

PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

**PRACTICA EMPRESARIAL DE APOYO PARA EL DESARROLLO DEL
INFORME DE RECURSOS Y RESERVAS AURIFERAS Y ARGENTIFERAS DEL
TITULO 14305 LOCALIZADO EN EL MUNICIPIO DE NOROSÍ, VEREDA BUENA
SEÑA SUR DE BOLÍVAR MEDIANTE EL ESTANDAR CRIRSCO**

David Maurizio Sanchez Londoño

Trabajo de Grado para Optar al Título de Geólogo

Modalidad Practica Empresarial

Director

Geólogo José Luis Avella Santos

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Físicoquímicas

Estudiante de Geología

Bucaramanga

2023

Tabla de Contenido

Introducción	9
1.Objetivos	10
1.1 Objetivo General.....	10
1.2 Objetivos Específicos.....	10
2.Justificación.....	11
3.Localización	12
3.1 Acceso	13
4.Antecedentes	14
5.Marco Geológico	17
5.1 Geología Regional	17
5.1.1 Estratigrafía	19
5.2 Geología Estructural	24
5.3 Geomorfología.....	26
5.4 Geología Local del área de estudio.....	28
5.4.1 Estudios Previos.....	28
2.4.1 Estructuras Mineralizadas	30
6.Marco Teórico	31
6.1 Marco Conceptual.....	31
6.1.1 Titulo Minero.....	31

PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

6.1.2 Contrato de Concesión	31
6.1.3 Recursos Minerales	31
6.1.4 Reservas Minerales	32
6.1.5 Estimación de Recursos	32
6.1.6 Factores Modificadores	32
6.1.7 Estándar CRIRSCO.....	32
6.1.8 Competencia Técnica	33
6.1.9 GDB	33
6.1.10 Aurífero	33
6.1.11 Argentífero	33
6.1.12 ANM.....	33
6.1.13 Tenor.....	34
6.1.14 Recursos Inferidos.....	34
6.1.15 Recursos Indicados	34
6.1.16 Recursos Medidos	34
7. Metodología	36
8. Resultados	38
8.1 Geología Regional	38
8.2 Geología Local	40
8.3 Geomorfología.....	43

PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

8.3.1 Planicies Aluviales	44
8.3.2 Colinas Residuales	44
8.3.3 Montañas Residuales.....	44
8.3.4 Montículos de Cerros Residuales.....	44
8.3.5 Facetas Triangulares.....	44
8.4 Mapas de Pendientes.....	45
8.5 Informe Final	46
9. Conclusiones	50
10. Recomendaciones	51
11. Aptitudes y fortalezas adquiridas en la práctica empresarial.	52
12. Limitaciones o debilidades de la práctica empresarial.	52
13. Aportes relevantes de aprendizaje como futuro profesional de geología.	53
14. Referencias.....	55

Lista de Figuras

Figura 1 Plano de Ubicación del Título 14305.	12
Figura 2 Unidades tectonoestratigraficos y eventos relacionados.	18
Figura 3 Neis con bandas de cuarzo-feldespatos y hornblenda-biotita	20
Figura 4 Neis con bandas de cuarzo y hornblenda-biotita	20
Figura 5 Toba cristalino-lítica de composición dacítica.	22
Figura 6 Mapa de Configuración Tectónica. plancha 74 Guaranda.	25
Figura 7 Mineralización de Sulfuros Túnel Juan D Alate.....	30
Figura 8 Relación general entre los Resultados de Exploración, Recursos Minerales y Reservas Minerales.	35
Figura 9 Fases de la Metodología.....	36
Figura 10 Mapa de la Geología Regional escala 1:50.000	39
Figura 11 Mapa de Geología Local escala 1:12.000.	41
Figura 12 Distribución Porcentual de las litologías en el área.....	42
Figura 13 Mapa de la Geomorfología local escala 1:12.000	43
Figura 14 Mapa de Pendientes local escala 1:12.000.....	46

Lista de Tablas

Tabla 1 Resumen de la Geología Estructural de la plancha 74..	26
Tabla 2 Resumen de unidades geomorfológicas de la plancha 74 .	27
Tabla 3 Tabla de atributos correspondiente al plano de Geología Regional.	40
Tabla 4 Tabla de atributos correspondiente al plano de Geología Local.	42
Tabla 5 Tabla de atributos correspondiente al plano de Geomorfología.	44
Tabla 6 Tabla de atributos correspondiente al plano de pendientes.	46

PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

Resumen

Título: Practica empresarial de apoyo para el desarrollo del informe de recursos y reservas auríferas y argentíferas del título 14305 localizado en el municipio de Norosí, vereda buena seña sur de bolívar mediante el estándar CRIRSCO

Autor: David Maurizio Sanchez Londoño

Palabras Clave: GDB, Yacimiento, Minería, Oro, Norosí, Cartografía

Descripción: El presente trabajo se centra en la práctica empresarial de apoyo realizada para la creación del informe de recursos y reservas del Título 14305, ubicado en el municipio de Norosí, vereda Buena Señá, Sur de Bolívar. Esta iniciativa se originó en respuesta a la necesidad de la empresa minera Los Mates S.A.S. de contar con un informe técnico que brinde una visión integral de los recursos y reservas presentes en la concesión del título otorgado con el fin de que se cumpla con los requerimientos de la Agencia Nacional de Minería (ANM). Este trabajo es el resultado de un proceso de recopilación de datos y bibliografía que involucra diversas etapas, desde la caracterización geológica, geomorfológica, estructural y mineralización del sector para la construcción de su cartografía con el objetivo de apoyar al desarrollo del informe final donde se dará como resultado un informe técnico para ser presentado a los entes encargados.

