9535897			
		DIMENSIONES:		2.17m alto * 32m de largo				
		ELEVACION:		1631				
		DIRECCION:		NW				
		TIPO:		Natural ()		Artificial (X)		
		RELIEVE:		Llano ()		De colinas ()		
				Bajo (X)		Montañoso ()		
		VEGETACIÓN:		Exuberante ()		Escasa (X)		
FOTO NRO:		1						
FECHA:		14/07/2022						
PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO								
N° de CAPA	POTENCIA (m)	LITOLOGÍA	GRANULOMETRÍA				ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
			Ar	Lm	Arn	Grv		
1	1	Capa Vegetal						Suelo Orgánico
2	0.70	Brecha Sedimentaria				X	N35W / 21SW	Clastos (0.5 – 8 cm) subangulares, predomina clastos de 2.5 cm. Matriz areno-arcillosa de tonalidad amarillenta.
3	0.17	Microconglomerado				X		Arenisca con presencia de clastos de yeso y lutita. Matriz de arenisca, con granulometría de 0.5mm a 0.3mm.
4	0.10	Brecha Sedimentaria				X		Clastos (0.5 – 8 cm) subangulares, predomina clastos de 2.5 cm. Matriz areno-arcillosa de tonalidad amarillenta.
5	0.60	Brecha Sedimentaria				X		Brecha clastosoportada con clastos de 0.2cm a 4cm los clastos pertenecen a yeso, lutita, caolín, arenisca.




Anexo 2. Ficha de Afloramiento Dos

Diseño del Sistema de Explotación Para Yeso del Area Minera “Manuel Salvador Vega”								
Ficha para descripción de afloramientos								
FOTOGRAFÍA		AFLORAMIENTO N°:	2					
		UBICACIÓN:	Vía al Tambo – Zona alta de Talud					
		RESPONSABLE:	David González					
		COORDENADAS UTM	X:689811 Y:9535939					
		DIMENSIONES:	30m alto * 36m de largo					
		ELEVACION:	1660					
		DIRECCION:	NW					
		TIPO:	Natural () Artificial (X)					
		RELIEVE:	Llano () De colinas (X) Bajo () Montañoso ()					
		VEGETACIÓN:	Exuberante () Escasa (X)					
		FOTO NRO:	2					
FECHA:	14/07/2022							
PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO								
N° de CAPA	POTENCIA (m)	LITOLÓGÍA	GRANULOMETRÍA				ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
			Ar	Lm	Arn	Grv		
1	3	Arenisca			X		N38E / 73SW	
2	2.5	Lutita		X				
3	2.10	Arenisca			X			Estratificación cruzada con lutita.
4	1.27	Lutita		X				Paquete de intercalación entre lutita arenisca, Microconglomerado, arenisca, lutita, Microconglomerado. La matriz es del tipo arenisca y clastosoportada.
5	1.90	lutita		X				Estratificación cruzada con arenisca. Paquete de intercalación de lutita, yeso, lutita, yeso, limolita, lutita, arenisca.
6	1.5	Lutita		X				Paquete de intercalación de lutita, yeso, lutita, yeso, limolita, lutita, arenisca.
7	1	Conglomerado				X		Es de tipo clasto soportado con clastos desde los 6 a 10.5 cm, clastos redondeados.
8	18	Arenisca			X			Presencia de magnetita en un 30%.




Anexo 3. Ficha de Afloramiento Tres

Diseño del Sistema de Explotación Para Yeso del Area Minera “Manuel Salvador Vega”				  Universidad Nacional de Loja				
Ficha para descripción de afloramientos								
FOTOGRAFÍA		AFLORAMIENTO N°:	3					
		UBICACIÓN:	Vía al Tambo					
		RESPONSABLE:	David González					
		COORDENADAS UTM	X: 689727	Y: 9535980				
		DIMENSIONES:	9m alto * 60.90 m de ancho					
		ELEVACION:						
		DIRECCION:	NW					
		TIPO:	Natural ()	Artificial (X)				
		RELIEVE:	Llano ()	De colinas (X)				
			Bajo ()	Montañoso ()				
		VEGETACIÓN:	Exuberante ()	Escasa (X)				
FOTO NRO:	3							
FECHA:	15/07/2022							
PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO								
N° de CAPA	POTENCIA (m)	LITOLOGÍA	GRANULOMETRÍA				ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
			Ar	Lm	Arn	Grv		
1	6.70	Grauwaca		X			N3W / 47SW	Tonalidad verdosa, se rompe tipo hoja de cebolla, granos de magnetita 5%. Grano fino a muy fino.
2	3	Arenisca			X			Arenisca de grano fino a medio, tonalidad verdosa, con presencia de magnetita en un 30%.
3	2.6	Arenisca			X			De grano medio a grueso tiende a un Microconglomerado, pero aún conserva su matriz de arenisca.




Anexo 4. Ficha de Afloramiento Cuatro

Diseño del Sistema de Explotación Para Yeso del Area Minera “Manuel Salvador Vega”								
Ficha para descripción de afloramientos								
FOTOGRAFÍA		AFLORAMIENTO N°:	4					
	UBICACIÓN:		Vía de acceso a la mina					
	RESPONSABLE:		David González					
	COORDENADAS UTM		X: 689792	Y: 9536086				
	DIMENSIONES:		2m alto * 14m de ancho					
	ELEVACION:		1665					
	DIRECCION:		NW					
	TIPO:		Natural ()	Artificial (X)				
	RELIEVE:		Llano ()	De colinas ()				
			Bajo (X)	Montañoso ()				
	VEGETACIÓN:		Exuberante ()	Escasa (X)				
FOTO NRO:		4						
FECHA:		15/07/2022						
PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO								
N° de CAPA	POTENCIA (m)	LITOLOGÍA	GRANULOMETRÍA				ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
			Ar	Lm	Arn	Grv		
1	0.26	Arenisca			X		N54W / 32SE	Grano fino, con magnetita 2%, color gris, intercalación con vetillas de yeso.
2	0.24	Lutita		X				Tonalidad gris, azul, con intercalaciones de arenisca oxidaciones de coloración amarillenta.
3	0.15	Arenisca			X			Grano fino, con magnetita 2%, color gris, intercalación con vetillas de yeso.
4	0.12	Lutita		X				Tonalidad gris, azul, con intercalaciones de arenisca oxidaciones de coloración amarillenta.
5	0.07	Arenisca			X			Tonalidad gris, grano fino sin presencia de magnetita.
6	0.34	Lutita		X				Presencia de oxidaciones de coloración amarillenta.
7	0.28	Arenisca			X			Grano fino, sin magnetita, color gris, intercalación con vetillas de yeso.
8	0.90	Lutita		X				intercalación con vetillas de yeso de 0.5 mm a 1 cm, estratificación cruzada con arenisca.




Anexo 5. Ficha de Afloramiento Cinco

Diseño del Sistema de Explotación Para Yeso del Area Minera “Manuel Salvador Vega”								
Ficha para descripción de afloramientos								
FOTOGRAFÍA		AFLORAMIENTO N°:	5					
	UBICACIÓN:	Vía de Acceso a la Mina						
	RESPONSABLE:	David González						
	COORDENADAS UTM	X: 689796	Y: 9536011					
	DIMENSIONES:	1.5m alto * 3.24m de ancho						
	ELEVACION:							
	DIRECCION:	NW						
	TIPO:	Natural ()	Artificial (X)					
	RELIEVE:	Llano ()	De colinas (X)					
		Bajo ()	Montañoso ()					
	VEGETACIÓN:	Exuberante ()	Escasa (X)					
FOTO NRO:	5							
FECHA:	16/07/2022							
PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO								
N° de CAPA	POTENCIA (m)	LITOLOGÍA	GRANULOMETRÍA				ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
			Ar	Lm	Arn	Grv		
1	1.10	Capa vegetal						
2	0.46	Arenisca					N40E / 27 NW	Intercalación de arenisca con vetillas de yeso.
3	0.40	Lutita		X				Intercalación de lutita con vetillas de yeso.
4	0.06	Arenisca			X		N17W / 54SW	
5	0.02	Yeso						Vetilla de yeso cristalino
6	0.18	Lutita		X				
7	0.12	Arenisca			X			Grano grueso, tonalidad rosa, presencia de vetillas de yeso cristalino de 0.3 a 1cm.
8	0.20	Brecha sedimentaria				X		Clastos subangulares, yeso, limolita, arenisca, clastos de 0.5 -1.5cm. Matriz soportada de lutita.
9	0.18	Limolita		X				Oxidaciones de café a negro.
10	0.12	Arenisca			X			Estratificación cruzada con lutita, presencia de vetillas yeso, tonalidad gris claro con alteraciones amarillentas y oxidaciones de cafes.
11	0.40	Lutita		X				Tonalidad azul, con presencia de vetillas de yeso (1 a 1.5cm) cristalino sobrepuesto, alteraciones de coloración amarillenta.




Anexo 6. Ficha de Afloramiento Seis

Diseño del Sistema de Explotación Para Yeso del Area Minera “Manuel Salvador Vega”								
Ficha para descripción de afloramientos								
FOTOGRAFÍA	AFLORAMIENTO N°:	6						
	UBICACIÓN:	Vía al Tambo						
	RESPONSABLE:	David González						
	COORDENADAS UTM	X: 689818	Y: 9535917					
	DIMENSIONES:	5m alto * 15 m de ancho						
	ELEVACION:	1665						
	DIRECCION:	NW-SE						
	TIPO:	Natural ()	Artificial (X)					
	RELIEVE:	Llano ()	De colinas (X)					
		Bajo ()	Montañoso ()					
	VEGETACIÓN:	Exuberante ()	Escasa (X)					
FOTO NRO:	6							
FECHA:	16/07/2022							
PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO								
N° de CAPA	POTENCIA (m)	LITOLOGÍA	GRANULOMETRÍA				ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
			Ar	Lm	Arn	Grv		
1	3	Lutita		X			N56W / 64 SW	Oxidaciones marrones.
2	1.25	Lutita		X				Estratificación cruzada con arenisca, presencia de vetillas de yeso (0.3 a 0.5 cm)
3	1.10	Arenisca			X			Estratificación cruzada con lutita, color gris y de grano fino. Con presencia de vetilla de yeso de (0.5cm)
4	1	Lutita		X				Oxidaciones color amarillento, con presencia de vetillas de yeso.
5	6	Arenisca			X			Coloración gris, granos finos a grueso, con presencia de vetillas de yeso y estratificación cruzada con lutita.
	1	Lutita		X				Oxidaciones por precipitación de yeso coloración marrón. Presencia de vetillas de yeso (0.5 a 1.5 cm).
	2.30	Arenisca			X			Color gris, grano fino con oxidaciones de color amarillento.



