



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESCUELA DE
INGENIERÍA EN MINAS**

**“Propuesta de diseño de explotación para el área de libre
aprovechamiento Gorrión, GAD parroquial San Gerardo,
Girón - Azuay”**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN MINAS

Autores:

MATEO SEBASTIÁN ORTIZ RODAS

JONNATHAN ISRAEL PÉREZ JARAMILLO

Director:

ING. LEONARDO NÚÑEZ RODAS

CUENCA, ECUADOR

2023

DEDICATORIA

A mis padres, que son los pilares de mi vida, quienes con sabiduría y paciencia supieron proporcionarme conocimientos, habilidades y experiencia en mi camino. A ellos, que con grandes sacrificios me apoyaron y contuvieron en los buenos y malos momentos. A ellos, que me guiaron por el camino para ser la persona que soy ahora, mis principios, mis valores, mi perseverancia y mi empeño. Gracias por enseñarme a afrontar las dificultades sin perder la cabeza y no fallar en el intento.

A mis hermanas Daniela y Emilia, el claro y mejor ejemplo de dedicación y perseverancia que un hermano menor puede tener, quienes me han ayudado a alcanzar el equilibrio que me permite dar todo mi potencial.

A ustedes, gracias por haberme brindado tanto.

Mateo Sebastián Ortiz Rodas

Lleno de regocijo, amor y esperanza, dedico este proyecto a cada uno de mis seres queridos, quienes han sido mis pilares para seguir adelante. Es para mí una gran satisfacción poder dedicarles a ellos, que con mucho esfuerzo, esmero y trabajo me lo he ganado.

A mis padres, Boris Pérez y Vilma Jaramillo, porque ellos son la motivación de mi vida y mi orgullo de ser lo que seré.

A mis hermanos, Boris y Alexandra, porque son la razón de sentirme tan orgulloso de culminar mi meta y de llegar a ser un profesional como lo son ellos, gracias siempre por su confianza.

Y sin dejar atrás a toda mi familia por confiar en mí, a mi cuñado Giovanni y mi cuñada Jhoana, a mis sobrinas, Valentina, Emilia e Isabela, a mis tíos y primos, gracias por ser parte de mi vida y por permitirme ser parte de su orgullo.

Jonnathan Israel Pérez Jaramillo

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Leonardo Núñez, por su paciente guía durante mis años universitarios, por compartir sus conocimientos a lo largo de mi carrera y por el apoyo brindado para la realización de la presente tesis.

A los docentes y equipo de la escuela de Ingeniería en Minas, que con su conocimiento profesional supieron desarrollar en mí las distintas habilidades que hoy forman parte de mi vida profesional, en especial a los ingenieros: Eduardo Luna, Patricio Feijoo, Fernando Valencia y Federico Auquilla, por sus consejos y conocimientos sabios y precisos instruidos en mi vida universitaria y en la preparación de este proyecto de tesis.

Mateo Sebastián Ortiz Rodas

Primeramente, quiero dar gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, gracias a mi familia por apoyarme en cada decisión y proyecto, gracias especialmente a mis padres por ayudarme a cumplir con excelencia el desarrollo de esta tesis, gracias padres y hermanos por siempre creer en mí y nuevamente gracias a Dios por permitirme vivir y disfrutar del día a día hasta la conclusión de esta etapa.

No ha sido sencillo el camino, pero gracias a los aportes de mi director de tesis, el Ing. Leonardo Núñez y de todo el equipo de la Escuela de Ingeniería en Minas de la Universidad del Azuay he cumplido una meta más en mi vida. De todo corazón agradezco a todas las personas mencionadas y hago presente mi gran afecto hacia ustedes.

Para finalizar, también agradezco a todos los que fueron mis compañeros de clase durante todos los niveles de la Universidad ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral han aportado significativamente en mis ganas de seguir adelante hasta concluir mi carrera profesional.

Jonnathan Israel Pérez Jaramillo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1.....	3
GENERALIDADES.....	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Marco legal.....	4
1.3 Datos generales	5
1.4 Coordenadas del área de estudio	6
1.5 Vías de acceso	7
1.6 Geología local	7
1.7 Topografía	8
1.8 Estado actual del libre aprovechamiento “Gorrión”	10

CAPÍTULO 2.....	19
CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL (PRUEBAS DE LABORATORIO)	19
2.1 Ensayo de % humedad	19
2.2 Gravedad específica	20
2.3 Análisis granulométrico	21
2.4 Límite líquido.....	25
2.5 Límite plástico.....	25
2.6 Ensayo de compactación	28
2.7 Ensayo de relación soporte california CBR.....	32
2.8 Ensayo de relación soporte california CBR (Determinación del soporte desuelos)	35
CAPÍTULO 3.....	40
DISEÑO METODOLÓGICO DE EXPLOTACIÓN PARA MATERIALES PÉTREOS.....	40
3.1 Topografía.....	40
3.2 Parámetros de diseño para la cantera	44
3.3 Diseño de explotación	58
3.4 Cálculo de extracción por Etapas	59
CAPÍTULO 4.....	66
SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL	66
4.1 Estructuras e instalaciones.....	66
4.2 Ubicación de señalética.....	66
4.3 Señalética de seguridad	67

4.4 Señales de prohibición	68
4.5 Señales de prevención	69
4.6 Emergencia.....	70
4.7 Equipos de protección auxiliar para personal.....	71
CAPÍTULO 5.....	75
5.1 Clasificación de la producción durante la vida del proyecto	75
5.2 Inversión inicial.....	76
5.3 Costos directos	78
5.4 Costo de extracción por tonelada	84
5.5 Depreciación de infraestructura	84
5.6 Amortización.....	85
5.7 Cálculo de regalías a la actividad minera.....	86
5.8 Cálculo de patentes de conservación.....	86
5.9 Flujo de caja	87
5.10 Valor Actual Neto (VAN).....	88
5.11 Tasa Interna de Retorno (TIR)	88
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	90
CONCLUSIONES.....	90
RECOMENDACIONES.....	91
REFERENCIAS	92
ANEXOS	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ortofoto del estado actual de la zona de explotación	3
Figura 1.2 Mapa de ubicación de la concesión Gorrión	7
Figura 1.3 Geología de la zona de estudio	8
Figura 1.4 Topografía del área de estudio.....	9
Figura 1.5 Fotografía de la topografía del área de estudio.....	10
Figura 1.6 Rampa y plataformas presentes en la zona de explotación.....	11
Figura 1.7 Retroexcavadora CAT 320 (Capacidad de cucharón de 1.19 m ³)	15
Fuente: Elaboración propia	15
Figura 1.8 Especificaciones técnicas de la retroexcavadora CAT 320	16
Figura 1.9 Dos volquetes de 8m ³ de capacidad de balde.....	17
Figura 1.10 Especificaciones técnicas de la volqueta a usar	18
Figura 2.1 Curva granulométrica de gruesos	23
Figura 2.2 Curva granulométrica de finos	24
Figura 2.3 Límites de Atterberg.....	28
Figura 2.4 Grafica densidad vs humedad.....	32
Figura 2.5 Resultados del análisis carga vs penetración	38
Figura 2.6 Grafica de densidad vs CBR.....	39
Figura 3.1 Estado actual de libre aprovechamiento “Gorrión”	41
Figura 3.2 Mapa de ubicación del libre aprovechamiento “Gorrión”	42
Figura 3.3 Zona de interés donde se realizó el levantamiento del proyecto	43
Figura 3.4 Topografía inicial, libre aprovechamiento “Gorrión”	44
Figura 3.5 Clasificación Geomecánicas de Rocas de Protodyakonov	47
Figura 3.6 Diseño geométrico para el diseño del método de explotación	56

Figura 3.7 Ángulos para taludes en Canteras.....	57
.....	58
Figura 3.8 Modelo 3D primera etapa de explotación “Gorrión”	58
Figura 3.9 Modelo 3D Etapa final de explotación “Gorrión”	59
Figura 3.10 Estado actual de la cantera Gorrión	60
Figura 3.11 Primera fase o fase intermedia de la cantera Gorrión	61
Figura 3.12 Segunda fase de cálculo de volumen	62
Figura 3.13 Cálculo de volúmenes mediante perfiles 1	63
Figura 3.14 Calculo de volúmenes mediante perfiles 2	64
Figura 4.1 Interpretación de colores en la señalética	67
Figura 4.2 Imágenes obtenidas para una relación de EPP mediante las normas INEN	73
Figura 4.3 Mapa de Señalética.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Datos generales del libre aprovechamiento “Gorrión”	5
Tabla 1.2 Coordenadas de la zona de estudio.....	6
Tabla 1.3 Características de la retroexcavadora CAT 320	16
Tabla 1.4 Características del volquete.....	17
Tabla 2.1 Contenido de humedad de la muestra.....	20
Tabla 2.2 Gravedad específica de la muestra	21
Tabla 2.3 Serie de tamices para análisis de gruesos	22
Tabla 2.4 Resultados del tamizaje de gruesos	23
Tabla 2.5 Resultados del tamizaje de finos	24
Tabla 2.6 Resultados obtenidos en el cálculo del límite líquido de la muestra	25
Tabla 2.7 Resultados obtenidos en el cálculo del límite plástico de la muestra.....	27
Tabla 2.8 Composición de muestra	27
Tabla 2.9 Resumen de las propiedades del material.....	27
Tabla 2.10 Metodologías para el ensayo PROCTOR.....	29
Tabla 2.11 Especificaciones de la muestra y los materiales.....	30
Tabla 2.12 Resultados de la densidad.....	31
Tabla 2.13 Porcentajes de humedad	31
Tabla 2.14 Resultados densidad vs humedad	31
Tabla 2.15 Clasificación y uso potencial del suelo según el valor de CBR	33
Tabla 2.16 Resultados de humedad para el CBR	34
Tabla 2.17 Resultados del molde 1.....	36
Tabla 2.18 Resultados del molde 2.....	37
Tabla 2.19 Resultado molde 3	37

Tabla 3.1 Ángulo de talud del borde	45
Tabla 3.2 Estimación de la resistencia de las rocas mediante un martillo de geólogo y navaja	48
Tabla 3.3 Comparación ventajas y desventajas de tener o no un método de explotación.	55
Tabla 3.4 Volumen de movimiento de material	65
Tabla 5.1 Resumen del volumen de producción del material	75
Tabla 5.2 Producción anual durante la vida del proyecto	76
Tabla 5.3 Gastos en infraestructura.....	76
Tabla 5.4 Gastos en señalética de seguridad	77
Tabla 5.5 Resumen de la inversión inicial de la cantera Gorrión	78
Tabla 5.6 Sueldos del personal de producción.....	79
Tabla 5.7 Gastos en alquiler de la maquinaria	79
Tabla 5.8 Consumo de diésel en cada maquinaria de producción	80
Tabla 5.9 Consumo de aceites en cada maquinaria de producción	80
Tabla 5.10 Costos de mantenimiento y repuestos en cada maquinaria de producción	81
Tabla 5.11 Costos de equipos de primeros auxilios	82
Tabla 5.12 Costos totales de cada servicio básico	83
Tabla 5.13 Resumen de los costos directos.....	84
Tabla 5.14 Depreciación de infraestructura	85
Tabla 5.15 Amortización.....	85
Tabla 5.16 Pago anual de regalías.....	86
Tabla 5.17 Pago anual de patentes de conservación	86
Tabla 5.18 Flujo de caja	87

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Parte inferior de la cantera Gorrión	93
Anexo 2 Recolección de muestras y estado actual de la cantera	93
Anexo 3 Punto de control para la estación total RTK.....	94
Anexo 4 DRON en momento de vuelo	94
Anexo 5 Punto de control estación total RTK	95
Anexo 6 Homogeneidad de las muestras obtenidas en campo.....	95
Anexo 7 Dispersión de la muestra en laboratorio	96
Anexo 8 Cuarteo de muestras para las diferentes pruebas.....	96
Anexo 9 Análisis de la muestra seca.....	97
Anexo 10 Tamices aplicados con su numeración o pasante	97
Anexo 11 Ensayo de límite líquido y plástico	98
Anexo 12 Máquina para el ensayo mediante conteo de golpes.....	98
Anexo 13 Peso de la bandeja sola.....	99
Anexo 14 Peso del material grueso pasante 2 pulg.....	99
Anexo 15 Peso del material grueso pasante 1.5 pulg.....	100
Anexo 16 Peso del material grueso pasante 1 pulg.....	100
Anexo 17 Peso del material grueso pasante 0.5 pulg.....	101
Anexo 18 Peso del material fino pasante 3/8 pulg	101
Anexo 19 Peso de cada uno de los tamices y el su pasante para material fino	102
Anexo 20 Propuesta de diseño de explotación para el Libre Aprovechamiento “Gorrión”.....	104
Anexo 21 Diseño de explotación por banqueo ascendente de movimiento de material	105
Anexo 22 Perfiles para extracción de material (Perfil 1-6).....	106

Anexo 23 Perfiles para extracción de material (Perfil 7-13)..... 107

“PROPUESTA DE DISEÑO DE EXPLOTACIÓN PARA EL ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO GORRIÓN, GAD PARROQUIAL SAN GERARDO, GIRÓN - AZUAY”

RESUMEN

El presente trabajo consiste en una propuesta técnica para diseñar un sistema de explotación para el área de libre aprovechamiento denominado “Gorrión”, ubicado en la parroquia San Gerardo, cantón Girón, provincia del Azuay. Para ello se realizó un levantamiento de información en campo, se realizó el levantamiento topográfico del área y su zona de influencia, y se tomaron varias muestras de material que fueron llevadas a la universidad donde fueron sometidas a pruebas de laboratorio con la finalidad de conocer las propiedades físicas del material; adicionalmente se realizó el cálculo de los parámetros geotécnicos necesarios para la elaboración del diseño de explotación; mediante esta información se logró desarrollar un diseño óptimo con la ayuda del software minero Civil 3D y ArcGIS. Finalmente se realizó una evaluación económica de la cantera con el objetivo de determinar los indicadores de productividad y verificar la factibilidad del proyecto.

Palabras clave: Libre aprovechamiento, diseño de explotación, cantera, factibilidad.



Ing. Leonardo Aníbal Núñez Rodas
Director del Trabajo de Titulación



Ing. Leonardo Aníbal Núñez Rodas
Coordinador de Escuela



Mateo Sebastián Ortiz Rodas
Autor



Jonnathan Israel Pérez Jaramillo
Autor

“EXPLOITATION DESIGN PROPOSAL FOR FREE USE GORRIÓN, SAN GERARDO PARISH GAD, GIRON - AZUAY”

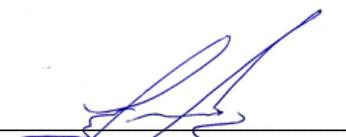
ABSTRACT

This project is a technical proposal to design a method of exploitation for the free use "Gorrión" with code 10000867, located in San Gerardo, province of Azuay. Together, a survey of information was carried out in the field, additionally laboratory tests were carried out on the samples taken in the field, in order to know the physical properties of the material; and the calculation of the geotechnical parameters necessary for the elaboration of the exploitation design was carried out. Using this information, it was possible to develop the exploitation design with the help of the Civil 3D mining software, ArcGIS. Finally, the feasibility cost analysis of the "Gorrión" quarry is evaluated in order to determine the production and verify the viability of the project.

Keywords: Exploitation design, free use, quarry, feasibility costs.



Ing. Leonardo Aníbal Núñez Rodas
Director of the Degree Project



Ing. Leonardo Aníbal Núñez Rodas
Coordinator of the School



Mateo Sebastián Ortiz Rodas
Autor



Jonnathan Israel Pérez Jaramillo
Autor

Translated by



Mateo Sebastián Ortiz Rodas
Autor



Jonnathan Israel Pérez Jaramillo
Autor

Mateo Sebastián Ortiz Rodas

Jonnathan Israel Pérez Jaramillo

Trabajo de Titulación

Ing. Leonardo Núñez Rodas

Febrero, 2023

**“PROPUESTA DE DISEÑO DE EXPLOTACIÓN PARA EL ÁREA DE LIBRE
APROVECHAMIENTO GORRIÓN, GAD PARROQUIAL
SAN GERARDO, GIRÓN - AZUAY”**

INTRODUCCIÓN

La minería es la principal actividad por la cual se obtienen materias primas, sean estas metálicas y no metálicas (arcillas, materiales de construcción, etc.). Específicamente hablando de minerales no metálicos hacemos referencia a los materiales de construcción, los cuales son obtenidos ya sea de canteras o del lecho de ríos mediante procedimientos técnicos, por medio de los cuales se hace factible una correcta explotación y caracterización de los mismos, de modo que se garantice la calidad del material para su uso a futuro.

Mediante una correcta caracterización de material pétreo, es posible usarlo no solo la edificación de obras civiles, sino también en ámbito de vialidad, ya sea para el mantenimiento o mejora de las carreteras de una determinada zona. De acuerdo con el Art 144 de la Ley de Minería del Ecuador, son los organismos provinciales, municipales y parroquiales los encargados del mantenimiento y mejora de la infraestructura vial de su

jurisdicción. Por tal motivo, estas entidades están en la capacidad de gestionar y aprovechar técnicamente las zonas donde se puede obtener material para la ejecución de sus obras. Cabe recalcar que el material extraído tiene que ser destinado única y exclusivamente a la mejora o mantenimiento de vías, es decir no puede ser comercializado. (Minería, 2009)

El presente estudio propone: levantar información, caracterizar el material pétreo, diseñar un método de explotación para la cantera “Gorrión” con código 10000867, e indicar recomendaciones a implementar en la cantera perteneciente al GAD municipal de San Gerardo, cantón Girón, provincia del Azuay. El cumplimiento de estos objetivos se logró en cuatro etapas. En la primera etapa se realizó un levantamiento de información en campo que consistió en un reconocimiento de la zona, toma de muestras y un levantamiento topográfico a detalle. Para la segunda etapa se realizaron pruebas de laboratorio (Análisis granulométrico, contenido de humedad, límites líquidos y plásticos, PROCTOR y CBR) a las muestras tomadas en campo, con la finalidad de conocer las propiedades físicas del material. En la tercera etapa se realizó el cálculo de los parámetros geotécnicos necesarios para la elaboración del diseño de explotación. Finalmente se detallaron recomendaciones necesarias que deben ser implementadas en el libre aprovechamiento para llevar las actividades de mejor manera.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

El gobierno provincial del Azuay como entidad a cargo de los yacimientos (libres aprovechamientos) de donde se extraen materiales destinados al mantenimiento y mejora vial de la provincia, abastece de material de mejora vial a la parroquia de San Gerardo (sector Cristal) por medio del libre aprovechamiento “Gorrión” con código 10000867, el mismo que cuenta con fecha de inscripción del 25 de agosto del 2020, con autorización para la extracción de lastre en un volumen aproximado de 5.000 m³ en un periodo de doce meses (1 año).



Figura 1.1 Ortofoto del estado actual de la zona de explotación

Fuente: Elaboración propia

1.2 Marco legal

De acuerdo con la Ley de minería vigente en el Ecuador, los libres aprovechamientos se deben regir al Art.144 de dicha ley. Este artículo cita lo siguiente:

“El Estado directamente o a través de sus contratistas podrá aprovechar libremente los materiales de construcción para obras públicas en áreas no concesionadas o concesionadas.

Considerando la finalidad social o pública del libre aprovechamiento, estos serán autorizados por el Ministerio Sectorial. La vigencia y los volúmenes de explotación se regirán y se extenderán única y exclusivamente por los requerimientos técnicos de producción y el tiempo que dure la ejecución de la obra pública.

Dicho material podrá emplearse, única y exclusivamente, en beneficio de la obra pública para la que se requirió el libre aprovechamiento. El uso para otros fines constituirá explotación ilegal que se someterá a lo determinado para este efecto en la presente ley.

El contratista del Estado no podrá incluir en sus costos los valores correspondientes a los materiales de construcción aprovechados libremente. En caso de comprobarse la explotación de libre aprovechamiento para otros fines será sancionado con una multa equivalente a 200 remuneraciones básicas unificadas y en caso de reincidencia con la terminación del contrato para dicha obra pública.

Las autorizaciones de libre aprovechamiento están sujetas al cumplimiento de todas las disposiciones de la presente ley, especialmente las de carácter ambiental.

Los contratistas que exploten los libres aprovechamientos están obligados al cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental.” (Asamblea Nacional del Ecuador, 2009, p.23).

Los requerimientos necesarios para la implementación de infraestructura, manejo de desechos, explosivos, combustibles y señal ética se encuentran en el Reglamento de Salud

y Seguridad en el Trabajo del Ámbito-Minero (ARCOM, 2014).

El reglamento de seguridad y salud en el trabajo en el ámbito minero, cita en su Art.- 2 lo siguiente:

“El presente Reglamento tiene por objeto establecer normas para la aplicación de la Ley de Minería, a fin de precautar la seguridad y salud en el trabajo de las personas en todas las fases de la actividad minera como lo señala el Capítulo VII, Art. 27 de la Ley de Minería. A partir de este reglamento se dispondrá de los lineamientos generales para realizar la actividad de prevención de riesgos laborales bajo los regímenes especiales de minería artesanal, pequeña, mediana y gran minería” (ARCOM, 2014, p.3).

Nota: En lo referente a la infraestructura necesaria para el normal desarrollo de las operaciones mineras, se tratará más adelante (Capítulo 4).

1.3 Datos generales

Tabla 1.1 Datos generales del libre aprovechamiento “Gorrión”

Ficha de inspección y control de Libre Aprovechamiento			
Datos generales			
Nombre del Proyecto	GORRIÓN	Presidente GADParroquial	Rebeca Nieves
Fecha Resolución del LA	24-julio-2020	Teléfono	993060867
Provincia	AZUAY	Correo	juancaurgiles@hotmail.com
Cantón	GIRÓN	Responsable técnico del libre aprovechamiento	Patricio Aucapiña Tacuri
Parroquia	SAN GERARDO	Teléfono	-
Sector	CRISTAL	Correo	-

Titular	Gobierno Autónomo Descentralizado de San Gerardo
Tipo de solicitud	Libre aprovechamiento
Fecha de inscripción	25/8/2020
Material de interés	Cascajo
Estado actual	Inscrita
Superficie	4 hectáreas
Tipo de material	Material de construcción
Resolución	Nro. MERNNR-CZCS-2020-0108-RM.

Fuente: (Coordinación Zonal 6 de Minería, 2020)

1.4 Coordenadas del área de estudio

Las coordenadas que delimitan la concesión de libre aprovechamiento “Gorrión” son: (ver tabla 1.2)

Tabla 1.2 Coordenadas de la zona de estudio

Coordenadas de la ubicación DATUMPSAD56		
Punto	X	Y
1	699000	9655900
2	699000	9655700
3	698800	9655700
4	698800	9655900

Fuente: (Coordinación Zonal 6 de Minería, 2020)

1.5 Vías de acceso

Para el acceso a la zona de estudio se toma la vía de primer orden Cuenca – Girón, una vez ubicados en el cantón Girón, se toma la vía Girón – San Fernando hasta llegar a la Parroquia San Gerardo.

