

Soporte y asistencia a las labores de explotación, exploración y cartografía subterránea en el yacimiento aurífero de la Mina El Gran Porvenir del Líbano S.A, Tolima.

Kevin Alberto Parra Arenales

Trabajo de Grado para Optar al Título de Geólogo

Director

Carlos Alberto García Ramírez

Ph. D. en Geología y Mineralogía

Tutor de práctica

Juan David Jurado Jaramillo

Geólogo

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicoquímicas

Escuela de Geología

Bucaramanga

2025

Dedicatoria

A mi familia, pilar fundamental en mi vida, por su apoyo incondicional. Especialmente a mi madre, ejemplo de fortaleza y dedicación, mis hermanos Sara y Steven quienes son mi mayor fuente de motivación.

A mi padre, que desde el cielo ha sido mi guía y fuente de fortaleza para perseverar en cada paso de mi camino.

A Lorena Manrique, quién me ha acompañado a lo largo de estos años, mi gran apoyo y mi compañera de vida.

Agradecimientos

A la Universidad Industrial de Santander y a todos sus docentes por formarme como profesional.

Al equipo de Geología de la Mina el Gran Porvenir, por sus enseñanzas y por compartir sus conocimientos y pasión por los yacimientos minerales, geólogos Juan Jurado, William Castañeda, José Sandoval, Andrés López, Camila Bolaños y a mis compañeros practicantes Laura Navarro, Cristian Padilla, Daniela Trejo y Cathalina Rojas.

A mi director de trabajo de grado por su acompañamiento a lo largo de todo el proyecto.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	12
1. Objetivos.....	13
1.1 Objetivo General.....	13
1.2 Objetivos Específicos.....	13
2. Información de la empresa.....	14
3. Mina el Gran Porvenir	15
3.1 Localización.....	15
3.2 Estudios realizados.....	16
3.3 Contexto geológico regional.....	19
3.4 Geología Local.....	20
3.4.1 Litologías aflorantes.....	21
3.4.2 Estructuras.....	23
3.4.3 Mineralización	25
4. Actividades realizadas durante la práctica.....	26
4.1 Soporte en las labores de explotación.....	26
4.1.1 Muestreo aleatorio.	27
4.1.2 Muestreo sistemático.	27
4.1.3 Procedimiento para la extracción de la muestra	29
4.1.4 Informe de datos	32
4.2 Cartografía geológica.....	32
4.3 Programas para el modelamiento.....	34

4.4 Supervisión en las labores de perforación diamantina.....	35
4.5 Descripción de núcleos de perforación.....	36
4.5.1 Muestreo para logeo geotécnico	38
4.5.2 Descripción geológica.....	40
4.5.3 Definición de intervalos de muestreo, registro fotográfico y muestreo.....	42
4.6 Interpretar, reportar y direccionar labores subterráneas.	43
5. Resultados obtenidos	44
5.1 Soporte en las labores de explotación.....	45
5.2 Soporte en las labores de exploración.....	45
6. Conclusiones.....	49
7. Recomendaciones	51
Referencias Bibliográficas.....	52
Apéndices.....	53

Lista de Tablas

Tabla 1	Inventario herramientas para muestreo en mina.	29
Tabla 2	Clasificación cualitativa según resultados de RQD.	39
Tabla 3	Códigos de litologías utilizados en logeo geológico.	41
Tabla 4	Nomenclatura de los proyectos de perforación en los que se participó.	48

Lista de Figuras

Figura 1 Organigrama Mina el Gran Porvenir del Líbano S.A.....	15
Figura 2 Mapa localización Mina el Gran Porvenir del Líbano S.A	16
Figura 3 Mapa geológico alrededores Líbano, Tolima.....	20
Figura 4 Estructuras mineralizadas.....	21
Figura 5 Evidencias de deformación en la mina.....	24
Figura 6 Características de la mineralización.....	26
Figura 7 Tipos de muestreo en mina.....	28
Figura 8 Ilustración de un ejemplo de muestreo mediante canal.....	30
Figura 9 Actividades de muestreo en mina.....	31
Figura 10 Convenciones para cartografía subterránea Mina el Gran Porvenir.....	33
Figura 11 Ejemplo de cartografía subterránea escala 1:100 nivel 3 sur.....	33
Figura 12 Interfaz LeapFrog Geo.....	35
Figura 13 Supervisión en plataforma de perforación diamantina.....	36
Figura 14 Litologías aflorantes en los núcleos de perforación.....	37
Figura 15 Ejemplo de medida de recuperación en una corrida de 3 metros.....	38
Figura 16 Ejemplo de toma de medidas en corrida de 1.5 metros, cada fragmento medido debe ser mayor a 10 centímetros.....	40
Figura 17 Ejemplo de separación de litologías.....	41
Figura 18 Ejemplo de registro fotográfico y marcación de muestreo de los núcleos de perforación.....	42
Figura 19 Marcación en mina.....	44

Figura 20 Cartografía subterránea nivel 3 sur y cruzada guía Avance entorno de visualización LeapFrog Geo.	46
Figura 21 Mapa de tenores del sector 270.	47
Figura 22 Modelamiento de sondaje de perforación y ejemplo de descripción de tramos litológicos.....	49

Lista de Apéndices

	pág.
Apéndice A Núcleos de perforación de diferentes campañas exploratorias.	53
Apéndice B. Base de datos de muestreo diario.	54
Apéndice C. Formato para la descripción geotécnica.	55
Apéndice D. Formato de descripción geológica utilizado en la Mina el Gran Porvenir.	56

Resumen

Título: Soporte y asistencia a las labores de explotación, exploración y cartografía subterránea en el yacimiento aurífero de la Mina el Gran Porvenir del Líbano S.A, Tolima.*

Autr: Kevin Alberto Parra Arenales**

Palabras Clave: Minería, Oro orogénico, Vetas, Cartografía, Explotación subterránea, Supervisión geológica, Muestreo mina.

Descripción: La Mina el Gran Porvenir del Líbano S.A., ubicada en el municipio del Líbano, departamento del Tolima, es una empresa minera colombiana dedicada durante más de dos décadas a la explotación de un yacimiento aurífero vetiforme. Durante un período de seis meses, se participó como practicante en el equipo de geología del proyecto, colaborando en actividades de explotación y exploración.

Las responsabilidades incluyeron trabajo de campo y de oficina, consistiendo en supervisión de muestreo, cartografía subterránea, gestión de bases de datos, supervisión de perforación diamantina, descripción de núcleos y monitoreo de labores subterráneas de producción y desarrollo. El enfoque principal de la práctica fue la supervisión de muestreo y descripción geológica, con seguimiento a aproximadamente 12 frentes de producción y 4 frentes de desarrollo, además del programa de perforación del bloque "Chucula Sur", donde se participó en la descripción detallada de los sondajes. Para la visualización espacial de datos de muestreo y perforación, se utilizó principalmente el software LeapFrog Geo.

La mineralización en el depósito de Au y Ag consiste en vetas de espesor variable, alcanzando hasta 4 metros, con una mineralogía principal compuesta por cuarzo, pirita, galena, esfalerita, calcopirita y oro, entre otros minerales. La roca caja está constituida principalmente por esquistos grafitosos pertenecientes al Complejo Cajamarca.

Entre los logros significativos durante la práctica, destaca la consolidación de una base de datos integral que incluye información diaria detallada de muestreo, georreferenciación de muestras históricas, descripciones de núcleos de perforación, registro fotográfico exhaustivo de perforaciones actuales y anteriores, elaboración del primer inventario de núcleos de perforación y actualización de hojas cartográficas.

Esta experiencia permitió fortalecer habilidades técnicas esenciales como el mapeo geológico subterráneo, técnicas de muestreo, interpretación estructural y adquisición de datos estructurales. Adicionalmente, el desarrollo de competencias de trabajo en equipo y liderazgo contribuyó significativamente al crecimiento profesional integral.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Geología. Director: Carlos Alberto García Ramírez. Ph. D. en Geología y Mineralogía. Tutor de práctica: Juan David Jurado Jaramillo. Geólogo.

Abstract

Title: Support and assistance in exploitation, exploration, and underground mapping activities at the gold at the gold deposit of Mina El Gran Porvenir del Líbano S.A, Tolima.*

Author(s): Kevin Alberto Parra Arenales**

Key Words: Mining, Orogenic gold, Veins, Mapping, Underground exploitation, Geological supervision, Mine sampling.

Description: Mina El Gran Porvenir del Líbano S.A., located in the municipality of Líbano, Tolima department, is a Colombian mining company dedicated for more than two decades to the exploitation of a vein-type gold deposit. During a six-month period, I participated as an intern in the project's geology team, collaborating in exploitation and exploration activities.

Responsibilities included both field and office work, consisting of sampling supervision, underground mapping, database management, diamond drilling supervision, core logging, and monitoring of underground production and development operations. The main focus of the internship was sampling supervision and geological description, monitoring approximately 12 production fronts and 4 development fronts, in addition to the "Chucula Sur" block drilling program, where I participated in detailed core logging. LeapFrog Geo software was primarily used for spatial visualization of sampling and drilling data.

The Au and Ag mineralization in the deposit consists of veins of variable thickness, reaching up to 4 meters, with primary mineralogy composed of quartz, pyrite, galena, sphalerite, chalcopyrite, and gold, among other minerals. The host rock is mainly composed of graphitic schists belonging to the Cajamarca Complex.

Among the significant achievements during the internship, highlights include the consolidation of a comprehensive database including detailed daily sampling information, georeferencing of historical samples, drill core descriptions, exhaustive photographic record of current and previous drilling, development of the first drill core inventory, and updating of cartographic sheets.

This experience allowed for strengthening essential technical skills such as underground geological mapping, sampling techniques, structural interpretation, and structural data acquisition. Additionally, the development of teamwork and leadership competencies contributed significantly to comprehensive professional growth.

* Degree Work

**Faculty of Physicochemical Engineering. Department of Geology. Advisor: Carlos Alberto García Ramírez, Ph. D. in Geology and Mineralogy. Internship Supervisor: Juan David Jurado Jaramillo. Geologist.

Introducción

El objetivo principal de la práctica fue fortalecer los conocimientos teóricos adquiridos durante la formación académica mediante su aplicación en un contexto minero real, contribuyendo simultáneamente al desarrollo de las actividades de exploración y explotación en la mina el Gran Porvenir del Líbano S.A. Las actividades de la práctica durante el período de seis meses formaron parte del convenio entre la Universidad Industrial de Santander y la empresa minera Mina el Gran Porvenir del Líbano S.A.

El apoyo a las labores de explotación en gran medida se prestó durante las campañas de supervisión de muestreo aleatorio, generando una extensa recolección de datos en los frentes de producción. Durante los acompañamientos de supervisión, se realizaron interpretaciones y direccionamientos según los requerimientos diarios, enfocándose principalmente en el control de dilución en los frentes de trabajo.

En el ámbito de exploración del proyecto minero, se destacó la participación en los programas de perforación, donde las responsabilidades principales abarcaron la descripción geológica detallada de los núcleos, obteniendo información geotécnica y geológica. La supervisión y acompañamiento en las plataformas de perforación permitieron establecer una comunicación efectiva y un trabajo coordinado entre geólogos y perforistas.

La gestión de bases de datos constituyó un pilar fundamental para el éxito del proyecto. Mediante el software Leapfrog Geo 5.1, se realizó el modelamiento de sondajes de perforación, la generación de mapas de tenores y la visualización espacial de hojas cartográficas.

Como complemento a la exploración, la cartografía subterránea proporcionó una visión ilustrativa de las estructuras aflorantes con descripciones detalladas.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Apoyar las labores de explotación, exploración y cartografía subterránea en la mina el gran porvenir del Líbano S.A, Tolima.

1.2 Objetivos Específicos

Monitorear y asistir de manera presencial los procesos de recolección de muestras que se llevan a cabo en las diferentes áreas de operaciones mineras subterráneas.

Elaborar mapas geológicos detallados, tanto de las áreas subterráneas como de la superficie, mediante la observación y el registro preciso de las características y formaciones geológicas presentes.

Emplear herramientas computacionales 3D como Leapfrog para una mejor correlación e interpretación de un modelo de estructuras.

Colaborar en labores de perforación diamantina y control de mineralización en mina incluido el apoyo en estimación de recursos y reservas mineras.

Llevar a cabo el proceso de descripción de núcleos de perforación, muestreo y control de calidad QA/QC.