El estándar CRIRSCO (Comité para la Reserva Internacional de Recursos y Reservas Minerales) se utilizó como marco de referencia para garantizar la calidad, transparencia y coherencia de los datos presentados ya que establece directrices claras para la estimación de recursos y reservas minerales, asegurando que la información sea comparable a nivel global y confiable para inversores y partes interesadas.

El informe final proporciona a la empresa minera Los Mates S.A.S. una herramienta valiosa para la toma de decisiones estratégicas en la explotación del yacimiento, así como la actualización anual de recursos y reservas del proyecto. Además, sirve como documento de referencia para posibles inversionistas y entidades regulatorias, respaldando la sostenibilidad y la responsabilidad en la actividad minera en la región de Norosí, Vereda Buena Señá Sur de Bolívar.

* Trabajo de Grado

**Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Químicas. Escuela de Geología. Director: José Luis Avella Santos.

Abstract

Title: Business support practice for the development of the gold and silver resources and reserves report for Title 14305 located in the municipality of Norosí, Buena Señá Sur district of Bolívar, following the CRIRSCO standard.

Author: David Maurizio Sanchez Londoño

Key Words: GDB, Mineral Deposit, Mining, Gold, Norosí, Mapping

Description: The present work focuses on the business support practice carried out for the creation of the resources and reserves report of Title 14305, located in the municipality of Norosí, Buena Señá village, South Bolívar. This initiative originated in response to the need of the mining company Los Mates S.A.S. to have a technical report that provides a comprehensive view of the resources and reserves present in the concession of the title granted, in order to meet the requirements of the National Mining Agency (ANM). This work is the result of a data and bibliography collection process that involves various stages, from the geological, geomorphological, structural, and mineralization characterization of the area for the construction of its cartography, with the aim of supporting the development of the final report, which will result in a technical report to be presented to the responsible authorities.

The CRIRSCO standard (Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards) was used as a framework to ensure the quality, transparency, and consistency of the data presented since it establishes clear guidelines for the estimation of mineral resources and reserves, ensuring that the information is globally comparable and reliable for investors and stakeholders.

The final report provides the mining company Los Mates S.A.S. with a valuable tool for strategic decision-making in the exploitation of the deposit, as well as the annual update of resources and reserves of the project. Furthermore, it serves as a reference document for potential investors and regulatory entities, supporting sustainability and responsibility in mining activity in the Norosí region, Buena Señá village, South Bolívar.

* Degree Work

** Industrial University of Santander. Faculty of Physicochemical Engineering. Geology School.
Director: José Luis Avella Santos.

Introducción

El Municipio de Norosí en el Departamento de Bolívar, se encuentra ubicado en la sección norte de la Cordillera Central, más exactamente enmarcado entre la Serranía de San Lucas. Esta ubicación alberga un importante potencial minero que corresponde a yacimientos auríferos que han sido objeto de exploración y explotación desde épocas precolombinas.

En este lugar se centrará el desarrollo del informe de recursos y reservas. Las labores de apoyo en las que se centra el presente informe se basan específicamente en las áreas de geología y cartografía gracias al convenio realizado entre la Universidad Industrial de Santander y la empresa Es Tu Casa S.A.S, que a su vez realiza el trabajo para la empresa minera Los Mates S.A.S que son los titulares con registro 34743 en la ANM del título minero 14305 clasificado como mediana minería para la explotación de minerales de oro y sus concentrados con fecha de solicitud de Enero 10 de 1991 y fecha de expiración del 14 de abril de 2038.

La práctica tuvo como propósito aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación académica con el fin de contribuir en el desarrollo del documento que fue realizado por un equipo de trabajo conformado por 2 geólogos, 1 ingeniero de minas y 1 practicante para la estimación de recursos y reservas utilizando el estándar internacional establecido por "Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards" (CRIRSCO). Con el fin de presentar un informe técnico ante la Agencia Nacional de Minería para que la empresa (Los Mates S.A.S) pueda cumplir los requerimientos del Título 14305.

1.Objetivos

1.1 Objetivo General

Realizar actividades de apoyo para el desarrollo del informe de recursos y reservas del título 14305 ubicado en el municipio de Norosí, con el propósito de garantizar una evaluación técnica precisa y transparente de los recursos minerales presentes en el área de estudio según los estándares CRIRSCO

1.2 Objetivos Especificos

Investigar y comprender el estándar y las directrices establecidos por CRIRSCO.

Analizar la geología, mineralogía, geomorfología y geología estructural del área correspondiente al título 14305 en Norosí.

Adquirir experiencia durante la práctica e identificar áreas de mejora y oportunidades de aprendizaje continuo en el campo de la evaluación de recursos minerales y la aplicación de estándares internacionales.