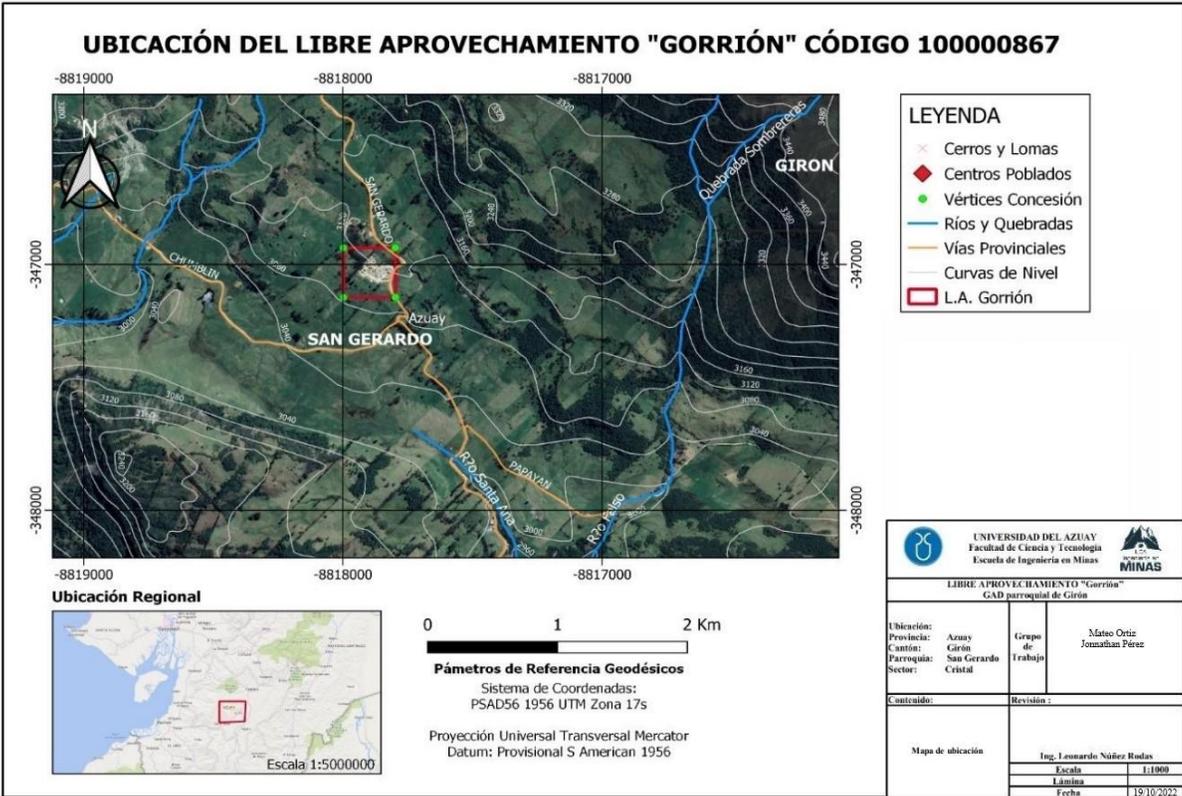


Figura 1.2 Mapa de ubicación de la concesión Gorrión

Fuente: Elaboración propia

1.6 Geología local

En base a la cartografía geológica nacional, el libre aprovechamiento “Gorrión” se encuentra sobre los volcánicos de Pisayambo, la cual consiste en una potente y extensa secuencia volcánica que cubre grandes áreas de los andes del Ecuador, se la ha dividido en dos secuencias, la inferior y la superior. En la primera predomina el depósito

piroclástico con brechas gruesas, aglomerados, tobas y algunas lavas. En cambio, la superior, dominada por flujos de lavas basálticas y andesítica y tienen una edad de entre 6 y 5 millones de años. (Ver figura 1.3).

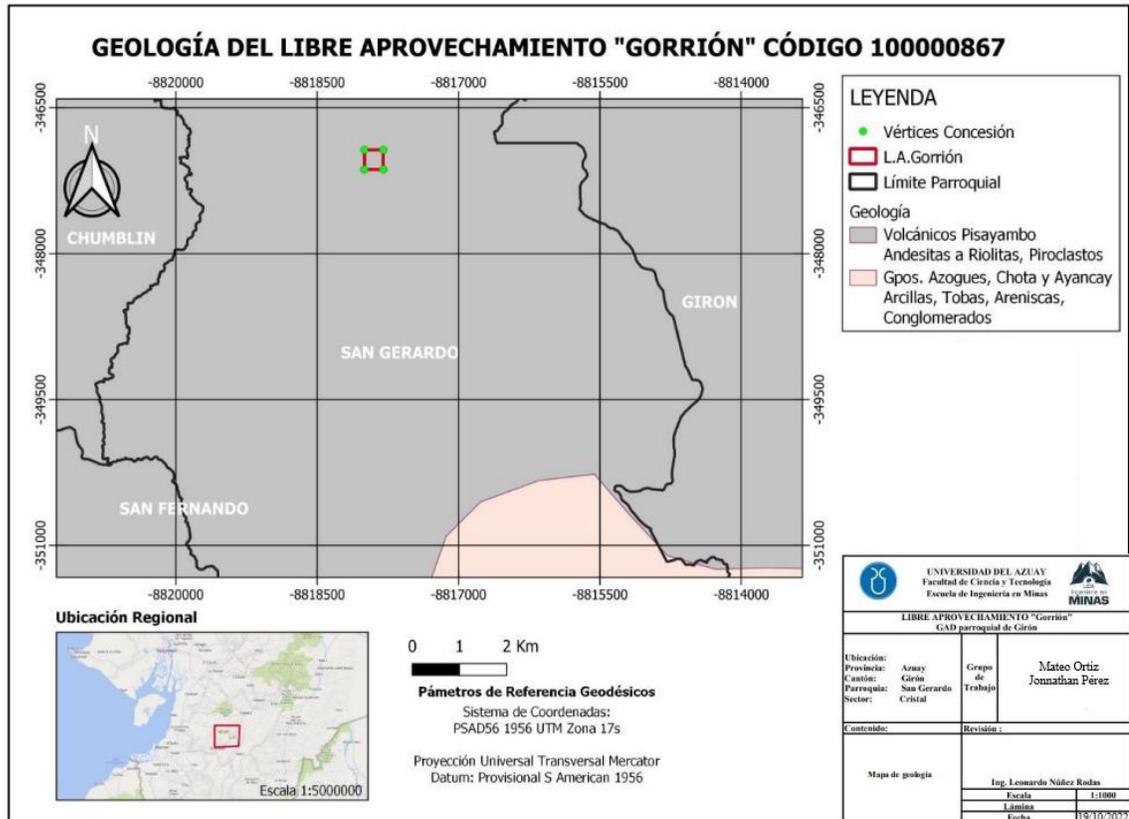


Figura 1.3 Geología de la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

1.7 Topografía

Los equipos usados para el levantamiento topográfico fueron un Dron y el Real Time Kinematic (RTK).

La metodología empleada fue:

- Primero se realizó el plan de vuelo para el Dron.
- Se colocaron puntos de control, los mismos que fueron distribuido estratégicamente a lo largo y ancho del actual frente de explotación.
- Se colocó el RTK por 30 segundos en cada punto de control.
- Finalmente, se hizo el vuelo del Dron.

Los datos generados por el vuelo del Dron fueron corregidos y orto-rectificados en base a los puntos de control mediante el software Pix4D. Finalmente, se obtuvieron tanto la Ortofoto como las curvas de nivel.

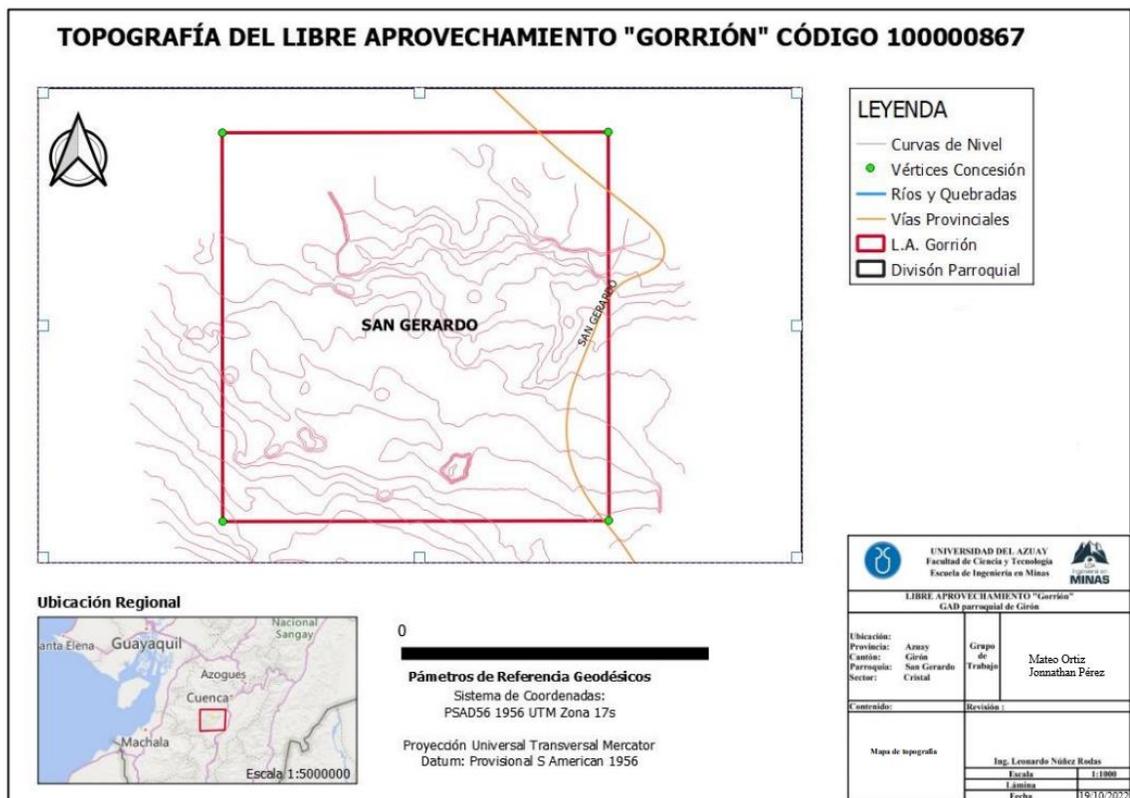


Figura 1.4 Topografía del área de estudio

Fuente: Elaboración propia

1.8 Estado actual del libre aprovechamiento “Gorrión”

Basados en observaciones de campo del libre aprovechamiento “Gorrión”, a continuación, se detallan los aspectos más importantes a tener en cuenta al momento de establecer los parámetros técnicos necesarios para la elaboración del diseño de explotación de la zona de estudio.



Figura 1.5 Fotografía de la topografía del área de estudio

Fuente: Elaboración propia

1.8.1 Método de explotación en uso

El actual método de explotación es mediante banqueo ascendente, cuenta con 2 plataformas de trabajo una en la cota 3132 m.s.n.m. (conecta con el acceso a la cantera con el frente de explotación) y la otra en la cota 3141 m.s.n.m., y estas están conectadas mediante una rampa (ver figura1.5). La extracción del material se lo realiza por arranque mecánico, es decir con la fuerza ejercida por el cucharón de una retroexcavadora, esto debido a que el macizo rocoso no presenta una marcada dureza y compactación de material.

El método de explotación actual carece de criterios técnicos de diseño, es decir presenta:

- Taludes empinados (Carecen de seguridad, por lo tanto, son propensos a caída de material).
- Las bermas son completamente planas, es decir, no cuentan con una pendiente hacia la cara del banco superior (siguiente banco), con lo cual, estas bermas son propensas a acumular el agua lluvia (el agua no corre).
- No existe secuencia ni planificación en la extracción del material.
- La rampa que une las plataformas tiene una pendiente pronunciada, no tiene una buena compactación provocando que sea extremadamente dificultoso el acceso con vehículo.

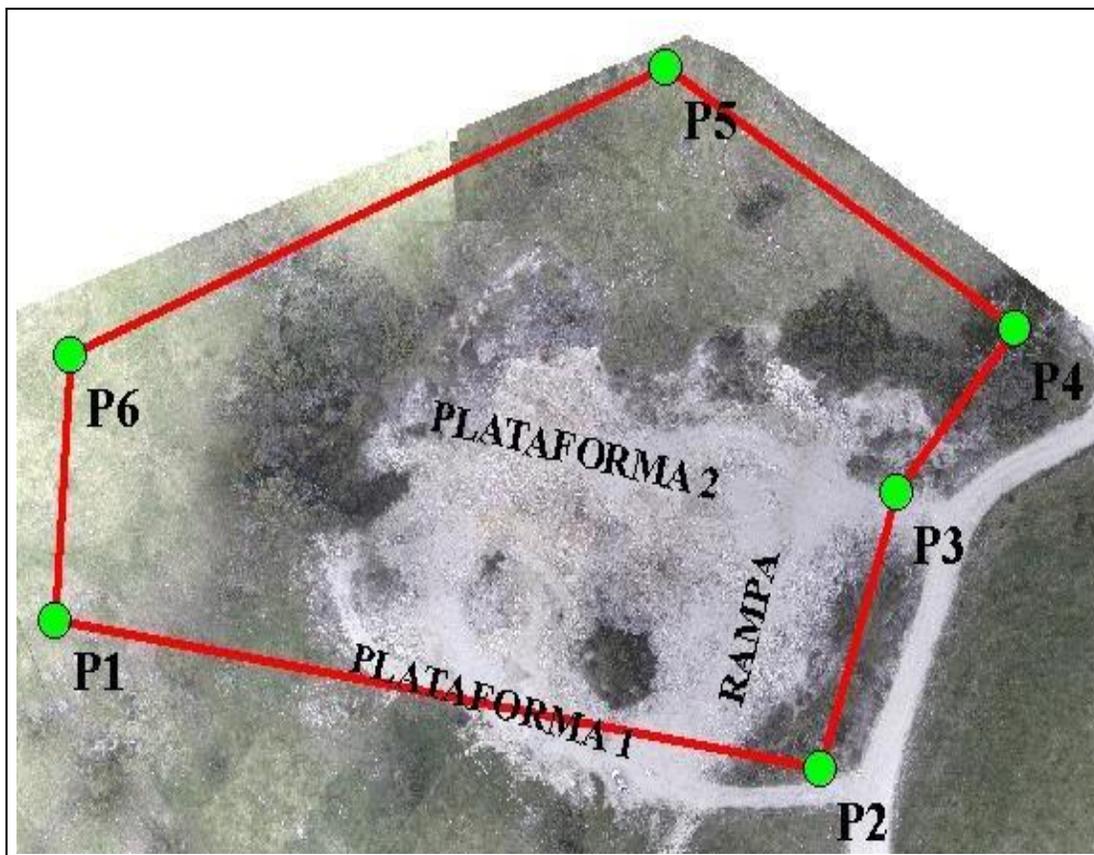


Figura 1.6 Rampa y plataformas presentes en la zona de explotación

Fuente: Elaboración propia

1.8.2 Condiciones geomecánicas del macizo rocoso

El macizo rocoso de la zona de estudio presenta un material heterogéneo, poco compactado, y de fácil arranque mecánico. Si a las propiedades antes mencionadas, le sumamos el deficiente método de explotación, estamos frente a un macizo rocoso sometido a grandes tensiones mecánicas, que provocarán el colapso de la zona en mención. Por tales razones, es necesario una estabilización de la zona mediante la creación de bancos y bermas que cumplan con las condiciones geomecánicas del macizo rocoso.

1.8.3 Cálculo de maquinaria

Cálculo de excavadora hidráulica

$$\text{Número de palas} = \frac{\text{Capacidad de volquete}}{\text{Capacidad cargadora}} \quad (1)$$

$$N_p = \frac{7.8 \text{ t}}{1.19 \text{ t}} = 6 \text{ chucharadas}$$

Cálculo de volquetes

- El volquete tiene una eficiencia del 90%.
- El volquete tiene tiempo de subida del balde de 22 segundos.
- Tiempo de bajada 15 segundos.
- Tiempo de estacionamiento 25 segundos.
- Tiempo de espera 0 segundos.

Tiempo de carga

$$\text{Tiempo de carga} = \frac{\text{Capacidad de volquete}}{\text{Capacidad de la Excavadora hidráulica}} * 0.75 \quad (2)$$

$$t_c = \frac{7.8 \text{ t}}{1.19 \text{ t}} * 0.75$$

$$t_c = 5 \text{ min } 31 \text{ s.}$$

Tiempo de ida

$$t_i = \frac{\text{Distancia}}{\text{velocidad}} \quad (3)$$

$$t_i = \frac{10 \text{ km}}{17.1 \cdot \frac{\text{km}}{\text{h}}}$$

$$t_i = 35.08 \text{ min}$$

Tiempo que demora en volver

$$t_i = \frac{\text{Distancia}}{\text{velocidad retorno}} \quad (4)$$

$$t_i = \frac{10 \text{ km}}{31.2 \cdot \frac{\text{km}}{\text{h}}}$$

$$t_i = 19.23 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo

$$t_c = \text{tiempo de ida} + \text{tiempo de retorno} + \text{tiempo extra} \quad (5)$$

$$t_c = 35.08 + 19.23 + 1.2 = 55.93 \text{ min.}$$

Como calcular la producción de un volquete

$$pv = \frac{60 * \text{cap. carga} * \text{eficiencia volquete}}{t_c} \quad (6)$$

$$pv = \frac{60 * 7.8 * 0.9}{55.93}$$

$$pv = 7.5 \text{ toneladas}$$

Producción horaria necesaria

$$p = \frac{112 \text{ toneladas}}{8 \text{ horas}} \quad (7)$$

$$p = 14 \frac{\text{toneladas}}{\text{horas}}$$

Numero de volquetes necesarios

$$N_v = \frac{\text{Producción necesaria por hora}}{\text{Producción de la volqueta por hora}} \quad (8)$$

$$N_v = \frac{14 \frac{t}{h}}{7 \frac{t}{h}}$$

$$N_v = 2 \text{ volquetes}$$

1.8.4 Maquinaria

Debido a que las operaciones de extracción de material son ocasionales, el libre aprovechamiento ha optado por el alquiler de esta (ver Anexo 10-11). Las maquinarias empleadas para las labores extractivas son:

1.8.5 Retroexcavadora CAT 320



Figura 1.7 Retroexcavadora CAT 320 (Capacidad de cucharón de 1.19 m³)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1.3 Características de la retroexcavadora CAT 320

Profundidad máxima de excavación	6.72 m
Capacidad de cucharón	1.19 m ³
Alcance máximo a nivel de suelo	9.86 m
Profundidad máxima de excavación en frente vertical	5.0 m

Fuente: (Rojas, 2021)

MOTOR		DIMENSIONES	
Modelo del motor	Cat C7.1 ACERT	Pluma	Alcance de 5,7 m (18'8")
Potencia bruta – ISO 14396/SAE J1995	118 kW 158 hp	Brazo	Alcance de 2,9 m (9'6")
Potencia neta – ISO 9249/SAE J1349	117 kW 157 hp	Cucharón	1,9 m ³ (1,56 yd ³)
RPM del motor		Altura del transporte (parte superior de la cabina)	2.960 mm 9'9"
Funcionamiento	1.650 rpm	Altura del pasamanos	2.950 mm 9'8"
Desplazamiento	1.800 rpm	Longitud del transporte	9.530 mm 31'3"
Calibre	105 mm 4 pulg	Radio de rotación trasero	2.830 mm 9'4"
Curso	135 mm 5 pulg	Longitud entre el centro de los rodillos	3.650 mm 12'0"
Cilindrada	7,0 L 428 pulg ³	Distancia al suelo	470 mm 1'6"
SISTEMA HIDRAULICO		Ancho de vía	2.380 mm 7'9"
Sistema principal –	429 L/min 113 gal/min	Ancho de transporte – Tren de rodaje de 600 mm (24")	2.980 mm 9'9"
Flujo máximo (implemento)		Distancia de contrapeso	1.050 mm 3'5"
Presión máxima –	35.000 kPa 5.075 psi	RANGOS Y FUERZAS DE OPERACIÓN	
Equipamiento – Normal		Pluma	Alcance de 5,7 m (18'8")
Presión máxima – Desplazamiento	34.300 kPa 4.974 psi	Brazo	Alcance de 2,9 m (9'6")
Presión máxima – Corona de giro	26.800 kPa 3.886 psi	Cucharón	1,9 m ³ (1,56 yd ³)
PESO DE LA MÁQUINA		Profundidad de excavación máxima	6.720 mm 22'1"
Peso en orden de trabajo	22.000 kg 48.500 lb	Alcance máximo a nivel del suelo	9.860 mm 32'4"
Pluma de alcance HG 5,7 m (18'8"), brazo de alcance HD 2,9 m (9'6"), cucharón HG 1,0 m ³ (1,3 yd ³), zapatas 600 mm (24"), contrapeso 3,7 mt (8.150 lb)		Altura máxima de corte	9.370 mm 30'9"
CAPACIDADES DE LLENADO		Altura máxima de carga	6.490 mm 21'4"
Tanque de combustible	345 L 86,6 gal	Altura mínima de carga	2.170 mm 7'1"
Sistema de enfriamiento	25 L 6,6 gal	Profundidad máxima de corte de 2.440 mm (8'0") nivel inferior	6.550 mm 21'6"
Aceite de motor	25 L 6,6 gal	Profundidad máxima de excavación en pared vertical	5.190 mm 17'0"
Mando de rotación (cada uno)	5 L 1,3 gal	Fuerza de excavación del cucharón (ISO)	150 kN 33.811 lbf
Mando final (cada uno)	5 L 1,3 gal	Fuerza de excavación del brazo (ISO)	106 kN 23.911 lbf
Sistema hidráulico (incluido el tanque)	234 L 61,8 gal	Fuerza de excavación del cucharón (SAE)	134 kN 30.104 lbf
Tanque hidráulico	115 L 30,4 gal	Fuerza de excavación del brazo (SAE)	103 kN 23.212 lbf

CARACTERÍSTICAS DE LA CABINA			
CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN	COMODIDAD	DE LUJO
ROPS	Supresión de ruido estándar	●	●
Monitor de alta resolución	Pantalla táctil de 203 mm (8 pulgadas)	●	●
	Pantalla táctil de 254 mm (10 pulgadas)	x	○
Botón de encendido sin llave	Control del motor	●	●
Selector táctil, teclas de acceso	Control del monitor	●	●
Aire acondicionado	Bi-nivel automático	●	●
Suspensión del asiento con cinturón de seguridad	Ajustable	●	x
	Ajuste del aire	x	●
	Con calefacción	x	●
Consola	3 tipos de regulación de altura	●	x
	Ajustable de forma infinita	x	●
	Inclinación lateral a la izquierda	x	●
Radio con Bluetooth integrado	Con puertos USB	●	●

● - estándar ○ - opcional x - no disponible

Figura 1.8 Especificaciones técnicas de la retroexcavadora CAT 320

Fuente: (Rojas, 2021)

1.8.6 Volquetes de 8 m³



Figura 1.9 Dos volquetes de 8m³ de capacidad de balde

Fuente: (Teojama Comercial, 2021), (CAT, 2021)

Tabla 1.4 Características del volquete

Capacidad del balde	8 m ³
Velocidad máxima	80 km/h
Cilindraje	5307 cc
Torque máximo (Kg/rpm)	51 / 1500
Sistema de combustión	Inyección directa

Fuente: Hino

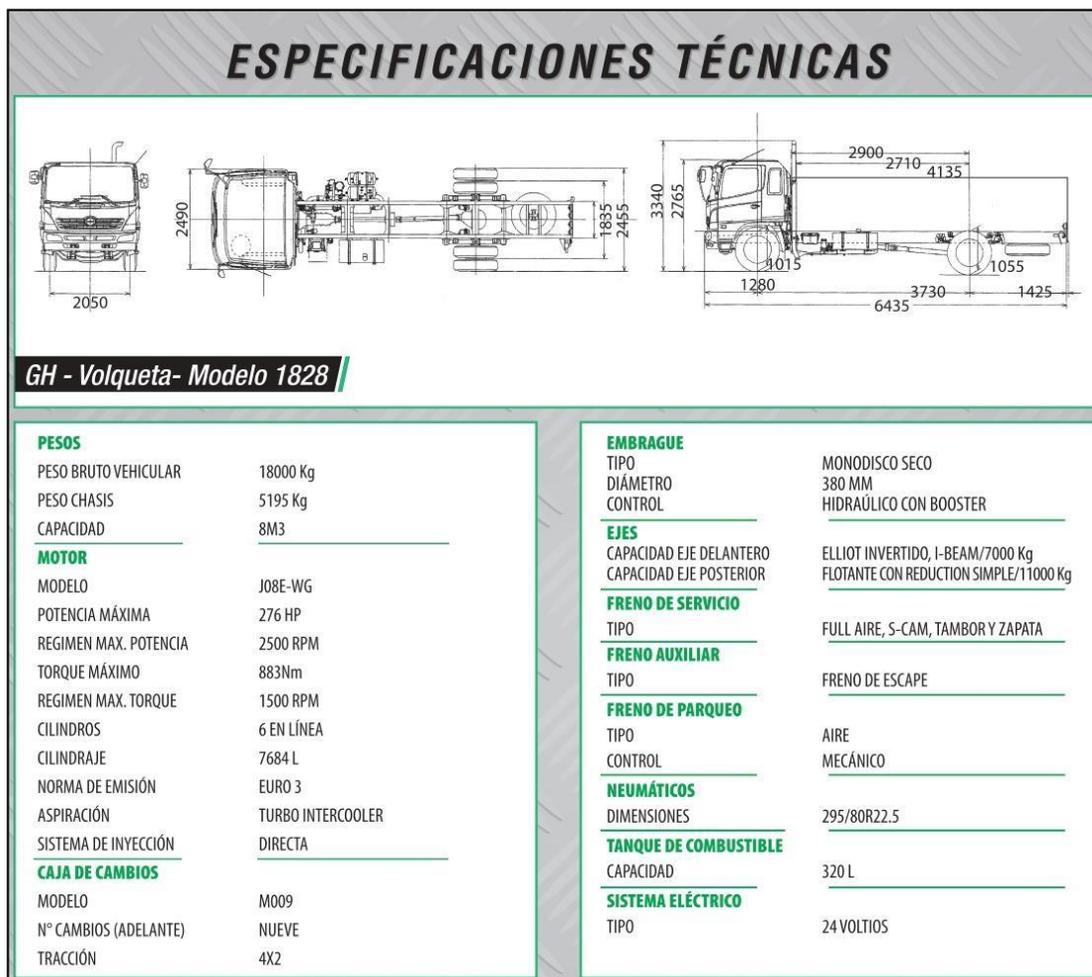


Figura 1.10 Especificaciones técnicas de la volqueta a usar

Fuente: Elaboración propia

1.8.7 Infraestructura

La zona de estudio no cuenta con ningún tipo de infraestructura.