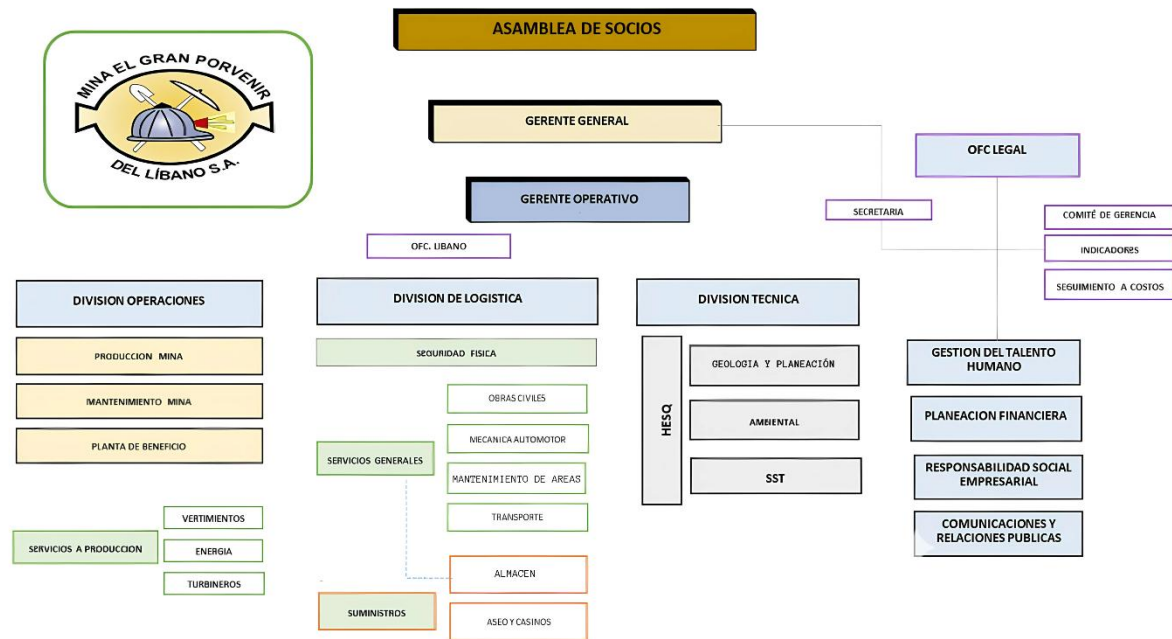
Integrar información disponible para interpretar, reportar y direccionar labores subterráneas.

2. Información de la empresa

La Mina el Gran Porvenir del Líbano S.A., establecida en el municipio del Líbano, Tolima, se ha consolidado como una empresa colombiana dedicada a la explotación de un yacimiento aurífero, con más de dos décadas de trayectoria en el sector minero, la compañía gestiona actualmente un portafolio de títulos mineros que abarcan una extensión total de 3,624 hectáreas, como título principal de explotación resalta el título GI2-101 el cual se otorga el 11 de julio de 2006, cuando INGEOMINAS y los señores Julio César Jácome Gamboa y Alfonso Céspedes Pedraza firmaron el contrato de concesión para la exploración y explotación de oro y otros minerales concesibles en un área de 100 hectáreas en el Líbano, Tolima, con una duración de 30 años. El título ha experimentado varios cambios de titularidad: primero fue cedido a la Sociedad Minas El Gran Porvenir Del Líbano S.A. (2007), luego a Mineral Gold Colombia S.A. (2008), posteriormente a Tiger American Gold S.A.S. (2011), y finalmente regresó a Mina el Gran Porvenir del Líbano S.A. (2020). En diciembre de 2008, se aprobó el Programa de Trabajos y Obras (PTO), iniciando la etapa de explotación. En 2012, CORTOLIMA otorgó la licencia ambiental al proyecto. Actualmente, el título se encuentra en su decimosexta anualidad de explotación, con vigencia hasta el 31 de octubre de 2036, y está clasificado como mediana minería según sus parámetros de producción (ANM, 2024). La organización de la empresa se presenta en la (Figura 1).

Figura 1

Organigrama Mina el Gran Porvenir del Líbano S.A.



Nota. HESQ (Salud, Medio Ambiente, Seguridad y Calidad), SST (Seguridad y Salud en el Trabajo). Tomada de Mejía Paba (2023).

3. Mina el Gran Porvenir

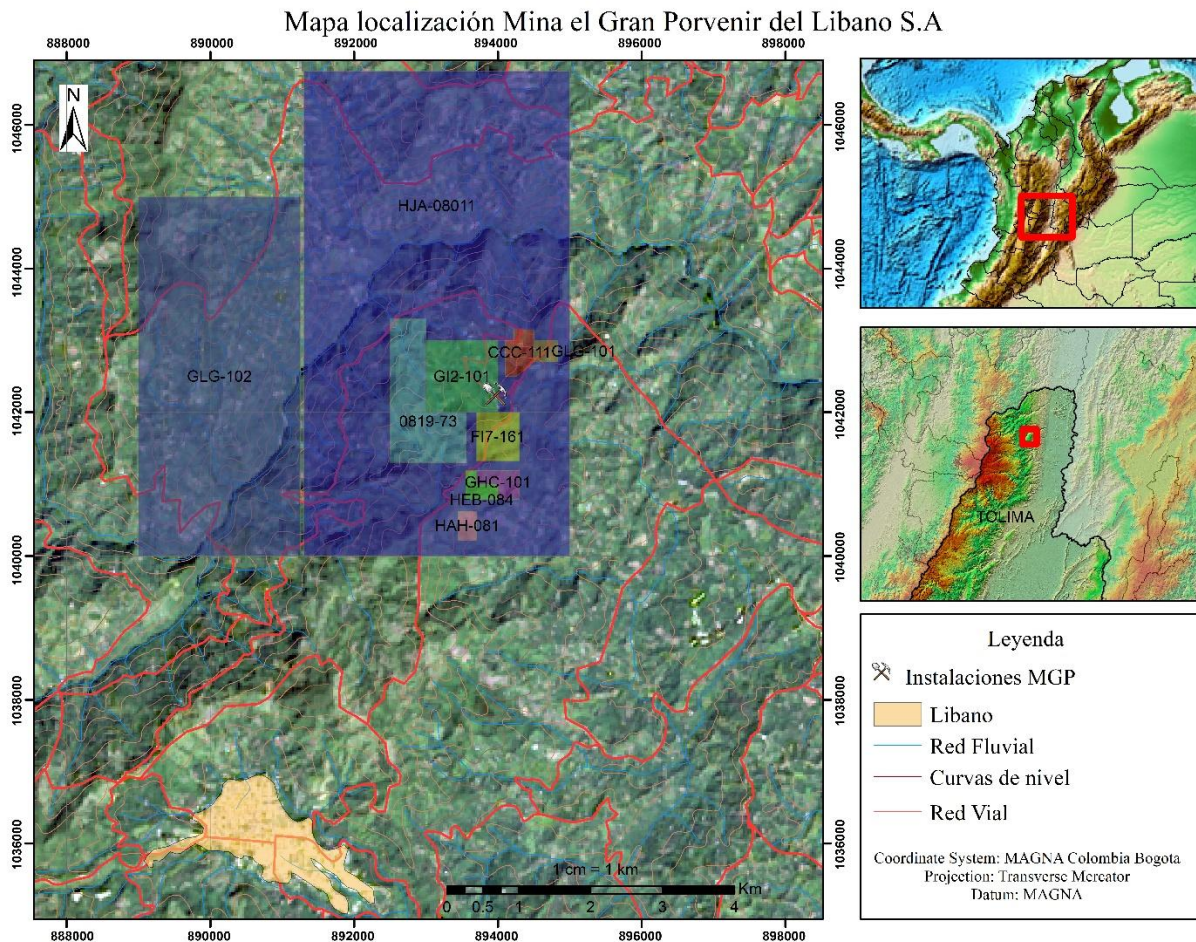
3.1 Localización

La empresa Mina el Gran Porvenir S.A tiene otorgado diez títulos mineros abarcando un total de 3624 ha, de los cuales cuatro cuentan con licencia ambiental y están actualmente en explotación para la extracción de oro y plata. La planta de extracción mineral está ubicada en el flanco oriental de la Cordillera Central, al norte del departamento del Tolima, en el municipio de

Líbano (Figura 2). La mina se encuentra en la vereda Porvenir-Matefique, a 15 kilómetros del casco urbano de Líbano.

Figura 2

Mapa localización Mina el Gran Porvenir del Líbano S.A



Nota. Elaboración propia. Bases cartográficas tomadas del portal “Colombia en Mapas”.

3.2 Estudios realizados

En la mina y proyectos relacionados, se han realizado estudios geológicos, los cuales se presentan a continuación.

(Godoy, 2007). En un estudio petrográfico identifica galena, pirita y esfalerita como los principales minerales, con tetraedrita, calcopirita y pirrotita como accesorios. La mayoría del oro se encuentra asociado con galena y pirita, con tamaños de grano que varían entre 6 μm y 37,4 μm , y un grano excepcional de 162 μm . El estudio destaca que la galena podría dificultar la cianuración debido a su interacción con el cianuro, aumentando el consumo de este reactivo.

(López, 2016). Se enfoca en definir lineamientos geométricos para la perforación y voladura de roca mediante el método de frente completo, mediante la identificación de 604 macroestructuras geológicas en túneles de la mina y la realización de ensayos de resistencia a la compresión uniaxial, carga puntual y compresión simple en laboratorio e in situ, obteniendo así parámetros geotécnicos cruciales para optimizar las técnicas de perforación y voladura en minería subterránea de oro.

(Moreno y Betancur, 2018). Reconocieron tres eventos mineralizantes distintos: vetas de cuarzo masivo con mineralización diseminada, vetas con bandas de cuarzo y sulfuros, y vetas masivas de poco espesor con mineralización diseminada. Las vetas principales tienen una orientación NE con buzamiento al NW y varían en espesor de 0,8 a 4 metros. La mineralogía de las vetas incluye cuarzo, pirita, galena, esfalerita, calcopirita, oro, entre otros minerales. El análisis de los granos de oro mostró tamaños entre 0,1 y 100 μm , con formas subelongadas y frecuentemente encontrados en fracturas de pirita. Además, se realizaron estudios de inclusiones fluidas que indicaron temperaturas de formación entre 243 y 348°C y una composición de fluidos mineralizantes que sugiere un depósito de tipo oro orogénico.

(Torres, 2018) Caracteriza la mineralización de oro orogénico en la zona de Líbano, Tolima. Este estudio describe un sistema de vetas de cuarzo hospedado en esquistos grafitosos y

verdes del Complejo Cajamarca. Se identificaron cuatro eventos de mineralización con variaciones en contenidos de oro y plata. Las vetas, formadas por múltiples eventos de fracturación y flujo de fluidos, presentan texturas bandeadas y brechosas, y se encuentran controladas por el Sistema de Fallas La Chucula. El estudio incluye análisis petrográficos, microtermométricos y de inclusión de fluidos.

(Duque, 2021) Elabora el modelo geológico-estructural tridimensional del depósito vetiforme en la Mina El Gran Porvenir, Tolima, utilizando el software Leapfrog Geo V4.0. Este modelo reveló que la mineralización está controlada por sistemas de fallas Riedel en una zona de cizalla principal con cinemática sinistral, y sugiere que estas estructuras complejas, incluyendo estructuras en flor, actúan como zonas de enriquecimiento mineral.

(Moreno, 2022) El estudio se enfoca en el estudio de la mineralización aurífera en la Mina El Gran Porvenir. La mineralización se encuentra principalmente en vetas de cuarzo y sulfuros (galena, esfalerita, pirita, calcopirita y pirrotina), alojadas en esquistos grafitosos del Complejo Cajamarca. Para clasificar el yacimiento, se realizaron análisis microtermométricos y de isotopía de azufre y plomo, que revelaron temperaturas de formación de entre 243°C y 348°C, con fluidos mineralizantes compuestos por H₂O, CO₂, N₂ y CH₄, y una salinidad promedio de 8,6 wt% NaCl. Los valores isotópicos de $\delta^{34}\text{S}$ sugieren una génesis metamórfica o sedimentaria para los sulfuros, mientras que los isótopos de Pb indican una fuente heterogénea asociada a orógenos. Estos análisis permiten clasificar la mina como un yacimiento de oro orogénico.

(Pineda, 2023) aborda la formulación de un sistema de aseguramiento y control de calidad (QA/QC) en la Mina El Gran Porvenir, ubicada en el Líbano, Tolima, un yacimiento de oro orogénico controlado por el Sistema de Fallas Palestina. El estudio identifica deficiencias en la calidad de la información geológica y propone un manual para estandarizar procesos de muestreo

y fortalecer el QA/QC, alineado con los estándares de la CCRR y el ECRR. Este protocolo es clave para mejorar la estimación de recursos y reservas, así como el rendimiento operativo y financiero del proyecto minero.