Anexo 7. Ficha de Afloramiento Siete

Diseño del Sistema de Explotación Para Yeso del Area Minera “Manuel Salvador Vega”								
Ficha para descripción de afloramientos								
FOTOGRAFÍA		AFLORAMIENTO N°:	7					
		UBICACIÓN:	Trinchera de exploración					
		RESPONSABLE:	David González					
		COORDENADAS UTM	X: 689738 Y: 9535859					
		DIMENSIONES:	7m alto * 12m de ancho					
		ELEVACION:	1665					
		DIRECCION:	NW-SE					
		TIPO:	Natural () Artificial (X)					
		RELIEVE:	Llano () De colinas (X)					
		VEGETACIÓN:	Bajo () Montañoso ()					
		FECHA:	21/07/2022					
VEGETACIÓN:	Exuberante () Escasa (X)							
FOTO NRO:	7							
PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO								
N° de CAPA	POTENCIA (m)	LITOLOGÍA	GRANULOMETRÍA				ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
			Ar	Lm	Arn	Grv		
1	0.20	Capa vegetal						
2	0.40	Lutita		X			S42E / 43 SW	
3	0.08	arenisca			X			Color gris, oxidación producto de la precipitación de vetillas de yeso
4	0.25	Lutita		X				Vetillas de yeso, que oxidan la arenisca
5	0.08	Arenisca			X			Presencia de oxidaciones, y vetillas de yeso precipitado
6	0.33	Limolita		X				Estratificación cruzada con arenisca, presencia de vetillas de yeso.
7	0.80	Lutita		X				Alojado en lutita, yeso laminar, limolita.
8	0.15	Lente de yeso						
9	0.60	lutita		X				
10	0.20	Lente de yeso						Alojado en lutita, yeso laminar, limolita.
11	0.30	Lutita		X				
12	0.17	Arenisca			X			
13	0.50	Lutita		X				
14	0.18	arenisca			X			
15	0.10	yeso						Veta de yeso de 2.5cm con presencia de lutita y vetillas de yeso de (1 a 1.5 cm)
16	0.20	Lente de yeso						Alojado en lutita, yeso laminar, limolita
17	0.12	lutita		X				Presencia de vetillas de yeso.
18	0.20	arenisca			X			Arenisca de grano fino- medio con vetillas de yeso.
19	0.30	Lente de yeso						Alojado en lutita, yeso laminar, limolita
20	0.28	Lutita		X				Presencia de vetillas de yeso de (0.5 a 3cm)
21	0.12	Lente de yeso						Alojado en lutita, yeso laminar, limolita
22	1.45	Lutita		X				Presencia de vetillas de yeso de 0.5 a 5cm

Anexo 8. Ficha de Afloramiento Siete

Diseño del Sistema de Explotación Para Yeso del Area Minera “Manuel Salvador Vega”								
Ficha para descripción de afloramientos								
FOTOGRAFÍA		AFLORAMIENTO N°:		7.1				
		UBICACIÓN:		Trinchera de exploración				
		RESPONSABLE:		David González				
		COORDENADAS UTM		X: 689738	Y: 9535859			
		DIMENSIONES:		7m alto * 12m de ancho				
		ELEVACION:		1665				
		DIRECCION:		NW-SE				
		TIPO:		Natural ()	Artificial (X)			
		RELIEVE:		Llano ()	De colinas (X)			
				Bajo ()	Montñoso ()			
		VEGETACIÓN:		Exuberante ()	Escasa (X)			
FOTO NRO:		7.1						
FECHA:		21/07/2022						
PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO								
N° de CAPA	POTENCIA (m)	LITOLOGÍA	GRANULOMETRÍA				ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
			Ar	Lm	Arn	Grv		
1	0.30	Lutita		X			S42E / 43 SW	
2	0.20	Lente de yeso						Alojado en lutita, yeso laminar, limolita
3	0.20	Lutita		X				Con vetillas de yeso
4	0.15	Arenisca			X			Con vetillas de yeso
5	0.20	Lutita		X				Con vetillas de yeso de 2.5cm
6	0.10	Arenisca			X			
7	0.55	Lutita		X				Con vetillas de yeso de (1 a 1.5cm)
8	0.20	arenisca			X			Estratificación cruzada
9	0.10	Lente de yeso						Alojado en lutita, yeso laminar, limolita
10	0.15	Lutita		X				Con vetillas de yeso
11	0.10	Lente de yeso						Alojado en lutita, yeso laminar, limolita
12	0.80	lutita		X				Estratificación cruzada con lutita
13	0.10	Arenisca			X			Color gris, meteorización color marrón, producto de precipitación de yeso
14	----	lutita		X				Intercalación con arenisca, presenta vetillas de yeso de 0.5 a 2cm, yeso laminar.




Anexo 9. Ficha de Afloramiento Ocho

<p align="center">Diseño del Sistema de Explotación Para Yeso del Area Minera “Manuel Salvador Vega”</p>								
<p align="center">Ficha para descripción de afloramientos</p>								
<p>FOTOGRAFÍA</p> 			<p>AFLORAMIENTO N°:</p>		<p align="center">8</p>			
			<p>LUBICACIÓN:</p>		<p align="center">Trinchera de exploración</p>			
			<p>RESPONSABLE:</p>		<p align="center">David González</p>			
			<p>COORDENADAS UTM X:</p>		<p align="center">689725</p>			
			<p>Y:</p>		<p align="center">9535872</p>			
			<p>DIMENSIONES:</p>		<p align="center">5m alto * 15 m ancho</p>			
			<p>ELEVACION:</p>		<p align="center">1648</p>			
			<p>DIRECCION:</p>		<p align="center">NW</p>			
			<p>TIPO:</p>		<p>Natural () Artificial (X)</p>			
			<p>RELIEVE:</p>		<p>Llano () De colinas (X)</p>			
					<p>Baio () Montañoso ()</p>			
			<p>VEGETACIÓN:</p>		<p>Exuberante () Escasa (X)</p>			
			<p>FOTO NRO:</p>		<p align="center">8</p>			
			<p>FECHA:</p>		<p align="center">21-07-2022</p>			
<p align="center">PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO</p>								
N° de CAPA	POTENCIA (m)	LITOLOGÍA	GRANULOMETRÍA				ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
			Ar	Lm	Arn	Grv		
1	0.20	Capa vegetal					<p align="center">N46W /80SW</p>	
2	0.28	Lutita						<p>Estrato de lutita, vetillas de yeso y arenisca en forma de intercalación.</p>
		Vetilla de yeso						
		Lutita						
		Arenisca						
3	0.25	limolita		X				
4	0.26	Vetilla de yeso						<p>Estrato de lutita, arenisca y vetillas de yeso en forma de intercalación.</p>
		Lutita						
		Vetilla de yeso						
		Lutita						
		Vetilla de yeso						
5	0.33	arenisca					<p>Estrato de lutita, vetillas de yeso y arenisca en forma de intercalación.</p>	
		Lutita						
		Yeso laminar						
		Lutita						
		Vetilla de yeso						
		lutita						
		Vetilla de yeso						
6	0.10	Lutita					<p>Estrato de lutita, vetillas de yeso y arenisca en forma de intercalación.</p>	
		Arenisca						
		Limolita						
		Yeso laminar						
		Lutita						
7	0.38	Yeso laminar					<p>Estrato de lutita, vetillas de yeso y arenisca en forma de intercalación.</p>	
		Lutita						
		Vetilla de yeso						
		Lutita						
		Yeso						
		Lutita						




		Yeso					
		arenisca					
		Vetilla de yeso					
8	0.17	lutita	X				Vetilla de yeso de 2cm
9	0.40	Limolita					Estrato de lutita, limolita, vetillas de yeso y arenisca en forma de intercalación.
		Vetilla de yeso					
		Lutita					
		Yeso laminar					
		Vetilla de yeso					
10		Lutita					Estrato de lutita, vetillas de yeso y arenisca en forma de intercalación.
		Vetilla de yeso					
		Lutita					
		Vetilla de yeso					
11	0.25	limolita	X				Vetilla de yeso laminar y vetilla de yeso de 5cm
12	0.40	lutita	X				Vetilla de yeso laminar y vetilla de yeso de 2cm
13	0.46	Lutita	X				Presencia de vetillas de yeso de 1 a 2cm
14	0.25	lutita	X				Intercalación con yeso laminar
15	0.14	Veta de yeso					
16	0.13	lutita	X				Intercalación con yeso laminar y vetillas de yeso de 3cm.
17	0.40	arenisca			X		Intercalación con vetillas de yeso de 2 a 8cm.
18	1.40	Veta de yeso					Mineralización principal de yeso, la veta se encuentra en una matriz de lutita.
19	0.35	lutita	X				Oxidación color marrón, presencia de vetillas de yeso.
20	0.10	Lente de yeso					
21	0.25	limolita	X				
22	0.2	lutita	X				
23	0.10	Lente de yeso					
24	----	lutita	X				

N46W /80SW




Anexo 10. Ficha de Afloramiento Nueve

Diseño del Sistema de Explotación Para Yeso del Area Minera "Manuel Salvador Vega"								
Ficha para descripción de afloramientos								
FOTOGRAFÍA	AFLORAMIENTO N°:	9						
	UBICACIÓN:	San José de Ceibopamba- Quebrada						
	RESPONSABLE:	David González						
	COORDENADAS UTM	X: 689757	Y: 9535878					
	DIMENSIONES:	1.8m alto * 60m ancho						
	ELEVACION:	1640						
	DIRECCION:	NW-SE						
	TIPO:	Natural (X)	Artificial ()					
	RELIEVE:	Llano ()	De colinas ()					
		Bajo (X)	Montañoso ()					
	VEGETACIÓN:	Exuberante (X)	Escasa ()					
FOTO NRO:	9							
FECHA:	23-07-2022							
PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO								
N° de CAPA	POTENCIA (m)	LITOLOGÍA	GRANULOMETRÍA				ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
			Ar	Lm	Arn	Grv		
1	0.35	Capa Vegetal						Suelo orgánico
2	0.34	Lutita gris		X				Lutita gris con algunas cristalizaciones de yeso.
3	0.17	Arcilla	X					Arcilla con una coloración naranja debido a impurezas
4	0.25	Lutita gris con intercalación de yeso		X			S124E / 18WE	Se aprecia una vetilla de yeso de 3cm intercalada con lutita gris
5	-----	Lutita		X				Se observa contacto entre arenisca de color blanco con lutita gris




Anexo 11. Ficha de Afloramiento Diez

Diseño del Sistema de Explotación Para Yeso del Area Minera "Manuel Salvador Vega"								
Ficha para descripción de afloramientos								
FOTOGRAFÍA		AFLORAMIENTO N°:	10					
		UBICACIÓN:	San José de Ceibopamba-Vía de Acceso					
		RESPONSABLE:	David González					
		COORDENADAS UTM	X: 689778 Y: 9535894					
		DIMENSIONES:	7m alto * 18m ancho					
		ELEVACION:	1647					
		DIRECCION:	SE					
		TIPO:	Natural () Artificial (X)					
		RELIEVE:	Llano () De colinas () Bajo (X) Montañoso ()					
		VEGETACIÓN:	Exuberante () Escasa (X)					
		FOTO NRO:	10					
FECHA:	23-07-2022							
PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO								
N° de CAPA	POTENCIA (m)	LITOLOGÍA	GRANULOMETRÍA				ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
			Ar	Lm	Arn	Grv		
1	0.30	Capa Vegetal						
2	1.35	Lutita gris		X			S73E / 15 NE	Lutita gris con presencia de láminas de yeso.
3	0.25	Arenisca alterada con intercalación de yeso			X			Arenisca de coloración amarillo, con vetilla de yeso de 2cm.
4	-----	Arenisca alterada			X			Arenisca alterada por impurezas




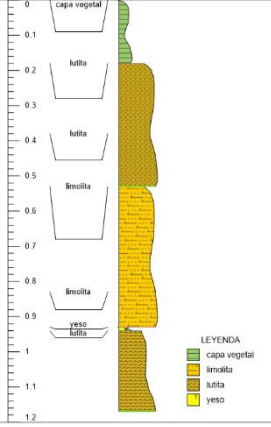
Anexo 12. Ficha de Afloramiento 11

Diseño del Sistema de Explotación Para Yeso del Area Minera "Manuel Salvador Vega"								
Ficha para descripción de afloramientos								
FOTOGRAFÍA		AFLORAMIENTO N°:	11					
	UBICACIÓN:		San José de Ceibopamba- Trinchera de explotación					
	RESPONSABLE:		David González					
	COORDENADAS UTM		X: 689674	Y: 9535929				
	DIMENSIONES:		4m de alto * 30 de ancho					
	ELEVACION:		1700					
	DIRECCION:		SE					
	TIPO:		Natural ()	Artificial (X)				
	RELIEVE:		Llano ()	De colinas (X)				
			Bajo ()	Montañoso ()				
	VEGETACIÓN:		Exuberante (X)	Escasa ()				
FOTO NRO:		11						
FECHA:		24-07-2022						
PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO								
N° de CAPA	POTENCIA (m)	LITOLOGÍA	GRANULOMETRÍA				ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
			Ar	Lm	Arn	Grv		
1	2	Relleno						
2	0.20	Capa vegetal						
3	0.50	arenisca	X				S36E / 23 NE	Arenisca color rojizo, muy meteorizada
4	0.30	lutita		X				Estratificación cruzada con arenisca.
5	0.19	lutita		X				Presencia de vetillas de yeso, con intercalaciones de arenisca.
6	0.23	arenisca	X					Presencia de vetillas de yeso, con intercalaciones de lutita.
7	0.25	lutita		X				Estratificación cruzada con arenisca, presencia de vetillas de yeso
8	0.32	Limolita		X				Presencia de vetillas de yeso
9	0.18	lutita		X				Presencia de yeso laminado.
10	0.14	Lente de yeso						
11	0.16	lutita		X				
12	0.12	Lente de yeso						
13	0.20	lutita		X				Presencia de yeso precipitado tipo clastos.
14	0.08	Lente de yeso						Aloja, yeso lutita y yeso.
15	0.06	Lutita		X				Oxidación marrón producto de la precipitación de yeso.
16	0.08	Lente de yeso						Aloja, yeso lutita y yeso.
17	0.30	lutita		X				Vetillas de yeso y yeso
18	0.25	Lente de yeso						Aloja, yeso lutita y yeso.
19	0.12	lutita		X				Tonalidad gris, alteraciones c