Realizar la cartografía con sus respectivas GDB de la geología regional y local, caracterizar la geomorfología y analizar las pendientes del área utilizando ArcGIS Pro 3.0.

2. Justificación

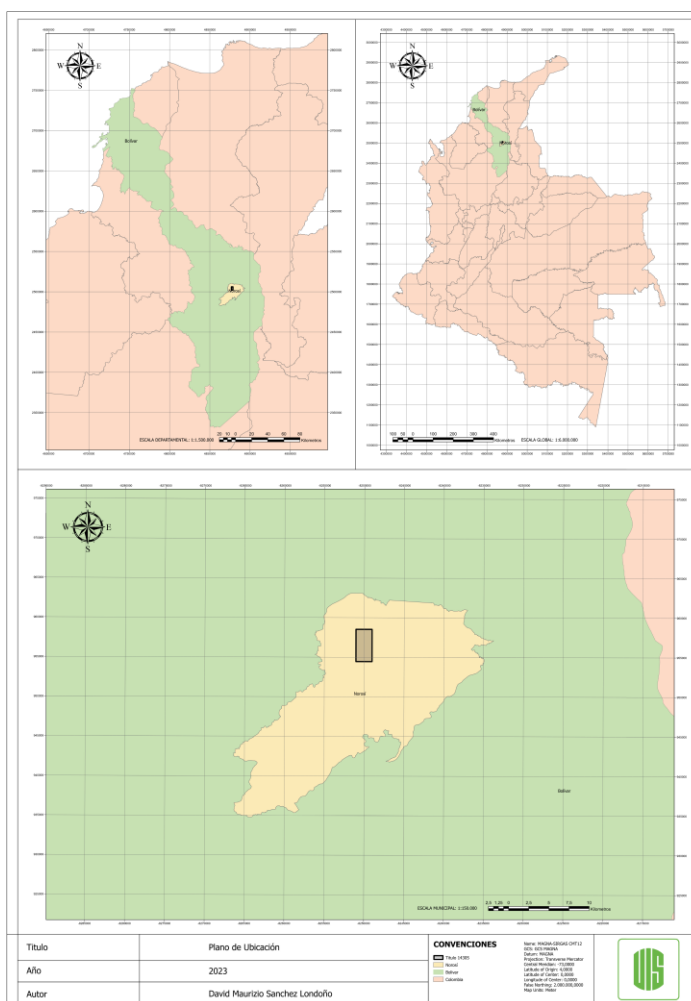
La contribución al desarrollo del informe de recursos y reservas auríferas y argentíferas en el título 14305, ubicado en Norosí, Sur de Bolívar, mediante la aplicación del Estándar CRIRSCO, se justifica por la necesidad de cumplir con los requerimientos legales de reporte ante la autoridad minera (ANM) de proveer información actualizada y confiable a la compañía titular para la adecuada gestión y planificación del proyecto minero y con esto, comunicar de forma transparente a las autoridades y comunidades el potencial económico del yacimiento, demostrando la viabilidad de la operación, facilitando la fiscalización y control minero. Con el fin de promover la extracción sostenible de los recursos auríferos y argentíferos en la zona para generar información periódicamente, contribuyendo al desarrollo económico del país, identificando recursos y reservas explotables de manera técnica y ambientalmente responsable.

3.Localización

Norosí se ubica en la zona norte del país y en el sureste del departamento de Bolívar. El municipio se encuentra en las cercanías de la Serranía de San Lucas y a lo largo de las orillas de la Quebrada Norosí. Desde una perspectiva geográfica, está compuesto por la cabecera municipal de Norosí y los corregimientos rurales de Buena Señá, Santa Helena, Olivares y Casa de Barro.

Figura 1

Plano de Ubicación del Título 14305.



PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

El área se encuentra ubicada en la zona de transición de la Serranía de San Lucas, ubicada en el Sureste del departamento de Bolívar, en los municipios de Río Viejo y Norosí. Se localiza en las estribaciones más septentrionales de la Cordillera Central de Colombia. La distancia desde Bogotá y Medellín es de 420 km, mientras que desde Valledupar es de 230 km y desde Bucaramanga es de 190 km. Estas últimas son las ciudades más cercanas al área en cuestión.

3.1 Acceso

Para llegar a la zona en cuestión, se puede acceder por vía aérea desde Bogotá hasta la ciudad de Bucaramanga, lo cual toma alrededor de 30 minutos. Desde allí, se puede tomar una carretera pavimentada de 205 km que atraviesa San Alberto, Aguachica y La Mata, y luego tomar una carretera pavimentada de 20 km hasta La Gloria, lo cual toma alrededor de 5 horas. En La Gloria, se debe cruzar el Río Magdalena hasta la población de Río Viejo, lo cual toma alrededor de 30 minutos. Desde Río Viejo, se toma una carretera sin pavimentar que conduce al área de Buena Señá - cerro San Carlos, lo cual toma alrededor de 90 minutos.

Otra alternativa es acceder por Valledupar, tomando una carretera pavimentada de 350 km hasta llegar a La Mata, lo cual toma alrededor de 5 horas. Desde allí, se sigue el mismo camino descrito anteriormente para llegar al área en cuestión.