1.8.8 Salud y seguridad ocupacional

El libre aprovechamiento “Gorrión” no cuenta con ningún tipo de señalética, sea esta informativa o preventiva. Si bien las operaciones de extracción de material son ocasionales, es de vital importancia la existencia de señalética en el área. Razón por la cual, en el Capítulo 4 se tratará a detalle este apartado, de igual forma de los EPPS.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL (PRUEBAS DE LABORATORIO)

2.1 Ensayo de % humedad

La humedad según la norma ASTM D-2216-10 se define como la relación entre la masa de agua intersticial o de poros y la masa de las partículas sólidas. El procedimiento que se llevó a cabo para la obtención del porcentaje de humedad fue:

- Pesar las muestras en su estado natural.
- Pesar la muestra después de haberse sometido a un secado de 24 horas a temperatura constante de ± 105 °C.

Para el cálculo de la humedad nos basándonos en la siguiente ecuación.

$$\omega = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \times 100 \quad (9)$$

Donde:

ω = Contenido de humedad de la muestra.

m_1 = masa del recipiente en gramos.

m_2 = masa del recipiente y del suelo húmedo (g).

m_3 = masa del recipiente y del suelo seco (g) después de 24 h al horno.

Basados en la ecuación 9 tenemos los siguientes resultados (ver tabla 2.1)

Tabla 2.1 Contenido de humedad de la muestra

m1	150	g
m2	1500	g
m3	1200	g
ω	28.57	%

Fuente: Elaboración propia

El resultado del ensayo de laboratorio presentó un contenido de humedad de 28,57 %.

2.2 Gravedad específica

La determinación de la gravedad específica consiste en obtener el volumen de una masa conocida de granos de suelo y dividirla para la masa del mismo volumen de agua. El volumen de una masa conocida de partículas de suelo puede obtenerse utilizando un recipiente de volumen conocido (matraz) y el principio de Arquímedes obteniendo la gravedad específica que es la relación existente entre el peso del material respecto al agua: (Bowles, 1980)

$$G_s = \frac{P_m}{(P_a - P_{sa})} \times 100 \quad (10)$$

Donde:

G_s = gravedad específica (g/cm^3).

P_m = peso del material (g).

P_a = peso de la probeta con 250 ml de agua + peso del material.

P_{as} = peso final de la muestra sin aire.

Basados en la ecuación 10 tenemos los siguientes resultados (ver tabla 2.2)

Tabla 2.2 Gravedad específica de la muestra

P_a	347.53	g
P_{as}	261.93	g
P_m	23.41	g
G_s	2.735	g/cm^3

Fuente: Elaboración propia

2.3 Análisis granulométrico

Para el ensayo granulométrico del material, se tomó en norma ASTM C 33-136 (American Society For Testing Materials), la cual especifica la apertura que debe tener cada tamiz para evaluar tanto las partículas gruesas como las finas que contiene la muestra. (Ver tabla 2.3) ((ASTM), 2010)

Tabla 2.3 Serie de tamices para análisis de gruesos

TAMICES SERIE ASTM					
Nro.	Abertura (mm)	Nro.	Abertura (mm)	Nro.	Abertura (mm)
3/8"	9.53	12	1.70	60	0.250
5/16"	7.94	14	1.40	70	0.212
0.265"	6.73	16	1.18	80	0.180
1/4"	6.35	18	1.00	100	0.150
4	4.75	20	0.85	120	0.125
5	4.00	25	0.71	140	0.106
6	3.35	30	0.60	170	0.090
7	2.80	35	0.50	200	0.075
8	2.36	40	0.43	230	0.063
10	2.00	50	0.36	270	0.053

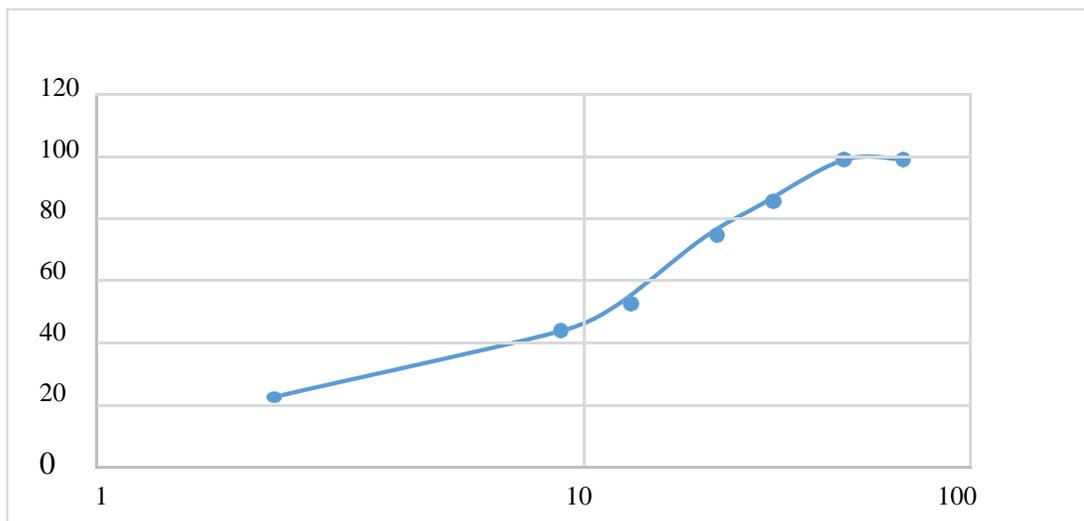
Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de gruesos, sea asignó un alimento de 3943.076 g de material, una vez tamizado, se procedió a tomar el peso de material retenido en cada tamiz, el porcentaje retenido y el porcentaje retenido acumulado. De los resultados obtenidos de este análisis se obtuvo la curva granulométrica de gruesos, la cual representa que tan graduada es la muestra.

Tabla 2.4 Resultados del tamizaje de gruesos

Tamiz	Apertura	Masa retenida (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante
2	50	0	0	0	100
1 1/2	37,5	0	0.00	0.00	100.00
1	25	590.12367	14.97	14.97	85.03
3/4	19	431.81994	10.96	25.93	74.07
1/2	12,5	874.97968	22.20	48.12	51.88
3/8	9,5	337.92632	8.57	56.70	43.30
8	2,36	861.826	21.86	78.56	21.44
Fondo		845.04259	21.44	100.00	0.00
Total		3941.7182	100.00		

Fuente: Elaboración propia

**Figura 2.1** Curva granulométrica de gruesos

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de partículas finas se tomó como alimento la masa retenida pasante del tamiz 8, es decir lo que quedó en la base. El alimento fue de 845.0425 g. Posteriormente, se procedió con la misma metodología que en el análisis de gruesos y se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 2.5 Resultados del tamizaje de finos

Tamiz	Apertura	Masa retenida (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante
10	2	42.18409	5.05	5.05	94.95
40	0,425	411.86187	49.29	54.34	45.66
50	0,25	76.203518	9.12	63.46	36.54
200	0,075	253.10454	30.29	93.76	6.24
Fondo		52.163123	6.24	100.00	0.00
Total		835.517141			

Fuente: Elaboración propia

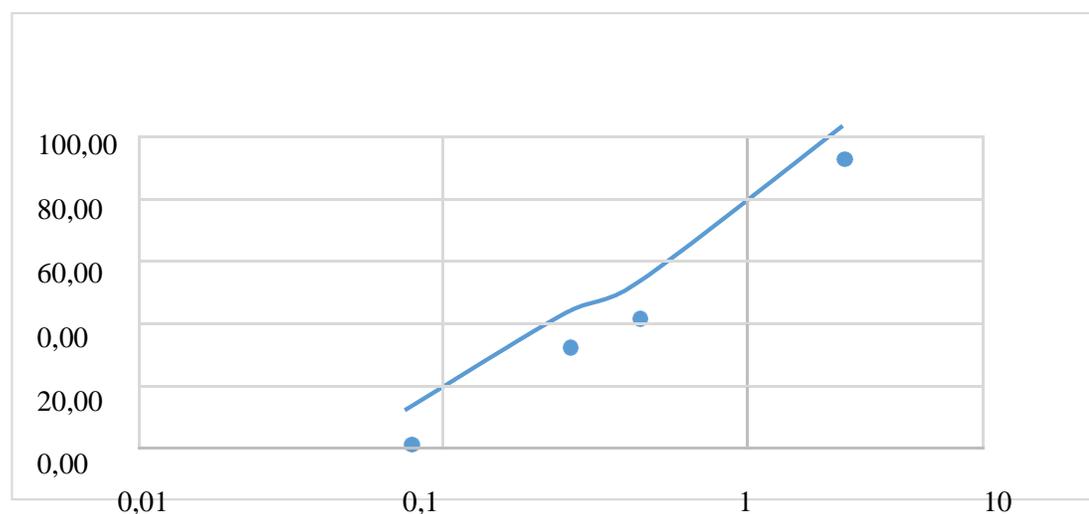


Figura 2.2 Curva granulométrica de finos

Fuente: Elaboración propia

2.4 Límite líquido

El límite líquido es el contenido de agua, expresado en porcentaje respecto al peso del suelo seco, que delimita la transición entre el estado líquido y plástico de un suelo amasado.

A continuación, se detallan los materiales utilizados.

- Aparato de límite líquido (manual o automático).
- Ranurador (curvo o plano).
- Espátula metálica (2 cm de ancho y de 10 a 13 cm de longitud).
- Cápsulas para mezclado.
- Tamiz # 40.
- Mortero y pestillo de caucho.
- Tarros de humedad.

Tabla 2.6 Resultados obtenidos en el cálculo del límite líquido de la muestra

NÚMERO DE GOLPES	PESO HÚMEDO (g)	PESO SECO (g)	PESO TARRO (g)	% HUMEDAD	% PROMEDIO
40	15.33	12.65	5.95	40.0	42.9
30	15.55	12.67	5.92	42.7	
20	16	12.89	5.95	44.8	
10	15.45	12.45	5.98	46.4	

Fuente: Elaboración propia

2.5 Límite plástico

El límite plástico es el contenido de agua del suelo en el punto de transición entre los estados plásticos y semisólido, determinado según la norma ASTM D424-59.

A continuación, se detallan los materiales utilizados.

- Placa de vidrio esmerilado de 30 x 30 cm.
- Capsula para mezclado.
- Espátula metálica.
- Tarros de humedad.
- Balanza.

2.5.1 Procedimiento

- De la fracción que pase la malla No. 40 se toma 15 gramos de suelo el mismo que será mezclado con una espátula mientras se añade agua hasta que adopte una consistencia suave y uniforme.
- Colocar la masa de suelo elipsoidal sobre una placa de vidrio, (o una superficie lisa no absorbente), y moldear el suelo con una presión suficiente para formar con el mismo un rollo de 3.2 mm (1/8”), por un tiempo no mayor de 2 minutos.
- Si al llegar el cordón cilíndrico a los 3.2 mm de diámetro, este no presenta fisuras o signos de desmenuzamiento, recoger el cordón y moldearlo nuevamente entre los dedos y repetir el proceso, de tal manera que en un segundo intento puede incluso tomarse como válido el punto de ensayo aun cuando el rollo del suelo presente fisuras antes de alcanzar los 3.2 mm de diámetro.
- Repetir de tal manera de reunir porciones fisuradas de rollos de suelo de 6 gramos de masa mínima cada uno y colocarlos en tarros de húmedos por consiguiente es necesario tomar como mínimo 6 porciones de suelo de 2 gramos para realizar el ensayo.

Tabla 2.7 Resultados obtenidos en el cálculo del límite plástico de la muestra

NÚMERO DE TARRO	PESO HÚMEDO (g)	PESO SECO (g)	PESO TARRO (g)	% HUMEDAD	% PROMEDIO
68	6.31	5.8	4.16	31.1	
15	6.6	6.05	4.32	31.8	
----	6.43	5.9	4.12	29.8	30.9

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la caracterización del material, se tiene los siguientes resultados.

Tabla 2.8 Composición de muestra

GRAVA	87 %
ARENA	6 %
FINOS	7 %

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.9 Resumen de las propiedades del material

HUMEDAD NATURAL:	5.9%
LÍMITE LÍQUIDO:	42.9%
ÍNDICE PLÁSTICO:	12.0%
ÍNDICE DE GRUPO:	0.0

Fuente: Elaboración propia

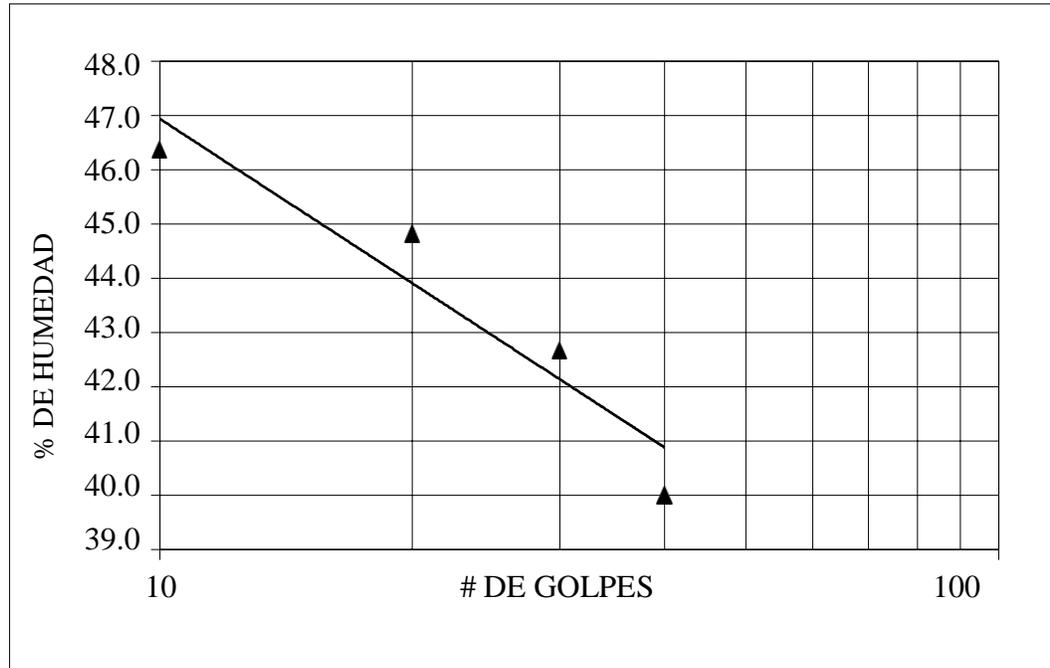


Figura 2.3 Límites de Atterberg

Fuente: Elaboración propia

2.6 Ensayo de compactación

Esta prueba permite determinar la relación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco de los suelos compactados en un molde. La metodología para este ensayo consiste en compactar el suelo en tres o cinco capas dentro de un molde específico por medio de golpes de un pistón que se deja caer desde una determinada altura. (COTECNO)

Según la norma AASHTO modificada, acogió la propuesta de PROCTOR con algunas especificaciones agrupadas en los métodos A, B, C y D (ver figura 2.4)

Tabla 2.10 Metodologías para el ensayo PROCTOR

AASHTO MODIFICADO T-180				
MARTILLO 10 LIBRAS	ALTURA DE CAIDA 18"			
Material	Pasa tamiz #4		Pasa tamiz # 3/4	
MÉTODOS	A	B	C	D
molde usado	4"	6"	4"	6"
número de capas	5	5	5	5
Número de golpes/capa	25	56	25	56
Volumen del molde sin collar (ft ³)	1/30	1/13.33	1/30	1/13.33
Volumen del molde sin collar (cm ³)	944	2123	944	2123
Energía de Compactación: lb * ft/ft ³	12375	12317	12375	12375
Datos generados de carreteras, calles y aeropuertos, RAÚL VALLE RODAS				

Fuente: (ASSHTO, 2003)

Materiales empleados:

- Bandeja.
- Molde de compactación.
- Martillo de compactación.
- Balanza.
- Regla metálica.
- Martillo.
- Pobreta graduada de 250 cm³.
- Extractor.
- Horno.

2.6.1 Procedimiento

Se toma la primera porción de material y se le agrega agua suficiente como para formar una masa de humedad uniforme y luego se divide esta porción en 3 o 5 partes iguales (según el número de capas del método que se use). Cada capa se compacta con el martillo correspondiente y con el número de golpes especificados. Cabe recalcar que cada capa compactada debe contener aproximadamente 1" de espesor.

Enseguida se pesa el molde con el suelo compactado y se determina la densidad (γ_m). Antes de eliminar esta primera muestra compactada se determina su contenido de humedad proveniente de una pequeña porción de su parte central y ubicada en el horno a 105 o 110 °C. Con este contenido de humedad se determina la humedad seca (γ_d) a partir de la densidad húmeda.

Tabla 2.11 Especificaciones de la muestra y los materiales

MOLDE N.º 2		
PESO	6623	g
VOLUMEN	2.123	cm ³
DIÁMETRO	15.24	cm
NÚMERO DE CAPAS	5	
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	56	
PESO DEL MARTILLO	4.55	kilos
ALTURA DE CAÍDA DEL MARTILLO	45.72	cm

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.12 Resultados de la densidad

DENSIDAD				
MUESTRA N.º	1	2	3	4
PESO SUELO + MOLDE	10187	10894	11209	10671
DENSIDAD HÚMEDA	1.679	2.012	2.160	1.907
DENSIDAD SECA	1.578	1.861	1.963	1.691

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.13 Porcentajes de humedad

PORCENTAJE DE HUMEDAD								
PESO HÚMEDO +TARRO	62.69	77.20	76.4	76.25	51.27	56.98	73.19	66.58
PESO SECO +TARRO	60.78	74.25	72.65	72.1	49.09	53.58	68.37	61.47
PESO TARRO	29.93	29.10	28.34	18.7	27.81	19.1	28.59	23.35
% DE HUMEDAD	6.2	6.5	8.5	7.8	10.2	9.9	12.1	13.4
PROMEDIO % HUMEDAD	6.4		8.1		10.1		12.8	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.14 Resultados densidad vs humedad

MÁXIMA DENSIDAD SECA	1.964	kg/m ³
% ÓPTIMO DE HUMEDAD	9.88	%

Fuente: Elaboración propia

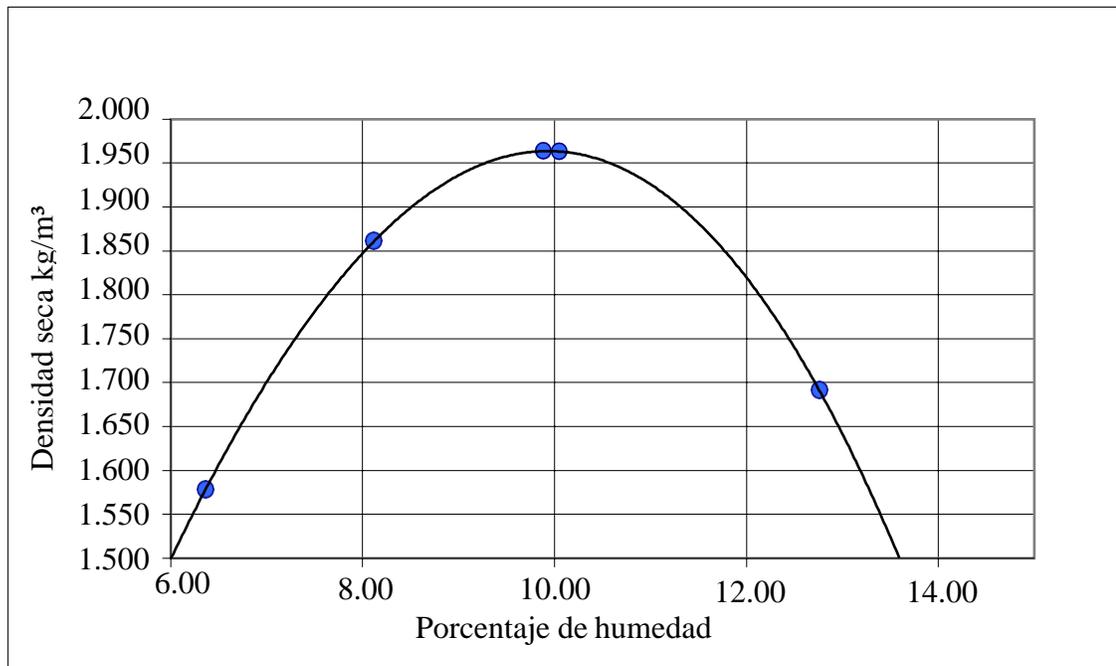


Figura 2.4 Grafica densidad vs humedad

Fuente: Elaboración propia

2.7 Ensayo de relación soporte california CBR

Según la norma ASTM D1883-73, en el siguiente ensayo se medirá la resistencia al corte (fuerza cortante) bajo las condiciones de humedad y densidad controlada, más conocida como “relación de soporte” lo que permite obtener un número de relación de soporte, que no es constante para un suelo dado, sino que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo. (Mario, 2019)

Los ensayos de CBR se hacen usualmente sobre muestras compactadas al contenido de humedad óptima para un suelo específico, utilizando el ensayo de compactación estándar o modificada del experimento.

$$\text{CBR} = \frac{\text{Esfuerzo del suelo ensayado}}{\text{Esfuerzo del suelo patrón}} \times 100 \quad (11)$$

Tabla 2.15 Clasificación y uso potencial del suelo según el valor de CBR

CBR	CLASIFICACIÓN CUALITATIVA DEL SUELO	USO
2 – 5	Muy mala	Sub-rasante
5 – 8	Mala	Sub-rasante
8 - 20	Regular - Buena	Sub-rasante
20 - 30	Excelente	Sub-rasante
30 – 60	Buena	Sub-base
60 – 80	Buena	Base
80 - 100	Excelente	Base

Fuente: (Assis A, 1988)

Materiales empleados

- Bandeja.
- Molde de compactación.
- Martillo de compactación.
- Balanza.
- Regla metálica.
- Martillo.
- Proctor modificado.