3.3 Contexto geológico regional

El área de estudio se ubica en el dominio tectónico de la Cordillera Central colombiana, delimitada por las fallas Otú-Pericos al este y Cauca-Almaguer al oeste. En el flanco oriental de esta cordillera se encuentran importantes mineralizaciones auro-argentíferas que han sido explotadas históricamente, las cuales forman parte de la provincia metalogénica Andina Central, específicamente dentro del cinturón orogénico de Au-Ag del Paleoceno (SCG., 2020).

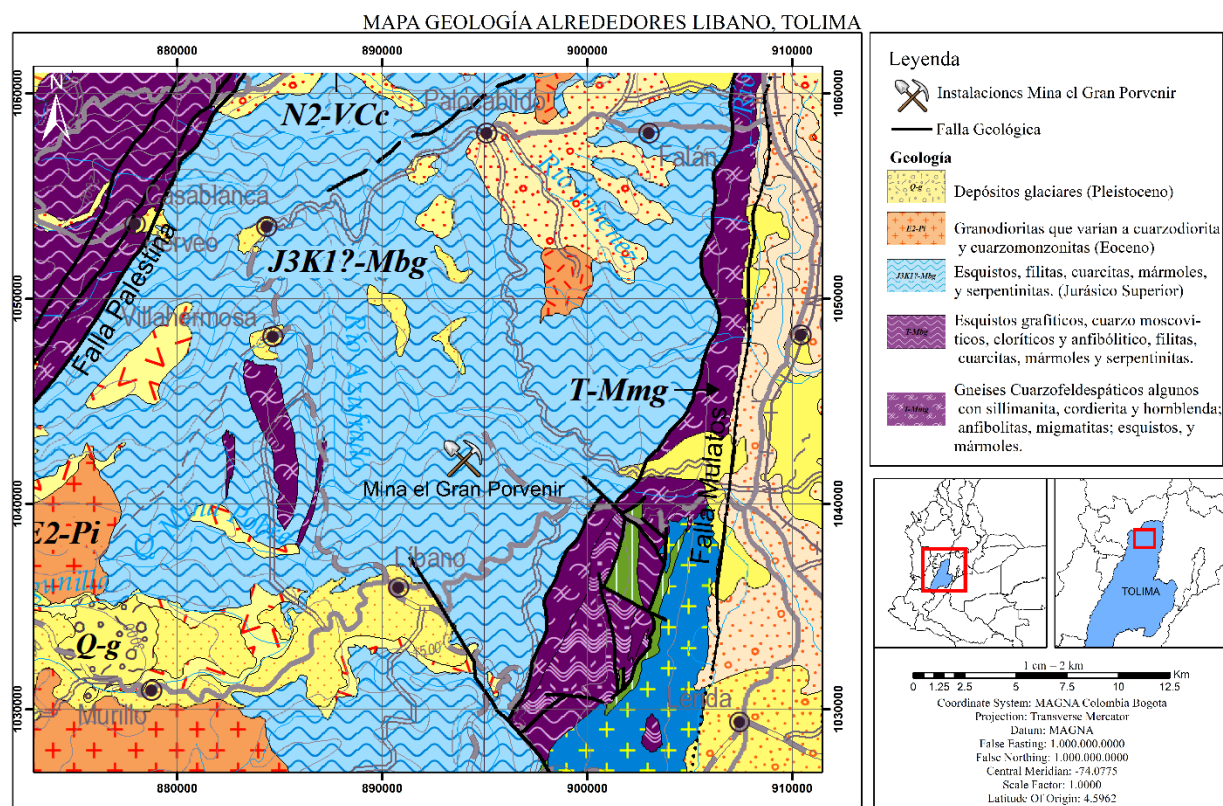
De acuerdo con el mapa metalogénico de Colombia, el tren de mineralización que da origen a los depósitos de la mina El Gran Porvenir podría extenderse hasta 30 km en su rumbo. Esta continuidad se evidencia en yacimientos como la mina Las Ánimas, ubicada a 28 km de distancia, la cual presenta notables similitudes en su tipo de mineralización al encontrarse en el mismo cinturón metalogénico.

Los estudios de datación de la alteración hidrotermal en ambas minas (Las Ánimas y El Gran Porvenir) han permitido identificar un importante evento metalogénico regional, ocurrido cerca al límite entre el Paleoceno tardío y el Eoceno temprano (Zappettini et al., 2020).

3.4 Geología Local

Figura 3

Mapa geológico alrededores Libano, Tolima.



Nota. Modificado de Atlas Geológico Colombiano 2023. Modificación falla Palestina y falla Mulatos resaltando su cercanía e influencia a la Mina el Gran Porvenir.

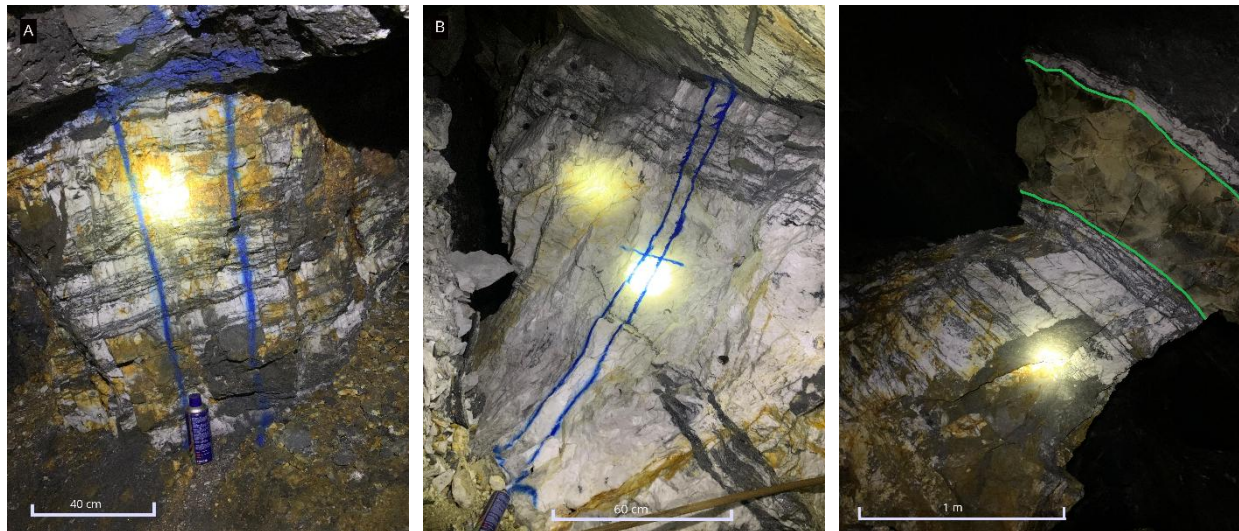
En el área correspondiente a los títulos mineros de la mina el Gran Porvenir afloran rocas metamórficas pertenecientes al complejo Cajamarca las cuales son la roca caja de las vetas mineralizadas (Figura 3). Estas litologías consisten esquistos grafitosos y esquistos moscovíticos, las cuales son cortadas por diques afaníticos de composición intermedia, con tonalidades de verde

grisáceas a pardas, con tamaño de cristales muy finos, definidos como diques de textura aplítica (Moreno y Betancur, 2018).

La mineralización ocurrió durante tres eventos (Figura 4): el primero consiste en vetas de cuarzo masivo con mineralización diseminada; el segundo se caracteriza por vetas con bandas alternadas de cuarzo y sulfuros; y el tercero está representado por vetas delgadas y masivas que contienen mineralización diseminada (Moreno y Betancur, 2018).

Figura 4

Estructuras mineralizadas.



Nota. A) Veta bandeada con sulfuros; B) Veta de cuarzo masivo con mineralización diseminada; C) Estructura de dique de textura aplítica con la misma disposición de las vetas mineralizadas.

3.4.1 Litologías aflorantes

El Complejo Cajamarca en las concesiones mineras de la Mina el Gran Porvenir consiste en esquistos de cuarzo-clorita-sericita, esquistos grafitosos y diques andesíticos, los cuales son descritos por (Torres, 2018).

- *Esquistos de Cuarzo-Clorita-Sericita*: Las muestras descritas por (Torres, 2018) corresponden a una roca metamórfica de textura granolepidoblástica foliada (S1) con micropliegues de crenulación que definen una foliación secundaria (S2). Su composición mineralógica principal incluye cuarzo (33%), clorita (27%), micas blancas (15%), albita (7%), sericita (6%) y epidota (3%), con venillas de carbonatos (10%) que cortan ambas foliaciones. El cuarzo presenta texturas suturadas, en mosaico y extinción ondulante, evidenciando deformación. Las fases de alteración incluyen sericita, calcita y venillas de cuarzo-carbonatos. Basado en la asociación mineral, se interpreta que corresponde a un protolito pelítico. La presencia de micropliegues y texturas del cuarzo sugieren un evento tectónico de alta deformación, el grado metamórfico corresponde a facies esquistos verdes de temperatura media a alta.
- *Esquistos Grafitosos*: Las secciones delgadas analizadas por (Torres, 2018) presentan una roca con textura lepidoblástica que presenta tres foliaciones distintas: una foliación metamórfica principal (S1), una foliación de crenulación (S2) que la sobreimpone, y una foliación de transposición (S3) que corta a las anteriores. Se observan pliegues asimétricos con estructura chevron. La composición mineralógica incluye cuarzo (45%), grafito (30%), micas blancas (17%), clorita (3%) y calcita (5%). La mineralización, compuesta por pirita, calcopirita y esfalerita, se encuentra dentro de los micropliegues (S2) siguiendo la foliación principal (S1), aunque la foliación S3 corta los pliegues de pirita. El cuarzo muestra texturas de contactos suturados, mosaico, bulging y migración de bordes de grano, además de extinción ondulante. Las fases de alteración incluyen sericita y calcita en cantidades menores. La pirita plegada presenta sobrecrecimientos de calcopirita en sus bordes,

mientras que calcopirita, esfalerita y hematita se encuentran diseminadas como cristales anhedrales dentro de la foliación.

Basado en la asociación mineral, se interpreta que el protolito corresponde a una roca metapelítica enriquecida en material orgánico.

- *Diques Andesíticos*: Presentan una textura porfírica con fenocristales euhedrales a subhedrales de plagioclasa y hornblenda de grano medio a fino, parcialmente reemplazados por sericita y calcita. Estos fenocristales están rodeados por una matriz microcristalina de albita y sericita. La composición consiste en 58% de matriz y fases de alteración, y 42% de fenocristales. Los fenocristales incluyen plagioclasa con pérdida parcial de macla polisintética (55%), hornblenda (35%), cuarzo de grano fino (5%) y ortoclasa (5%), esta última reconocible por su característica macla de baveno. Además, presenta pirita y esfalerita (<1%) como granos diseminados con morfologías subhedrales a anhedrales. Según la clasificación de Streckeisen (1976) para rocas extrusivas, esta roca porfírica se clasifica como una Andesita. Presenta una alteración hidrotermal fuertemente pervasiva de tipo carbonatización-sericita, acompañada por cantidades menores de sulfuros. La presencia de pirita en esta roca porfírica se podría explicar por la sulfurización de fenocristales máficos como la hornblenda.

3.4.2 Estructuras

El área de estudio presenta características estructurales significativas evidenciados como pliegues de arrastre (Figura 5A), estrías de falla y desplazamiento de las unidades que en algunos sectores son de hasta 12 metros (Figura 5B).

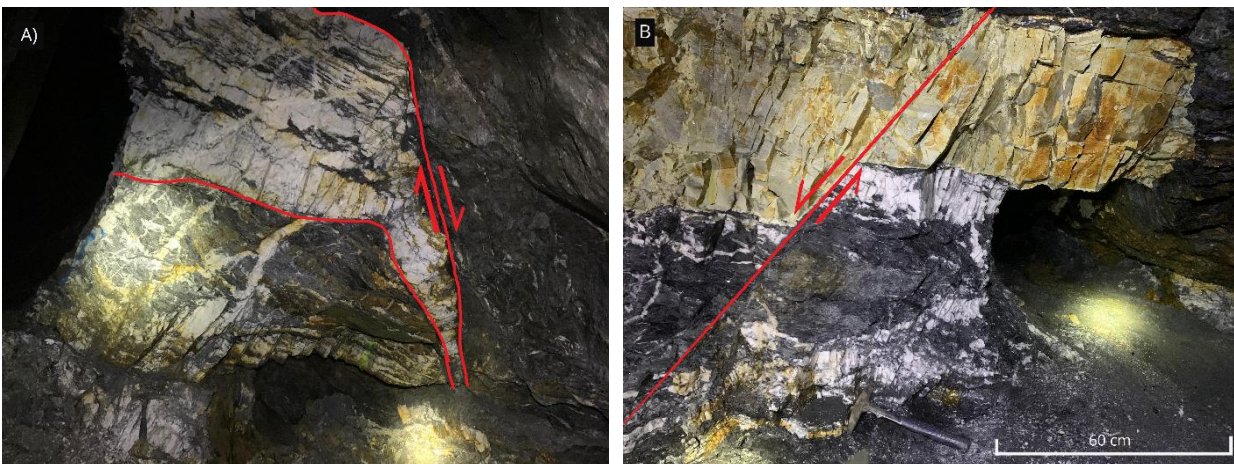
El modelo geológico- estructural es descrito por (Duque., 2021) en donde se identifica cuatro grupos principales de fallas.