4. Antecedentes

"La pequeña minería en el sur de Bolívar se realiza desde antes de la llegada de los españoles, los indígenas guamocoos y tahamíes la combinaban con la agricultura, caza y pesca" (Cubillos, 2011 en PNUD, 2015).

Por otra parte, en el siglo XVI, los negros esclavos que reemplazaron la mano de obra indígena trabajaban la mina bajo el yugo español cerca de Mompo. Luego de liberarse y convertirse en cimarrones, comenzaron la explotación minera junto a la agricultura selva adentro en la quebrada San Pedro (Fals B, 2002), cerca al municipio de Norosí y en Guamoco, hoy corregimiento de Santa Rosa del Sur (Cubillos, 2011)

Para finales del siglo XVIII e inicios del XIX la minería se mantiene con muy poca importancia para la economía nacional. Algunas de las causas que justifican este hecho son los cambios en el poder colonial, la falta de una tecnología adecuada para la explotación y la escasez de mano de obra por los conflictos producto de las guerras de independencia. (Cubillos, 2011)

A partir de las reformas impulsadas por la apertura económica en los años 90, la actividad minera vuelve a tomar importancia en Colombia. Ello facilitado por la elaboración de una propuesta de código de minas durante el Gobierno de Ernesto Samper (1994-1998) y aprobado de manera eficiente durante el Gobierno de Andrés Pastrana (1998- 2002), mediante la Ley 685 de 2001. Al igual que la reforma que la modifica mediante la Ley 1382 de 2010, promovida durante el segundo gobierno de Álvaro Uribe Vélez. Iniciativas legislativas que proporcionan las condiciones necesarias para la inversión extranjera (Cubillos, 2011).

En la zona alta de la serranía de San Lucas, la minería se realiza desde antes de la década del ochenta, como minería corrida, en los caños o riachuelos encontrados en la montaña. Cuando

PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

se descubre Mina Azul y Mina Seca en 1982, en la parte norte del Sur de Bolívar, en el Municipio de Tiquisio, se genera un boom que hace que muchos pobladores inicien la búsqueda de este tipo de minas en la parte más alta, cerca de San Luquitas. Así se descubrió Mina Galla en 1989. En la medida que se iban descubriendo las minas, iban recibiendo un nombre. Este se relacionaba con el nombre o con alguna característica de la persona que las descubría o del lugar.

El cambio de la minería de chorro o aluvión a la de socavón o veta requirió que los mineros utilizaran otras técnicas y herramientas. Así, mientras en la minería de chorro solo necesitaban mangueras y una batea, en la nueva minería se requería “monas” o punteros largos de más de un metro y macetas para ir rompiendo el socavón y sacando la mina. Otros instrumentos e insumos con los que realizan la actividad fueron llegando de afuera, como el cianuro, el mercurio, la pólvora, los taladros, los barriles, entre otros. Muchas de las nuevas técnicas e instrumentos fueron influenciadas por el conocimiento de mineros provenientes del Nordeste Antioqueño que se establecieron en esta zona (Cubillos, 2011)

Actualmente la producción minera se encuentra por debajo de su potencial productivo por factores de tipo tecnológico. En el registro aportado por la Alcaldía de Santa Rosa (2012) se contaba con 59 títulos de concesión; de estos, 15 estaban en explotación, 31 en exploración y 12 en construcción y montaje, esto sin tener en cuenta los trabajos de minería ilegal que hay en la zona. Dichas concesiones tienen un área de 57.887 hectáreas. Las principales empresas que se encuentran en el territorio son la Anglo Gold Ashanti S.A., San Lucas Gold Corp. y Sociedad Kedhada S.A., entre otras. Adicionalmente seis licencias fueron otorgadas en 2010 a asociaciones mineras de la región. Las concesiones mineras hasta el año 2012, que 9 abarcan gran parte de su territorio, especialmente en la serranía de San Lucas (zona de parque nacional) y en la zona de reserva forestal La Magdalena. Sin embargo, se considera que la actividad minera abarca un área

PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

mayor en la parte sur del departamento, por la cantidad de explotaciones ancestrales sin títulos mineros (PNUD, MinTrabajo, Corporación Desarrollo y Paz del Magdalena Medio, 2015)

En el sur de Bolívar existen organizaciones de mineros artesanales, como Fedeagromisbol-ACVC y comités mineros de regulación interna, y la Asociación Agrominera de Mina Caribe San Juan, localizada en la vereda Mina Caribe, corregimiento San Pedro Frío (sur de Bolívar). La Federación Agrominera del Sur de Bolívar está constituida por cuarenta asociaciones de agromineros. Actualmente cuenta con nueve títulos mineros, donde operadores y mineros artesanales desarrollan las labores (SGC, 2018).

“En el sur de Bolívar, la Agencia Nacional de Minería delimitó áreas de reserva especial para yacimientos de oro y para minería tradicional, de conformidad con el artículo 31 del Código de Minas, Ley 685 de 2001.