2.7.1 Procedimiento

- Se tamiza el suelo a ensayar por los tamices normados (cuando el 75% del peso de la muestra pase el tamiz 3/4")
- Se procede a medir la cantidad de agua obtenida anteriormente en la probeta, se mezcla el suelo con la cantidad de agua obteniendo una mezcla homogénea.
- Se pesa el molde sin collarín y se procede a tomar las medidas de diámetro, altura y peso del molde.
- Se coloca en el molde 5 capas de suelo y se golpea con el martillo cada capa según corresponda al molde.
- Se retira el collarín y se enraza la última capa y se procede a pesar el molde con el suelo.
- Por último, se lleva a la máquina para aplicar CBR.

Tabla 2.16 Resultados de humedad para el CBR

ENSAYO DE RELACIÓN SOPORTE CALIFORNIA CBR. (ASTM D1883-73)						
DENSIDAD						
PESO DEL MARTILLO: 4.55 kilos ALTURA DE CAÍDA: 45,72 cm.						
SOBRECARGA: 10 LIBRAS						
Molde N°.	1	2	3			
Número de capas	5	5	5			
Número de golpes por capa	56	27	11			
ANTES DEL REMOJO						
Peso muestra + molde (g).	11600	11789	11500	11700	11385	11687
Peso molde (g).	7000	7000	7154	7154	7147	7147
Peso muestra (g).	4600	4789	4346	4546	4238	4540
Volumen muestra cm ³ .	2103	2103	2123	2123	2136	2136
Densidad húmeda kg/m ³ .	2.187	2.277	2.047	2.141	1.984	2.125

Densidad seca kg/m ³ .	1.963	1.973	1.837	1.839	1.780	1.778
CONTENIDO DE AGUA						
Número del Tarro						
Peso húmedo + tarro (g).	95.95	87.45	102.58	108.25	87.25	77.42
Peso seco + tarro (g).	88.47	78.75	93.68	95.95	81.22	68.43
Peso tarro (g).	22.25	22.26	24.25	21.01	22.25	22.48
Contenido de humedad %	11.3	15.4	12.8	16.4	10.2	19.6
Promedio humedad %	11.4	15.4	11.4	16.4	11.4	19.6
Agua absorbida %		4.1		4.6		7.1

Fuente: Elaboración propia

2.8 Ensayo de relación soporte california CBR (Determinación del soporte de suelos)

El ensayo CBR también sirve para la determinación del soporte de los suelos compactados y ensayados en laboratorio, comparando la carga de penetración en el suelo con el correspondiente a un material normalizado. Esta norma es aplicada para la evaluación de la calidad relativa de suelos, pero también sirve para la aplicación a materiales de subbase, como indica la norma ASTM D1883-73.

Materiales empleados

- Bandeja.
- Molde de compactación.
- Martillo de compactación.
- Balanza.
- Regla metálica.

- Martillo.
- Proctor modificado.

2.8.1 Procedimiento

Se aplica una sobrecarga que sea suficiente, para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento (con ± 2.27 kg de aproximación) pero no menor de 4.54 kg (10 lb). Para evitar el empuje hacia arriba del suelo dentro del agujero de las pesas de sobrecarga, es conveniente asentar el pistón luego de poner la primera sobrecarga sobre la muestra, colocar en el orificio central de la sobrecarga, anular el pistón de penetración y añadir el resto de la sobrecarga. Finalmente, se monta el dial, de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 50N para que el pistón se asiente. Seguidamente se sitúan en cero las agujas de los diales medidores, el del anillo dinamométrico, u otro dispositivo para medir la carga, y el de control de la penetración.

Tabla 2.17 Resultados del molde 1

ANILLO: No 1			CONSTANTE: 2.47397 lb/pulg ²			
Molde			1	Expansión		1.25 %
TIEMPO	PENETRACIÓN	CARGA (DIAL)	PRESIÓN	PRESIÓN CORREGIDA	PRESIÓN ESTÁNDAR	CBR
min	pulg	mm	lb/pulg ²	lb/pulg ²	lb/pulg ²	
0	0	0	0.0			
0,5	25	27	66.8			
1	50	63	155.9			
1,5	75	90	222.7			
2	100	128	316.7	317	1000	31.7
3	150	130	321.6			
4	200	215	531.9			
5	250	300	742.2			
6	300	345	853.5			
8	400	422	1044.0			
10	500	512	1266.7			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.18 Resultados del molde 2

Molde			2	Expansión		2.22%
TIEMPO	PENETRACIÓN	CARGA (DIAL)	PRESIÓN	PRESIÓN CORREGIDA	PRESIÓN ESTÁNDAR	CBR
min.	pulg.	mm	lb/pulg ²	lb/pulg ²	lb/pulg ²	
0	0	0	0.0			
0.5	25	12	29.7			
1	50	35	86.6			
1.5	75	54	133.6			
2	100	85	210.3	210	1000	21.0
3	150	102	252.3			
4	200	124	306.8			
5	250	200	494.8			
6	300	226	559.1			
8	400	233	576.4			
10	500	315	779.3			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.19 Resultado molde 3

Molde			3	Expansión		3.25%
TIEMPO	PENETRACIÓN	CARGA (DIAL)	PRESIÓN	PRESIÓN CORREGIDA	PRESIÓN ESTÁNDAR	CBR
min.	pulg.	mm	lb/pulg ²	lb/pulg ²	lb/pulg ²	
0	0	0	0.0			
0.5	25	5	12.4			
1	50	15	37.1			
1,5	75	32	79.2			
2	100	45	111.3	111	1000	11.1
3	150	61	150.9			
4	200	72	178.1			
5	250	87	215.2			
6	300	124	306.8			
8	400	124	306.8			
10	500	128	316.7			

Fuente: Elaboración propia

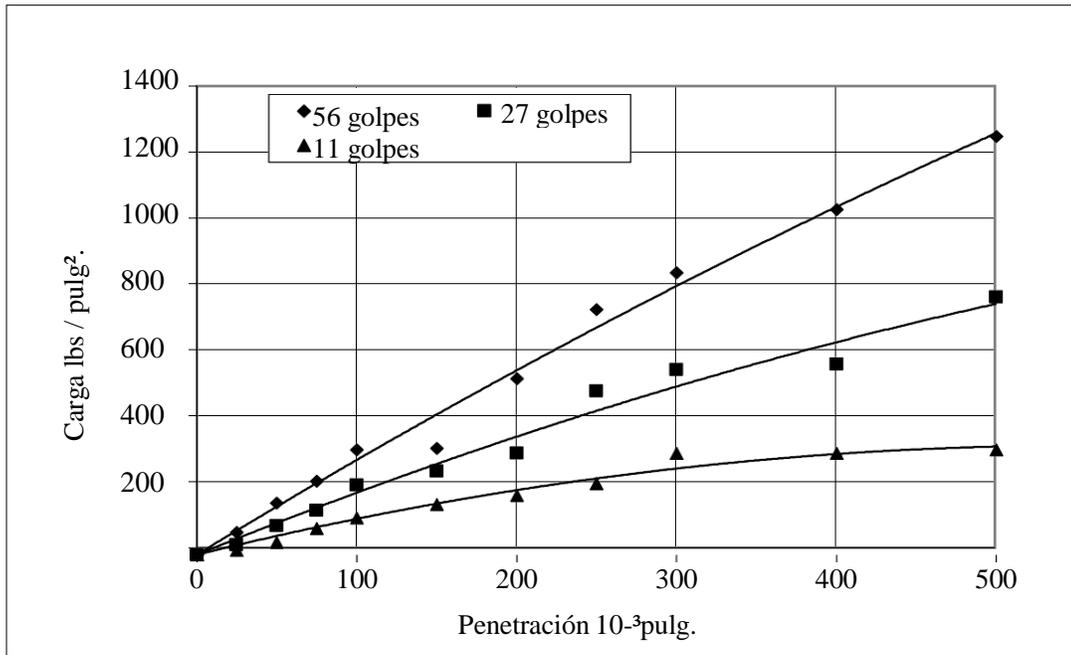


Figura 2.5 Resultados del análisis carga vs penetración

Fuente: Elaboración propia

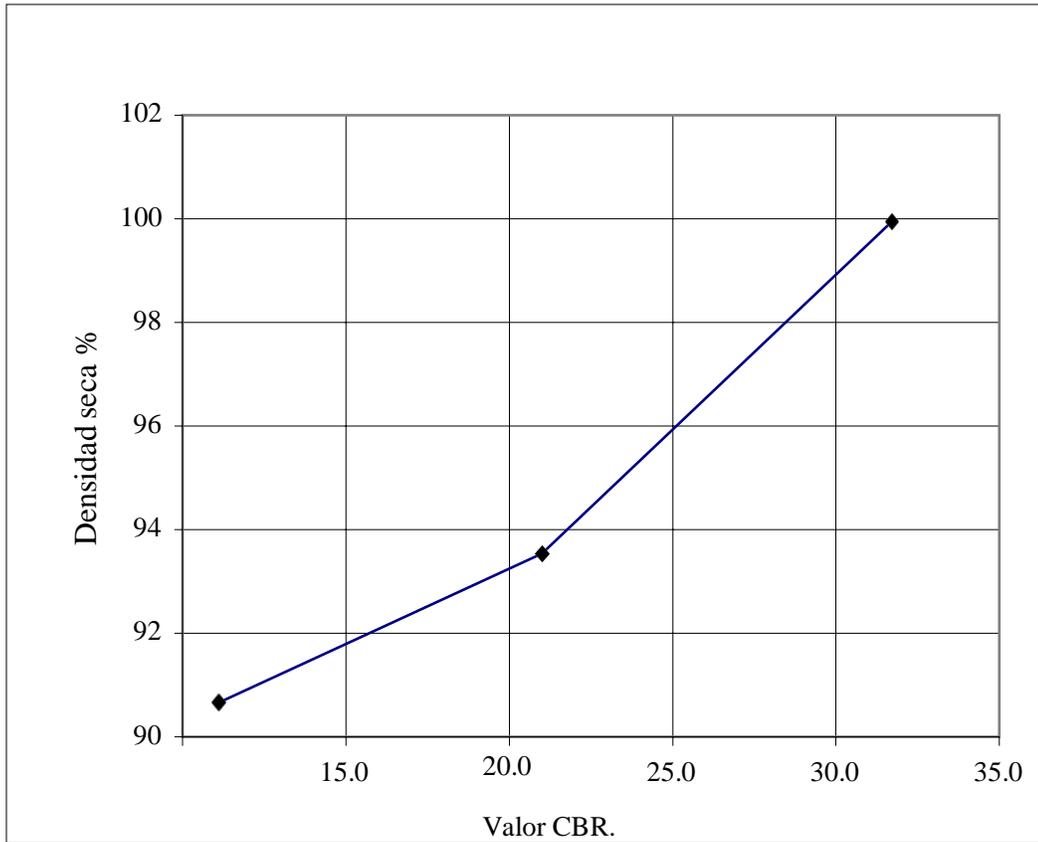


Figura 2.6 Grafica de densidad vs CBR

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3

DISEÑO METODOLÓGICO DE EXPLOTACIÓN PARA MATERIALES PÉTREOS

3.1 Topografía

Realizado el levantamiento del terreno a escala 1:2000 mediante ortofoto y una estación RTK, se denotó el estado actual del terreno, el cual ha sido utilizado para la explotación del material.

El levantamiento topográfico sirve para adaptar un planeamiento minero en 3D a corto y largo plazo con la utilización de un software minero (Civil 3D, ArcGis). El área total para la extracción de lastre presenta un volumen aproximado de 5.000 m³ para un periodo de doce meses (1 año) que ha venido siendo extraído sin ningún control. A partir del estado actual de la zona se planteará el diseño de explotación.

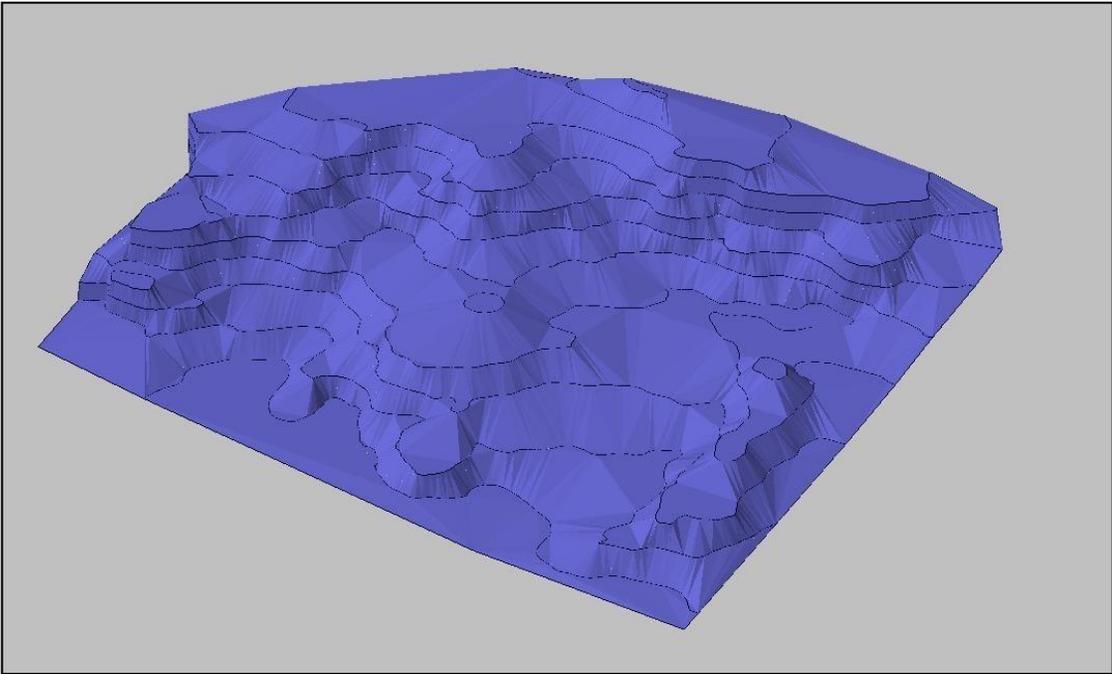


Figura 3.1 Estado actual de libre aprovechamiento “Gorrión”

Fuente: Elaboración propia

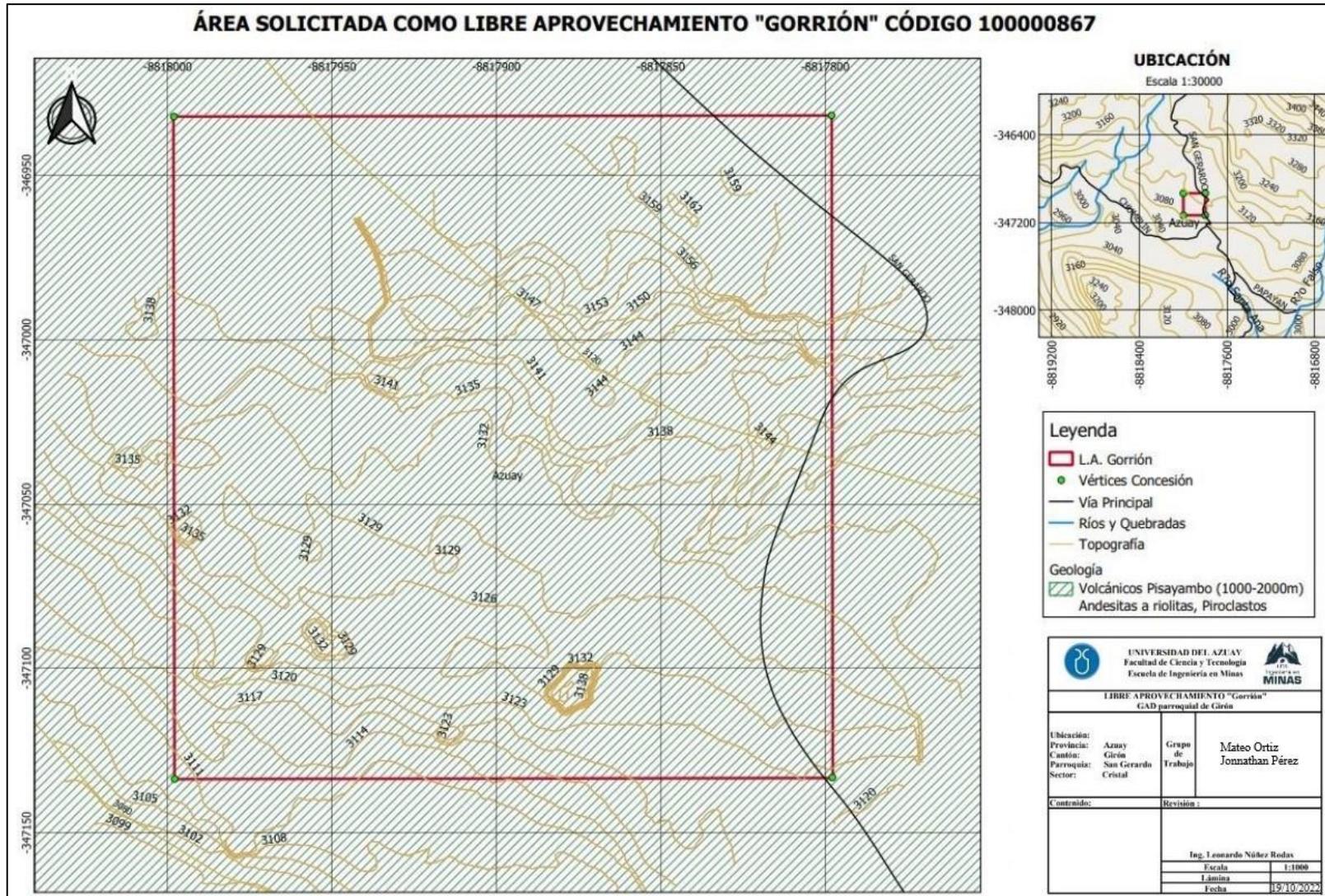


Figura 3.2 Mapa de ubicación del libre aprovechamiento "Gorrion"

Fuente: Elaboración propia

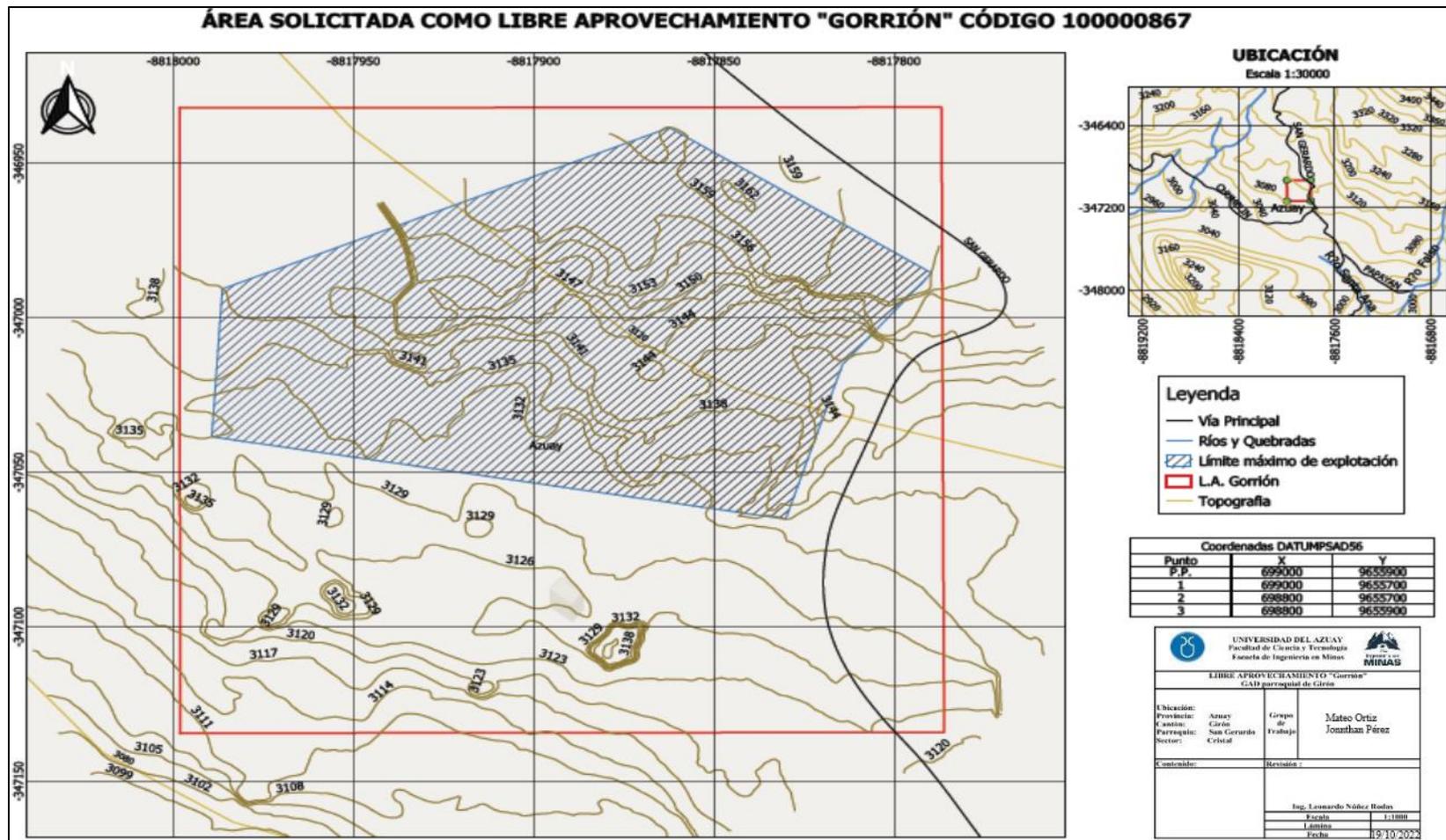


Figura 3.3 Zona de interés donde se realizó el levantamiento del proyecto

Fuente: Elaboración propia

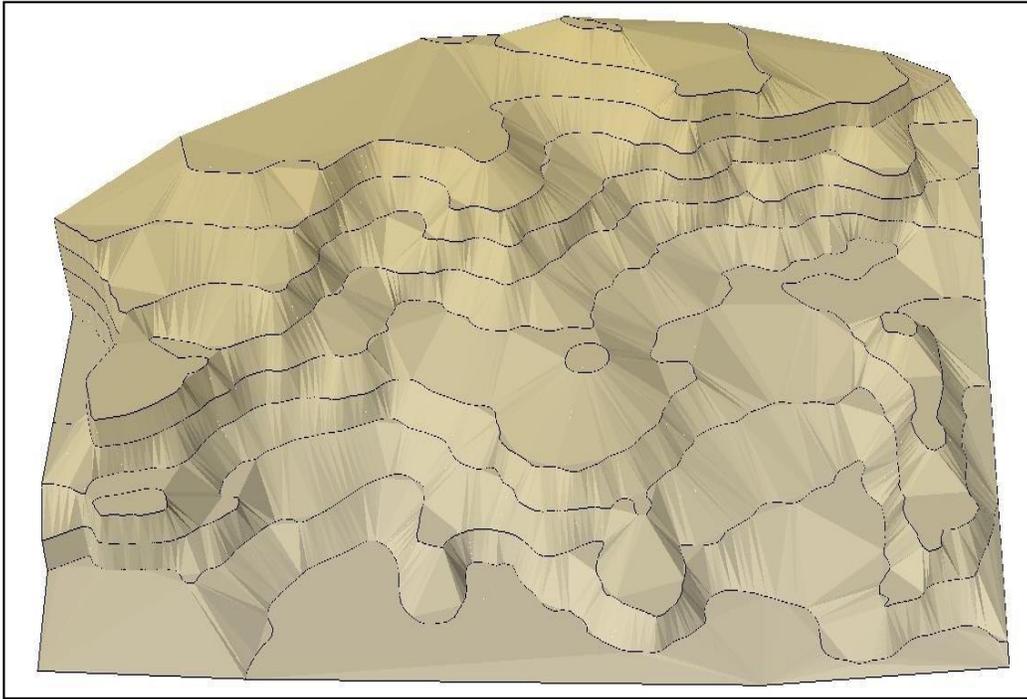


Figura 3.4 Topografía inicial, libre aprovechamiento “Gorrión”

Fuente: Elaboración propia

3.2 Parámetros de diseño para la cantera

3.2.1 Estabilidad de taludes

El factor de seguridad en taludes se calcula por la relación existente entre las fuerzas que se oponen al deslizamiento (fuerzas resistivas) y las fuerzas favorables al movimiento. El cálculo de factor de seguridad se lo realiza en base a la ecuación 12, la cual toma en consideración la calidad del macizo rocoso y los parámetros técnicos de explotación.

$$\eta = \sqrt{\frac{T + b}{a}} \quad (12)$$

Para la fórmula 12 tenemos que:

η : Coeficiente de estabilidad del talud de un banco.