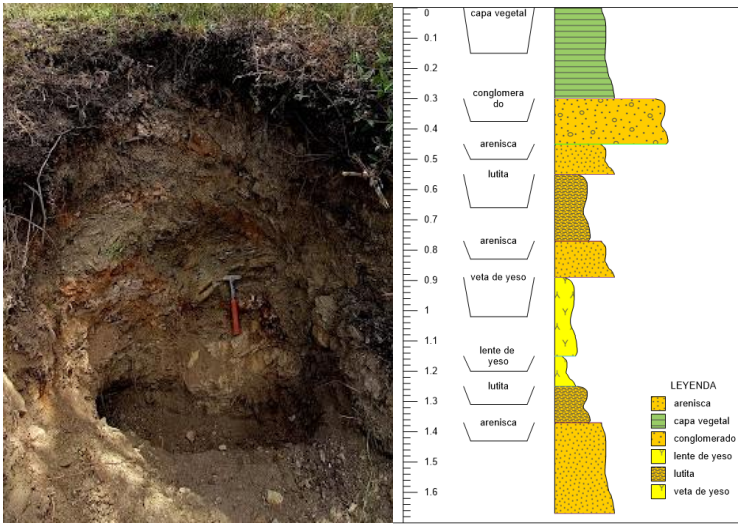
Anexo 13. Ficha de Afloramiento 12

Diseño del Sistema de Explotación Para Yeso del Area Minera "Manuel Salvador Vega"								
Ficha para descripción de afloramientos								
FOTOGRAFÍA	AFLORAMIENTO N°:	12						
	UBICACIÓN:	Parte alta del área minera						
	RESPONSABLE:	David González						
	COORDENADAS UTM	X: 689674	Y: 9535929					
	DIMENSIONES:	4m de alto * 30 de ancho						
	ELEVACION:	1700						
	DIRECCION:	NW						
	TIPO:	Natural ()	Artificial (X)					
	RELIEVE:	Llano ()	De colinas (X)					
		Bajo ()	Montañoso ()					
	VEGETACIÓN:	Exuberante (X)	Escasa ()					
FOTO NRO:	12							
FECHA:	24-07-2022							
PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO								
N° de CAPA	POTENCIA (m)	LITOLOGÍA	GRANULOMETRÍA				ORIENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
			Ar	Lm	Arn	Grv		
1	0.12	Arenisca						Color gris, con vetillas de yeso y alteraciones de yeso rojizas.
2	0.15	Lutita						Presencia de vetillas de yeso de 0.5 cm
3	0.25	arenisca						Presencia de vetillas de yeso, se encuentra muy meteorizada la arenisca.
4	0.07	Lutita						Intercalada con vetillas de yeso.
5	0.40	Arenisca						Presencia de yeso diseminado con vetillas de yeso de algunos mm.
6	0.30	limolita						Intercalada con yeso laminar.


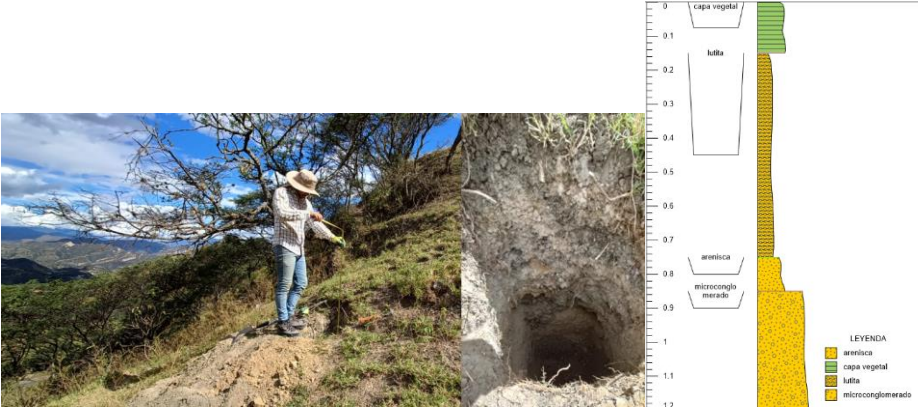
Anexo 14. Ficha para Calicata Uno

Diseño del Sistema de Explotación Para Yeso del Area Minera "Manuel Salvador Vega"					
Ficha Técnica para Calicatas					
Calicata N°:	1	Datum:	WGS-84		
Ubicación:	Area Minera "Manuel Salvador Vega"		Fecha:		
Responsable:	David González				
Coordenadas UTM	X: 689737	Y: 9535981	Z: 1519		
Equipo:	Pala y Barreta				
Dimensiones (m):	Largo:	Ancho:	Profundidad:	1.17m	
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA				CARACTERISTICAS LITOLÓGICAS	
N°	SIMBOLOGÍA	PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA		
1	Capa Vegetal	0.18	M1-Ca1	Capa vegetal	
2	Arenisca	0.20	M2-Ca1	Lutita	
3	Lutita	0.15	M3-Ca1	Lutita	
4	Arenisca	0.30	M4-Ca1	limolita	
5	Lutita	0.10	M5-Ca1	limolita	
6	Yeso	0.01	M6-Ca1	Yeso	
7	lutita	0.24	M7-Ca1	lutita	
REFERENCIA FOTOGRÁFICA					
  <p style="text-align: right;">LEYENDA ■ capa vegetal ■ limolita ■ lutita ■ yeso</p>					



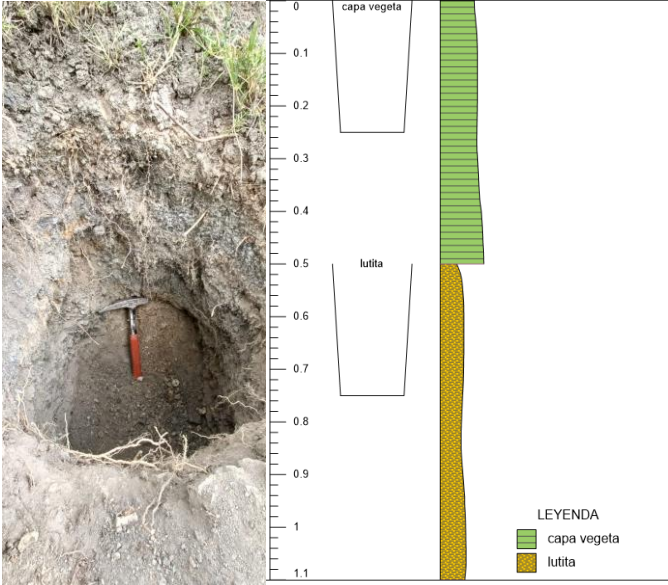
Anexo 15. Ficha para Calicata Dos

Diseño del Sistema de Explotación Para Yeso del Area Minera "Manuel Salvador Vega"					
Ficha Técnica para Calicatas					
Calicata N°:	2		Datum:	WGS-84	
Ubicación:	Area Minera Manuel Salvador Vega			Fecha:	23/07/2022
Responsable:	David González				
Coordenadas UTM	X: 689753	Y: 9536047	Z: 1663		
Equipo:	Pala y Barreta				
Dimensiones (m):	Largo: 0.50m	Ancho: 0.50m	Profundidad:	1.67 m	
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA				CARACTERISTICAS LITOLÓGICAS	
N°	SIMBOLOGÍA	PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA		
1	Capa vegetal	0.30			
2	Conglomerado	0.15	M1-Ca2	Presenta clastos subangulares, de lutita yeso.	
3	Arenisca	0.10	M2-Ca2	Color gris de grano fino con presencia de yeso laminar y oxidación de la arenisca por precipitación de yeso.	
4	Lutita	0.22	M3-Ca2	Presencia de vetillas de yeso de 0.5 a 1.5 cm.	
5	Arenisca	0.12	M4-Ca2	Color gris de grano fino con presencia de yeso laminar y oxidación de la arenisca por precipitación de yeso.	
6	Veta de yeso	0.26	M5-Ca2	Veta de yeso con intercalación de lutita	
7	Lente de yeso	0.10	M6-Ca2	Alojado en limolita, arenisca, lutita y yeso laminar	
8	lutita	0.12	M7-Ca2	Presencia de vetillas de yeso de 1cm	
9	arenisca	0.30	M8-Ca2	Coloración gris a morado, con presencia de yeso.	
REFERENCIA FOTOGRÁFICA					
					


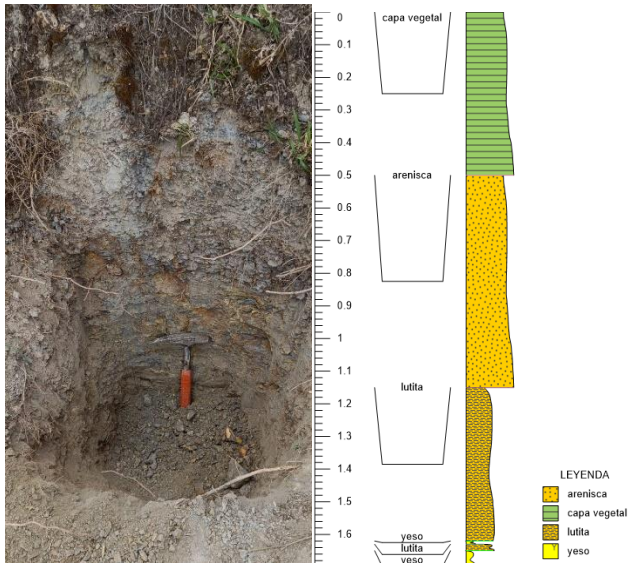
Anexo 16. Ficha para Calicata Tres

Diseño del Sistema de Explotación Para Yeso del Area Minera "Manuel Salvador Vega"					
Ficha Técnica para Calicatas					
Calicata N°:	3		Datum:	WGS-84	
Ubicación:	Area Minera Manuel Salvador Vega			Fecha:	23/07/2022
Responsable:	David González				
Coordenadas UTM	X: 689792	Y: 9535987	Z: 1662		
Equipo:	Pala y Barreta				
Dimensiones (m):	Largo: 0.60 m	Ancho: 0.60m	Profundidad:	1.15 m	
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA				CARACTERISTICAS LITOLÓGICAS	
N°	SIMBOLOGÍA	PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA		
1	Capa vegetal	0.15			
2	Arcilla	0.60	M1-Ca3		
3	Arenisca	0.10	M2-Ca3		
4	Microconglomerado	0.34	M3-Ca3		
REFERENCIA FOTOGRÁFICA					
					



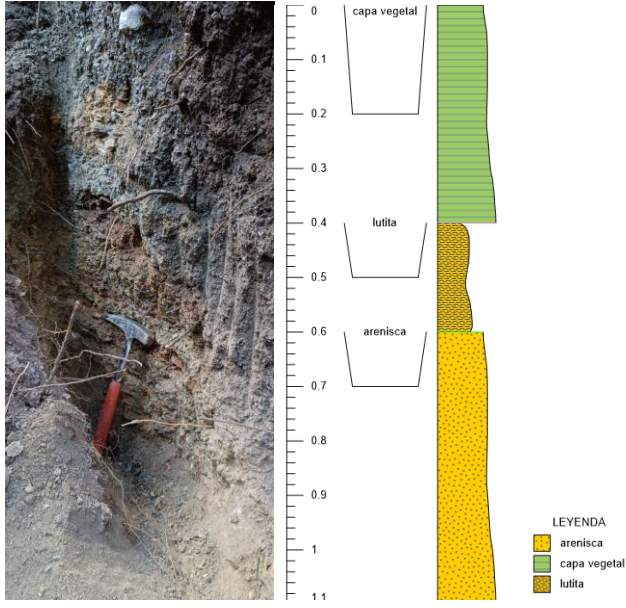
Anexo 17. Ficha para Calicata Cuatro

Diseño del Sistema de Explotación Para Yeso del Area Minera "Manuel Salvador Vega"							
Ficha Técnica para Calicatas							
Calicata N°:		4		Datum:		WGS-84	
Ubicación:				Area Minera Manuel Salvador Vega		Fecha: 23/07/2022	
Responsable:				David González			
Coordenadas UTM		X: 689753		Y: 9536047		Z: 1663	
Equipo:				Pala y Barreta			
Dimensiones (m):		Largo: 0.70m		Ancho: 0.70m		Profundidad: 1.10 m	
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA				CARACTERISTICAS LITOLÓGICAS			
N°	SIMBOLOGÍA	PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA				
1	Capa vegetal	0.30					
2	Lutita	0.15	M1-Ca4	Coloración gris.			
REFERENCIA FOTOGRÁFICA							
							