Las áreas delimitadas para yacimientos de oro son:

- El Cangrejo: el área se localiza en jurisdicción del municipio de Montecristo, departamento de Bolívar, tiene un área de 49 hectáreas y 7.542 metros cuadrados distribuidos en una zona.
- Rancho Escondido: se localiza en jurisdicción del municipio de Arenal, y cuenta con un área de 386 hectáreas y 4.474,5 metros cuadrados distribuidos en una zona.
- El Avión: se localiza en jurisdicción de los municipios de Montecristo y Tiquisio-Puerto Rico, departamento de Bolívar, cuenta con un área de 100 hectáreas distribuidas en una zona.
- El Dorado: se localiza en jurisdicción del municipio de Río Viejo, departamento de Bolívar, con un área de 100 hectáreas distribuidas en una zona.

PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

- Casa de Barro: el área se localiza en jurisdicción de los municipios de Río Viejo y Tiquisio, y el área es de 200 hectáreas distribuidas en una zona” (ANM, 2019).

5.Marco Geológico

5.1 Geología Regional

“La evolución geológica de la Serranía de San Lucas, así como de la parte norte del Valle Medio del Magdalena y estribaciones noroccidentales de la Cordillera Oriental se ha elaborado separándola en ocho eventos tectonoestratigraficos, dos de ellos dividido en dos etapas” (Clavijo et al., 2008). Estas son los eventos del más antiguo al más joven:

- 1) Evento Metamórfico Proterozoico,
- 2) Evento Metamórfico Paleozoico Temprano
- 3) Evento Volcanosedimentario Triásico Tardío– Jurásico Medio
 - 3.1) Etapa Magmática Jurásica Media
- 4) Evento Magmático Jurásico Tardío
- 5) Evento Sedimentario Jurásico Tardío
- 6) Evento Sedimentario Cretácico – Eoceno Temprano
 - 6a) Etapa Magmática Albiana - Cretácica Tardía
- 7) Evento de Inversión Tectónica Eoceno – Oligoceno
- 8) Evento Mioceno – Reciente.

Estos eventos están ilustrados gráficamente en el cuadro de análisis de la figura (Clavijo et al., 2008)

PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

Figura 2

Unidades tectonoestratigráficas y eventos relacionados. Eventos Tectonoestratigráficos relacionados con la historia evolutiva de la Serranía de San Lucas. (tomado de (Clavijo et al., 2008)).

EDAD	COLUMNA	NOMENCLATURA	ULE	UTE	AMBIENTES SEDIMENTARIOS	TIPO DE MAGMATISMO	TIPO DE METAMORFISMO	EVENTOS TECTONICOS DE PERIFERIA DE PLACA O INTRAPLACA	ENERGÉTICOS	METÁLICOS
CENOZOICO	NEÓGENO	PLEISTOCENO	Qca, Qgl, Qs, Qst	Depósitos Recientes	8	Aluvial				
		PLIOCENO	N2Q1zsa	Zambrano - Sals. Arjona	8	Transicional				
		MIOCENO	N1r	Grupo Real	7	Fluvial			Orogenia Andina	
	PALEÓGENO	OLIGOCENO	E3N1c	Fm Colorado						
		EOCENO	E3m	Fm Mugrosa	6	Fluvial meandriforme a trezado			Inversión Tectónica	Roca asociada a Hidrocarburos
MESOZOICO	CRETÁCICO	MAASTRICHT	K2u	Fm Umir		Marino somero				Carbón
		CAMPANIANO								
		SANTONIANO	K2c	Grupo Cogollo		Marino somero - profundo				Generador de Hidrocarburos
		CONIACIANO	K2l	Fm La Luna						Roca Fosfórica
		TURONIANO								
	JURÁSICO	CENO MANIANO	K2es	El Salto	5	M. somero				
		ALBIANO	K1N1b	K1s	Fm Simón		M. profundo			
		APTIANO								
		BARREMIANO	K1p	Fm La Paja		M. profundo				
		HAUTERVIANO								
JURÁSICO	VALANGINIANO	K1r	K1rn	Fm Rosa Blanca		Marino somero				
	BERIASIANO					Trans				
	TARDÍO	J3a	Fm Arenal	4	Aluvial	Mag. hipobasial 144.4 +/- 4 m.a. (Aguilera, 1987)		Sedimentación Post tectónica		
JURÁSICO	MEDIO	J1l-2n	Gr Sn Lucas		Epicontinental					
	TEMPRANO	J1m	Morrocoyal	3	M. somero	Magmatismo Intermedio 166.9 +/- 6 m.a. (INGEOMINAS - UIS, 2006)		Magmatismo bimodal		
PALEOZOICO	TRIÁSICO	T3s	Fm Sudán		Fluvial ?			Subducción		
	PERMIANO							Rifting		
	CARBONIFERO							Backarc - Rifting		
	DEVÓNICO									
	SILÚRICO	Pzv	La Virgen	2			Meta morfano regional Esquistos Verdes / Anfíbolita Baja	Orogenia Quezame Caparemens		
PROTEROZOICO	ORDOVÍCIICO	Pzmp	Pinillos							
	CÁMBRICO									
PROTEROZOICO	NEOPROTEROZOICO	Npb	Neis Bucaramanga	1			Meta morfano Regional Granulita / Anfíbolita Alta	Orogenia Orinoco Grenvillana		
	MEZOPROTEROZOICO	Mpsl	Neis San Lucas				1124 +/- 22 Ma. (INGEOMINAS - UIS, 2006)		Oro en Veta	