N: Índice dependiente de la roca y su grado de meteorización.

T: Tiempo de existencia del borde la cantera.

a y b: Coeficientes dependientes de la calidad de la roca.

Nota: Los valores a, b y N se la toma de la tabla 3.1, la cual se basa en las características del macizo rocoso y de los ángulos de trabajo determinados para la cantera.

Tabla 3.1 Ángulo de talud del borde

Características de la Roca	Ángulo de talud del borde, grados								
	10°-30°			30°-60°			> 60°		
	a	B	N	A	B	N	a	b	N
Homogéneas, frágiles sin debilitamiento	1.2	0.9	6	1.17	0.92	5,2	1.15	0.95	4.8
Continuas, poco fracturadas con cohesión, poco frágil	1.15	0.88	5.5	1.08	0.87	4.8	1.1	0.86	4.6
Continuas, fracturadas con ligazón estructural, frágil moderada	1.05	0.8	5.5	1.03	0.82	4.6	1.05	0.8	4.2
Heterogéneas de estructura blocosa con distribución muy irregular de las tensiones en el macizo	1.05	0.8	4.5	1.02	0.75	4.3	1.0	0.7	4.0

Fuente:(Sosa et al., 1980)

Nota: Debido a las condiciones del macizo rocoso y la caracterización del material rocoso se toman los ángulos de 30°- 60°.

$$\eta = \sqrt[4.3]{\frac{10 + 0.75}{1.02}} \quad (13)$$
$$\eta = 1.73$$

3.2.2 Profundidad de la cantera

Para el cálculo de la profundidad máxima de la cantera, se toma como referencia los parámetros geotécnicos, topográficos y económicos del área a trabajar. Para el caso de estudio, se ha definido la profundidad de la cantera en base a la diferencia de cotas, es decir cota máxima menos cota mínima del proyecto.

$$Hc = \text{Cota superior} - \text{Cota inferior} \quad (14)$$

$$Hc = 3160 - 3132$$

$$Hc = 28 \text{ m}$$

3.2.3 Coeficiente de Protodyakonov (*f*)

Protodyakonov clasifica a las rocas con base a su resistencia a la compresión.

Para el caso de estudio, existe un índice f de 2 (ver Figura 3.5)

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	f
Excepcional	Cuarcita, Basalto y rocas de resistencia excepcional	20
Alta resistencia	Granito, areniscas silíceas y calizas muy competentes	15-20
Resistencia media	Calizas, granito algo alterado y areniscas	8-6
	Areniscas medias y pizarras	5
	Lutitas, areniscas flojas y conglomerados friables	4
	Lutita, esquistos y margas compactas	3
Resistencia baja	Calizas, lutitas blandas, margas areniscas friables, gravas, bolos cementados	2
	Lutitas fisuradas y rotas, gravas compactas y arcillas preconsolidadas	1.5
Resistencia muy baja	Arcillas y gravas arcillosas	1
	Suelos vegetales, turbas y arenas húmedas	0.6
	Arenas y gravas finas	0.5
	Limos y loess	0.3

Figura 3.5 Clasificación Geomecánica de Rocas de Protodyakonov

Fuente:(Santana, 2019). Modificado de (Protodyakonov, 1962)

Para la estimación del valor de la resistencia a la compresión, hay que tomar en referencia la tabla propuesta por (Brown, 1981).

Tabla 3.2 Estimación de la resistencia de las rocas mediante un martillo de geólogo y navaja

Grado	Descripción	Identificación de campo	Valor aproximado de la resistencia a compresión simple en MPa
R 0	Extremadamente débil	Se puede penetrar con el dedo pulgar	0,25-1,0
R 1	Muy débil	Deleznable bajo golpes fuertes con la parte puntiaguda del martillo geológico; puede cortarse con una navaja.	1,0-5,0
R 2	Débil	Puede cortarse con dificultad con una navaja; se pueden hacer marcas poco profundas golpeando fuertemente la roca con la punta del martillo	5,0-25
R 3	Media	No se puede cortar con una navaja; las muestras se pueden romper con un golpe firme con el martillo.	25-50
R 4	Resistente	Se necesita más de un golpe con el martillo geológico para romper la muestra.	50-100
R 5	Muy resistente	Se necesitan muchos golpes con el martillo geológico para romper la muestra.	100-250
R 6	Extremadamente resistente	Sólo se pueden desprender esquirlas de la muestra con el martillo geológico.	>250

Fuente: (Oyanguren et al., 2004). Modificado de (Brown, 1981).

$$f = \frac{R_{cop}}{100} \quad (15)$$

$$f = \frac{25}{100}$$

$$f = 0.25 \text{ Mpa} \dots \dots (2.55 \text{ kg/cm}^2)$$

3.2.4 Ángulo de talud de los bancos

Es el ángulo que forma el talud del banco con el pie del banco, se lo determina en función de la calidad del macizo rocoso (ver ecuación 16).

$$\phi = \arctg(f) \quad (16)$$

$$\phi = \arctg(2.55)$$

$$\phi = 68.587 \sim 69^\circ$$

Donde:

ϕ : Ángulo de talud.

f : Coeficiente de Protodyakonov.

3.2.5 Altura del banco

La altura del banco se encuentra limitada por la maquinaria, específicamente en nuestro caso por la excavadora (el alcance que tiene el brazo). Por tal razón, se ha optado por una altura de banco de 4 m.

3.2.6 Número de bancos

El número de bancos de una cantera está en función de la profundidad y de la altura de los bancos (ver ecuación 17).

$$N_b = \frac{P_f}{H_b} \quad (17)$$

Donde:

P_f : Profundidad de la cantera.

H_b : Altura del banco.

$$N_b = \frac{28}{4}$$

$$N_b = 7 \text{ bancos}$$

3.2.7 Berma de seguridad (en trabajo)

La berma de seguridad aporta estabilidad al borde de la cantera y se la calcula en función de la altura de los bancos. Además, es considerada como una zona de amortiguamiento para los posibles desprendimientos de material.

$$B = 0.2 H_b + 4.5 \quad (18)$$

Donde:

B: Ancho de la berma (m).

H_b: Altura de banco.

$$B = 0.2 (4) + 4.5$$

$$B = 5.3 \text{ m}$$

3.2.8 Ancho de la vía

El ancho de la vía está en función del ancho de la maquinaria más grande utilizada en el proyecto, de modo que se pueda garantizar su plena movilidad.

$$T = a * (0.5 + 1.5 * n) \quad (19)$$

Donde:

T: Ancho de la vía (m).

a: Ancho del vehículo de mayor dimensión (volqueta = 3.1 m).

n: Número de carriles = 1

$$T = 3.1 * (0.5 + 1.5 * 1)$$

$$T = 6.2 \text{ m}$$

3.2.9 Espacio de maniobras para la excavadora

Esta dimensión es calculada en función al ancho de la excavadora.

$$C = 1.5 * Ae(20)$$

Donde:

C: Espacio de maniobra de la excavadora (m).

Ae: Ancho de la excavadora Volvo EC330BLC = 3.1 m

$$C = 1.5 * 3.1$$

$$C = 4.65 \text{ m}$$

3.2.10 Ancho del prisma de deslizamiento

Se calcula mediante

$$Pd = \frac{Hb}{\tan(\phi)} \quad (21)$$

$$Pd = \frac{4}{\tan(69)}$$

$$Pd = 1.54 \text{ m}$$

3.2.11 Ancho de la plataforma de trabajo

Una correcta dimensión de la plataforma de trabajo permite el correcto desarrollo de las actividades tanto extractivas como logísticas. Por tal razón la plataforma tiene que tener las dimensiones óptimas para que se pueda dar la correcta movilidad de la maquinaria demás equipos esenciales para la mina.

El ancho de las plataformas se determina por la ecuación 22.

$$B_{pt} = A + C + T + B + Pd \quad (22)$$

Donde:

B: Berma de seguridad (m).

T: Ancho de la vía (m).

C: Espacio de maniobra de la excavadora (m).

A: Ancho de la pila de material (3m).

$$B_{pt} = 3 + 4.65 + 6.2 + 5.3 + 1.54$$

$$B_{pt} = 20.69 \text{ m} \sim 21 \text{ m}$$

3.2.12 Ángulo del talud del borde de la cantera en trabajo

Este parámetro se obtiene de la siguiente ecuación:

$$\theta = \operatorname{arctg} \frac{Hb}{Hb * \cot(\phi) + Bpt} \quad (23)$$

Donde:

ϕ : Ángulo del borde de la cantera en trabajo.

Hb: Altura del banco.

α : Ángulo de talud del banco.

Bpt: Ancho de la plataforma de trabajo.

$$\theta = \operatorname{arctg} \frac{4}{4 * \cot(69) + 21}$$

$$\theta_b = 10.06^\circ \sim 10^\circ$$

3.2.13 Ángulo de liquidación

Sosa et al. (1980) define el ángulo de liquidación de una cantera en función del ángulo de trabajo y del coeficiente de seguridad de los taludes (ks), en donde se tiene:

$$\alpha_f = \frac{\phi}{K_s} \quad (24)$$

Donde:

α_f = ángulo de liquidación.

ϕ = ángulo de trabajo.

k_s (trabajo) = 1.1 - 1.2

k_s (Final) = 1.7 - 2

$$\alpha_f = \frac{69}{1.7}$$

$$\alpha_f = 40.58^\circ$$

3.2.14 Ancho de las bermas en liquidación

$$Bl = \frac{1}{3} (Hb) \quad (25)$$

Donde:

Hb = Altura del banco.

$$Bl = \frac{1}{3} \times 4$$

$$Bl = 1.33 \text{ m}$$

De los parámetros técnicos de diseño obtenidos anteriormente, se observa que cumplen con los rangos establecidos por (Protodyakonov, 1962).

El área de libre aprovechamiento Gorrión, al ser una cantera explotada en años pasados, relativamente antiguos, tenía una explotación de escaso interés, dado que se consideraba un material de escaso valor económico y abundante, el cual se podía encontrar en cualquier yacimiento. Es por esto que la misma se explota con una escasa tecnificación y baja producción. (Herbert, 2006)

A continuación, se resumen las ventajas del método de explotación propuesto en comparación a las desventajas del método antitécnico actual. (Herbert, 2018)

Tabla 3.3 Comparación ventajas y desventajas de tener o no un método de explotación.

Método de explotación por banqueo descendente	Explotación actual (sin método)
Ventajas	Desventajas
Estabilidad en el macizo rocoso, por lo tanto, estabilidad en el talud.	Inestabilidad en el macizo rocoso, por lo tanto, inestabilidad en el talud.
Recuperación óptima del volumen de mineral explotable.	Deficiente recuperación del volumen del mineral explotable.
Planificación más flexible a medida que progresa el tajo.	No existe planificación por lo tanto mayor riesgo de inestabilidad conforme avance el tajo.
La mecanización no tiene límite en cuanto a dimensiones de los equipos.	Mecanización de equipos limitada al no poseer un método de explotación.
Productividad más alta.	Productividad baja, por lo tanto, mayor gasto.
En caso de requerir voladura, los tonelajes por cada voladura son mucho mayores.	No se podría realizar una voladura por falta de método de explotación.
Facilidad para la remediación ambiental en el cierre de mina.	Mayores gastos en remediación ambiental.
Las condiciones sociales serían óptimas por la generación de empleo y buenos procesos ambientales.	No se genera empleo y el trato ambiental es deficiente, lo que genera inestabilidad social y oposición de la gente del sector.
Mayor inversión inicial, mayores ganancias a futuro.	Menor inversión inicial, menores ganancias a futuro.

Fuente: Elaboración propia

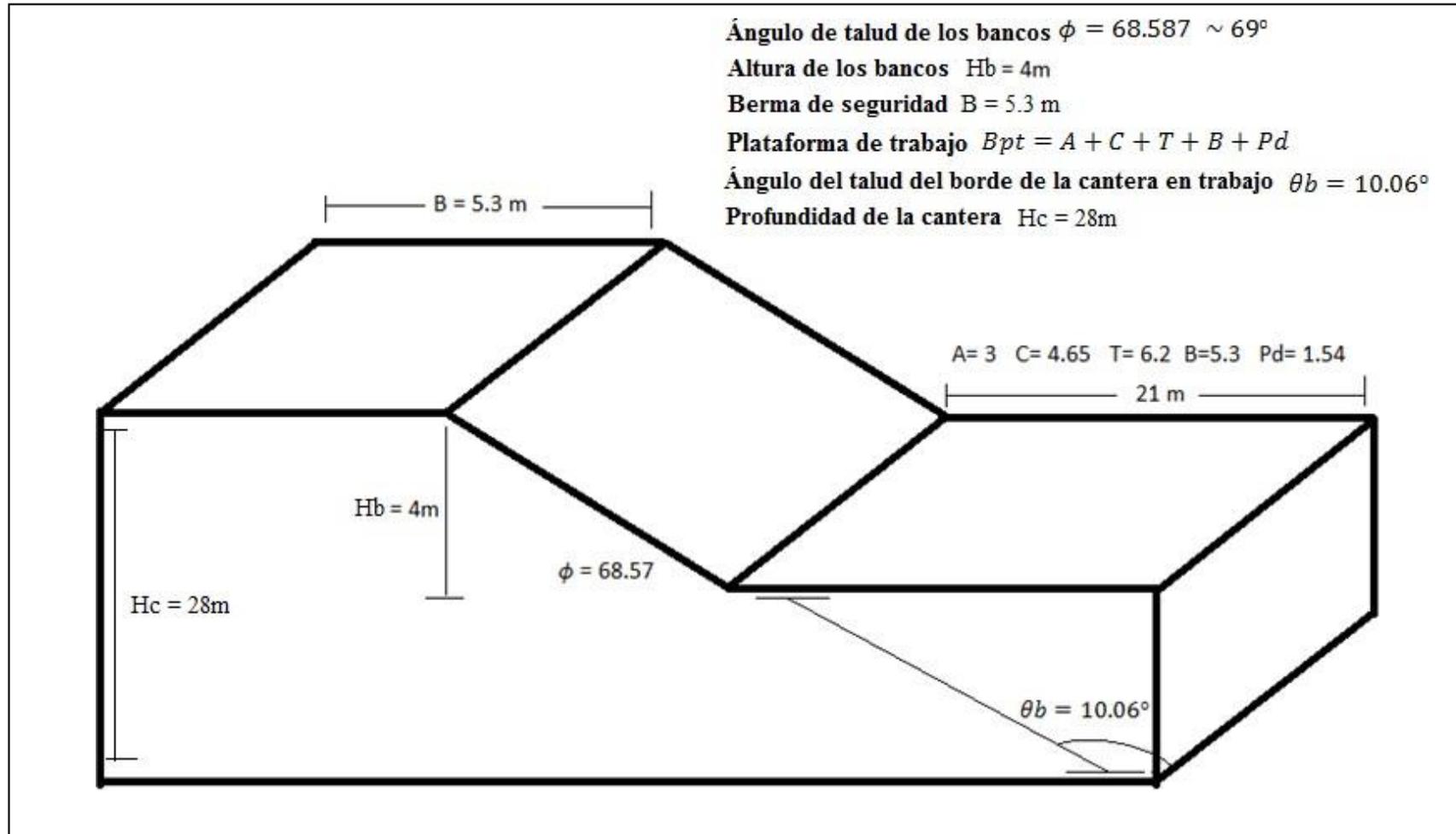


Figura 3.6 Diseño geométrico para el diseño del método de explotación

Fuente: Elaboración propia

Grupo de rocas	Características del macizo rocoso	Altura de un banco (m)	Angulo de talud de los bancos (grados)		
			En trabajo	En receso	
				Para un banco	Para 2-3 unidos
Rocas Peñascosas $R_{cop} > 80 \text{ MPa}$ $f > 8$	Rocas altamente resistentes, sedimentarias metamórficas y rocas efusivas.	15 – 20	hasta 90	70 - 75	65 – 70
	Rocas resistentes poco fracturadas y débilmente meteorizadas, sedimentarias, metamórficas y efusivas.	15 – 20	hasta 80	60 - 75	55 – 60
	Rocas resistentes, fracturadas y débilmente meteorizadas, sedimentarias. metamórficas y efusivas	15 – 20	hasta 75	55 - 60	50 – 55
Rocas poco resistentes, peñascosas y semipeñascosas $8 \leq R_{cop} < 80 \text{ MPa}$ $f > 8$	Rocas sedimentarias, metamórficas y efusivas de la zona meteorizada, calizas relativamente estables en los taludes, areniscas, alebrolitas y otras rocas sedimentarias con cemento silícico, conglomerados, gneis, porfiritas, granitos, tobas.	10 – 15	70 – 75	50 - 55	45 – 50
Rocas poco resistentes, peñascosas y semipeñascosas $1 \leq f \leq 8$	Rocas sedimentarias, metamórficas y efusivas, altamente meteorizadas y todas las rocas intensamente meteorizadas en los taludes (argilitas, alebrolitas, esquistos).	10 – 15	60 – 70	35 – 45	35 – 40
Rocas suaves y granuladas (pulverulentas) $R_{cop} = 8 \text{ MPa}$ $f < 1$	Rocas arcillosas así como también todas las rocas totalmente desintegradas (descompuestas).	10 – 15	50 – 60	40 – 45	35 – 40
	Rocas arcillo – arenosas	10 – 15	40 – 50	35 – 45	30 – 40
	Rocas gravo – arenosas	10 – 15	hasta 40	30 - 40	2– 35

Figura 3.7 Ángulos para taludes en Canteras

Fuente: (Santana, 2019) Modificado de (Protodyakonov, 1962)

3.3 Diseño de explotación

Para la ejecución del diseño de explotación propuesto en el presente trabajo, se recomienda utilizar el método de banqueo ascendente. Por medio del análisis e interpretación de información levantada en campo y análisis de laboratorio, se obtuvo los parámetros geotécnicos necesarios para el cálculo de profundidad de la cantera, altura de bancos, números de bancos, ángulo de talud, ancho de las bermas y la vía de acceso, los mismos que fueron ingresados al programa Civil 3D para el modelado de la cantera que se presenta a continuación.