1. Fallas NW: Dirección y buzamiento promedio $325/73^\circ$ SW. Son las más influyentes, con saltos de falla de hasta 12m. Presentan movimiento normal en el componente vertical y sinistral en el horizontal. Condicionan los enriquecimientos de sulfuros y la geometría de los cuerpos mineralizados (Figura 5A).
2. Fallas E-W: Dirección y buzamiento promedio $255/66^\circ$ N. Muestran saltos de hasta 4m con componente horizontal dextral. Junto con las fallas NW, dominan los principales rasgos estructurales del depósito.
3. Fallas N-S: Dirección y buzamiento promedio $185/77^\circ$ E. Presentan saltos de algunos metros con componente horizontal sinistral, generando pinchamientos en diques y vetas.
4. Fallas NE: Dirección y buzamiento promedio $213/71^\circ$ NW-SW. Son fallas normal-sinistrales con saltos de hasta 3m.

Estas estructuras controlan la distribución espacial y geometría de la mineralización, siendo particularmente relevantes las fallas NW y E-W para el control estructural del depósito

Figura 5

Evidencias de deformación en la mina.



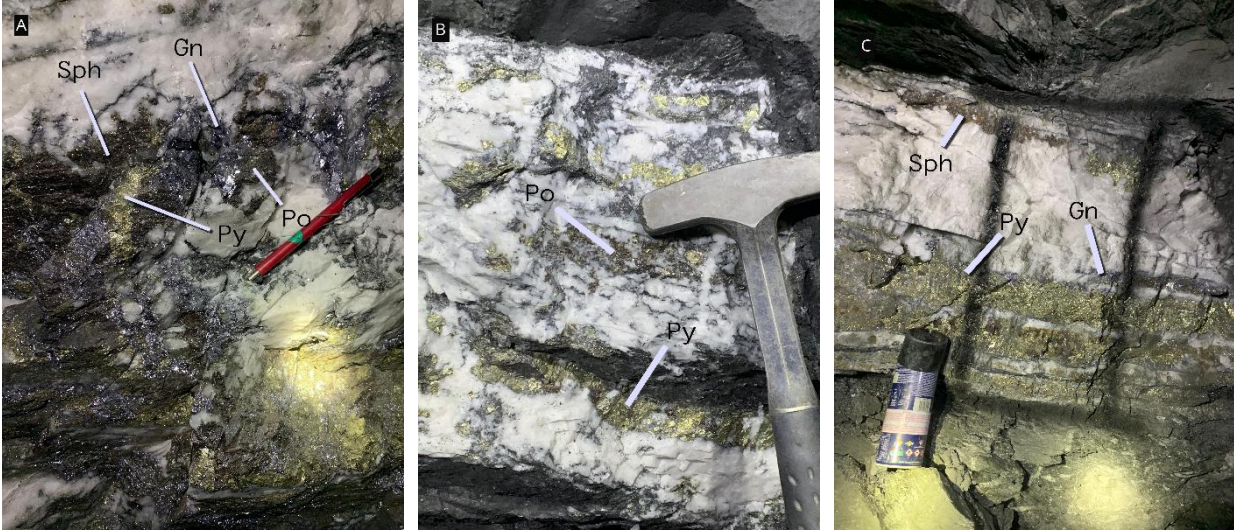
- Nota.* A) Falla cortando la veta generando pliegue de arrastre, falla NW con cinemática normal;
B) Falla de tipo normal generando desplazamiento de 25 cm.

3.4.3 Mineralización

La mineralización se presenta principalmente en vetas de cuarzo y sulfuros, alojadas en esquistos grafitosos del Complejo Cajamarca (Moreno y Betancur, 2018). El depósito se caracteriza por tres eventos mineralizantes, con vetas principales orientadas al NE y espesores que varían entre 0,8 y 4 metros (Moreno y Betancur, 2018). La mineralogía dominante incluye cuarzo, pirita, galena, esfalerita y calcopirita, con oro como mineral principal de valor económico (Figura 6) (Godoy., 2007). Los estudios microtermométricos e isotópicos indican temperaturas de formación entre 243°C y 348°C, con fluidos mineralizantes compuestos por H₂O, CO₂, N₂ y CH₄ (Angée Moreno D. L., 2022). La génesis del yacimiento se asocia a procesos metamórficos o sedimentarios, con una fuente de metales heterogénea vinculada a orógenos (Angée Moreno D. L., 2022). Las zonas de enriquecimiento mineral están relacionadas con sistemas de fallas Riedel en una zona de cizalla principal. (Duque Alzate, 2021).

Figura 6

Características de la mineralización.



Nota. A) Paragénesis mineral Pirita (Py)+Esfalerita (Sph)+Galena (Gn)+Pirrotina (Po); B) Veta con Pirita+Esfalerita; C) Mineralización en bandas de Pirita+Esfalerita+Galena.

4. Actividades realizadas durante la práctica

Las actividades realizadas durante la práctica se describen a continuación:

4.1 Soporte en las labores de explotación.

Mediante la supervisión de muestreo aleatorio y sistemático se dio soporte a las labores de explotación llevando un control diario y detallado de las zonas activas de la mina. El muestreo diario de mina se realiza con el fin de llevar un control y registro de los tenores de oro y plata. Las muestras obtenidas de cada frente son analizadas en laboratorio, donde se obtienen resultados medidos en gramos/toneladas (g/ton).

4.1.1 Muestreo aleatorio.

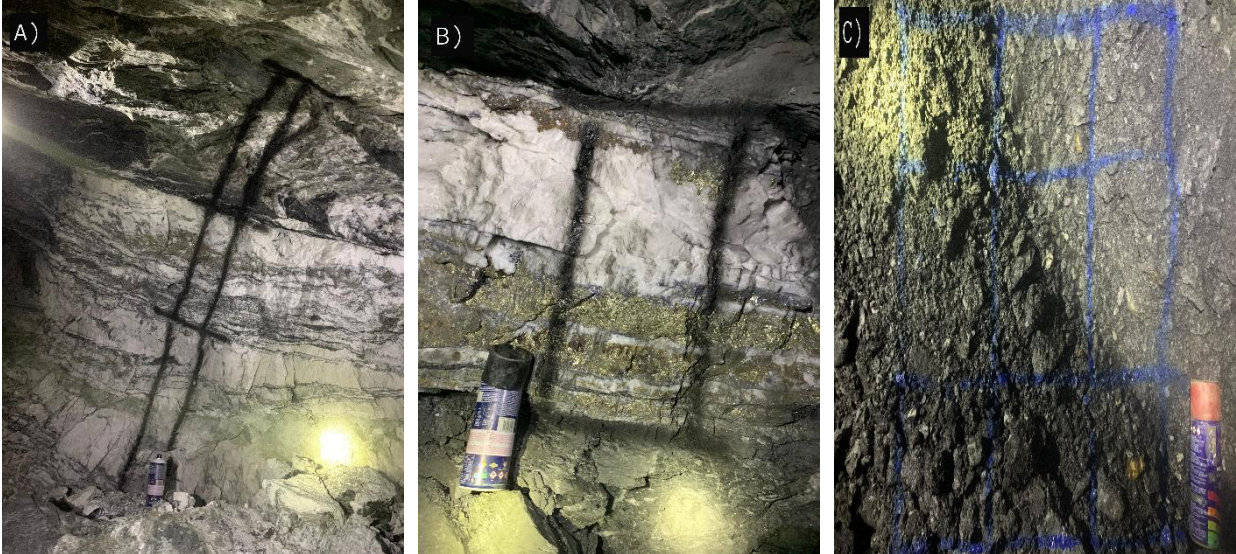
El muestreo se realiza en cada frente activo posterior a la voladura, con un avance promedio de 1.2 a 1.5 metros. La técnica empleada para el muestreo es tipo canal (Figura 7A,7B), que requiere una serie de pasos sistemáticos para la correcta interpretación de la estructura mineralizada. El proceso inicia con la delimitación precisa del techo y base de la estructura mineralizada. Una vez definido estos límites, se selecciona una zona representativa del frente donde se marcará el canal con aerosol, trazándolo de manera perpendicular a la disposición de la estructura para garantizar la representatividad de la muestra. Otro tipo de muestreo utilizado ocasionalmente es el muestreo de Carga o *Grab* el cual consiste en recolectar muestra de una carga acumulada, se realiza el trazo de una malla con la finalidad de seleccionar equitativamente el material, es decir, añadir partes similares de la estructura mineralizada identificable, no mineralizada y material estéril (Figura 7C).

4.1.2 Muestreo sistemático.

El muestreo sistemático consiste en la recolección de múltiples muestras a lo largo de diversos canales, manteniendo una separación estándar de 2 metros entre puntos de muestreo, la cual puede ampliarse según los objetivos específicos del estudio. Esta metodología se emplea principalmente para determinar la concentración de oro/plata en zonas previamente explotadas, así como para realizar estimaciones confiables de recursos y reservas minerales.

Figura 7

Tipos de muestreo en mina.



Nota. A) Muestreo de canal dividido en tres muestras por espesor y por estructura; B) Muestreo de canal delimitando el techo y base de la estructura de la veta; C) Realización de malla para muestreo de carga.

Las herramientas y equipos utilizadas para realizar el muestro se muestra en (Tabla.1)

Tabla 1

Inventario herramientas para muestreo en mina.

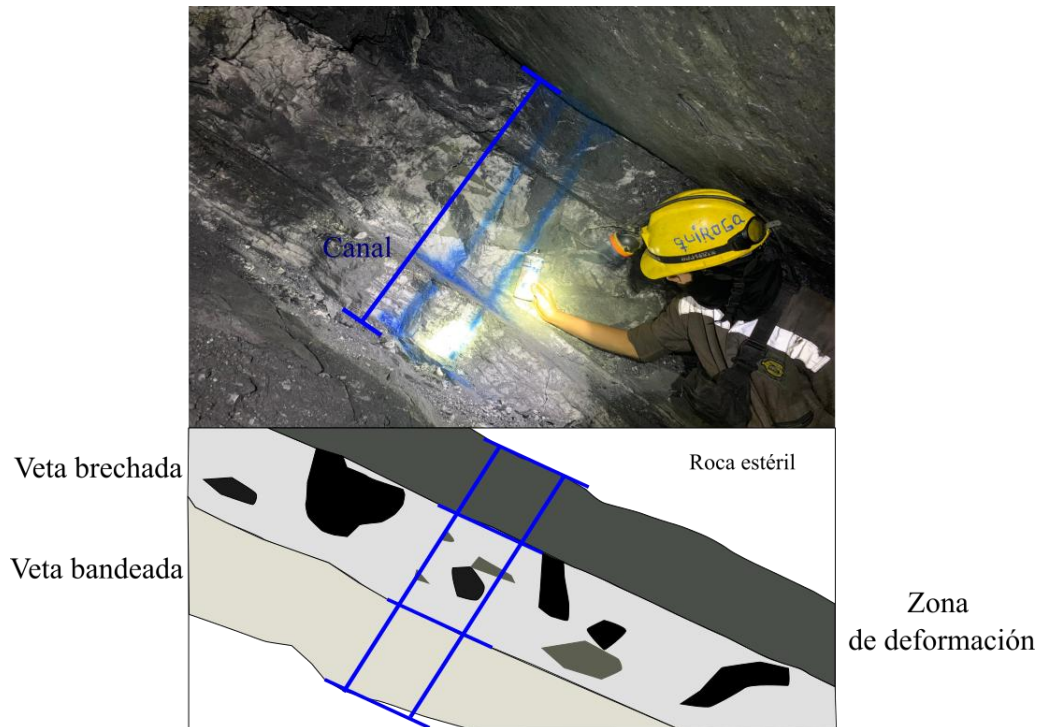
Almadana de 4 Lb	Flexómetro
Cíncel con punta de tungsteno	Distanciómetro o cinta métrica
Rotomartillo Makita HR006GZ	Brújula Brunton
Aerosol	Martillo Geológico
Bolsas plásticas de alto grosor 3	Libreta de Campo
Imán	Lapicero, lápiz y borrador

4.1.3 Procedimiento para la extracción de la muestra.

El proceso comienza con el desplazamiento a los frentes de interés. Al llegar, es fundamental realizar una evaluación de seguridad del frente, en caso de ser necesario se realiza un desabombe (remoción) de material de roca fracturado que este en riesgo de desprendimiento (Figura 9A), tanto en el techo como en las paredes de la labor. Esta acción sirve como medida de seguridad para el personal de muestreo y también para evitar una contaminación en el momento de extracción de la muestra. Posteriormente el geólogo debe interpretar las estructuras presentes en el frente y delimitar con aerosol del cual se sacará la muestra. Como se muestra en la (Figura 8), de un solo canal se pueden obtener varias muestras según sea el caso.