Nota. La nomenclatura de las unidades estratigráficas se basa en las recomendaciones de International Stratigraphic Chart (2000). Tomado de (Clavijo et al., 2008)

5.1.1 Estratigrafía

5.1.1.1 Rocas Metamórficas.

5.1.1.1.1 Neis de San Lucas (MP3NP1-Mag2). De acuerdo con investigaciones recientes, la región en cuestión se ubica en el oriente del departamento de Antioquia, al sur de Bolívar y en la zona norte de la Cordillera Central de Colombia (Clavijo et al., 2008). Inicialmente se definió como el "terreno San Lucas" en trabajos pioneros de tectónica y estratigrafía (Etayo et al, 1983) Se sabe que esta área contiene una amplia diversidad de unidades geológicas, desde el Precámbrico hasta eventos más recientes, según estudios de exploración minera (Bogotá & Aluja, 1981)

Análisis de la evolución geológica del norte del Valle Medio del Magdalena y el noroccidente de la Cordillera Oriental han identificado ocho eventos tectono-estratigráficos principales, divididos en metamorfismo y procesos volcano-sedimentarios (Clavijo et al., 2008)

La serranía de San Lucas contiene un basamento formado en el Precámbrico y Paleozoico con intenso metamorfismo, considerado parte del basamento del Oriente Andino (Vargas, 1981). Petrográficamente esta unidad incluye neises, esquistos, cuarcitas, rocas carbonáticas y mármoles.

Se han identificado dos unidades metamórficas principales: el Neis de San Lucas del Precámbrico y esquistos paleozoicos. El Neis de San Lucas contiene gneises, migmatitas, anfibolitas y granulitas (Bogotá & Aluja, 1981).

PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

Figura 3.

Neis con bandas de cuarzo-feldespato (1-2cm) y hornblenda-biotita (0.3-0.5cm).

**Figura 4.**

Neis con bandas de cuarzo (7cm) y hornblenda-biotita (10-15cm).



5.1.1.2 Rocas Sedimentarias.

5.1.1.2.1 Formación Sudán (T3-Sc). De acuerdo con estudios geológicos en una región de Colombia, se ha analizado en detalle una formación rocosa previamente definida como "Formación El Sudán" (Mantilla et al., 2006)

Investigaciones recientes describen que esta formación contiene una variada composición de rocas sedimentarias como areniscas, lutitas rojizas y conglomerados (Mantilla et al., 2006). En los niveles basales se encuentran conglomerados con clastos derivados de la erosión de unidad ígnea preexistente. Hacia la parte superior, gradacionalmente cambia a areniscas de grano más fino con componentes líticos.

La porción superior de la formación consiste en areniscas de grano mediano, con intercalaciones de capas tobáceas, feldespáticas, limolitas y lutitas rojizas. Representa una secuencia sedimentaria de grano decreciente de origen continental. Yace en discordancia sobre un complejo metamórfico más antiguo y en contacto transgresivo con una formación asociada a ingresión marina posterior.

Se estima un espesor aproximado de 205 metros para esta formación. Correlaciones con unidades fosilíferas circundantes sugieren una edad entre el Triásico Superior y Jurásico Inferior (Mantilla et al., 2006).

5.1.1.3 Rocas Ígneas.

Figura 5.

Toba cristalino-lítica de composición dacítica, nótese el tamaño de los fragmentos de los líticos (0.3- 0.7cm).



5.1.1.2.1 Formación Noreán (J1J2-VCct). Conjunto de rocas volcánicas conformado por lavas ácidas, brechas volcánicas, tobas, piroclastitas y lavas básicas. El nombre de Formación Noreán fue propuesto por (Clavijo, 1996), para referirse a una secuencia volcanoclástica ubicada en el sector centro-oriental de la serranía de San Lucas, en el sur de Bolívar, que subdivide de base a techo en cuatro conjuntos: clástico-piroclástico, piroclástico-epiclástico, efusivo dacítico e hipoabisal andesítico ((Clavijo, 1996), (Consortio GSG (GEOMINAS – SERVIMINAS -GEMI), 2015)). La Formación Noreán presenta un contacto intrusivo con el granito de Norosí, teniendo en cuenta la presencia de apófisis de este cuerpo dentro de las rocas volcano-sedimentarias (SGC, 2018). La edad de esta formación fue establecida inicialmente con base en sus relaciones

PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

estratigráficas con las unidades adyacentes, y localmente, con su contenido fósil, que indica una edad de Jurásico Temprano y Medio (Mantilla et al., 2006) Por otro lado, estos mismos autores realizaron dataciones radiométricas en lavas y tobas mediante el método Rb-Sr, y obtuvieron una edad de 161 ± 27 Ma, correspondiente a la parte alta del Jurásico Medio. De igual forma, (Consortio GSG (GEOMINAS – SERVIMINAS -GEMI), 2015) a partir de dataciones U-Pb en circones, determinó una edad entre 189 ± 3 y $187 \pm 0,96$ Ma (Jurásico Inferior), y la considera como la edad de cristalización magmática para las rocas efusivas. (Tomado de la memoria explicativa del SGC plancha 74 (SGC, 2015)).