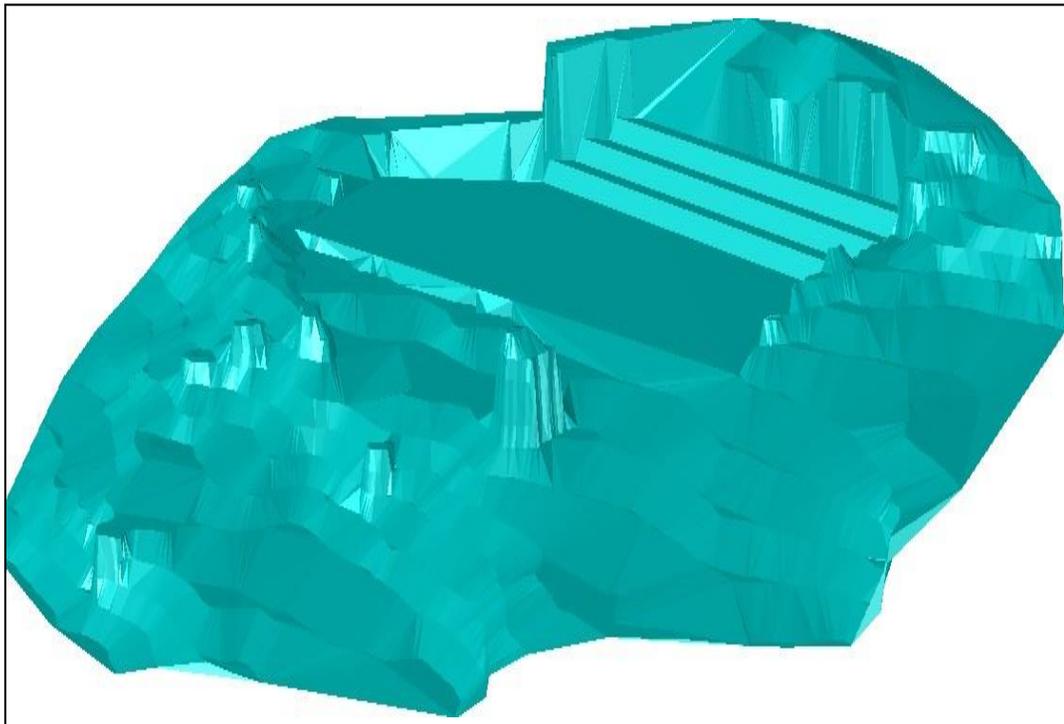


Figura 3.8 Modelo 3D primera etapa de explotación “Gorrión”

Fuente: Elaboración propia

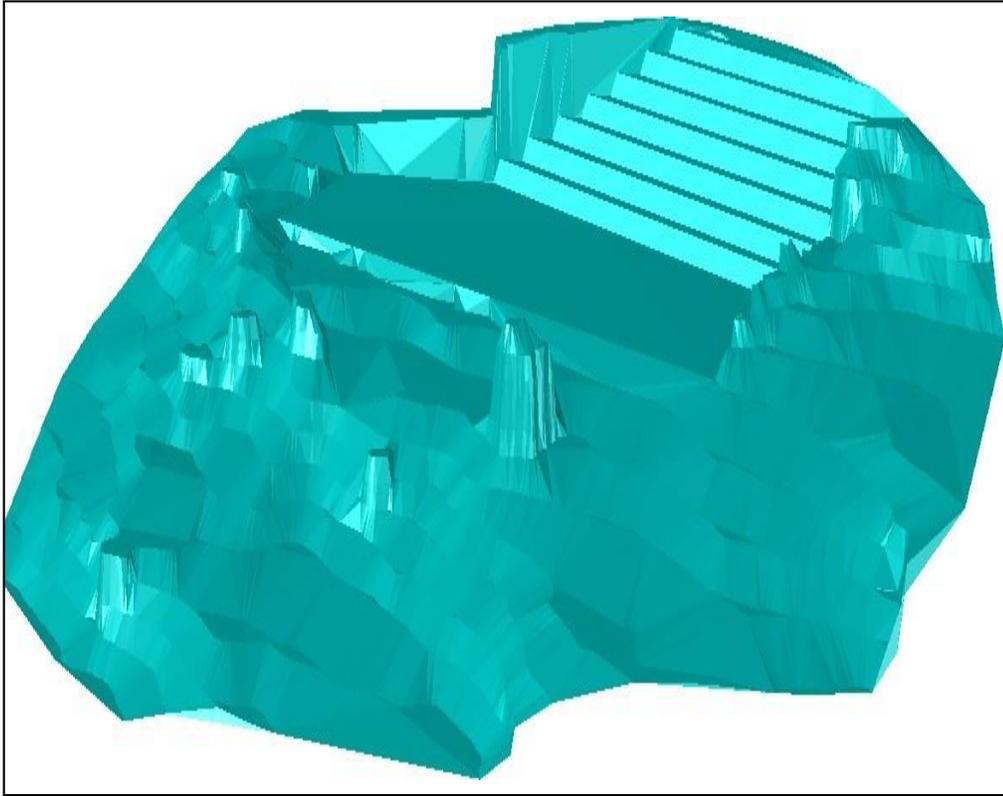


Figura 3.9 Modelo 3D Etapa final de explotación “Gorrión”

Fuente: Elaboración propia

3.4 Cálculo de extracción por Etapas

El libre aprovechamiento “Gorrión” extrae material de manera ocasional, es decir no tiene un volumen fijo de extracción, por tal motivo, no es conveniente establecer un cronograma de extracción sea este mensual o anual. El volumen de material a extraer estará en función de las necesidades del GAD y para ello se deberán basar en la información presentada a continuación, en donde se detallan los perfiles de extracción, las áreas que ocupa cada fase y el volumen de material a extraer por cada una de ellas.

Nota: El volumen total de extracción (Etapa 1 + Etapa 2) es de 112463,60 m³

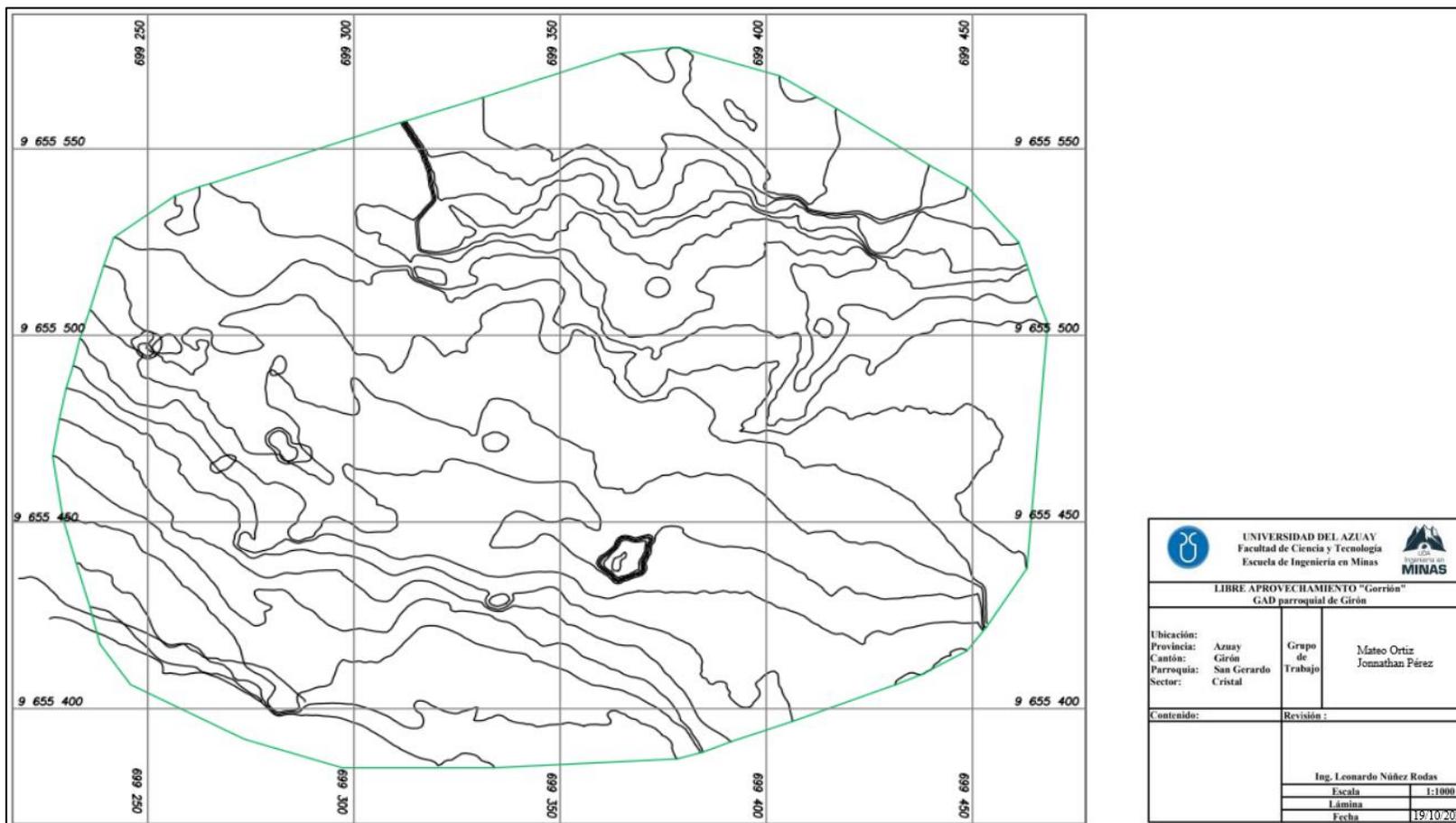


Figura 3.10 Estado actual de la cantera Gorrión

Fuente: Elaboración propia

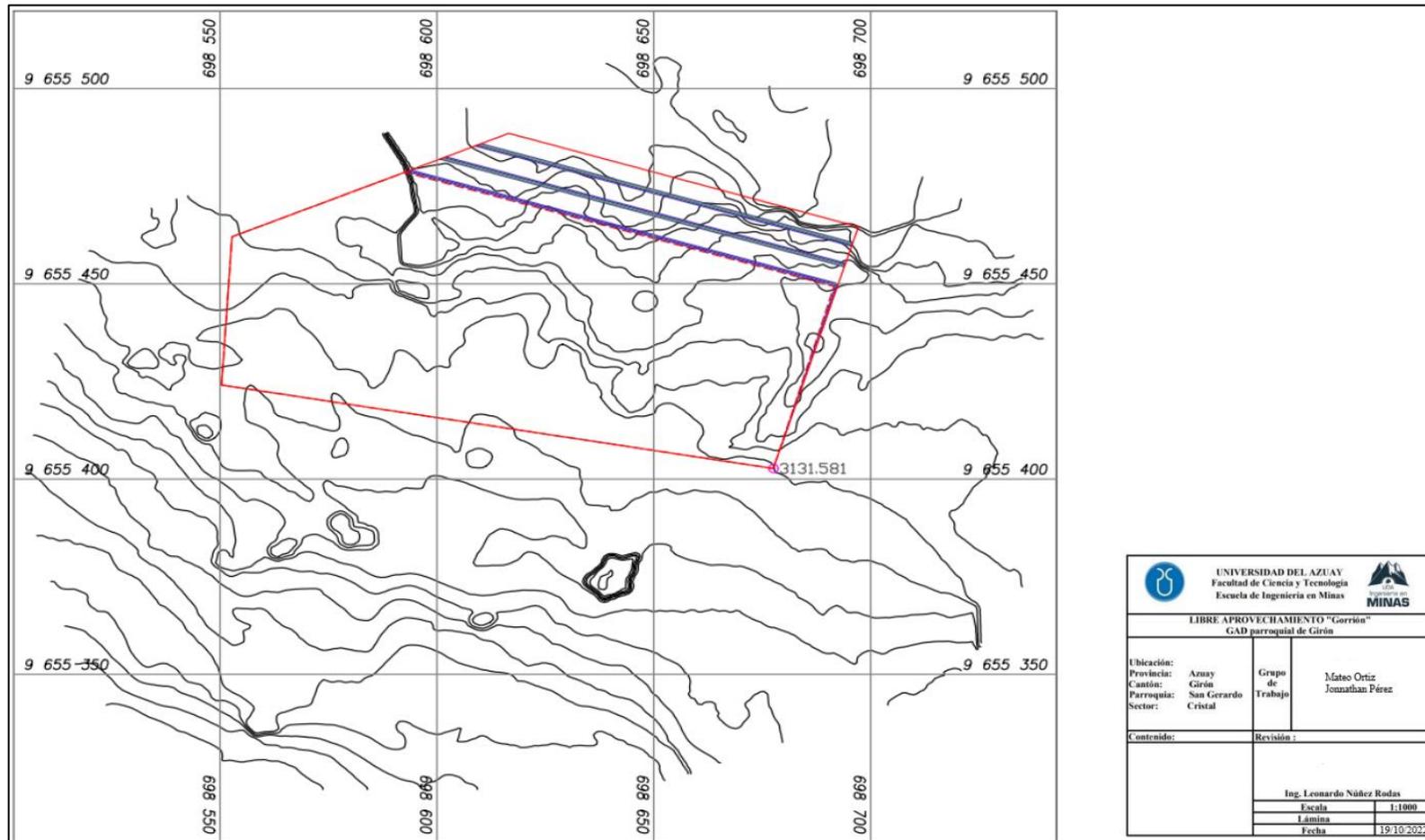


Figura 3.11 Primera fase o fase intermedia de la cantera Gorrión

Fuente: Elaboración propia

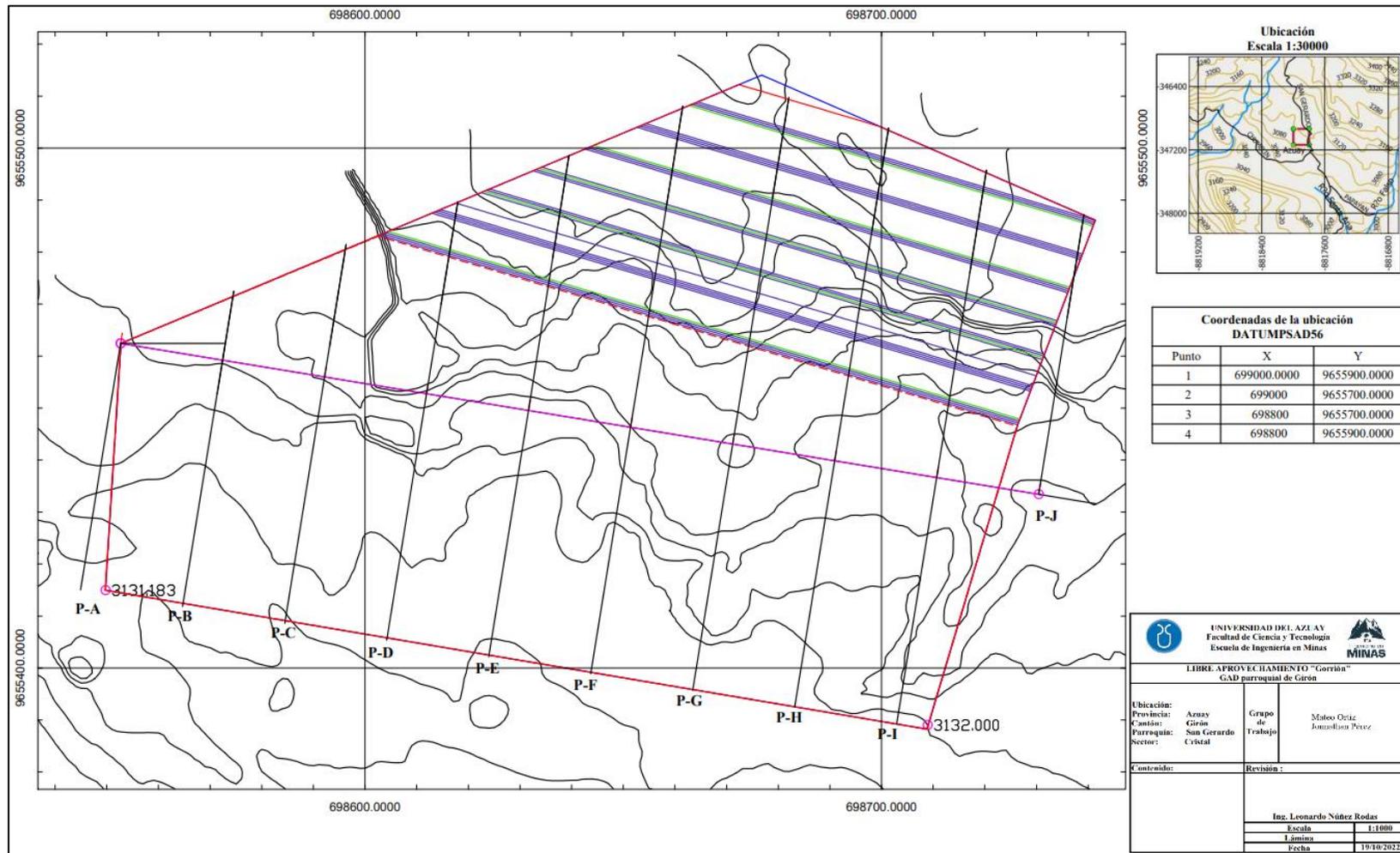


Figura 3.12 Segunda fase de cálculo de volumen

Fuente: Elaboración propia

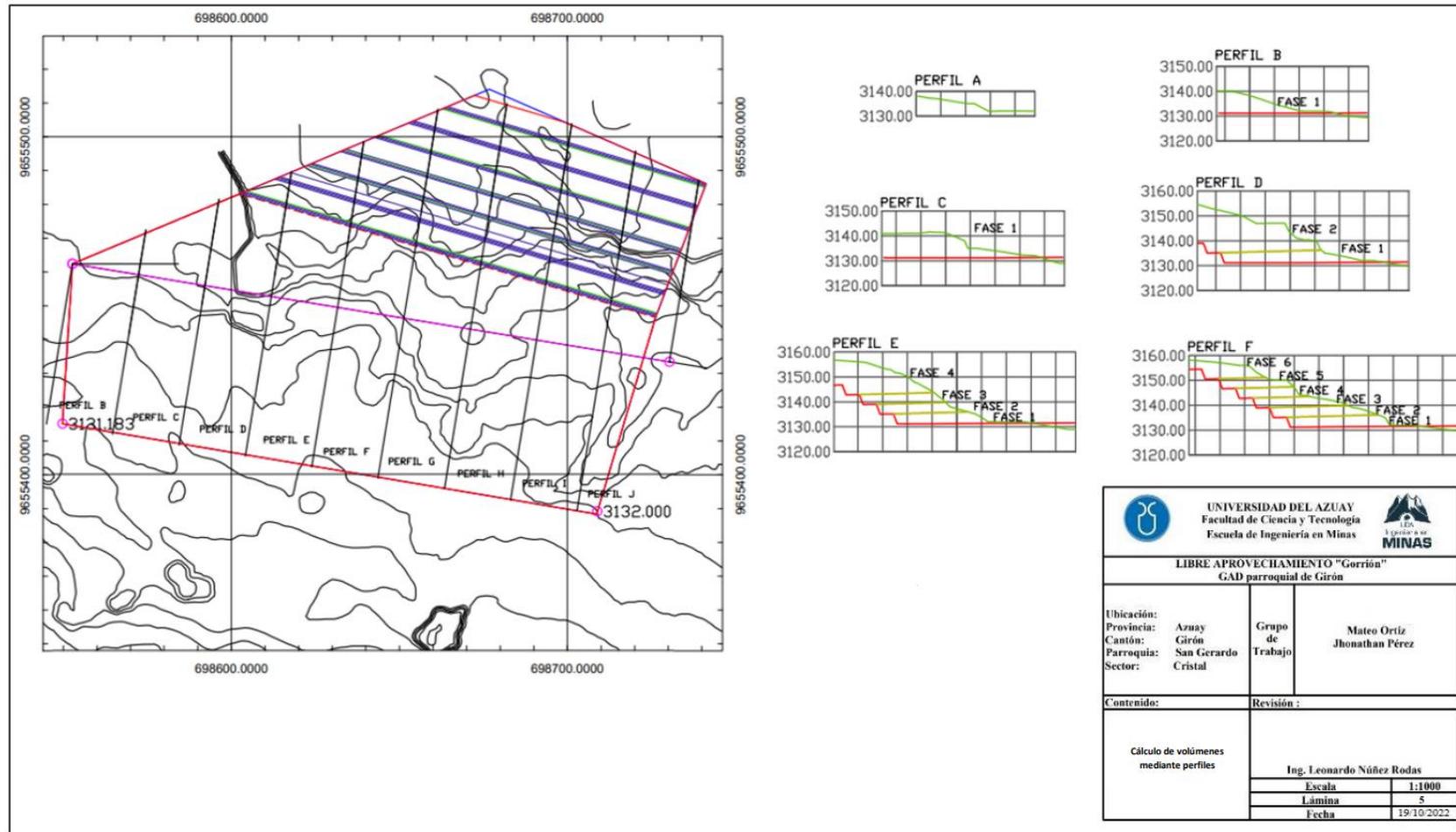


Figura 3.13 Cálculo de volúmenes mediante perfiles 1

Fuente: Elaboración propia

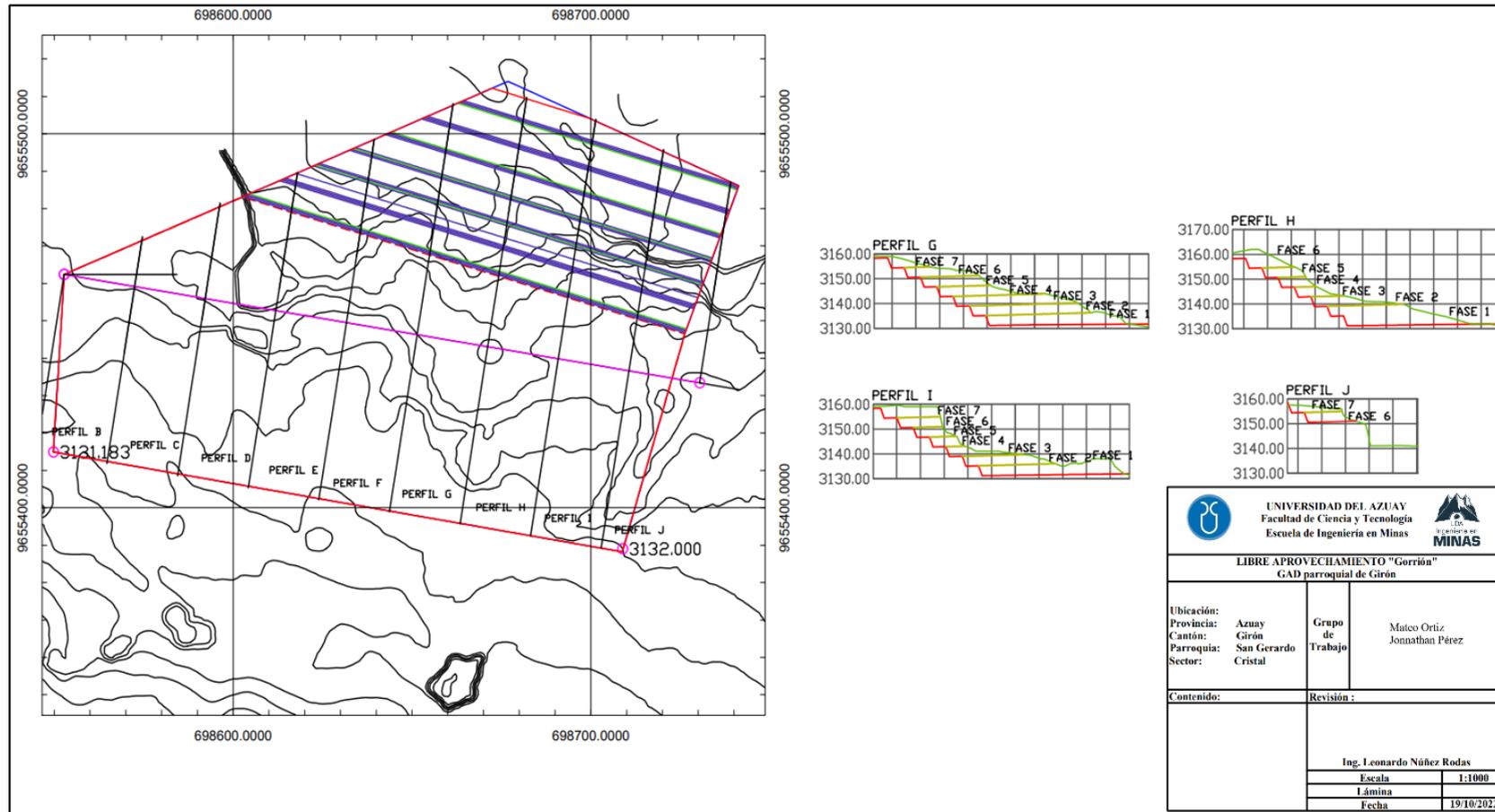


Figura 3.14 Calculo de volúmenes mediante perfiles 2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.4 Volumen de movimiento de material

Fase	Áreas por Perfil (m ²)										Área Promedio de Extracción (m ²)	Distancia Media (m)	Volumen de extracción (m ³)
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J			
1	0	5.32	14.4	227.89	160.82	179.44	248.46	199.93	263.62	16.23	146.2344444	20	2924.68
2	0	-	-	184.76	123.88	150.46	193.11	146.96	133.31	29.14	137.3742857		2747.48
3	0	-	-	-	128.7	127.33	184.72	94.94	67.17	-	120.572		2411.44
4	0	-	-	-	133.27	99.54	115.39	51.36	48.2	-	89.552		1791.04
5	0	-	-	-	-	104.17	106.19	51.31	54.99	-	79.165		1583.3
6	0	-	-	-	-	88.63	92.97	65.19	72.99	-	79.945		1598.9
7	0	-	-	-	-	-	41.52	62.84	96.62	-	66.99333333		1339.86
											Volumen total de extracción	14396.72	

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4

SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL

4.1 Estructuras e instalaciones

De acuerdo al trabajo de reconocimiento e inspección realizada al libre aprovechamiento “Gorrión”, manifestamos que la concesión no cuenta con ningún tipo de infraestructura, por lo tanto, no cumple con los requisitos legales necesarios. Por lo tanto, se recomienda

- **Bodega para equipos y herramientas:** Se recomienda la construcción de una bodega dentro del área minera, donde se almacenarán equipos y herramientas utilizadas durante la realización de las labores mineras.
- **Almacenamiento de combustibles:** Se recomienda la implementación de una zona donde se pueda almacenar de manera correcta y segura el combustible; para ello esta zona debe estar en un lugar poco concurrido y con buena ventilación, además de contar con su señalética correspondiente.