Anexo 18. Ficha para Calicata Cinco

Diseño del Sistema de Explotación Para Yeso del Area Minera "Manuel Salvador Vega"					
Ficha Técnica para Calicatas					
Calicata N°:	5		Datum:	WGS-84	
Ubicación:	Area Minera Manuel Salvador Vega			Fecha:	24/07/2022
Responsable:	David González				
Coordenadas UTM	X: 689753	Y: 9536047	Z: 1663		
Equipo:	Pala y Barreta				
Dimensiones (m):	Largo: 0.50m	Ancho: 0.50m	Profundidad:	1.60 m	
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA				CARACTERISTICAS LITOLÓGICAS	
N°	SIMBOLOGÍA	PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA		
1	Capa vegetal	0.5			
2	Arenisca	0.65	M1-Ca5	Arenisca de grano fino, color gris a blanco.	
3	Lutitas	0.47	M1-Ca5	Intercalación con arenisca y limolita.	
4	Yeso	0.01	M1-Ca5	Vetilla de yeso.	
5	Lutita	0.2	M1-Ca5	Oxidaciones color marrón.	
6	yeso	0.01	M1-Ca5	Vetilla de yeso.	
REFERENCIA FOTOGRÁFICA					
					



Anexo 19. Ficha para Calicata Seis

Diseño del Sistema de Explotación Para Yeso del Area Minera "Manuel Salvador Vega"							
Ficha Técnica para Calicatas							
Calicata N°:		6		Datum:		WGS-84	
Ubicación:				Area Minera Manuel Salvador Vega		Fecha: 24/07/2022	
Responsable:				David González			
Coordenadas UTM		X: 689793		Y: 9535980		Z: 1658	
Equipo:				Pala y Barreta			
Dimensiones (m):		Largo: 0.50m		Ancho: 0.50m		Profundidad: 1.20 m	
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA				CARACTERISTICAS LITOLÓGICAS			
N°	SIMBOLOGÍA	PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA				
1	Capa vegetal	0.40					
2	Lutita	0.80	M1-Ca6	Lutita de color gris.			
REFERENCIA FOTOGRÁFICA							
							

Anexo 20. Base de Datos de Afloramientos y calicatas del área minera “Manuel Salvador Vega”

HOLE ID	from	to	LITOLOGIA	INDENT PERCENTAGE	INDENT KEYWORD	INDENT LINE SCALE	ESTRUCTURAS
CI	0	0,2	capa vegetal	10	RECTO	10	
CI	0,2	0,6	lutita	10	JAG	10	
CI	0,6	0,68	arenisca	20	JAG	10	vetillas de yeso
CI	0,68	0,93	lutita	10	JAG	10	
CI	0,93	1,01	arenisca	20	JAG	10	vetillas de yeso
CI	1,01	1,16	limolita	10	JAG	10	
CI	1,16	1,34	lutita	10	JAG	10	yeso precipitado
CI	1,34	2,14	lutita	10	JAG	10	estratificacion cruzada
CI	2,14	2,29	yeso	1	RECTO	10	lente de yeso
CI	2,29	2,89	lutita	10	JAG	10	vetillas de yeso
CI	2,89	3,09	yeso	1	RECTO	10	lente de yeso
CI	3,09	3,39	lutita	10	JAG	10	
CI	3,39	3,56	arenisca	20	JAG	10	vetillas de yeso
CI	3,56	4,06	lutita	10	JAG	10	vetillas de yeso
CI	4,06	4,14	arenisca	20	JAG	10	
CI	4,14	4,24	lutita	10	JAG	10	
CI	4,24	4,265	yeso	1	RECTO	10	
CI	4,265	4,375	lutita	10	JAG	10	vetillas de yeso
CI	4,375	4,565	yeso	1	RECTO	10	lente de yeso
CI	4,565	4,685	lutita	10	JAG	10	vetillas de yeso
CI	4,685	4,885	arenisca	20	JAG	10	vetillas de yeso
CI	4,885	4,895	yeso	1	RECTO	10	
CI	4,895	5,195	yeso	1	RECTO	10	lente de yeso
CI	5,195	5,225	yeso	1	RECTO	10	vetilla de yeso
CI	5,225	5,475	lutita	10	JAG	10	
CI	5,475	5,595	yeso	1	RECTO	10	lente de yeso
CI	5,595	6,995	lutita	10	JAG	10	vetillas de yeso
CI	6,995	7,045	yeso	1	RECTO	10	veta de yeso
CI	7,045	7,345	lutita	10	JAG	10	
CI	7,345	7,545	yeso	1	RECTO	10	lente de yeso
CI	7,545	7,745	lutita	10	JAG	10	vetillas de yeso
CI	7,745	7,895	arenisca	20	JAG	10	
CI	7,895	8,095	lutita	10	JAG	10	vetillas de yeso
CI	8,095	8,195	arenisca	20	JAG	10	
CI	8,195	8,745	lutita	10	JAG	10	vetillas de yeso
CI	8,745	8,945	arenisca	20	JAG	10	caolin
CI	8,945	9,045	yeso	1	RECTO	10	lente de yeso
CI	9,045	9,195	lutita	10	JAG	10	vetillas de yeso
CI	9,195	9,395	yeso	1	RECTO	10	lente de yeso
CI	9,395	9,595	lutita	10	JAG	10	vetillas de yeso
CI	9,595	10,395	lutita	10	JAG	10	estratificacion cruzada
CI	10,395	10,595	arenisca	20	JAG	10	precipitacion de yeso
CI	10,595	11,295	lutita	10	JAG	10	vetillas de yeso

Anexo 21. Encuesta para descripción de actividades del área minería.

 <p>Universidad Nacional de Loja Facultad de Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial</p> 
Diseño de sistema de explotación para Yeso del Area Minera “Manuel Salvador Vega” código 690344 ubicado en la parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja.
<p>INFORMACION GENERAL:</p> <p>Responsable del área: _____</p> <p>Nombre del entrevistado: _____</p> <p>Cargo: _____</p>
<p>DESCRIPCION DE LABORES MINERAS DE EXPLOTACIÓN:</p> <p>¿Cuál es el sistema de explotación actual con el que se realiza la explotación de yeso? _____</p> <p>¿Cómo se desarrollan las actividades mineras para explotación de yeso? _____</p> <p>¿Qué uso se le da al mineral explotado? _____</p> <p>¿Se realiza algún proceso extra posterior a la extracción de minera? ¿Cuál y por qué? _____</p> <p>¿Existe demanda de mineral? ¿Cuál y con que fines? _____</p> <p>¿Cuál es la producción actual de mineral y en base a que se la realiza? _____</p> <p>¿Cuenta con maquinara propia o de alquiler? _____</p> <p>¿El mineral lo almacena, o su venta es directa? _____</p> <p>¿Actualmente la explotación de yeso le resulta rentable, o cree que un cambio en la producción y expansión del permiso actual seria de mayor beneficio? _____</p> <p>De acuerdo a su conocimiento, ¿cree necesario el diseño de un sistema de explotación para su área? _____</p>

Anexo 22. Ficha de Descripción de Actividades para la Etapa de Exploración

FICHA DESCRIPCION DE ACTIVIDADES MINERAS							
Ubicación	San José de Ceibopamba			Codificación	"MSV"-001	Fecha	24-07-2022
Area Minera	"Manuel Salvador Vega"				Titular Minero	Sr. Manuel Salvador Vega	
Coordenadas UTM-DATUM WGS-84				Tipo de Mineral Explotado:			
X	Y	Z	Explotación de Yeso				
689745	9536062	1682					
Actividad Minera Actual				Tipo de Explotación Minera			
Prospección			Cielo Abierto	X	Subterránea		
Exploración		X	Tipo de Minería				
Explotación			Artesanal	X	Gran Minería		
Beneficio			Pequeña		Aluvial		
Fundición			Mediana		No Definido		
Refinación			Sistema de Explotación de Explotación Minera				
Comercialización			Canteras		Bancos		
Labores Mineras			Terrazas		Cortas		
Bermas			Descubiertas		No Definido	X	
Bancos			Infraestructura				
Rampas			Polvorín		Escombrera		X
Otro	Trinchera		Campamento	X	Vías de Acceso		X
Materiales			Equipos				
Pala	X	Barreta	X	Retroexcavadoras	X	Carretillas	X
Explosivos		Otro		Volquetes		Gallinetas	
				Cargadores		Otro	Camión-Mula
Descripción							
Se emplean equipos pequeños como: carretillas, barrenas, retroexcavadora, explosivos y accesorios de voladura como es la mecha lenta, dinamita y anfo (nitrato de amonio), que sirve para la voladura del mineral.							

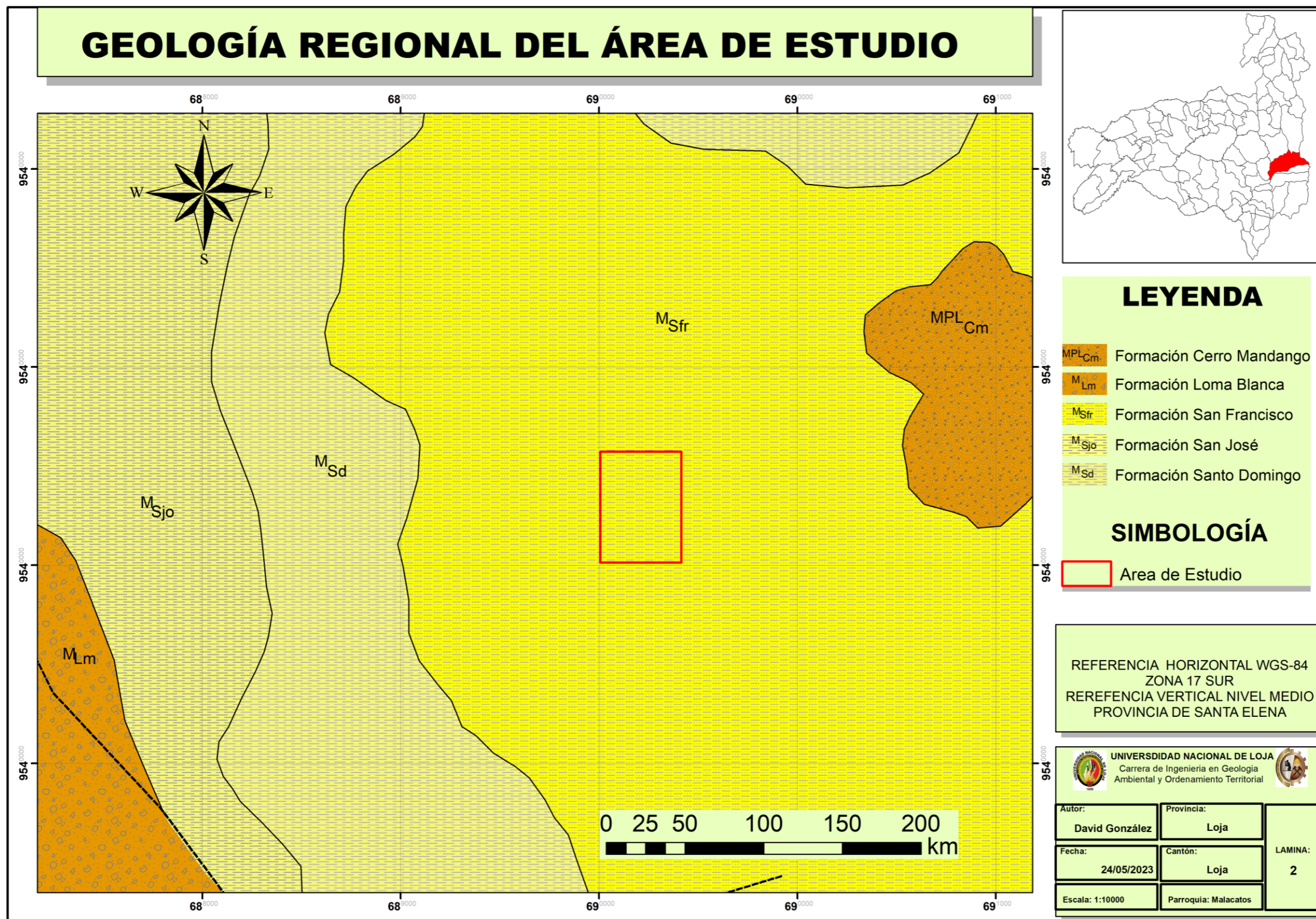
Anexo 23. Ficha de Descripción de Actividades para la Etapa de Explotación