Figura 8

Ilustración de un ejemplo de muestreo mediante canal.

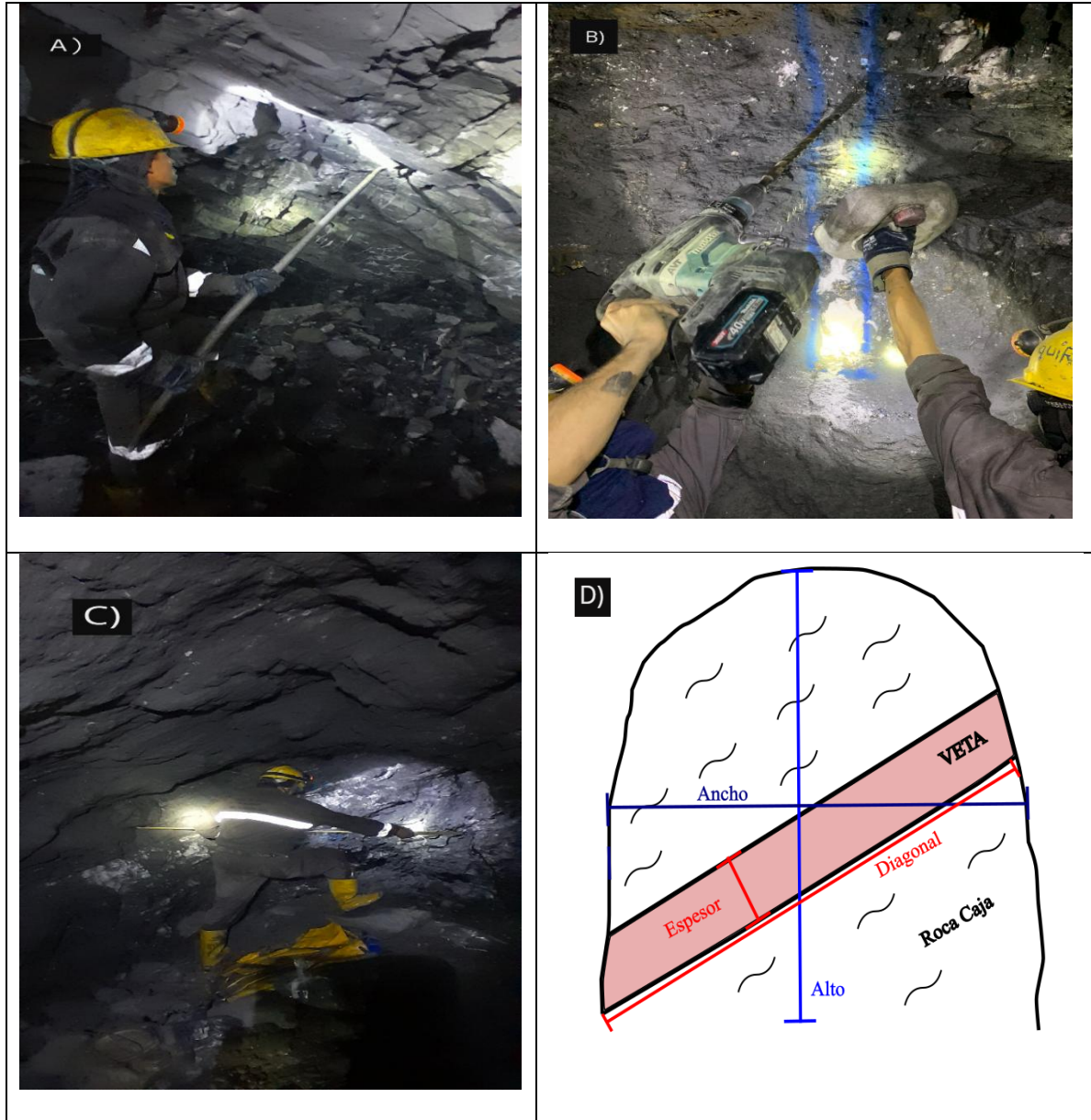


Nota. El canal esta dividido en tres muestras diferenciando las estructuras. Elaboración propia.

El proceso de muestreo se realiza como mínimo con dos auxiliares, quienes deben disponer del inventario de herramientas especificado en la (Tabla 1). Para garantizar la calidad la extracción se realiza desde base a techo del canal, previniendo así la contaminación por caída de material desde zonas superiores. Durante el proceso, un auxiliar se encarga de la extracción del material utilizando el rotomartillo o almádana y cincel, mientras el segundo auxiliar sostiene y manipula la bolsa de recolección (Figura 9B).

Figura 9

Actividades de muestreo en mina.



Nota. A) Desabombre (inspección y aseguramiento de las condiciones del frente de explotación).

B) Extracción de muestra usando rotomartillo, extracción de muestra de base a techo del canal. C)

Toma de las medidas del frente de explotación. D) Ilustración de las medidas que se toman luego de realizar el muestro en el frente de la labor.

4.1.4 Informe de datos

Una vez recolectada la muestra, se le debe asignar un código único que servirá para su identificación durante el procesamiento en el laboratorio y de la ubicación de esta en las labores mineras. Los auxiliares y geólogos deben realizar mediciones en el frente (Figura 9C) para obtener una estimación precisa del área de la veta y de la roca caja. Las dimensiones que se registran incluyen el alto, ancho, espesor y diagonal, importante que las medidas sean lo más precisas para evitar la sobreestimación o subestimación de las estructuras, estas medidas se encuentran ilustradas en la (Figura 9D).

La muestra se debe ubicar espacialmente por lo que se debe medir la distancia, inclinación y dirección exacta desde el punto topográfico más cercano hasta el sitio de muestreo. El geólogo debe registrar en su libreta de campo información detallada que incluye la fecha, código, tipo de muestra, nivel donde se realizó la extracción, clasificación de la labor minera (sea esta un tambor, una guía principal o una sobreguía), características de las estructuras presentes, porcentaje de mineralización, datos estructurales y cualquier observación relevante que se identifique durante el proceso de muestreo.

4.2 Cartografía geológica

Para realizar la cartografía geológica se usaron mapas topográficos en escala 1/100, en el mapa se dibujan las estructuras como lo son vetas, diques, fallas, diaclasas, y los datos como rumbos y buzamientos de estos. La cartografía en la mina el Gran Porvenir se realiza a nivel de

pecho y se trabaja en toma de datos azimutal, se usan convenciones y colores específicos para cada una de las litologías.

En la (Figura 10) se muestran las convenciones utilizadas en la cartografía y en la (Figura 11) se da un ejemplo de una plancha de la cartografía del nivel 3 Sur.

Figura 10

Convenciones para cartografía subterránea Mina el Gran Porvenir.







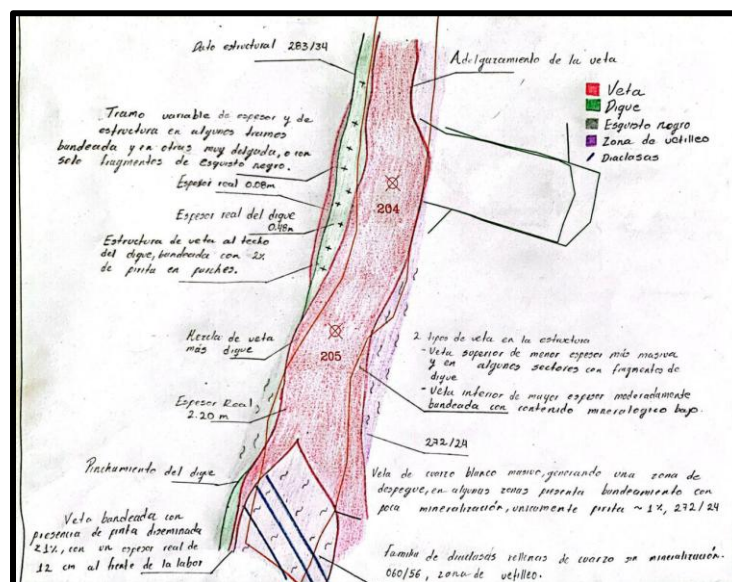
Veta	
Dique	
Esquisto Negro	
Zona de Vetilleo	
Diaclasa	
Fallas	

Figura 11

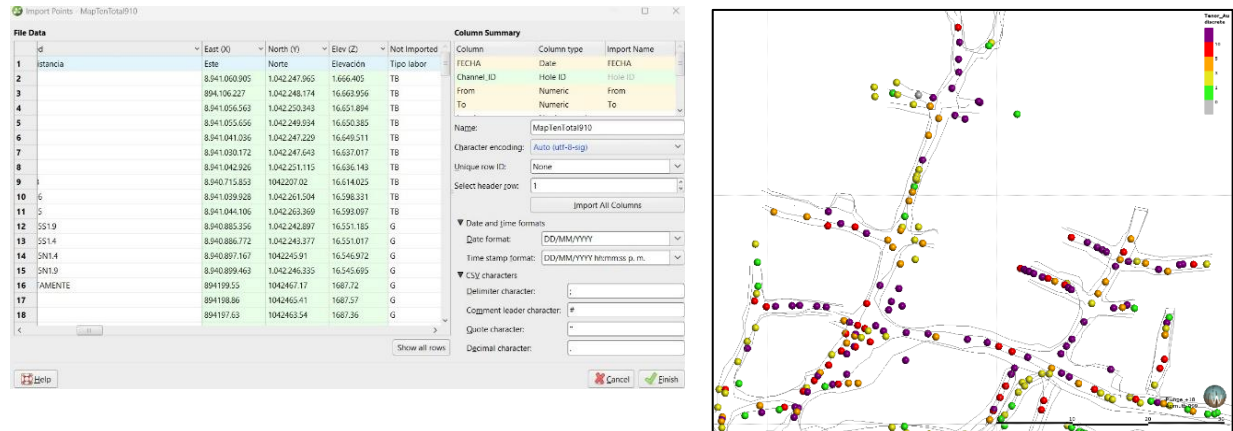
Ejemplo de cartografía subterránea escala 1:100 nivel 3 sur.



4.3 Programas para el modelamiento

La generación de modelos tridimensionales de estructuras vetiformes en exploración se realizó mediante el programa LeapFrog integrando datos provenientes tanto del análisis de muestras de perforación como de información recopilada directamente de la mina. Este proceso permite crear representaciones geológicas precisas y detalladas, las cuales servirán como herramientas fundamentales para visualizar la geometría y la continuidad de las vetas, estimar recursos minerales, optimizar futuras campañas de exploración y apoyar la planificación de operaciones mineras.

La generación de mapas de tenores se realizó mediante el programa LeapFrog Geo 5.1, utilizando datos obtenidos de muestreo aleatorio y sistemático. Para crear la nube de puntos, se incorporaron los siguientes parámetros fundamentales, coordenadas espaciales (x,y,z), tenores de oro, códigos de identificación de muestras y espesores. Una vez cargados estos datos en el software (Figura12A), se obtiene una visualización tridimensional que representa la distribución espacial de las muestras (Figura 12B). La interpretación y comunicación efectiva de estos datos por parte de los geólogos hacia los ingenieros de minas es fundamental para la optimización de las operaciones mineras.

Figura 12*Interfaz LeapFrog Geo.*

Nota. A) Ventana emergente donde se realiza el cargue de datos. B) Visualización nube de puntos con información de tenores.

El programa de modelamiento permite generar representaciones tridimensionales de los resultados de perforación (Figura 22). Esta visualización facilita la correlación de estructuras en profundidad, proporcionando un entendimiento más detallado del yacimiento y la continuidad de las estructuras vetiformes.

4.4 Supervisión en las labores de perforación diamantina.

Se realizaron visitas a las plataformas de perforación para supervisar y llevar el control de las tareas diarias, para llevar un control de los correctos manejos de procedimientos en el momento de la perforación (Figura 13A, 13B).

Esta supervisión garantiza en primera instancia un riguroso control de calidad del testigo, asegurando su correcta recuperación, manipulación y almacenamiento, asegurar la precisión en la orientación y marcado de los núcleos al momento de acomodarlos en las cajas (Figura 13C). La comunicación constante con el equipo de perforación favorece la resolución de problemas con

mayor velocidad evitando en gran medida grandes periodos de tiempo muertos, de igual manera se le debe brindar a los perforistas información de las estructuras que se desean cortar y a que profundidad éstas deberían estar, lo que evitará que en las zonas de mayor interés se generen recuperaciones muy bajas.