5.1.1.2.2 Batolito de Segovia (J-Pi). Según investigaciones geológicas recientes en la zona oriental de Antioquia que se extiende hacia el norte en Bolívar, se ha estudiado en detalle una formación rocosa inicialmente llamada "Diorita de Segovia" (González & Londoño, 2002) Análisis petrográficos indican que esta formación se originó en el Cretácico Tardío (Gómez et al, 2015).

Geomorfológicamente, este cuerpo ígneo presenta una forma alargada norte-sur, paralela a la tendencia tectónica regional de la Cordillera Central (Feininger et al., 1970). Las rocas predominantes son dioritas, con variaciones texturales y composicionales desde gabros hasta granodioritas. En algunos lugares muestra metamorfismo de contacto con la roca encajante y rasgos tectónicos.

El Granito de Norosí consiste principalmente en rocas faneríticas holocristalinas de grano medio a grueso, con minerales como cuarzo, plagioclasa, feldespatos alcalinos, anfíboles, micas y piroxenos en proporciones variables. Las litologías comunes son granodiorita, sienogranito, monzogranito, tonalita y cuarzodiorita, y ocasionalmente cuarzomonzonita. Se han identificado diques andesíticos posteriores que intruyen la unidad principal, posiblemente relacionados a pulsos

PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

magmáticos tardíos del mismo evento (Consortio GSG (GEOMINAS – SERVIMINAS -GEMI), 2015).

5.2 Geología Estructural

En el período Cenozoico, la parte norte de la Cordillera de los Andes en Colombia experimentó la convergencia de varias placas tectónicas, incluyendo la Placa Nazca, la Placa Suramericana, la Placa del Caribe y la microplaca de Panamá (Kellog & Bonini, 1982) Mediciones de posicionamiento global indican que la parte norte de Suramérica se está alejando de Suramérica a una velocidad de aproximadamente 6 ± 2 mm/a en dirección noreste. Este desplazamiento es causado por la subducción de la Placa del Caribe, la colisión del arco de Panamá y la subducción del "Ridge Carnegie" en los límites entre Colombia y Ecuador (Kellog & Egbue, 2010)

Estos eventos geológicos resultaron en un complejo marco tectónico en la región noroccidental de Suramérica, reflejado en la SSL (Serranía de San Lucas), que es la terminación norte de la Cordillera Central de Colombia. La SSL está delimitada al oeste por el sistema de fallas Palestina-El Bagre, al norte por la Falla Espíritu Santo, al este por la Falla Morales y al sur por la Falla Cimitarra. Esta historia estructural compleja ha dado lugar a la exposición de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias que abarcan desde el Precámbrico hasta épocas más recientes.

La Figura 6 muestra los rasgos estructurales principales en la Plancha 74 – Guaranda (SGC, 2015), los cuales se han identificado mediante la interpretación de imágenes satelitales, modelos digitales de elevación del terreno y observaciones de campo. Se destacan las fallas regionales y los lineamientos, cuyas características, junto con la esquistosidad y el bandeamiento.

Tabla 1.*Resumen de la Geología Estructural de la plancha 74.*

Tipo de Estructura	Nombre de la Estructura	Orientación Principal	Extensión (aproximada)	Características Principales
Fallas	Sistema de Fallas Palestina	N-S	Varios km	Falla principal con varias fallas asociadas, orientación N-S.
	Falla Malena	N5°E	Desplazamiento inverso	Falla inversa con orientación N5°E.
	Falla Amacerí	N-S	Subvertical	Falla sinistral inversa con orientación N-S.
	Falla Colorado	N-S	15 km	Parte del Sistema de Fallas Palestina, extensión N-S.
	Falla Ariza	NNW-NS	Menor a 5 km	Parte del Sistema de Fallas Palestina, orientación variable.
	Falla Norosí	N40°-50°E	45 km	Falla normal con reactivación sinistral.
	Falla Arenal	N60°E	13 km	Falla normal con reactivación dextral.
	Falla La Dorada-La Gloria	N45°-50°E	32 km	Falla normal con reactivación dextral.
	Falla Mejía	N50°-60°E	2 km	Falla normal con desplazamiento dextro-lateral.
	Falla Caño Hondo	N40°E	6 km	Falla normal, orientación N40°E.
	Falla La Honda	Variable (NNW-NS)	8 km	Falla normal con reactivación dextro-lateral.
	Falla El Piñal	N35°-40°E	23 km	Falla normal con inclinación hacia el sureste.
	Falla Quebrada Naranjal	Variable (N)	1 km	Falla de relevo regional.
	Falla San Antonio	N45°O	4 km	Falla dextral.
Lineamientos	Lineamiento El Firme	SW-NE	Varios km	Alineado geomorfológicamente, paralelo a la Falla Norosí.
	Lineamiento Los Delfines	NWW-SEE	Varios km	Alineado geomorfológicamente, asociado a la cañada Los Delfines.
	Lineamiento Nechí-San Jacinto	N45°-50°E	Varios km	Alineado geomorfológicamente, asociado al río Cauca.