FICHA DESCRIPCION DE ACTIVIDADES MINERAS							
Ubicación	San José de Ceibopamba			Codificación	"MSV"-001	Fecha	24-07-2022
Area Minera	"Manuel Salvador Vega"				Titular Minero	Sr. Manuel Salvador Vega	
Coordenadas UTM-DATUM WGS-84				Tipo de Mineral Explotado:			
X	Y	Z	Explotación de Yeso				
689745	9536062	1682					
Actividad Minera Actual				Tipo de Explotación Minera			
Prospección			Cielo Abierto	X	Subterránea		
Exploración			Tipo de Minería				
Explotación		X	Artesanal	X	Gran Minería		
Beneficio			Pequeña		Aluvial		
Fundición			Mediana		No Definido		
Refinación			Sistema de Explotación de Explotación Minera				
Comercialización			Canteras		Bancos		
Labores Mineras			Terrazas		Cortas		
Bermas			Descubiertas		No Definido	X	
Bancos			Infraestructura				
Rampas			Polvorín		Escombrera		X
Otro	Trinchera		Campamento	X	Vías de Acceso		X
Materiales				Equipos			
Pala	X	Barreta	X	Retroexcavadoras	X	Carretillas	X
Explosivos		Otro		Volquetes		Gallinetas	
				Cargadores		Otro	Camion-Mula
Descripción							
Se emplean equipos pequeños como: carretillas, barrenas, retroexcavadora, explosivos y accesorios de voladura como es la mecha lenta, dinamita y anfo (nitrato de amonio), que sirve para la voladura del mineral.							

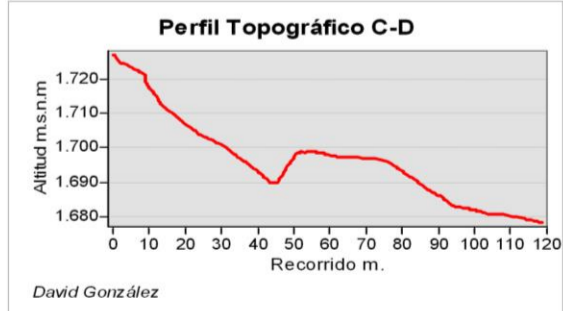
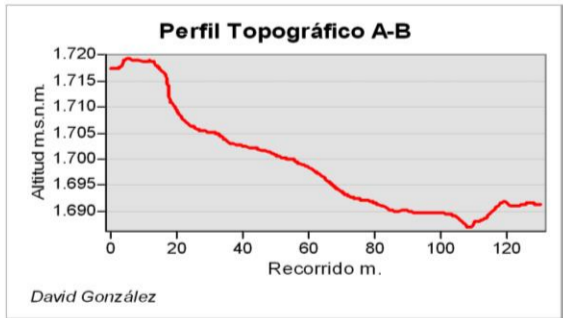
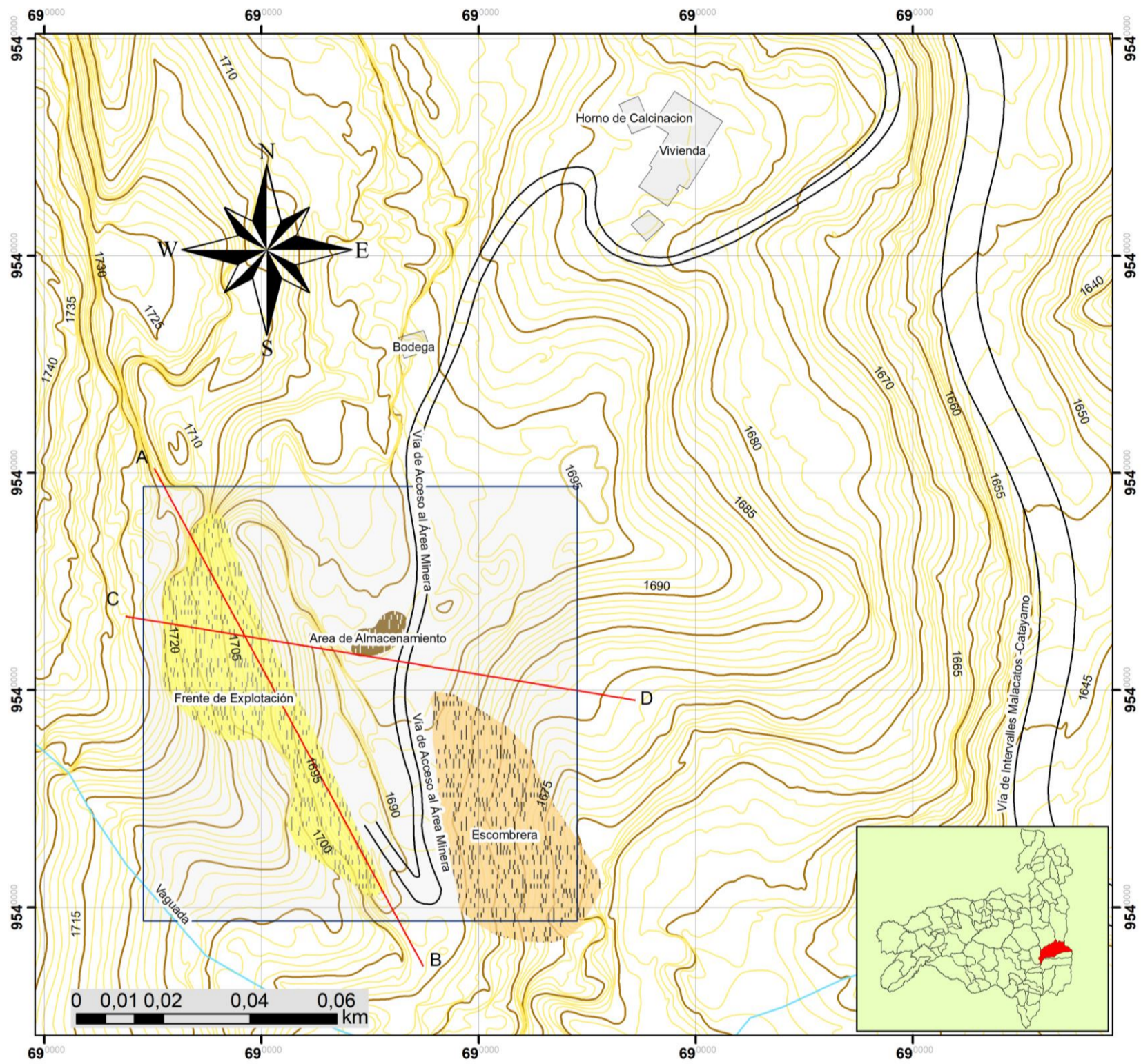
Anexo 24. Ficha de Descripción de Actividades para la Etapa de Fundición (Calcinación)

FICHA DESCRIPCION DE ACTIVIDADES MINERAS							
Ubicación	San José de Ceibopamba			Codificación	"MSV"-001	Fecha	24-07-2022
Area Minera	"Manuel Salvador Vega"				Titular Minero	Sr. Manuel Salvador Vega	
Coordenadas UTM-DATUM WGS-84				Tipo de Mineral Explotado:			
X	Y	Z	Explotación de Yeso				
689745	9536062	1682					
Actividad Minera Actual				Tipo de Explotación Minera			
Prospección			Cielo Abierto	X	Subterránea		
Exploración			Tipo de Minería				
Explotación			Artisanal	X	Gran Minería		
Beneficio			Pequeña		Aluvial		
Fundición		X	Mediana		No Definido		
Refinación			Sistema de Explotación de Explotación Minera				
Comercialización			Canteras		Bancos		
Labores Mineras			Terrazas		Cortas		
Bermas			Descubiertas		No Definido	X	
Bancos			Infraestructura				
Rampas			Polvorín		Escombrera		X
Otro	Trinchera		Campamento	X	Vías de Acceso		
Materiales			Equipos				
Pala	X	Barreta	X	Retroexcavadoras	X	Carretillas	
Explosivos		Otro		Volquetes		Gallinetas	
				Cargadores		Otro	Camion-Mula
Descripción							
<p>Para la calcinación del mineral en un peso de 500 quintales, extraído en 15 días de labores se da en un lapso de 1 semana y cada 8 horas se calcinan unos 53 quintales de mineral, a una temperatura de 106° haciendo uso de leña, y cilindros de gas licuado.</p>							

Anexo 25. Mapa de la geología regional para el área de estudio.



TOPOGRÁFIA DEL ÁREA MINERA DE YESO "MANUEL SALVADOR VEGA" CÓDIGO 690344

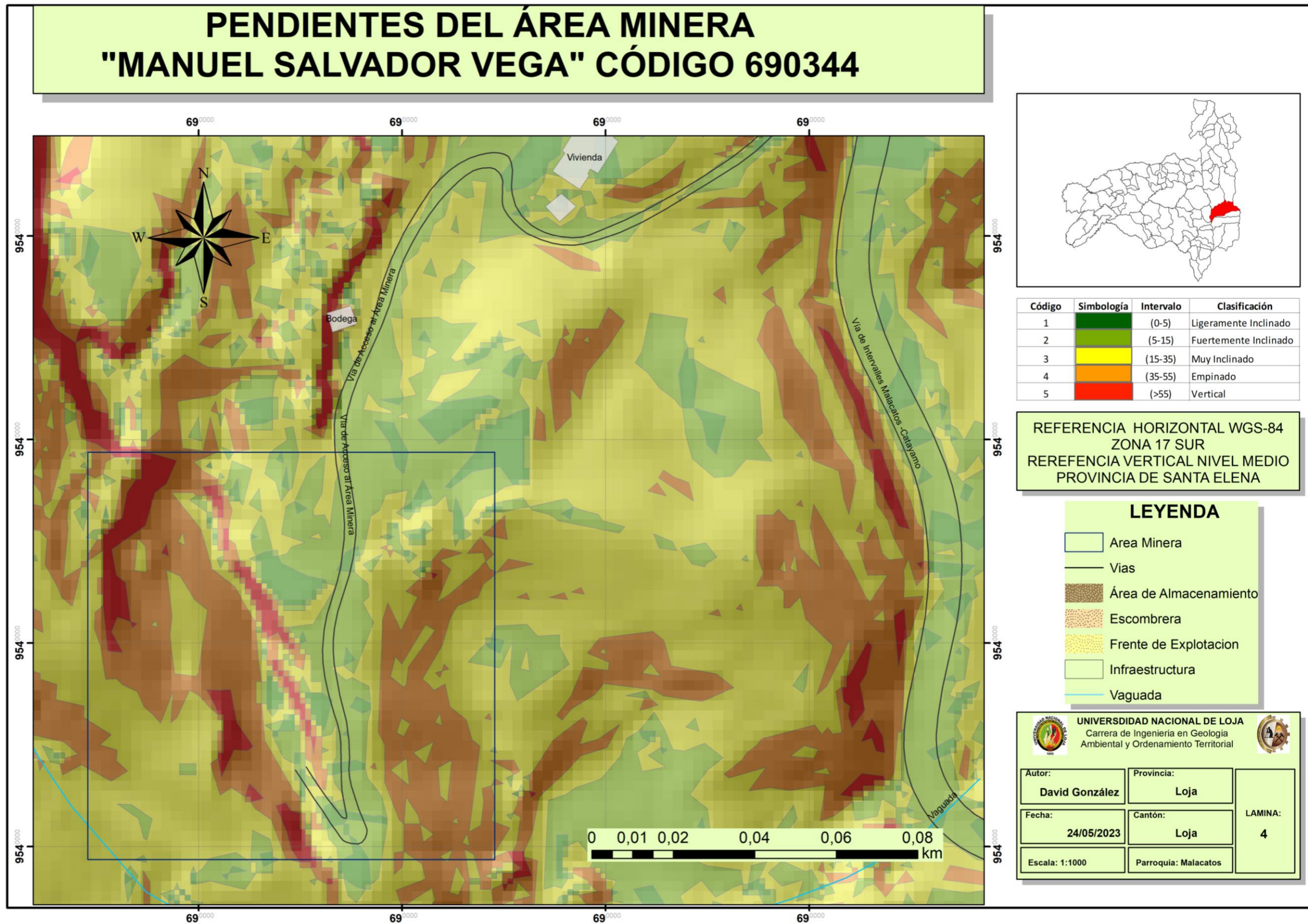


- ### LEYENDA
- Área Minera
 - Vías
 - Área de Almacenamiento
 - Escombrera
 - Frente de Explotación
 - Infraestructura
 - Vaguada
 - Curvas Secundarias
 - Curvas Principales