Figura 13

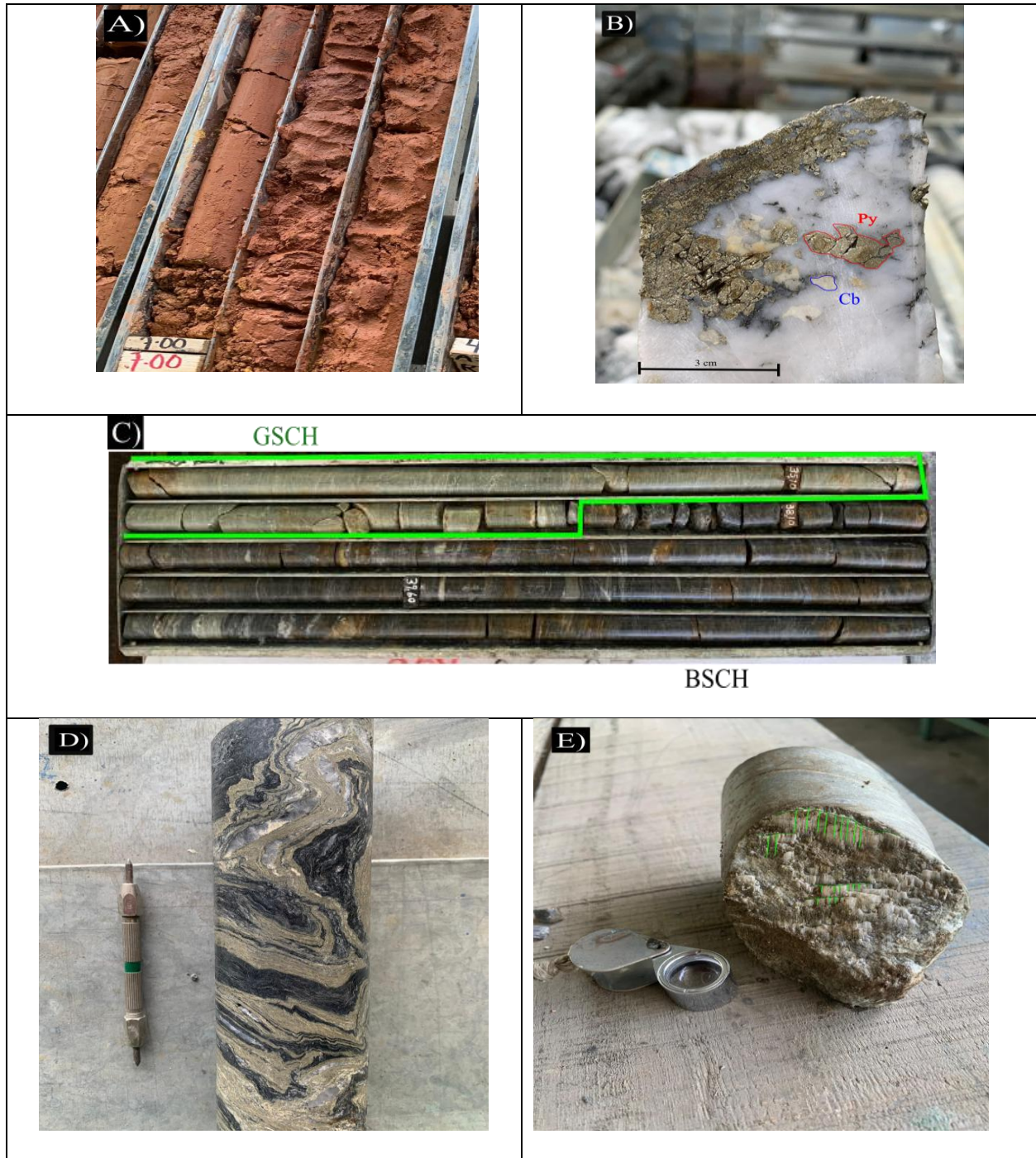
Supervisión en plataforma de perforación diamantina.



Nota. A) Supervisión de medidas de seguridad de personal en máquina de perforación. B) Máquina de perforación en funcionamiento. C) Supervisión en el almacenamiento de núcleos en la plataforma de perforación.

4.5 Descripción de núcleos de perforación

Las muestras obtenidas de los pozos de perforación se analizan y se describen utilizando el formato de descripción (logueo) (Apéndice D), que permite identificar las principales estructuras, alteraciones y la disposición de las mineralizaciones, las litologías más representativas del yacimiento se ilustran en la (Figura 14). Para asegurar la correcta interpretación se completan los siguientes procedimientos.

Figura 14*Litologías aflorantes en los núcleos de perforación.*

Nota. A) Primero metros de perforación roca altamente meteorizada. B) Veta cortada con la perforación con un 4% en contenido de pirita masiva, y con presencia de carbonatos. C)

Alternancia entre esquistos verde y negro. D) Bandeamiento de esquistos negro y esquistos verde, litología afectada por una fuerte deformación. E) Indicadores cinemáticos estrías de falla.

4.5.1 Muestreo para logeo geotécnico

En la evaluación de la calidad del macizo rocoso se implementaron dos parámetros: el porcentaje de recuperación y la designación de calidad de roca (RQD), la aplicación de estos indicadores resulta particularmente crucial en este depósito, nos ayuda a identificar posibles zonas de falla lo que nos da idea de posibles zonas de inestabilidad, y también el posible control que tengan sobre la mineralización (Apéndice C).

- Recuperación, este cálculo se realizó mediante la medición de la longitud total de los fragmentos de núcleo obtenidos en cada corrida de perforación, en este proceso se mide individualmente cada fragmento roca excluyendo los espacios vacíos entre ellos (Figura 15).

Figura 15

Ejemplo de medida de recuperación en una corrida de 3 metros.



- Designación de calidad de la roca (RQD), parámetro fundamental en mecánica de rocas que permite evaluar cuantitativamente la calidad del macizo rocoso, al momento de tomar esta medida solo se considerarán los fragmentos de roca intactos mayores a 10cm, medida tomada en cada corrida (Figura 16). La fórmula para calcular el porcentaje de RQD es la siguiente:

$$RQD = \frac{\sum Frag. Roca > 10 cm}{Total corrida [m]} * 100$$

La clasificación cualitativa para los porcentajes obtenidos de RQD se muestran en la (Tabla 2).

Tabla 2

Clasificación cualitativa según resultados de RQD.

RQD	Calidad de la roca
< 25%	Muy mala
25-50%	Mala
50-75%	Regular
75-90%	Buena
>90%	Excelente

Figura 16

Ejemplo de toma de medidas en corrida de 1.5 metros, cada fragmento medido debe ser mayor a 10 centímetros.

**4.5.2 Descripción geológica**

Durante este proceso se identificaron y definieron las unidades según sus características litológicas, como se ilustra en la (Figura 17). Para cada intervalo, se realiza una descripción detallada que incluye profundidades del tramo, tipos de alteración y sus intensidades, características de la mineralización (detallando tipos de minerales, porcentajes y estilos de mineralización), y otros rasgos geológicos relevantes.

Para facilitar el modelamiento geológico, se han definido códigos y colores correspondientes a cada una de las unidades litológicas principales del yacimiento los cuales se muestran en la (Tabla 3).

Figura 17

Ejemplo de separación de litologías.



Nota. Separación entre veta (color rojo), zona de falla (color celeste) y esquisto negro (color negro).

Tabla 3

Códigos de litologías utilizados en logeo geológico.

Color	Litología	Código
	Esquisto negro	BSCH
	Esquisto verde	GSCH
	Dique	DK
	Zona de Vetilleo	V/Z
	Veta	VEIN
	Zona de falla	F/Z

4.5.3 Definición de intervalos de muestreo, registro fotográfico y muestreo.

El proceso de muestreo inicia con la delimitación de los intervalos a muestrear, donde para cada muestra se registran datos esenciales como profundidades, porcentaje de recuperación, índice RQD y características litológicas. Cada muestra debe identificarse con un código único para asegurar su trazabilidad, como se ejemplifica en la (Figura 18), donde se ilustra la correcta señalización del muestreo.

En el caso específico de la Mina el Gran Porvenir, donde no se dispone de una bodega adecuada para la preservación de los núcleos, la documentación fotográfica adquiere una importancia alta. Este registro permite documentar el estado inicial de los testigos y genera un archivo digital permanente que trasciende el inevitable deterioro físico de los núcleos. La (Figura 18) ilustra el protocolo establecido para la correcta marcación de los núcleos para registro fotográfico donde se puede visualizar el nombre de la perforación, número asignado de cada caja, profundidad del intervalo y la fecha.

Figura 18

Ejemplo de registro fotográfico y marcación de muestreo de los núcleos de perforación.



4.6 Interpretar, reportar y direccionar labores subterráneas.

Con base en los resultados diarios de los tenores y las visitas periódicas a los frentes activos de explotación, se realiza la interpretación de las disposiciones de las estructuras mineralizadas. Es fundamental reportar cualquier cambio que ocurra a medida que avanza la explotación. Para asegurar una operación eficiente es crucial que la dirección de labores cuente con una interpretación precisa de las estructuras, lo que garantiza que el mineral sea extraído en su totalidad.

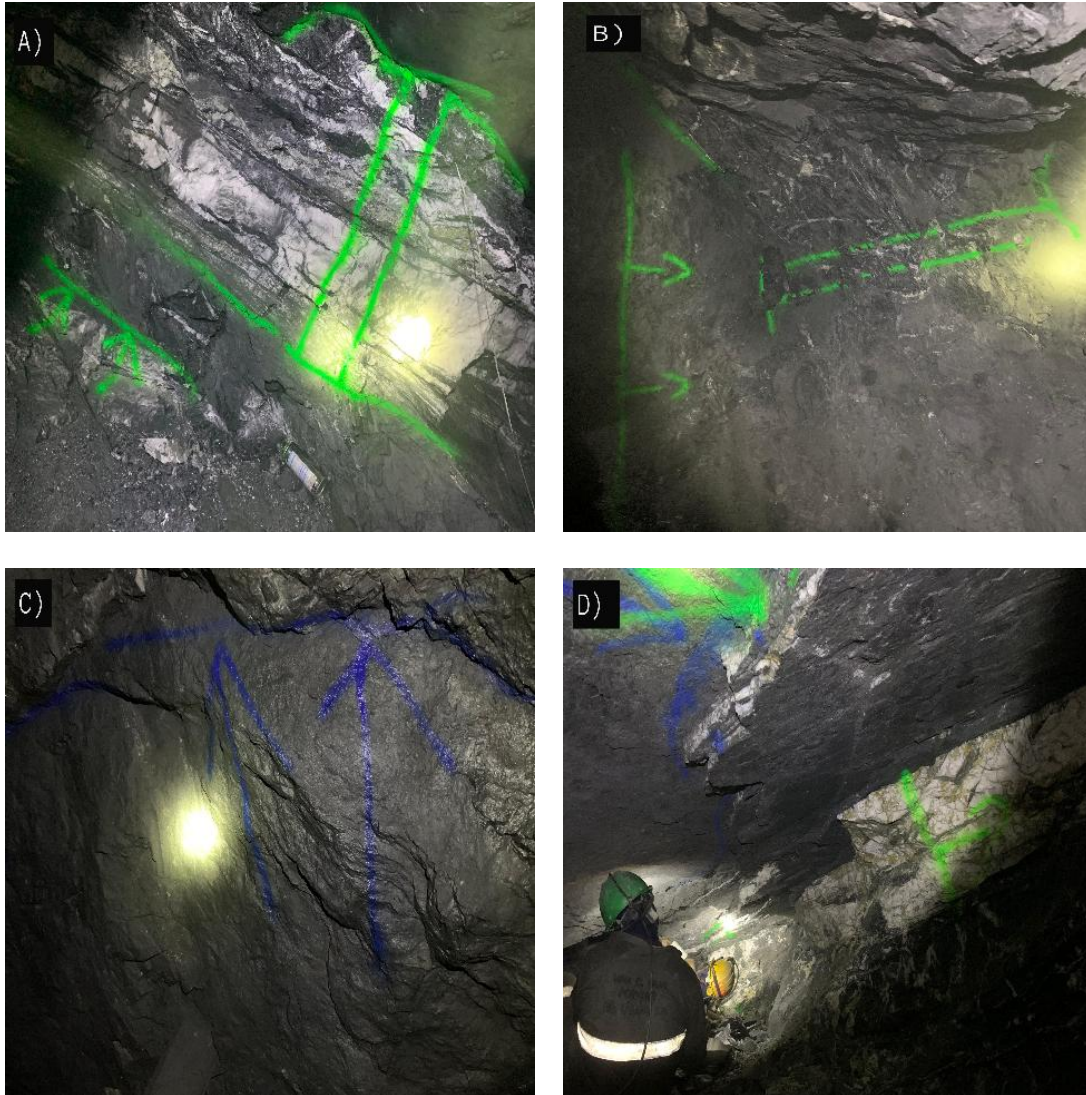
La (Figura 19A) muestra la marcación que indica la reducción de la sección de la labor. Esta indicación se implementa debido al bajo tenor de la veta y a la presencia de material estéril en sus respaldos, factores que generan una dilución excesiva e impiden cumplir con los requerimientos de tenor establecidos en el proyecto Mina el Gran Porvenir.