4.2 Ubicación de señalética

Durante la inspección que se realizó a la zona minera se observó que no cuentan con ningún tipo de señalización en las instalaciones, por tal razón, es de vital importancia la colocación de señalética de seguridad y la entrega de equipos de seguridad a todo el personal.

La señalética en el Área del Libre Aprovechamiento “Gorrión” código 10000867, debe localizarse en sitios estratégicos, de manera que pueda ser notoria para el personal directo e indirecto (ver figura 4.1). Para ello es importante conocer la simbología e importancia de la misma (ver figura 4.2).

4.3 Señalética de seguridad

La señalética de seguridad tiene como objetivo informar de forma clara las precauciones que se deben tomar dentro de la cantera. Por tal motivo, la señalética es una herramienta clave en el control de riesgos en el ámbito laboral de la una mina.

Basados en los parámetros operacionales de la mina se ha tomado en consideración un solo tipo de señalética, la fija.

Es importante señalar que la implementación de señalética se basa en la norma INEN 439, la cual describe el significado de cada una de las señales de acuerdo a su color (ver figura 4.1).

COLOR	SIGNIFICADO
	Prohibición
	Prevención
	Emergencia
	Información u Obligación

Figura 4.1 Interpretación de colores en la señalética

Fuente: Norma INEN 439

4.4 Señales de prohibición

PARE

Esta señal será ubicada en las intersecciones viales, de manera que se pueda prever cualquier tipo de accidente. Es necesario que estén a una altura suficiente para la visibilidad de los choferes de la maquinaria.



NO PEATONES

Notifica a los peatones que está prohibido su ingreso a la zona de trabajo, debido a que es peligroso por la presencia de la maquinaria o caída de material.



LÍMITE MÁXIMO DE VELOCIDAD

La instalación de dichas señales será en base a un estudio previo realizado por el GAD PROVINCIAL SAN GERARDO en base a la localización del área del libre aprovechamiento, de esta forma se considerará la velocidad adecuada.



4.5 Señales de prevención

ENTRADA Y SALIDA DE VOLQUETES

Esta señal en específico se colocará en dos sitios puntuales. El primero a la entrada a la cantera, ya que limita con la vía principal. El segundo lugar será en la entrada a dicha vía por precaución hasta que culminen los trabajos en dicha área.



CAÍDA A DISTINTO NIVEL

La presente señalética será situada en los sitios de riesgo de caída desde alturas elevadas, como los son cada uno de los taludes de trabajo.



PELIGRO MAQUINARIA PESADA EN MOVIMIENTO

La señal servirá como indicador para el personal que labora en la cantera sobre las zonas de riesgo por el movimiento de la maquinaria.



PELIGRO DE DESLIZAMIENTO

En la cantera existirán zonas donde el material no tenga la compactación necesaria y puedan existir deslizamientos (frente de explotación).



USO OBLIGATORIO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Indica la obligatoriedad del uso de chaleco reflectivo, casco, gafas, guantes y calzado punta de acero, como equipos básicos de seguridad para el personal.



4.6 Emergencia

BOTIQUÍN

Indica la ubicación del botiquín de primeros auxilios. El botiquín debe contener todos los implementos necesarios para brindar primeros auxilios de manera oportuna.



EXTINTOR

Indica la ubicación del extintor facilitando la localización del mismo en caso de un incendio. Se recomienda colocar el extintor y su señalética en un lugar visible y de fácil acceso.



PUNTO DE ENCUENTRO

Señala un lugar estratégico y de fácil acceso. Debe ser el lugar más seguro de la zona ya que será el punto donde se deba acudir en caso de una catástrofe.



4.7 Equipos de protección auxiliar para personal

Los equipos de protección personal (EPPs) son elementos para los trabajadores y darán protección frente a eventuales riesgos que puedan afectar su integridad en el desarrollo de sus labores.

CASCO DE SEGURIDAD

Provee protección por cualquier impacto ocasionado por caída o desprendimiento de objetos.



GAFAS DE MONTURA UNIVERSAL

Facilitará la ejecución de sus labores garantizando la protección a los ojos frente a proyecciones de partículas y gases.



OREJERAS

Protegen de ruidos mayores a 85Db ya que puedan generar daños auditivos.



MASCARILLAS DESECHABLES

Evitará la inhalación del polvo y gases presentes en el ambiente de trabajo, estas deben ser cambiadas constantemente.



GUANTES DE SEGURIDAD

Protegerán las manos del trabajador. Existen de diferentes tipos y para diferente clase de actividades. Los guantes de fibra con látex son los adecuados para el tipo de actividades a llevarse a cabo en la cantera.



BOTAS PUNTA DE ACERO

Previene posibles daños en el pie del trabajador sean estos por accidentes o caídas de material.



CHALECO REFLECTIVO

Facilitará la visualización del personal que se encuentra en la cantera.



Figura 4.2 Imágenes obtenidas para una relación de EPP mediante las normas INEN

Fuente: Norma INEN 439

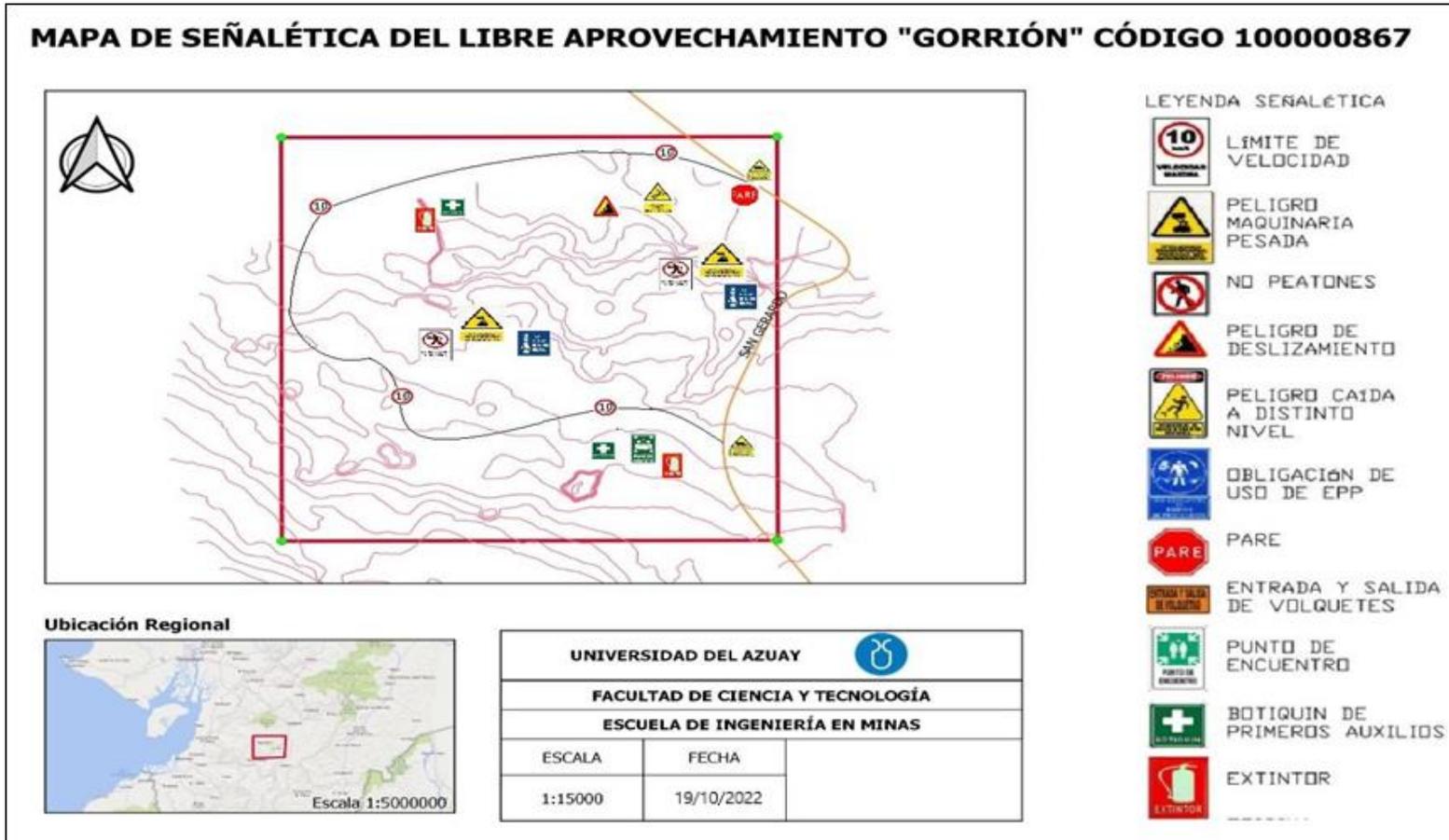


Figura 4.3 Mapa de Señalética

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 5

ESTIMACIÓN ECONÓMICA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

Se evaluó el análisis de costos de factibilidad de la cantera “Gorrión” justificando una inversión inicial mediante los gastos en adquisición de activos fijos y analizando los costos totales de producción mediante el análisis de los costos directos; con la finalidad de determinar los indicadores de productividad y verificar la factibilidad del proyecto.

5.1 Clasificación de la producción durante la vida del proyecto

La producción establecida para la cantera “Gorrión” es de **14396.72 m³** detallada en 7 fases de explotación en un período de 3 años. Debido a la autorización para la extracción de lastre en un volumen aproximado de 5.000 m³ para un período de doce meses (1 año), se determinó cada año de extracción en m³ con una densidad de 1.964 t/m³, obteniendo así la producción en toneladas.

Tabla 5.1 Resumen del volumen de producción del material

Fases	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5	Fase 6	Fase 7	Total
m3	2924.68	2747.48	2411.44	1791.04	1583.3	1598.9	1339.86	14396.72
Toneladas	5744.08	5396.06	4736.06	3517.60	3109.60	3140.23	2631.49	28275.16

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.2 Producción anual durante la vida del proyecto

Producción	Año 1	Año 2	Año 3	Total
m3	4924.68	4949.96	4522.06	14396.72
Toneladas	9672.08	9721.73	8881.33	28275.16

Fuente: Elaboración propia

5.2 Inversión inicial

5.2.1 Gastos en adquisición de activos fijos

La inversión de capital se refiere a estructuras e instalaciones con las que debe contar el proyecto minero, debido a que la cantera “Gorrión” no cuenta con ningún tipo de infraestructura, por lo tanto, no cumple con los requisitos legales necesarios. Por esta razón se estableció una inversión inicial con infraestructura como: bodega para equipos y herramientas; y una estructura de almacenamiento de combustibles.

Tabla 5.3 Gastos en infraestructura

Inversión Inicial	
Bodega para equipos y herramientas	USD 3000.00
Almacenamiento de combustibles	USD 2000.00

Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Gastos en adquisición señalética de seguridad

La cantera “Gorrión” no cuenta con ningún tipo de señalización en el área, por tal razón, se implementaron los gastos en señalética de seguridad.

Tabla 5.4 Gastos en señalética de seguridad

GASTOS EN SEÑALÉTICA DE SEGURIDAD			
Tipo de señal	Unidades	Valor por unidad	Valor total
Señales de prohibición			
Pare	2	USD 25.00	USD 50.00
No peatones	1	USD 25.00	USD 25.00
Límite máximo de velocidad	2	USD 25.00	USD 50.00
Señales de prevención			
Entrada y salida de volquetes	2	USD 25.00	USD 50.00
Caída a distinto nivel	2	USD 25.00	USD 50.00
Peligro maquinaria pesada en movimiento	1	USD 25.00	USD 25.00
Peligro de deslizamiento	1	USD 25.00	USD 25.00
Uso obligatorio de equipos de protección personal	1	USD 25.00	USD 25.00
Emergencias			
Botiquín	1	USD 25.00	USD 25.00
Extintor	1	USD 25.00	USD 25.00
Punto de encuentro	1	USD 25.00	USD 25.00
Valor total			USD 375.00

Fuente: Elaboración propia

5.2.3 Resumen de la inversión inicial

La inversión inicial del proyecto minero está conformada por la infraestructura y señalética de seguridad.

Tabla 5.5 Resumen de la inversión inicial de la cantera Gorrión

Inversión Inicial	
Bodega para equipos y herramientas	USD 3000.00
Almacenamiento de combustibles	USD 2000.00
Señalética de seguridad	USD 375.00
Total	USD 5375.00

Fuente: Elaboración propia

5.3 Costos directos

5.3.1 Personal de producción

La cantera “Gorrión” contará con el personal de producción para realizar las diferentes operaciones, como son el arranque, carguío y transporte, además de un ingeniero para realizar el control de las operaciones y estimación de producción, así como un inspector de cantera que estará básicamente para tener un control de seguridad, producción y control del personal.

Tabla 5.6 Sueldos del personal de producción

Personal de Producción				
Empleado	Maquinaria	Cantidad	Sueldo	Total
Mano de obra Directa				
Operador	320 -Excavadora Hidráulica	1	USD 750.00	USD 750.00
Operador	Volquetas	2	USD 700.00	USD 1400.00
Ayudante		1	USD 550.00	USD 550.00
Mano de obra indirecta				
Ingeniero en Minas		1	USD 1200.00	USD 1200.00
Inspector (Capataz)		1	USD 750.00	USD 750.00
Total		6	USD 4650.00	

Fuente: Elaboración propia

5.3.2 Alquiler de la maquinaria

El alquiler de la maquinaria es establecido por el ritmo de explotación durante todo el periodo anual.

Tabla 5.7 Gastos en alquiler de la maquinaria

Alquiler de la maquinaria	Cantidad	USD / Diario	Total
320 -Excavadora Hidráulica	1	USD 360.00	USD 8640.00
Volquete	2	USD 150.00	USD 7200.00
Total			USD 15840.00

Fuente: Elaboración propia

5.3.3 Costos de combustible

Los costos de los combustibles son de acuerdo al consumo diario de cada maquinaria. Tomando en cuenta para la excavadora hidráulica, los galones consumidos, al precio del diésel en el sector industrial de USD 3.54 dólares por galón; en cambio para los volquetes se tomó en cuenta el diésel en el sector comercial de USD 1.90 dólares por galón.

Tabla 5.8 Consumo de diésel en cada maquinaria de producción

Combustible diésel	Cantidad	Precio	USD / Diario	Total (galones)	Total
320 -Excavadora Hidráulica	1	USD 3.54	USD 101.17	685.87	USD 2427.98
Volquete	2	USD 1.90	USD 106.00	1338.95	USD 2544.02
Total					USD 4972.00

Fuente: Elaboración propia

5.3.4 Costos de aceites

El precio del aceite de cada galón es de USD 30.00 de acuerdo con el total de galones de aceite de cada maquinaria se obtendrán los costos del aceite.

Tabla 5.9 Consumo de aceites en cada maquinaria de producción

Aceites	Cantidad	USD / galón	Total (galones)	Total (USD)
320 - Excavadora Hidráulica	1	USD 30.00	6.6	USD 198.00
Volquete	2	USD 30.00	7.2	USD 216.00
Total				USD 414.00

Fuente: Elaboración propia

5.3.5 Costos de mantenimiento y repuestos

El mantenimiento y repuestos es establecido por el requerimiento de la máquina para cada período de extracción, y considerando el uso y el tipo de maquinaria.

Tabla 5.10 Costos de mantenimiento y repuestos en cada maquinaria de producción

Mantenimiento y repuestos	Cantidad	Costo	Total (USD)
320 -Excavadora Hidráulica	1	USD 150.00	USD 150.00
Volquete	2	USD 125.00	USD 250.00
Total			USD 400.00

Fuente: Elaboración propia

5.3.6 Equipos de primeros auxilios

Implementos necesarios para la protección y seguridad de cada uno de los trabajadores y empleados; la adquisición de los productos es por cada periodo de operación.

Tabla 5.11 Costos de equipos de primeros auxilios

Equipos de Primeros Auxilios			
Descripción	Unidades	Valor por unidad	Valor total
Vendas	6	USD 2.00	USD 12.00
Algodón	3	USD 1.00	USD 3.00
Agua oxigenada	2	USD 1.50	USD 3.00
Alcohol	2	USD 1.75	USD 3.50
Gasa Estéril	2	USD 1.25	USD 2.50
Caja de curitas	1	USD 3.00	USD 3.00
Mentol	4	USD 1.00	USD 4.00
Caja jeringuillas	2	USD 2.50	USD 5.00
Insulina	2	USD 10.00	USD 20.00
Tijeras	2	USD 2.00	USD 4.00
Mascarillas	6	USD 1.50	USD 9.00
Toallas Antisépticas	2	USD 2.00	USD 4.00
Termómetro	2	USD 2.50	USD 5.00
Linterna	6	USD 2.00	USD 12.00
Camilla	2	USD 30.00	USD 60.00
Valor total			USD 150.00

Fuente: Elaboración propia

5.3.7 Mantenimiento vial

El mantenimiento vial es necesario para la seguridad del transporte de maquinaria; debido al uso constante se deberá tener un control y mantenimiento por cada período, para lo cual el proceso de mantenimiento vial sugerido tiene una inversión de USD 800.00.

5.3.8 Servicios básicos

Todos estos servicios básicos van destinados para el personal, y también para uso de maquinaria; estos se establecieron de acuerdo al consumo por cada período.

Tabla 5.12 Costos totales de cada servicio básico

Servicios Básicos	
Tipo	Costo Total
Agua	USD 30.00
Electricidad	USD 40.00
Total	USD 70.00

Fuente: Elaboración propia

5.3.9 Resumen de costos directos

En la siguiente tabla se detallan todos los costos directos de operación por cada período de extracción.

Tabla 5.13 Resumen de los costos directos

RESUMEN DE COSTOS DE OPERACIÓN	
Costos	Total
Personal de producción	USD 4650.00
Alquiler de maquinaria	USD 15840.00
Costos de combustibles	USD 4972.00
Costos de aceites	USD 414.00
Costos de mantenimiento y repuestos	USD 400.00
Equipos de primeros auxilios	USD 150.00
Mantenimiento vial	USD 800.00
Servicios Básicos	USD 70.00
Total	USD 27296.00

Fuente: Elaboración propia

5.4 Costo de extracción por tonelada

Definido los costos totales, y con la producción promedio de cada periodo de extracción en toneladas, se procedió a calcular el costo de producción:

$$\text{Productividad de Producción} = \frac{\text{Costos de producción}}{\text{Producción}} = \frac{\text{USD } 27296.00}{9425.05 \text{ ton}} = \mathbf{2.90 \text{ USD /ton}}$$

5.5 Depreciación de infraestructura

Se realizó la depreciación partiendo de la inversión inicial invertida en instalaciones, infraestructuras y otros requerimientos. Para esto se empleó el método de depreciación de doble taza sobre saldo decreciente.

Tabla 5.14 Depreciación de infraestructura

DEPRECIACIÓN			
Año	Rango de Depreciación	Base de Ajuste	Depreciación
1	2/3	USD 5375.00	USD 3583.33
2	2/3	USD 1791.67	USD 1194.44
3	2/3	USD 597.22	USD 398.15

Fuente: Elaboración propia

5.6 Amortización

Para el pago de la deuda de la inversión inicial, se tomó en cuenta el préstamo requerido para el proyecto, tomando en cuenta la inversión inicial para comenzar el proyecto de USD 5375.00, adicionalmente se sumó el capital del alquiler de maquinaria de USD 15840.00. La amortización del préstamo se calculó con el método de amortización constante y se pagará a lo largo de los 3 años del período de la explotación de la cantera.

Tabla 5.15 Amortización

AMORTIZACIÓN CONSTANTE				
Periodo	Préstamo	Servicio de deuda	Amortización	Pago Total
1	USD 21215.00	USD 2970.10	USD 7071.67	USD 10041.77
2	USD 14143.33	USD 1980.07	USD 7071.67	USD 9051.73
3	USD 7071.67	USD 990.03	USD 7071.67	USD 8061.70
Total		USD 5940.20	USD 21215.00	USD 27155.20
Amortización	USD 7071.67			

Fuente: Elaboración propia

5.7 Cálculo de regalías a la actividad minera

Para el cálculo de las regalías se ha establecido su pago anual, esto corresponde al 3% del costo de producción para minerales no metálicos.

Tabla 5.16 Pago anual de regalías

Pago de Regalías	
Toneladas al año	9672.08
Ingresos Brutos	USD 27296.00
Pequeña Minería	3%
Pago total anual	USD 818.88

Fuente: Elaboración propia

5.8 Cálculo de patentes de conservación

Los concesionarios mineros deben pagar la patente anual de conservación por cada hectárea minera. Para dichas patentes en la etapa de explotación, el valor es el 2 % de un Salario Básico Unificado (SBU) por cada hectárea minera concesionada.

Tabla 5.17 Pago anual de patentes de conservación

Pago de Patentes de Conservación	
Hectáreas	4
Salario Básico Unificado	USD 425.00
Etapa de Explotación	2%
Pago total Anual	USD 34.00

Fuente: Elaboración propia

5.9 Flujo de caja

Para realizar el flujo de caja se estableció un precio de venta proyectado de USD 6.44 por tonelada basándonos en el mercado local del sector, también se consideró la vida útil del proyecto en períodos establecidos mediante la producción del mineral determinado en cada año, finalmente se consideró los costos totales de producción, la depreciación de la infraestructura, la amortización, regalías y patentes. Con todos los aspectos mencionados anteriormente se realizó el flujo de caja.

Tabla 5.18 Flujo de caja

AÑOS	Inversión inicial	1	2	3
ÍTEMS				
Ingresos Brutos		USD 62288.25	USD 62607.96	USD 57195.82
Costos de producción		USD 27296.00	USD 27296.00	USD 27296.00
Servicios por deuda		USD 2970.10	USD 1980.07	USD 990.03
Ingresos		USD 32022.15	USD 33331.89	USD 28909.79
Depreciación		USD 3583.33	USD 1194.44	USD 398.15
Ingresos Tasables		USD 28438.82	USD 32137.45	USD 28511.64
Regalías (Impuestos 3%)		USD 818.88	USD 818.88	USD 818.88
Patentes		USD 34.00	USD 34.00	USD 34.00
Ingresos Netos		USD 27585.94	USD 31284.57	USD 27658.76
Flujo Económico	- USD 21215.00	USD 27585.94	USD 31284.57	USD 27658.76
- Amortización		USD 7071.67	USD 7071.67	USD 7071.67
Flujo Financiero	- USD 21215.00	USD 20514.27	USD 24212.90	USD 20587.09

Fuente: Elaboración propia

5.10 Valor Actual Neto (VAN)

El Valor Actual Neto (VAN) es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. Determinando el VAN para la valoración de este proyecto minero, se consideró los ingresos netos o flujos económicos y la inversión inicial, durante el periodo establecido.