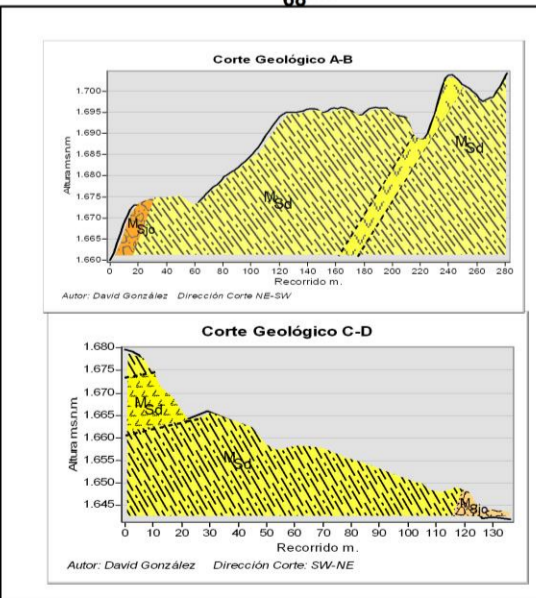
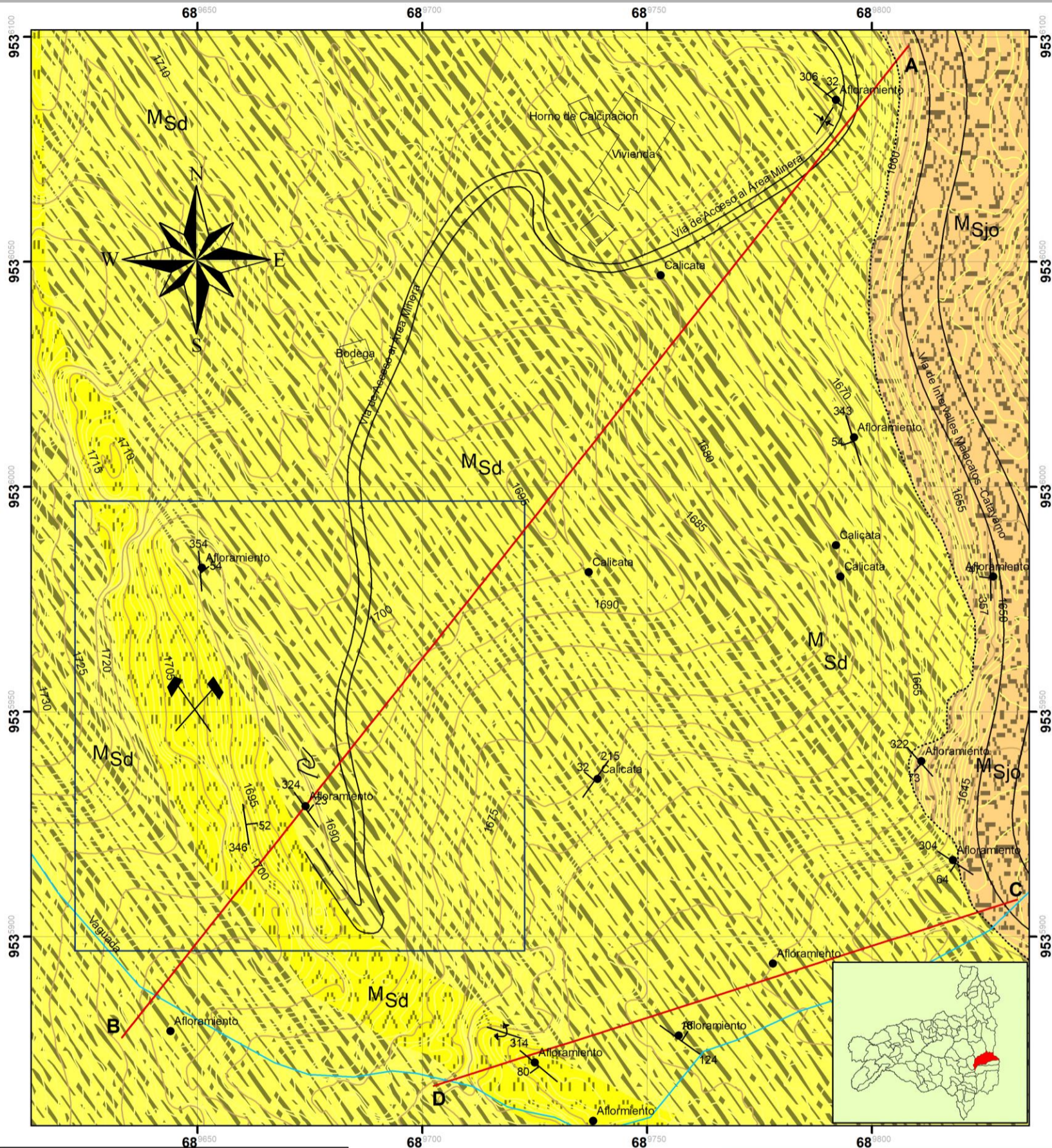
Gráficos
Gráfico 1: Perfil Topográfico A-B paralelo al frente de explotación
Gráfico 2: Perfil Topográfico C-D perpendicular al frente de explotación

REFERENCIA HORIZONTAL WGS-84
ZONA 17 SUR
REREFERENCIA VERTICAL NIVEL MEDIO
PROVINCIA DE SANTA ELENA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial		LAMINA: 3
Autor: David González	Provincia: Loja	
Fecha: 24/05/2023	Cantón: Loja	
Escala: 1:1000	Parroquia: Malacatos	



GEOLOGÍA DEL ÁREA MINERA "MANUEL SALVADOR VEGA"



LEYENDA

MsD	Lutita, arenisca, limolita, vetillas de yeso, arcillolita	Formación Santo Domingo
MsD	Lutita, Arenisca, Limolita, Vetas de Yeso	
MsSj	Arenisca, limolita, conglomerado	Formación Santo José

SIMBOLOGÍA

●	Afloramientos y Calicatas	□	Infraestructura
■	Área Minera	—	Vías
—	Vaguada	—	Curvas de Nivel
.....	Contacto Inferido		

GRÁFICOS

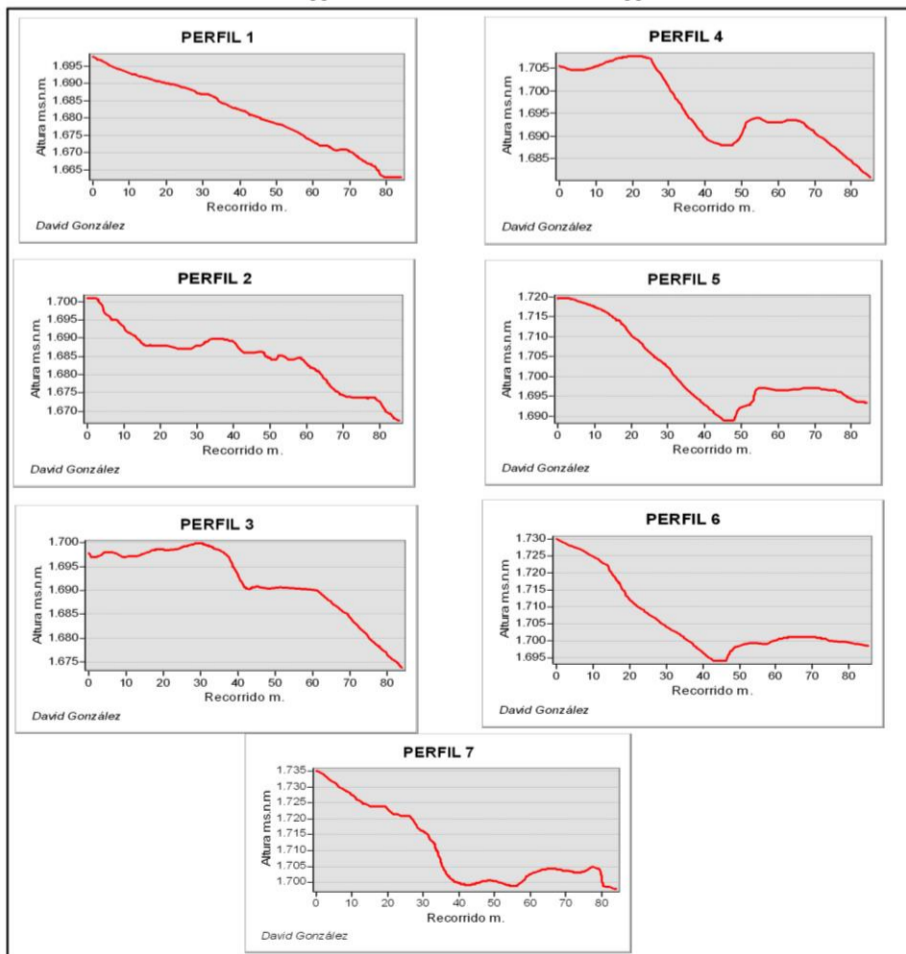
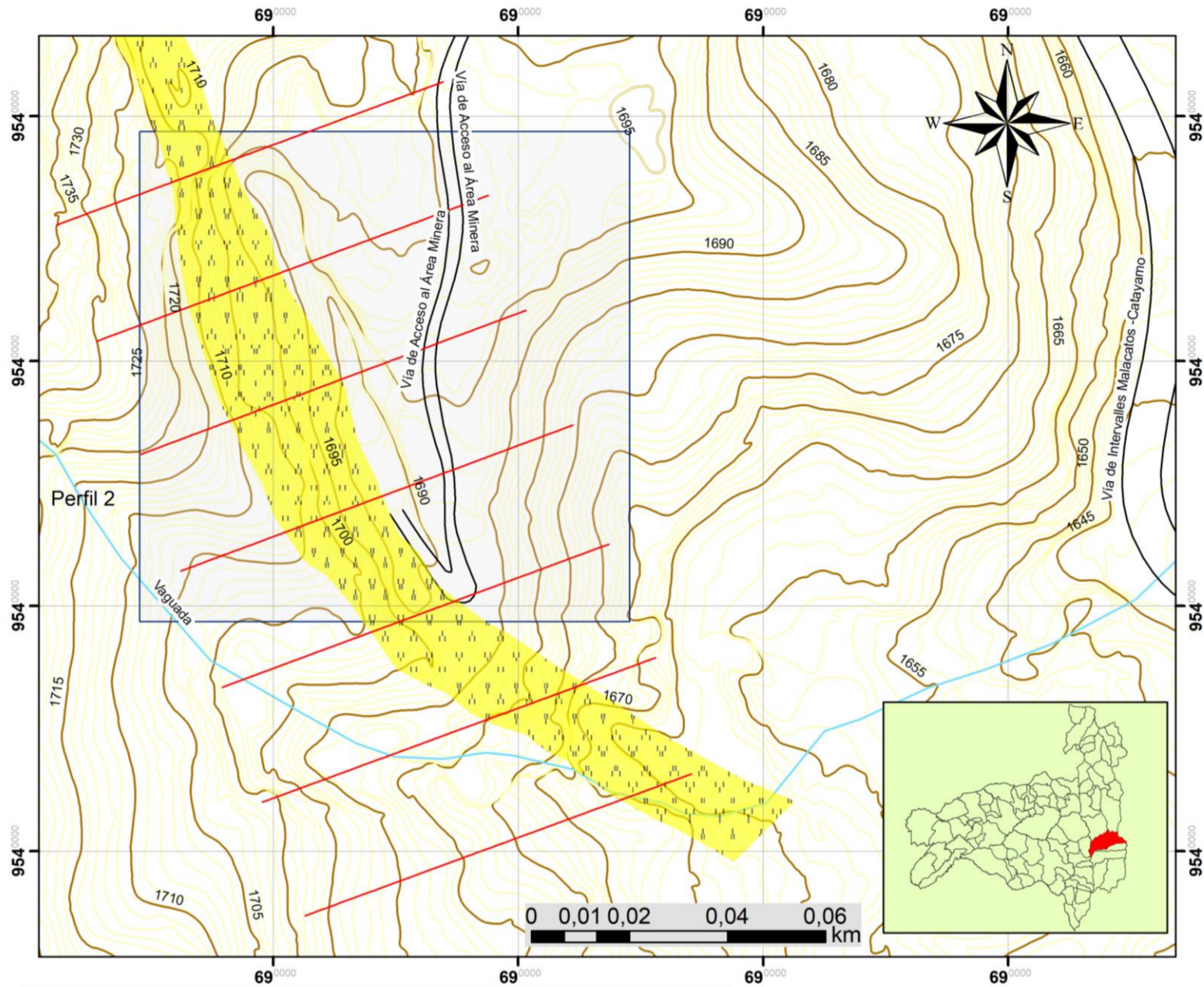
—	Corte Geológico A-B
—	Corte Geológico C-D