En las labores de desarrollo, resulta fundamental el monitoreo constante por parte del equipo de geología. Como se observa en la (Figura 19B), se proporcionan indicaciones de giro específicas para mantener el seguimiento de la estructura mineralizada de interés.

Las Figuras (19C ,19D) ilustran las señalizaciones destinadas a los perforadores, identificando fragmentos de veta económicamente significativos que no fueron removidos durante la voladura y que podrían pasar desapercibidos durante las operaciones regulares.

Figura 19

Marcación en mina.



Nota. A) Controles de dilución; B) Direccionamiento de labores; C) y D) Controles para la extracción total de las estructuras mineralizadas.

5. Resultados obtenidos

5.1 Soporte en las labores de explotación.

Durante el muestreo diario de labores subterráneas, se recolectaron aproximadamente 1,100 muestras que contribuyeron sustancialmente a la construcción de una base de datos robusta y confiable (Apéndice B). El trabajo diario de interpretación y reporte geológico, junto con el direccionamiento de labores, permitió optimizar los procesos de explotación mediante la toma de decisiones oportunas. Esta integración de actividades resultó en una mejora significativa en el control de la dilución y la optimización de costos operativos, garantizando una extracción más eficiente del recurso mineral.

5.2 Soporte en las labores de exploración

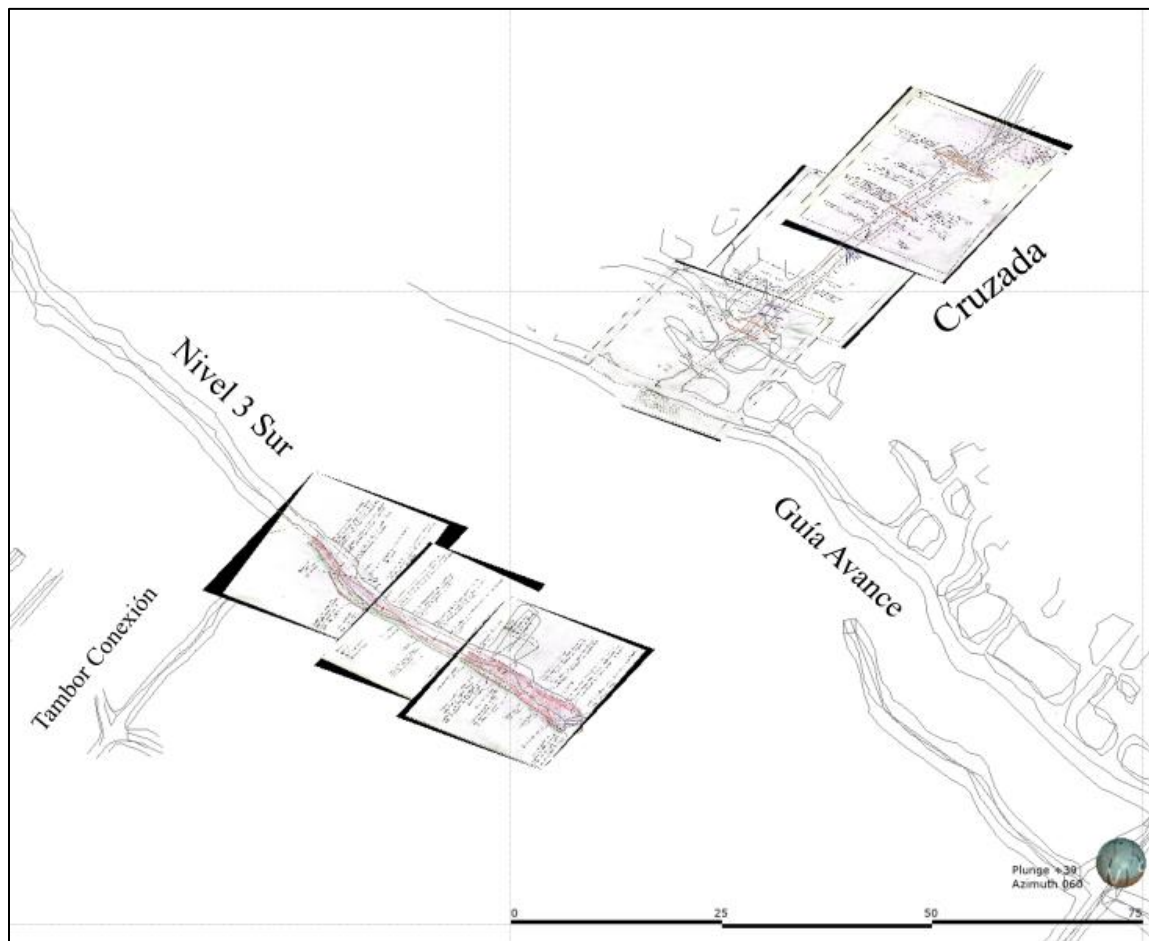
El trabajo de cartografía geológica subterránea se desarrolló a lo largo de 110 metros de tunelería a escala 1:100, realizado en una semana de trabajo en campo. Una parte significativa de este levantamiento se realizó en el Nivel 3 Sur, una labor antigua que había permanecido inaccesible durante varios años debido a derrumbes, y de la cual no se contaba con información geológica ni datos de muestreo previos. La recuperación de este nivel se logró mediante la construcción de un tambor de conexión, resultado de un trabajo coordinado entre los equipos de minería y geología. El levantamiento cartográfico realizado en esta zona generó una visión clara de la estructura aflorante dando una idea de su potencial económico.

El levantamiento cartográfico también incluyó una cruzada en el nivel de avance, cuyo objetivo principal fue estudiar el comportamiento estructural para optimizar el direccionamiento de las labores de desarrollo en niveles superiores. Durante este trabajo, se identificó una veta bandeada al final de la labor, sobre la cual existían trabajos previos que incluían un tambor. Se evidencia que la explotación de esta veta no se realizó de la mejor manera y perdieron la estructura, lo que en su momento llevó al abandono del frente, al realizar la cartografía se evidencia que el

tambor se guio con una inclinación diferente a la de la veta, este hallazgo es particularmente relevante, ya que sugiere la posibilidad de planificar la recuperación de esta labor, considerando que podría tratarse de un despegue de una de las vetas principales del yacimiento, representando así una oportunidad significativa para expandir las zonas de explotación.

Figura 20

Cartografía subterránea nivel 3 sur y cruzada guía Avance entorno de visualización LeapFrog Geo.

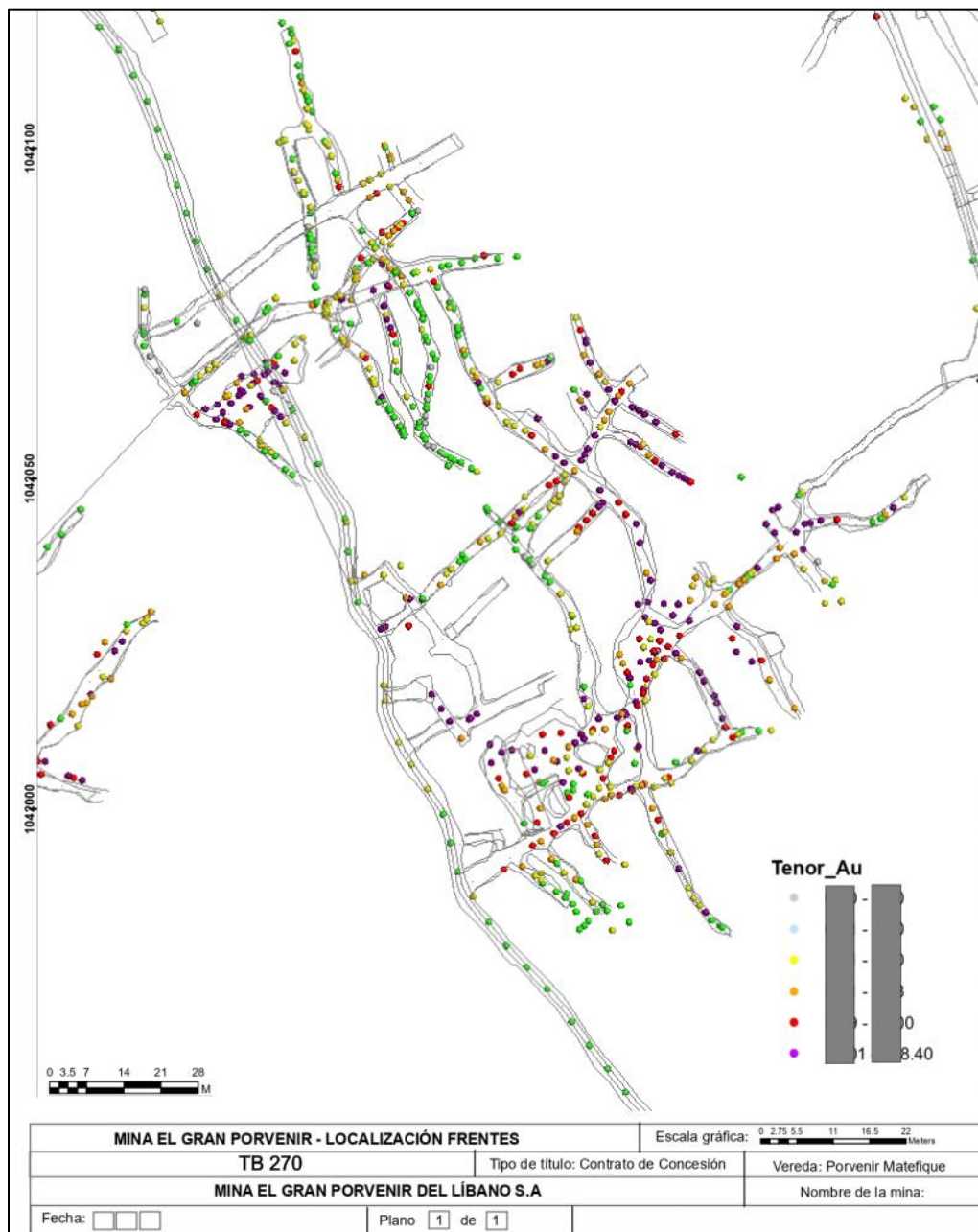


Para la visualización y análisis de los datos recolectados en campo, se utilizó el programa LeapFrog Geo 5.1. Se generaron mapas de tenores cuya actualización se realizó semanalmente para mantener un registro actualizado de las actividades mineras (Figura 21). El programa

demonstró ser particularmente útil para la visualización integrada de las hojas cartográficas (Figura 20) y el modelamiento tridimensional de la información proveniente de los sondajes de perforación (Figura 22), facilitando así la interpretación geológica.

Figura 21

Mapa de tenores del sector 270.



Durante el período de práctica, se describieron 1041.61 metros de núcleos de perforación (Tabla 4). Esta actividad no solo fortaleció la base de datos geológica del proyecto (Apéndice A), sino que también proporcionó una experiencia invaluable para el desarrollo profesional. Como parte del fortalecimiento del registro histórico, se llevó a cabo un trabajo de registro fotográfico de núcleos de perforaciones anteriores que carecían de este respaldo. Adicionalmente, se efectuaron entre tres y cuatro visitas mensuales a las plataformas de perforación, lo que permitió mantener una comunicación efectiva entre los equipos de geología y perforación, contribuyendo así a la optimización de las operaciones exploratorias.