Se calculó con la siguiente ecuación:

$$VAN = -l_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -l_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n} \quad (26)$$

F_t = son los flujos de dinero en cada periodo t = Flujo económico de cada año

l_0 = es la inversión realizada en el momento inicial = **USD 21215.00**

n = es el número de periodos de tiempo = 3 años

k = es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión = 10%

VAN	USD 50498.57
-----	--------------

5.11 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto. Para obtener el TIR en este proyecto

minero, se considera en su cálculo a la tasa de descuento que iguala, como en el momento inicial, la corriente futura de cobros con la de pagos generando un VAN igual a cero:

$$VAN = -l_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} = -l_0 + \frac{F_1}{(1 + TIR)} + \frac{F_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1 + TIR)^n} = 0 \quad (27)$$

F_t = son los flujos de dinero en cada periodo t = Flujo económico de cada año

l_0 = es la inversión realiza en el momento inicial = **USD 21215.00**

n = es el número de periodos de tiempo = 3 años

TIR	122.59%
-----	---------

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- De las observaciones en campo, se determinó que el actual método de explotación no cumple con las normas técnicas para el correcto desempeño de las actividades extractivas; por ello se eligió el método de banqueo descendente en base a dos factores: las condiciones naturales, es decir el origen del terreno al ser este sedimentario, cuenta con una morfología longitudinal y alargada; y, el segundo factor es la capacidad del GAD de San Gerardo para satisfacer las necesidades de material para sus obras.
- En base a los análisis de laboratorio realizados el material procedente de la cantera “Gorrión”, tuvo como resultados que posee 87 % de grava, 7 % de material fino y 6 % de arena, material que goza de buenas características físicas, posicionándolo como apto para uso civil en mantenimiento vial.
- Los resultados obtenidos del análisis CBR, demuestran que el material analizado es apto para el lastrado de vías, es decir, presenta una superficie con las características físicas adecuadas, tales como su plasticidad, resistencia al corte, susceptibilidad a las heladas y drenaje, todas estas necesarias para poder ubicarse en el eje de la vía; además, el material también cuenta con características ingenieriles, las cuales demuestran que el material es apto para cualquier tipo de obra vial, caminos vecinales, entre otros.
- Con la información recopilada en el laboratorio y distintos ensayos que se practicaron con el material se logró determinar: la altura del talud, ancho de la berma, ángulo de trabajo y todos los parámetros de seguridad para poder laborar con la maquinaria seleccionada y adecuada sin ningún peligro, para ello se eligió una retroexcavadora y una volqueta para cumplir con la demanda del material.
- La ventaja de esta propuesta de explotación para el libre aprovechamiento “Gorrión” y para la parroquia de San Gerardo, no solo servirá para su tecnificación, la cual aparte de brindar seguridad en el macizo rocoso, aportará también en el desarrollo de la misma, es decir, la evolución en sus estructuras como en su vialidad.

RECOMENDACIONES

- Tomar en consideración el diseño de explotación propuesto y la adquisición de maquinaria acorde a las características establecidas en el presente diseño de explotación, es decir, una excavadora con un alcance mínimo de 5 m a nivel del suelo, además de contratar un operador con experiencia en labores mineras. De esta forma garantizaremos la seguridad tanto del personal como de la maquinaria.
- Que el proceso de extracción sea de arranque mecánico, esto debido a las condiciones geomecánicas del macizo rocoso y la baja resistencia del material.
- En el proceso de lastrado de vías, se deben cumplir los parámetros establecidos en el ensayo de compactación (PROCTOR), es decir, densidad máxima seca de 1.964 kg/cm³ y una humedad del 9.88%.
- Realizar una actualización topográfica después de cada año de extracción del material, para tener así una estimación de cuanto material se extrae al año y actualizar permanentemente el diseño de explotación planificado.

REFERENCIAS

- ARCOM, A. D. R. Y. C. M. (2014). Reglamento de la Seguridad y Salud en el Ámbito Minero. 1–27.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2009). Ley de Minería. In 2009. <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/06/Ley-de-Mineria.pdf>
- Oyanguren, R., Pedro, & Alejano Monge, L. (2004). Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes. In Journal of Chemical Information and Modeling. http://oa.upm.es/14183/1/MECANICA_DE_ROCAS_1.pdf
- Santana, E. A. (2019). “Diseño de Explotación de la Cantera G.M de materiales de construcción de la Concesión Minera G.M. 2 (130950003) del cantón Montecristi, provincia de Manabí.”
- Sosa, H., Kashpar, L., & Dolgushin, V. (1980). Tecnología de la explotación de minerales útiles a cielo abierto. <http://www.cigmipa.net/index.php/quienes-somos->
- (ASTM), A. S. (2010). Standard Test Method for Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures.
- COTECNO. (s.f.). COTECNO. Obtenido de <https://www.cotecno.cl/compactacion-del-suelo-metodos-de-ensayo-de-compactacion-del-suelo-y-sus-usos/>
- Mario, J. (2019). Obtenido de https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/3549/Jherson_Mario_Tesis_bachiller_2019_Part.2.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Herbert, J. H. (2006). Obtenido de https://oa.upm.es/10675/1/20111122_METODOS_MINERIA_A_CIELO_ABIERTO_2.pdf
- Herbert, J. H. (2018). Obtenido de https://oa.upm.es/70245/3/CORTAS_MINERAS_LM1B3T4_R0-20181021.pdf

ANEXOS



Anexo 1 Parte inferior de la cantera Gorrión

Fuente: Elaboración propia



Anexo 2 Recolección de muestras y estado actual de la cantera

Fuente: Elaboración propia



Anexo 3 Punto de control para la estación total RTK

Fuente: Elaboración propia



Anexo 4 DRON en momento de vuelo

Fuente: Elaboración propia



Anexo 5 Punto de control estación total RTK

Fuente: Elaboración propia



Anexo 6 Homogeneidad de las muestras obtenidas en campo

Fuente: Elaboración propia



Anexo 7 Dispersión de la muestra en laboratorio

Fuente: Elaboración propia



Anexo 8 Cuarteo de muestras para las diferentes pruebas

Fuente: Elaboración propia



Anexo 9 Análisis de la muestra seca

Fuente: Elaboración propia



Anexo 10 Tamices aplicados con su numeración o pasante

Fuente: Elaboración propia.



Anexo 11 Ensayo de límite líquido y plástico

Fuente: Elaboración propia



Anexo 12 Máquina para el ensayo mediante conteo de golpes

Fuente: Elaboración propia



Anexo 13 Peso de la bandeja sola

Fuente: Elaboración propia



Anexo 14 Peso del material grueso pasante 2 pulgadas

Fuente: Elaboración propia



Anexo 15 Peso del material grueso pasante 1.5 pulgadas

Fuente: Elaboración propia



Anexo 16 Peso del material grueso pasante 1 pulgada

Fuente: Elaboración propia



Anexo 17 Peso del material grueso pasante 0.5 pulgadas

Fuente: Elaboración propia



Anexo 18 Peso del material fino pasante 3/8 pulgadas

Fuente: Elaboración propia

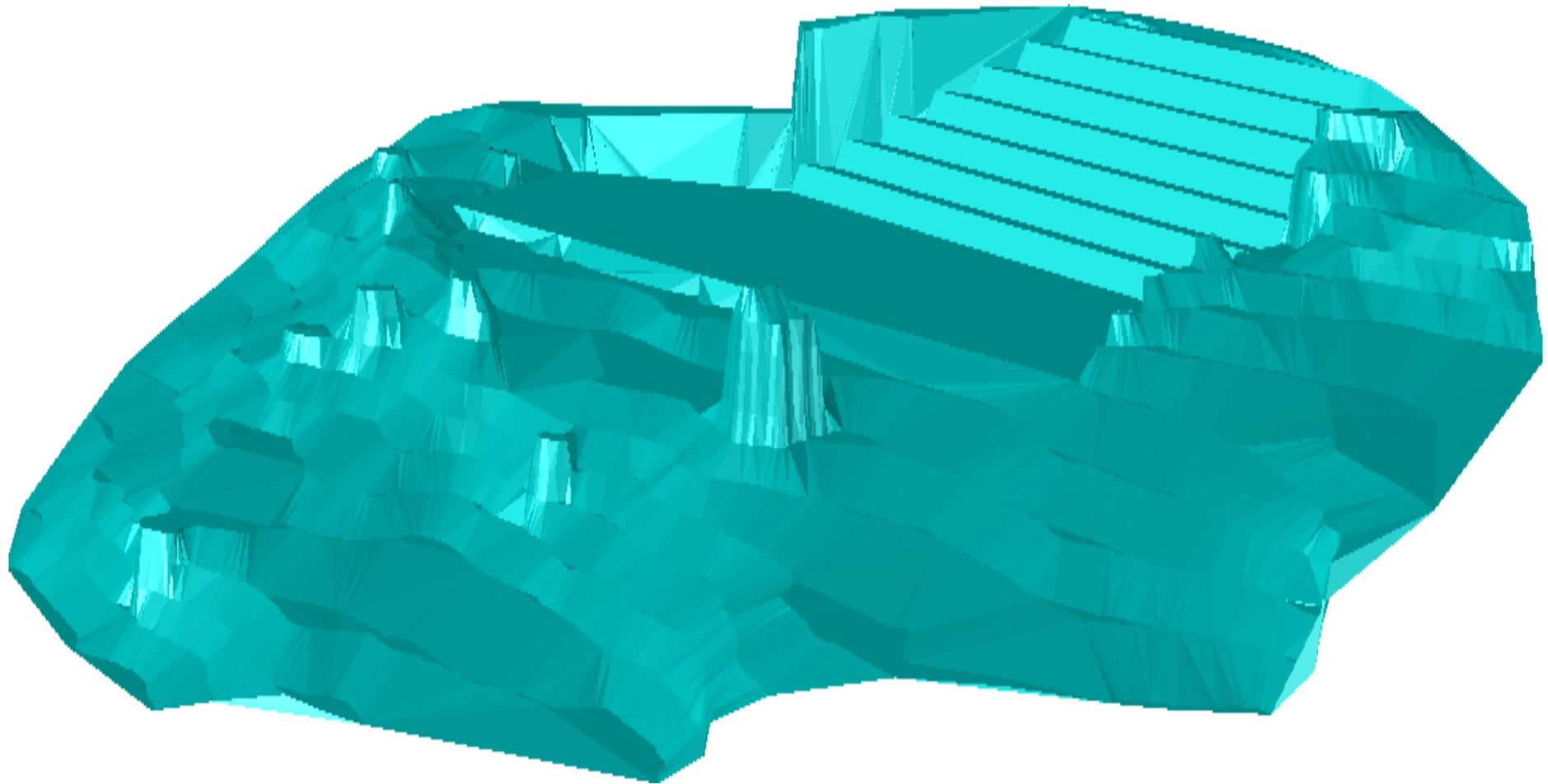


Anexo 19 Peso de cada uno de los tamices y el pasante para material fino

Fuente: Elaboración propia

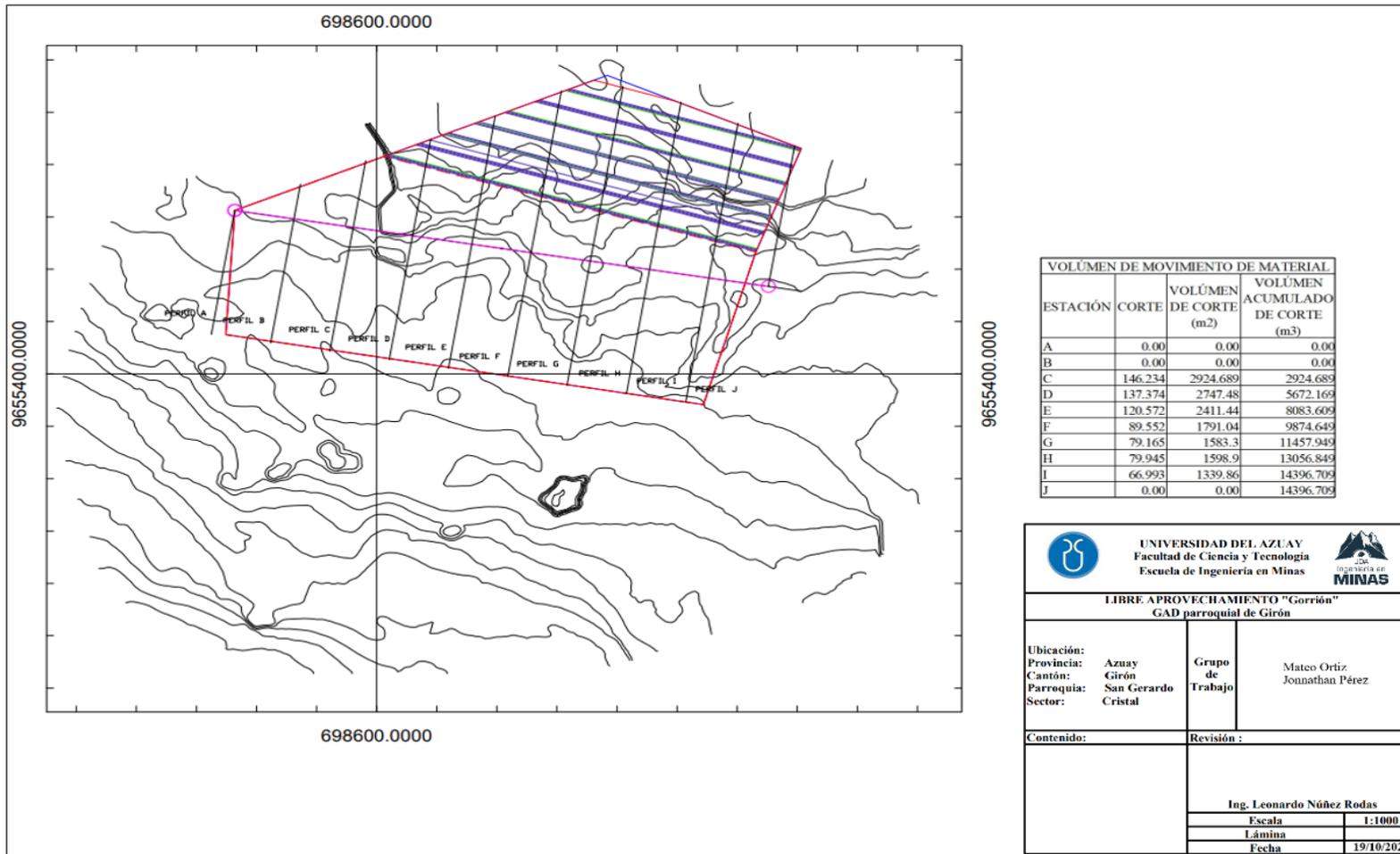
MAPAS DE DISEÑO

**Mapas de ubicación y diseño para el
libre aprovechamiento “GORRIÓN”**



Anexo 20 Propuesta de diseño de explotación para el Libre Aprovechamiento “Gorrión”

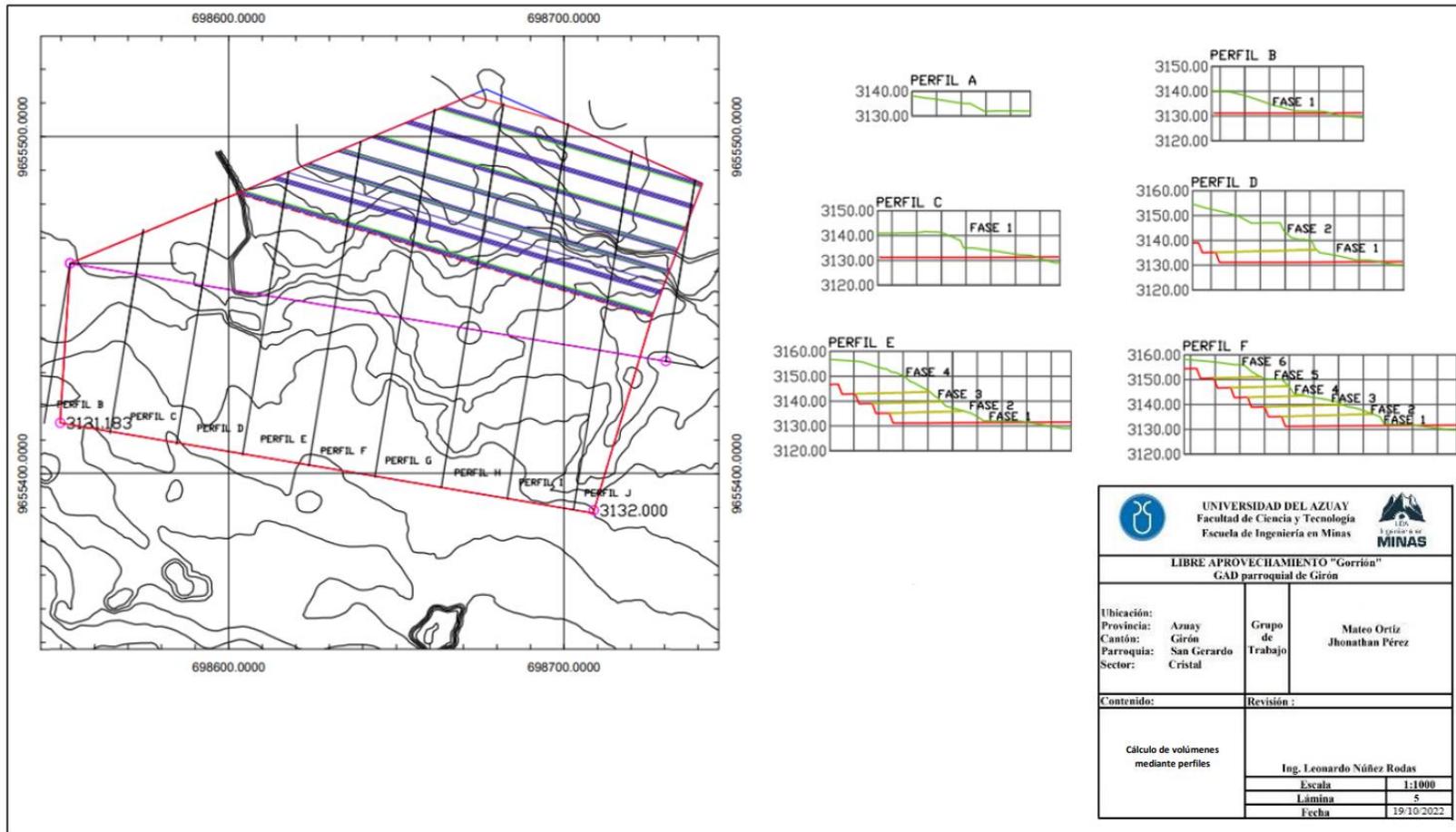
Fuente: Elaboración propia



Anexo 21 Diseño de explotación por banqueo ascendente de movimiento de material

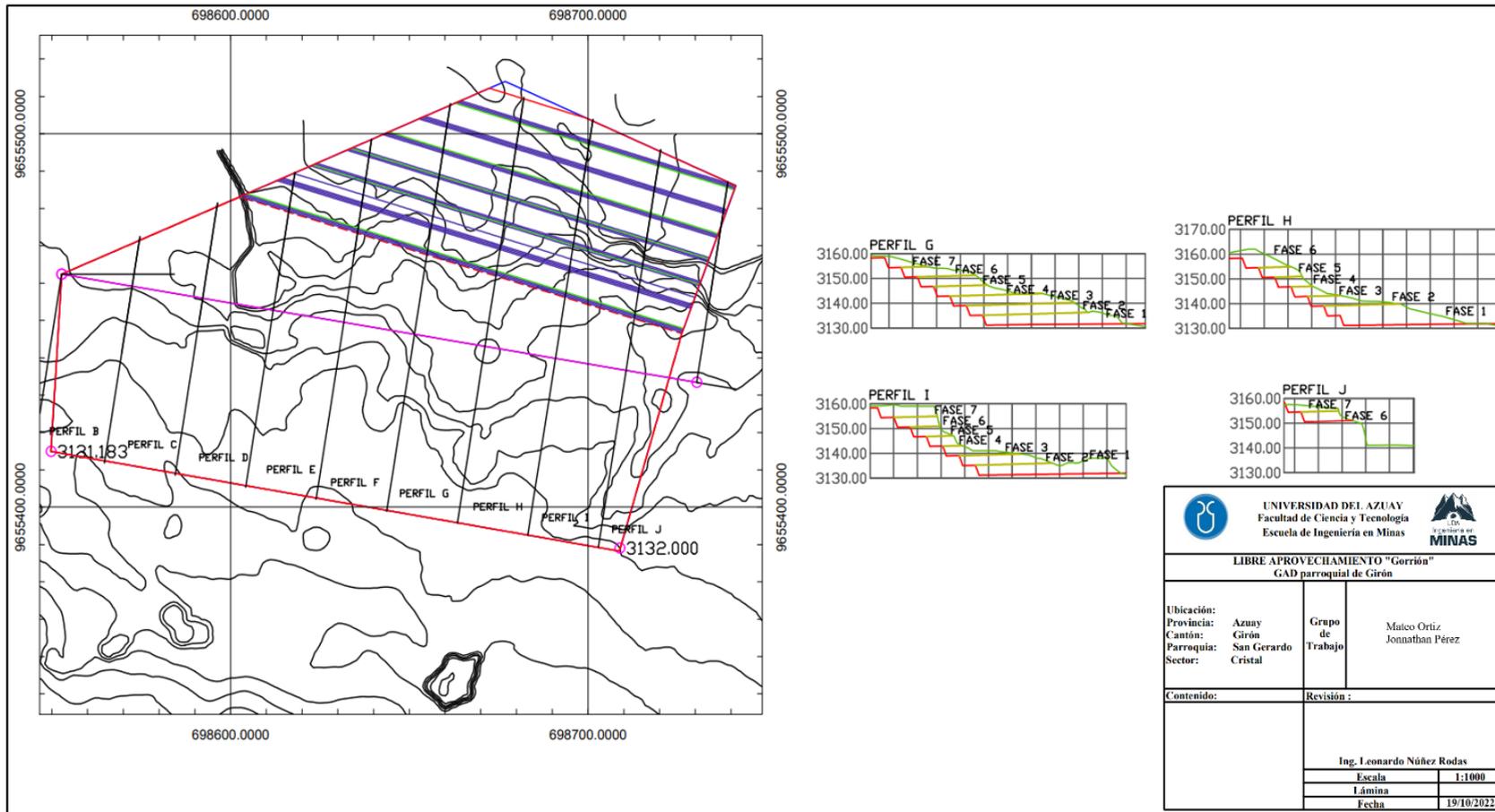
Fuente: Elaboración propia

 UNIVERSIDAD DEL AZUAY Facultad de Ciencia y Tecnología Escuela de Ingeniería en Minas		 INSTITUTO DE INGENIEROS EN MINAS	
LIBRE APROVECHAMIENTO "Gorrion" GAD parroquial de Girón			
Ubicación: Provincia: Azuay Cantón: Girón Parroquia: San Gerardo Sector: Cristal	Grupo de Trabajo	Mateo Ortiz Jonnathan Pérez	
Contenido:		Revisión :	
		Ing. Leonardo Núñez Rodas	
		Escala	1:1000
		Lámina	
		Fecha	19/10/2022



Anexo 22 Perfiles para extracción de material (Perfil 1-6)

Fuente: Elaboración propia



Anexo 23 Perfiles para extracción de material (Perfil 7-13)

Fuente: Elaboración propia