REFERENCIA HORIZONTAL WGS-84
ZONA 17 SUR
REREFENCIA VERTICAL NIVEL MEDIO
PROVINCIA DE SANTA ELENA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
Carrera de Ingeniería en Geología
Ambiental y Ordenamiento Territorial

Autor: David González	Provincia: Loja	LAMINA: 4
Fecha: 24/05/2023	Cantón: Loja	
Escala: 1:1000	Parroquia: Malacatos	

PERFILES PARA RESERVAS DEL ÁREA MINERA DE YESO "MANUEL SALVADOR VEGA" CÓDIGO 690344



LEYENDA

- Area Minera
- Vías
- Vaguada
- Perfiles Reservas
- Curvas Principales
- ^ ^ ^ Yeso

REFERENCIA HORIZONTAL WGS-84
ZONA 17 SUR
REREFERENCIA VERTICAL NIVEL MEDIO
PROVINCIA DE SANTA ELENA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
Carrera de Ingeniería en Geología
Ambiental y Ordenamiento Territorial

Autor: David González	Provincia: Loja	LAMINA: 3
Fecha: 24/05/2023	Cantón: Loja	
Escala: 1:1000	Parroquia: Malacatos	

Anexo 30. Resultados de Ensayo de Fluorescencia de Rayos X (FRX) para Yeso del Area Minera “Manuel Salvador Vega”



UTPL
UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA, MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE BENEFICIO DE MINERALES
SALA DE GEOQUÍMICA ANALÍTICA**

Asunto: Informe de Fluorescencia de Rayos X

Método: Mining Light Elements (MLE)

Solicitante: David Francisco González Zumba

Fecha de entrega: 13 de julio de 2022

En la siguiente tabla se presentan los valores de composición química, obtenidos mediante Fluorescencia de Rayos X (FRX) realizado por Ing. Carlos Roberto Correa Jaramillo de las muestras correspondientes al **Exp. No. 027-2022**, empleando el equipo Bruker S1 Turbo SD.

MUESTRA	Al ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	S (%)	P ₂ O ₅ (%)	CaO (%)
1	7.0	6.6	29.8	2.3	52.5

Estos resultados corresponden a la composición química de la muestra expresada en elementos mayoritarios (>1%), minoritarios (<1 a 0,1%) y trazas (ppm).

ND: No detectó.

Observaciones: El Na₂O y Carbono no es analizado por FRX, pero la muestra los puede contener.

Universidad Técnica Particular de Loja (U.T.P.L) y Laboratorio de Beneficio de Minerales se deslindan de toda responsabilidad civil, laboral y penal, derivado del protocolo de muestreo de las alcuotas ingresadas al laboratorio que puedan alterar los resultados del análisis, puesto que en este caso no fueron tomadas por un representante de la U.T.P.L.

Ing. Carlos Roberto Correa J.
Responsable de la Laboratorio de Geoquímica Analítica del
Laboratorio de Beneficio de Minerales



San Cayetano Alto s/n
Loja - Ecuador
Tel.: (593 - 7) 3701444
Fax: (593 - 7) 2584893
informacion@utpl.edu.ec

Anexo 31. Resultados de Ensayo de Difracción de Rayos X (DRX) para Yeso del Area Minera “Manuel Salvador Vega”



Universidad Técnica Particular de Loja
Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento de Geociencias
Análisis Mineralógico por Difracción de Rayos X
Cliente: David González
Fecha: 12-07-2022

INFORME DE DRX

A continuación, se presente el informe sobre el análisis mineralógico de Difracción de Rayos X de la muestra: David González, expediente 026-2022, empleando el Difractómetro D8 ADVANCE, y los programa para la determinación cualitativa y semicuantitativa DIFFRAC.EVA y TOPAS.

Muestra	Fases Minerales	Semicuantificación (%)
1	Yeso	100

La muestra puede contener trazas de Wavelita ($Al_3(PO_4)_2(OH,F)_3$), que no se pudo semicuantificar. Este análisis mineralógico semicuantitativo refleja la composición de la parte cristalina de la muestra. La misma puede contener fases amorfas. El laboratorio no se hace responsable por el muestreo previo al análisis.

M.Sc. en Geoquímica John Manrique
ANALISTA de DRX

P. D.: Se adjunta difractograma

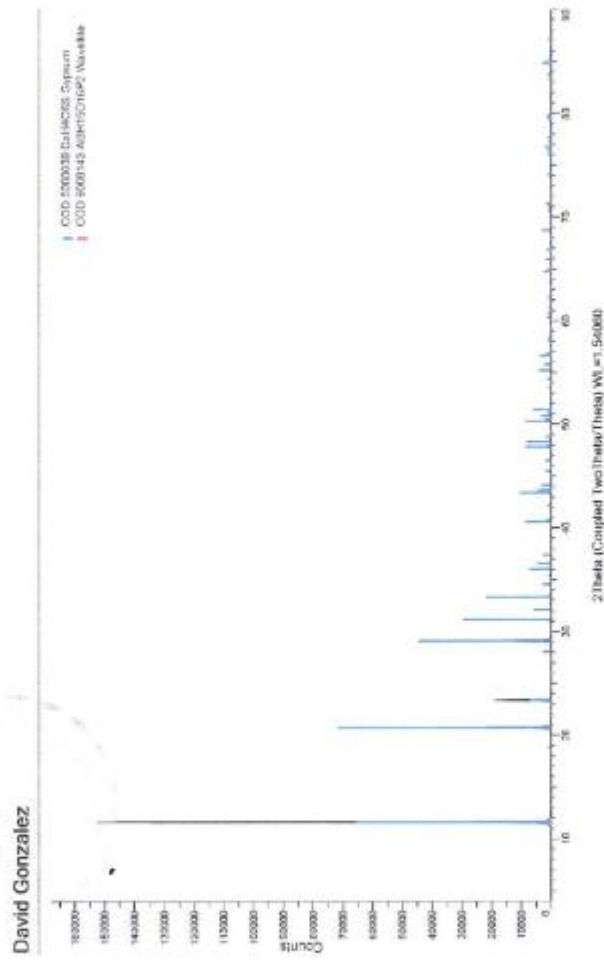


San Cayetano Alto s/n
Loja-Ecuador
Telf.: (593-7) 370 1444
informacion@utpl.edu.ec
Apartado Postal: 11-01-608
www.utpl.edu.ec

Anexo 32. Difractograma de Ensayo de Difracción de Rayos X (DRX) para Yeso del Area Minera “Manuel Salvador Vega”

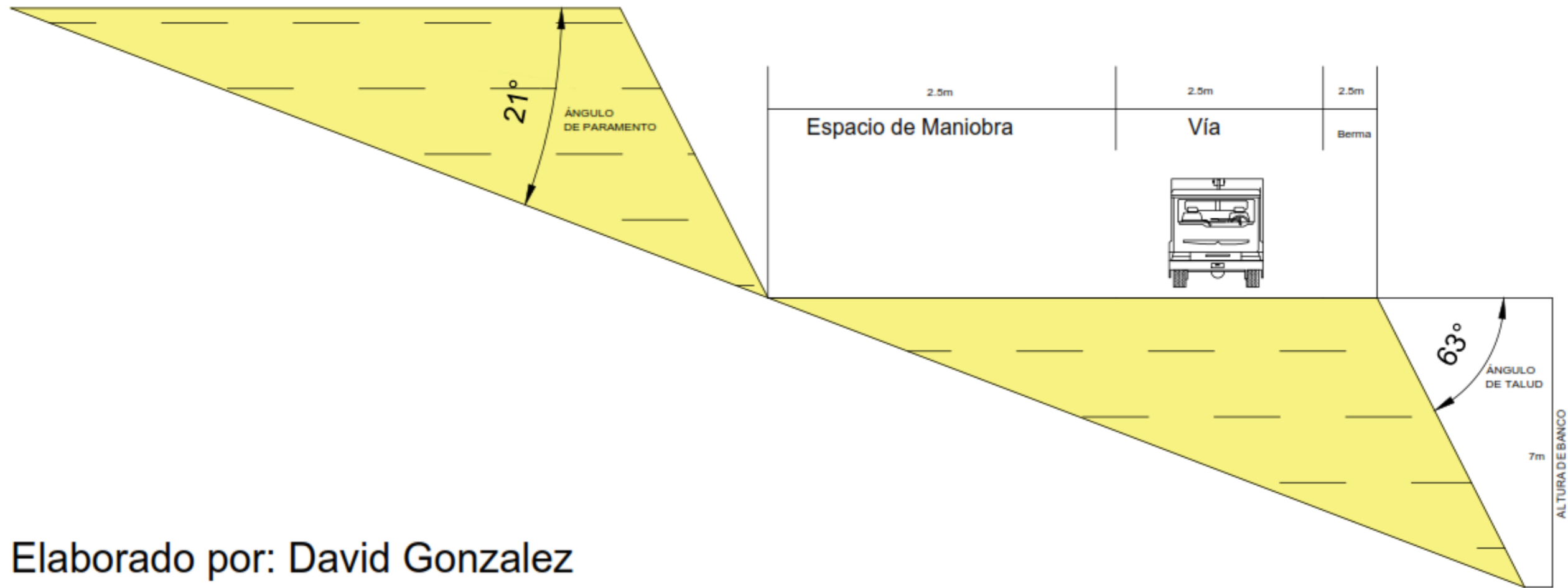


ANEXO 1. DIFRACTOGRAMA DE LA MUESTRA



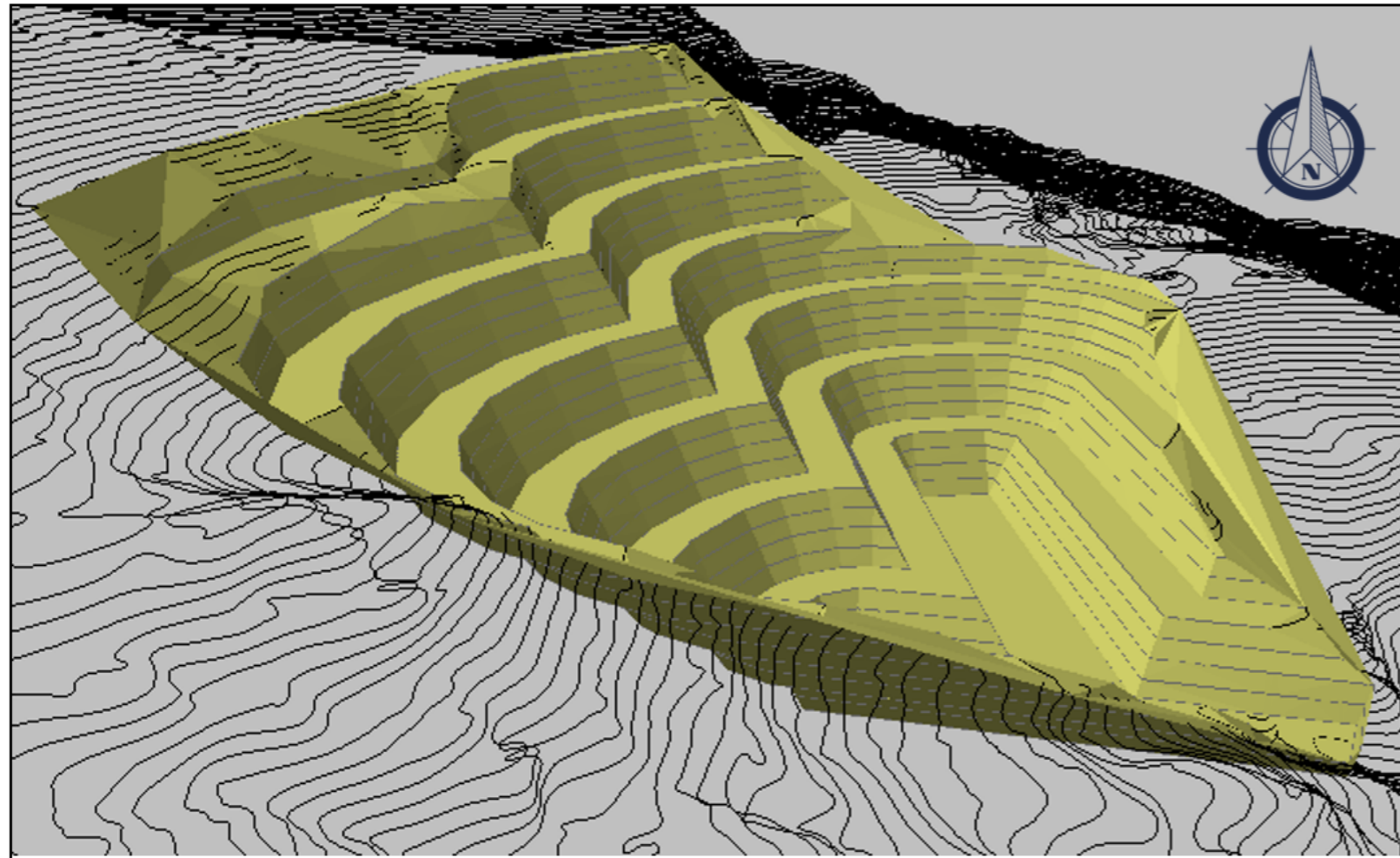
San Cayetano Alto s/n
Loja-Ecuador
Telf.: (093-7) 370 1444
informacion@utpl.edu.ec
Apartado Postal: 11-01-508
www.utpl.edu.ec