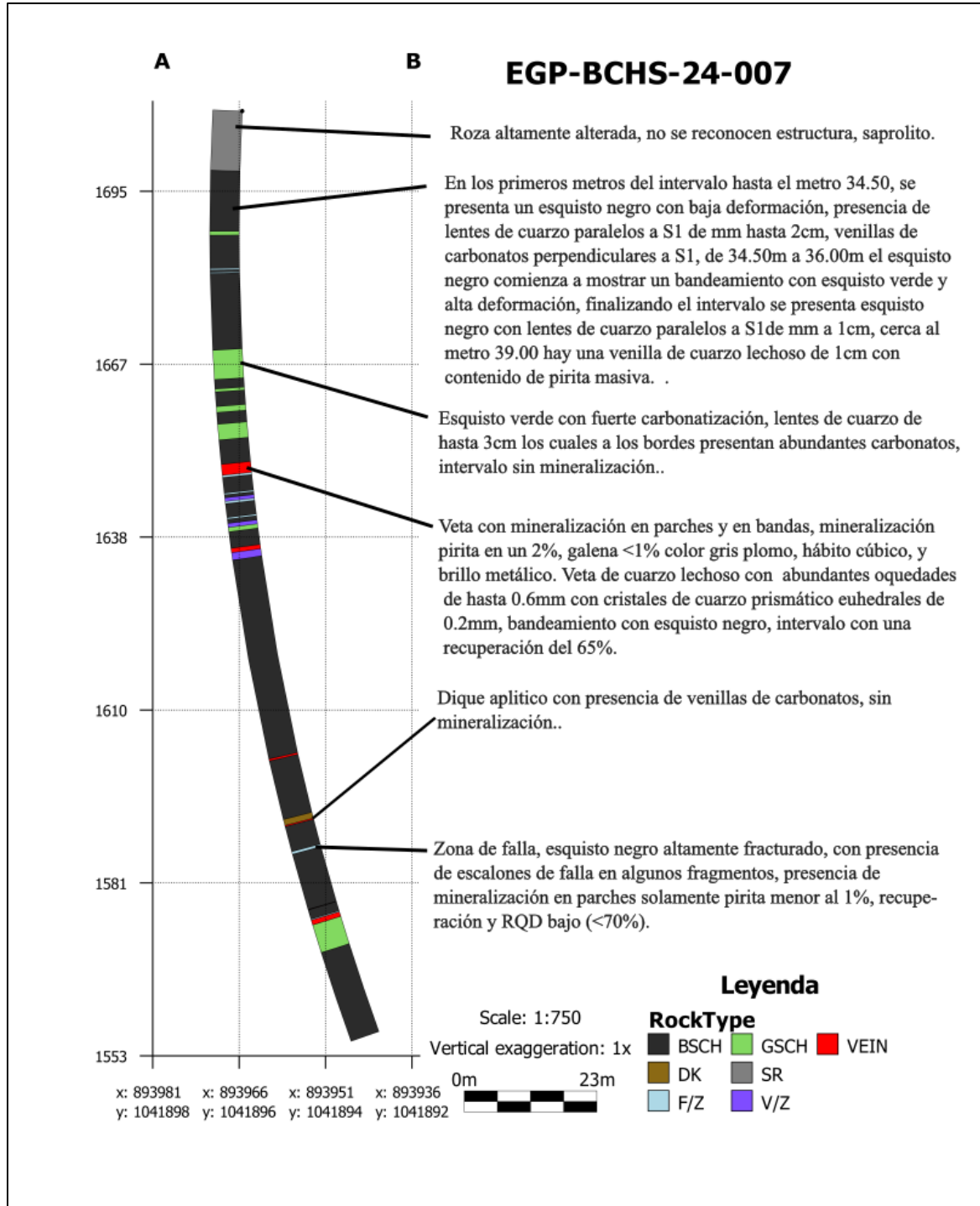
Tabla 4

Nomenclatura de los proyectos de perforación en los que se participó.

LOGUEO GEOLÓGICO	REGISTRO FOTOGRÁFICO
EGP-23-IF-DH-17 (45 M)	EGP-22-DHU-061 (225.80 m)
EGP-BCHS-24-001 (108.40 M)	
EGP-BSCH-24-002 (158.00 M)	
EGP-BSCH-24-003 (160.80 M)	EGP-22-DHU-063 (137.55 m)
EGP-BSCH-24-007 (162.80 M)	
EGP-23-DB-02 (106.00 M)	EGP-23-DB-04 (105.00 m)
OAS-002-MGP-24 (80.00 M)	
EGP-BCHS24-007 (97.61 M)	
EGP-23-DB-01 (123.00 M)	

Figura 22

Modelamiento de sondaje de perforación y ejemplo de descripción de tramos litológicos.



6. Conclusiones

Durante el período de practica se realizó acompañamiento en la recolección aproximada de 1.100 muestras en todas las labores de producción y desarrollo activas durante el tiempo de practica en las cuales se implementaron estrategias efectivas para minimizar la dilución y cumplir con los requerimientos de tenor establecidos en el proyecto, adicional se brindó apoyo para lograr establecer una base de datos detallada y completa. Las actividades de supervisión geológica proporcionan una perspectiva integral sobre la evolución de un proyecto minero. Esta experiencia directa fortalece la capacidad de interpretación de estructuras y desarrolla el criterio necesario para la toma de decisiones operativas inmediatas, competencias fundamentales que contribuyen significativamente al desarrollo profesional del geólogo.

La elaboración de hojas cartográficas subterráneas permitió caracterizar la distribución geométrica y las relaciones espaciales de las unidades geológicas en profundidad. Este trabajo detallado reveló las complejas relaciones estructurales entre los sistemas de diques y vetas, información fundamental que facilitó la identificación y priorización de zonas con alto potencial exploratorio dentro del yacimiento.

La caracterización integral de los núcleos de perforación, mediante su descripción detallada, interpretación geológica y muestreo sistemático, representa uno de los pilares fundamentales en la exploración del yacimiento. Esta metodología no solo proporciona información crítica sobre las características del depósito, sino que también constituye una guía esencial para la toma de decisiones en la planificación estratégica y operativa del proyecto.

La implementación del software de modelamiento LeapFrog Geo ofreció ventajas significativas al proyecto, proporcionando una visualización tridimensional integral de los datos geológicos y facilitando la integración eficiente de múltiples fuentes de información. Esta

capacidad, combinada con las herramientas de análisis espacial, permitió optimizar las campañas de exploración y la identificación precisa de zonas con alto potencial mineralógico, contribuyendo así a una toma de decisiones más acertada y una planificación estratégica más efectiva del proyecto.

7. Recomendaciones

Se recomienda establecer una bodega de núcleos que cumpla con las condiciones aptas para la correcta preservación del registro físico de las perforaciones, con el fin de proteger de las condiciones climáticas, y que cuente con un sistema de organización sistemático que permita la fácil localización y acceso a las cajas de los núcleos.

La naturaleza variable del depósito hace indispensable intensificar las campañas de cartografía subterránea, información crucial para optimizar la planificación minera, y generar recursos que lleven a un mejor entendimiento del depósito.

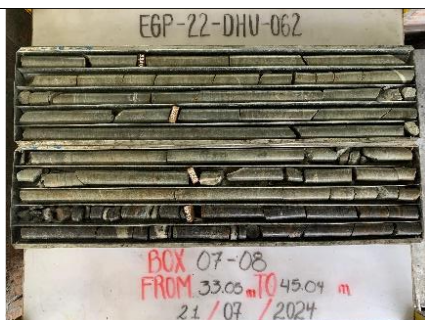
Resulta crítico priorizar y fortalecer las labores de desarrollo minero, las cuales son el pilar fundamental para garantizar la continuidad operativa y la sostenibilidad del proyecto a largo plazo. La falta de atención actual a estas labores preparatorias podría comprometer seriamente el futuro de la operación, limitando el acceso a nuevas reservas. La inversión en estas actividades debe verse como un elemento estratégico que asegura la viabilidad y longevidad del proyecto minero.

Referencias Bibliográficas


- Angée Moreno, D. L. (2022). ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LA MINERALIZACIÓN AURÍFERA EN LA MINA EL GRAN PORVENIR. MSc. D. Tesis, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/84040>
- Angée Moreno, D. L., y Betancur Osorio, C. A. (2018). CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA, METALOGRAFICA, MICROTERMOMÉTRICA Y COMPOSICIONAL DE LA MINA EL GRAN PORVENIR. Tesis. Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. <https://repositorio.ucaldas.edu.co/handle/ucaldas/331>
- ANM. (2024). GESTIÓN INTEGRAL PARA EL SEGUIMIENTO Y CONTROL DE TÍTULOS MINEROS. Consultado el 21 de Noviembre de 2024. <https://www.anm.gov.co/search/node/GI2-101>
- Castillo López, J. S. (2016). Caracterización de un macizo rocoso con fines de voladura en la mina El Gran Porvenir del Líbano. MSc. D. Tesis. Universidad de Colombia. Medellín, Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/58368>
- Duque Alzate, D. E. (2021). MODELO GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL DE LA MINERALIZACIÓN VETIFORME EN LA MINA EL GRAN PORVENIR DEL LÍBANO, USANDO LEAPFROG GEO. Tesis. Universidad EAFIT. Medellín, Colombia. <https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/ba7481d5-05c4-4430-b9c4-7fdc3509744d/content>
- Duran Torres, J. S. (2018). Enfoque metalogenético de la mineralización de oro orogénico presente en Líbano, Tolima. Tesis. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. <http://hdl.handle.net/1992/40065>
- Márquez Godoy, M. A. (2007). Caracterización mineralógica de la mena y los granos de oro Mina el Porvenir del Líbano.
- Mejía Paba, M. J. (2023). Informe corporativo 2022–2025 de la mina El Gran Porvenir del Líbano [Presentación Prezi]. Presentado el 20 de abril de 2023. Disponible en: https://prezi.com/p/8qajjg_1xg_4/mgpl/
- Pineda Ospina, D. (2023). Formulación del Aseguramiento y Control de Calidad de las Labores de Exploración y Explotación de la Mina el Gran Porvenir del Líbano, Tolima. Tesis. Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. <https://repositorio.ucaldas.edu.co/handle/ucaldas/19583>
- Servicio Geológico Colombiano, Dirección de Recursos Minerales. (2020). Mapa Metalogénico de Colombia. SGC. Universidad de Columbia Británica. Bogotá, Colombia. https://www2.sgc.gov.co/sgc/mapas/Paginas/Mapa_metalogenico_colombia.aspx
- Zappettini, E. O., Prieto Rincón, G., Amezcua, N., Muñoz Tapia, S., Sepúlveda Ospina, J., Celada Arango, M. M., ... y Zarruk, C. (2020). Mapa Metalogenético de América Central y el Caribe 1:4.000.000. Memoria explicativa. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 59, 145 pp. y un mapa. Buenos Aires. <https://repositorio.segemar.gov.ar/handle/308849217/41>

Apéndices

Apéndice A Núcleos de perforación de diferentes campañas exploratorias.



Apéndice C. Formato para la descripción geotécnica.

GEOTECH EGP-BCHS-24-007									
No	INTERVAL		TOTAL m	CORE SIZE	REC.	R.Q.D.	% RECUP.	%RQD	OBSERVACIONES
	FROM	TO							
1	0.00	1.50	1.50	HQ	1.43	0.00	95%	0%	
2	1.50	3.00	1.50	HQ	0.70	0.00	47%	0%	
3	3.00	4.50	1.50	HQ	0.55	0.00	37%	0%	
4	4.50	6.00	1.50	HQ	0.73	0.16	49%	11%	
5	6.00	7.50	1.50	HQ	0.95	0.15	63%	10%	
6	7.50	9.00	1.50	HQ	0.66	0.13	44%	9%	
7	9.00	10.50	1.50	HQ	0.06	0.00	4%	0%	
8	10.50	12.00	1.50	HQ	0.00	0.00	0%	0%	
9	12.00	13.50	1.50	HQ	0.00	0.00	0%	0%	
10	13.50	15.00	1.50	HQ	0.05	0.00	3%	0%	
11	15.00	16.50	1.50	HQ	1.10	0.00	73%	0%	
12	16.50	18.00	1.50	HQ	0.70	0.24	47%	16%	
13	18.00	19.50	1.50	HQ	0.78	0.00	52%	0%	
14	19.50	21.00	1.50	HQ	0.00	0.00	0%	0%	
15	21.00	22.50	1.50	HQ	1.05	0.45	70%	30%	
16	22.50	24.00	1.50	HQ	0.74	0.00	49%	0%	
17	24.00	25.50	1.50	HQ	0.70	0.00	47%	0%	
18	25.50	27.00	1.50	HQ	1.38	0.95	92%	63%	
19	27.00	28.50	1.50	HQ	1.25	0.24	83%	16%	
20	28.50	30.00	1.50	HQ	1.34	0.97	89%	65%	
21	30.00	31.50	1.50	HQ	1.00	0.41	67%	27%	
22	31.50	33.00	1.50	HQ	1.32	0.50	88%	33%	
23	33.00	34.50	1.50	HQ	1.39	0.38	93%	25%	
24	34.50	36.00	1.50	HQ	1.30	0.62	87%	41%	
25	36.00	37.50	1.50	HQ	1.30	0.64	87%	43%	
26	37.50	39.00	1.50	NQ	1.06	0.19	71%	13%	
27	39.00	40.50	1.50	NQ	1.37	1.06	91%	71%	