Plataforma de trabajo para diseño de sistema de explotación para Yeso del área minera "Manuel Salvador Vega"



Elaborado por: David Gonzalez

IMPLANTACIÓN DEL DISEÑO SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA YESO DEL ÁREA MINERA “MANUEL SALVADOR VEGA” CÓDIGO 690344, UBICADA EN EL PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA



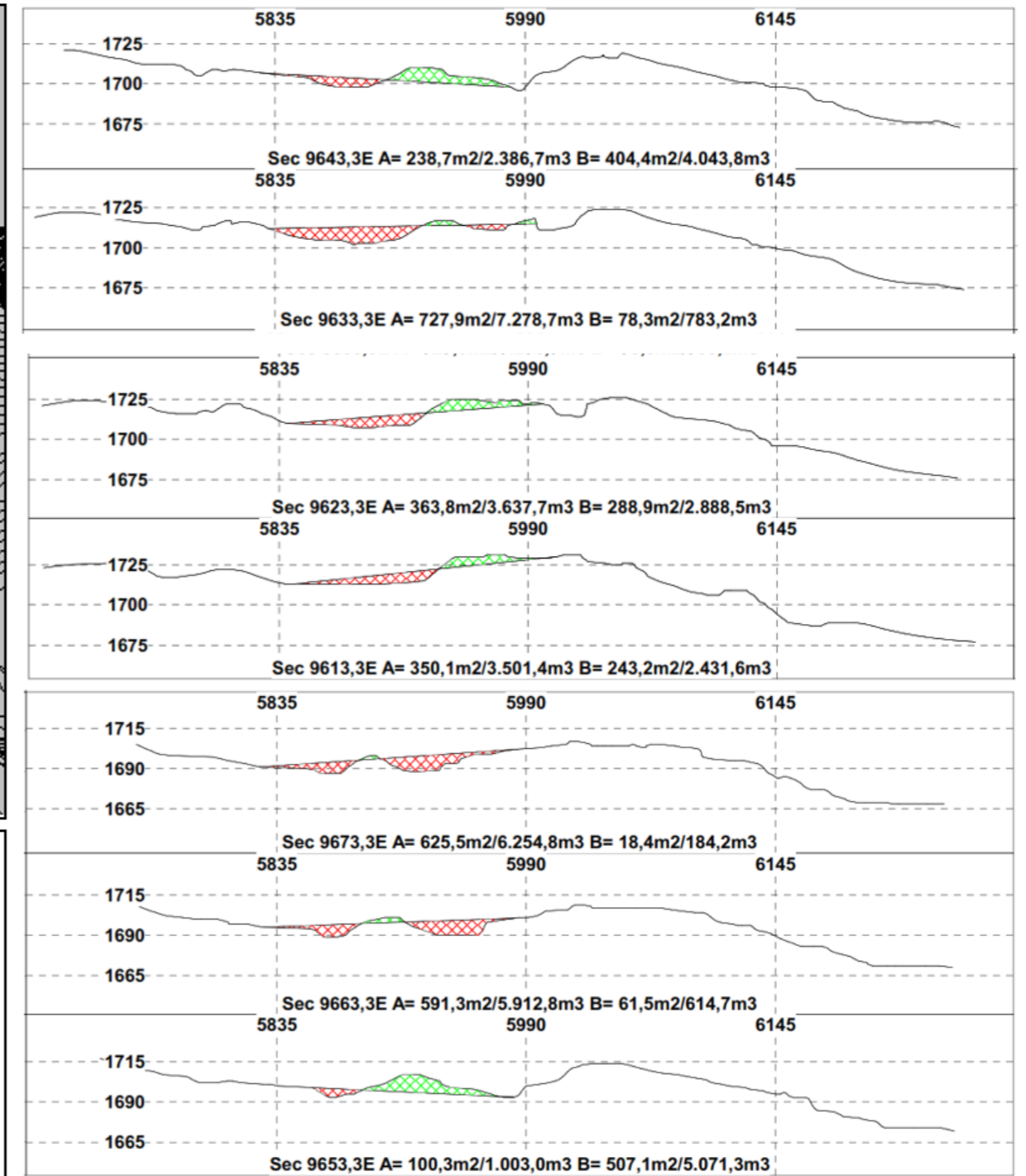
Perfiles	Volúmenes a Extraer del Yeso y Estéril	
	Material a Extraer	
	Area (m ²)	Volumen (m ³)
Perfil 1	643.1	6430.5
Perfil 2	803.2	1511.1
Perfil 3	652.7	3252.3
Perfil 4	593.3	5933
Perfil 5	643.9	809.7
Perfil 6	652.8	6527.5
Perfil 7	607.4	6074
Total	4596.4 m²	30538.1

LEYENDA

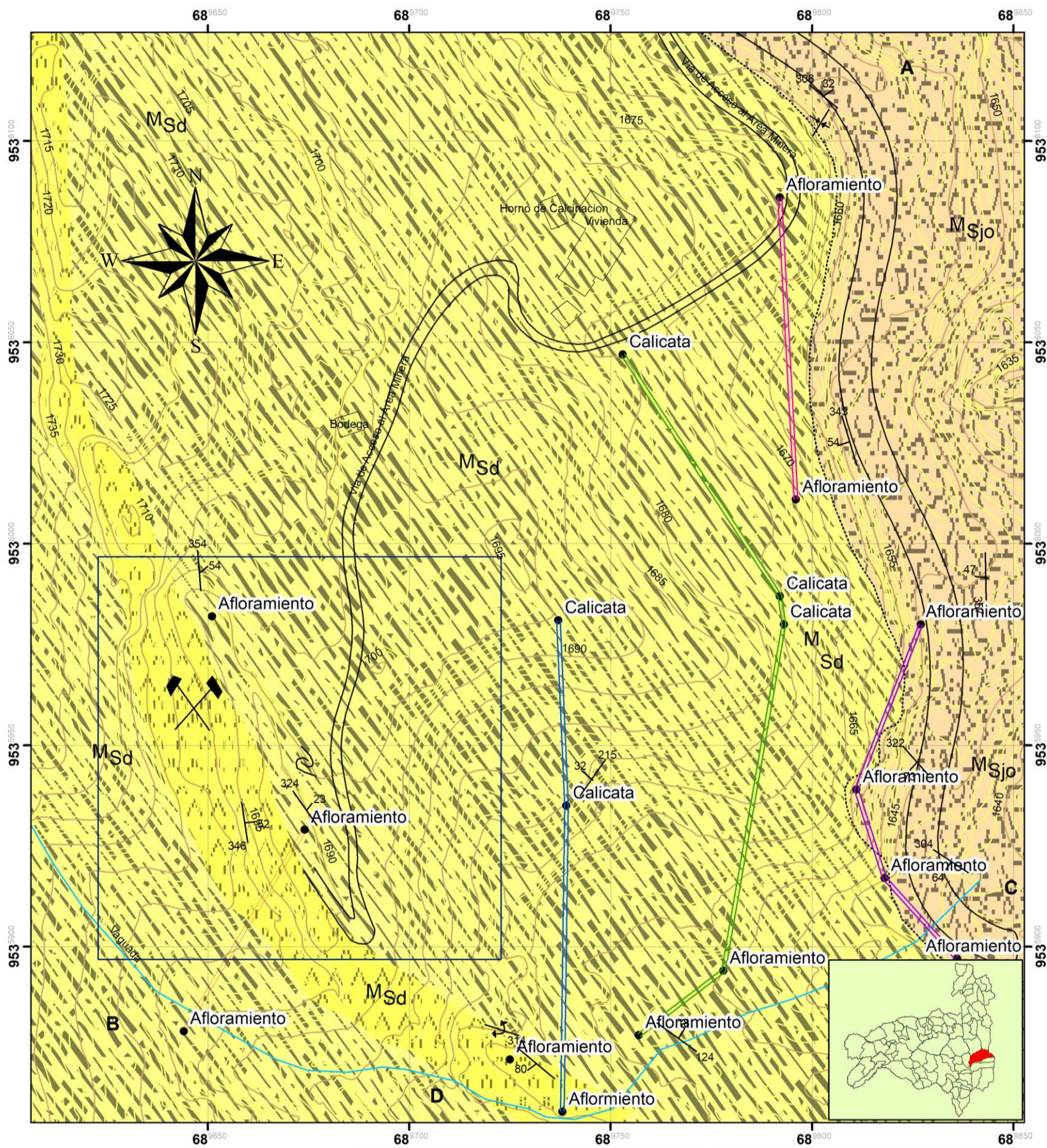
Cantera

Curvas de Nivel

Elaborado por: David González



CORRELACIÓN DE AFLORAMIENTOS Y CALICATAS PARA AREA MINERA "MANUEL SALVADOR VEGA"



CORRELACIÓN

- Correlación 1
- Correlación 2
- Correlación 3
- Correlación 4
- Correlación 5

LEYENDA

- | | |
|---|-------------------------|
| MSd Lutita, arenisca, limolita, vetillas de yeso, arcillolita | Formación Santo Domingo |
| MSd Lutita, Arenisca, Limolita, Vetas de Yeso | Formación Santo Domingo |
| MSjo Arenisca, limolita, conglomerado | Formación Santo José |

SIMBOLOGÍA

- | | |
|---------------------------------|-------------------|
| ● Afloramientos y Calicatas | □ Infraestructura |
| □ Área Minera | — Vías |
| — Vaguada | — Curvas de Nivel |
| — Correlaciones Estratigráficas | |

REFERENCIA HORIZONTAL WGS-84
ZONA 17 SUR
REFERENCIA VERTICAL NIVEL MEDIO
PROVINCIA DE SANTA ELENA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
Carrera de Ingeniería en Geología
Ambiental y Ordenamiento Territorial

Autor: David González	Provincia: Loja	LAMINA: 4
Fecha: 24/05/2023	Cantón: Loja	
Escala: 1:1000	Parroquia: Malacatos	

Anexo 36. Certificado de Traducción de Documento de Titulación

Lic. Rocio Magaly Salas Paucar

Docente

CERTIFICA:

Que el documento adjunto es fiel traducción del idioma español - inglés del resumen del proyecto de titulación denominado DISEÑO DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA YESO DEL ÁREA MINERA “MANUEL SALVADOR VEGA” CÓDIGO 690344 UBIACADO EN LA PARROQUIA MALACATOS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA, del señor David González egresado de la Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial de la Facultad de Energía, Industrias y Recursos Naturales No Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

Atentamente



Lic. Rocio Magaly Salas Paucar

Certifies Translator

ID: 1103724942

I CERTIFY that the above and foregoing is a true and correct translation of the original document in Spanish.