Nota: Modificado del Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2015).

5.3 Geomorfología

La zona de estudio hace parte de la geomorfoestructura Sistema Orogénico Andino, provincia Cordillera Central (Carvajal, 2011); la cual está constituida por unidades geomorfológicas de los ambientes estructural, denudacional y fluvial. La base para definir las

PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

unidades geomorfológicas que caracterizan la Plancha 74 – Guaranda (SGC, 2015) fue la interpretación de imágenes satelitales y fotografías aéreas corroboradas con los datos de campo. Las unidades identificadas se clasifican de acuerdo con la Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia de (Carvajal, 2011), estas son 11 unidades geomorfológicas indicadas en la Tabla 2.

Tabla 2

Resumen de unidades geomorfológicas de la plancha 74 (SGC).

Unidad Geomorfológica	Características Principales	Área (aproximada)	Tipos de Rocas Predominantes
AMBIENTE ESTRUCTURAL			
Cerros alineados (Sca)	Cerros orientados N-S con elevaciones de 100-800 msnm.	285 km ²	Filitas, Esquistos de Pinillos, Neis de San Lucas
Facetas triangulares (Sft)	Facetas triangulares con aristas agudas y pendientes inclinadas.	140 km ²	Complejo Volcánico de Noreán, Granito de Norosí
AMBIENTE DENUDACIONAL			
Montaña residual aguda (Dmra)	Cimas agudas, laderas abruptas, altas elevaciones.	545 km ²	Neis de San Lucas, Granito de Norosí, Complejo Volcánico Noreán
Montaña residual redondeada (Dmrr)	Cimas redondeadas, laderas suaves.	415 km ²	Complejo Volcánico Noreán, Granito de Norosí
Colinas residuales (Dkr)	Pequeñas colinas aisladas, relieve moderado.	< 45 km ²	Neis de San Lucas
Montículos de cerros residuales (Dmcr)	Montículos de relieve bajo.	< 10 km ²	Filitas, Esquistos de Pinillos
AMBIENTE FLUVIAL			
Abanico aluvial (Faa)	Zona plana susceptible a inundaciones, formada por sedimentos.	200 km ²	Sedimentos del río Cauca
Planicie aluvial (Fpa)	Llanuras alargadas vinculadas a fallas geológicas.	57 km ²	Varias, influidas por fallas geológicas
Planicie de inundación (Fpi)	Superficie plana inundable, sedimentos de ríos Caribona y Cauca.	480 km ²	Sedimentos de varios drenajes
Lago temporal (Flt)	Áreas pantanosas, nivel de agua variable con precipitaciones.	160 km ²	Varias, nivel de agua variable
Cauce de río (Fc)	Unidad variable según caudal del río, extensión norte-sur.	55 km ²	Depende del río Cauca

Nota. Modificado del Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2015).

5.4 Geología Local del área de estudio

En el área de interés, las rocas volcánicas y volcano-sedimentarias de composición intermedia a félsica, que incluyen flujos piroclásticos y tobas, son las más comunes. Existe un debate acerca de si estas rocas fueron inyectadas por andesitas al final del período Jurásico o durante el Terciario. Ejemplos de actividad ígnea más reciente son Cerro San Carlos, Culoalzado y Cerro Piloto. Posteriormente, durante el período Jurásico, estas rocas son intruidas por un cuerpo granodiorítico o monzonítico grande conocido como el Batolito Norosí o Segovia, el cual en su mayoría no alcanzó esta área en particular.

El subsuelo de la secuencia volcánica donde penetró la roca intrusiva está compuesto por rocas del Precámbrico, específicamente ortogneis. Sin embargo, las venas que se observan a menudo están asociadas con la granodiorita intrusiva en las áreas de Mina Azul y Culoalzado. No obstante, en la pequeña colina al noroeste de La Azul, que separa esta área de Olivares, se encuentran afloramientos de rocas de ortogneis, lo cual sugiere que el complejo de basamento más antiguo del Precámbrico predomina debajo de las capas volcánicas félsicas en esta zona.

5.4.1 Estudios Previos

Los anteriores titulares de la propiedad han suscrito acuerdos con empresas mineras que han manifestado interés en el potencial mineral de la propiedad. En 2007, la empresa conjunta entre Sociedad Kedahda SA y B2Gold Corporation (Kedahda SA & B2 Gold corporation, 2007) firmó un acuerdo con los titulares de la propiedad y llevó a cabo actividades de exploración en la zona de San Carlos Hill - Culo Alzao. Estas actividades comprendieron el reconocimiento geológico, el muestreo geoquímico de rocas y suelos, la perforación y la medición del magnetismo

PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

terrestre. Los resultados de las campañas de exploración realizadas por la empresa conjunta se presentan a continuación en esta sección.

En 2011, la empresa Oroya Gold Corporation exploró la propiedad mediante un acuerdo que incluyó el muestreo geoquímico de rocas tanto en la superficie como en túneles en las áreas de San Carlos y Culo Alzao. (Oroya Gold Corporation, 2011)

En años anteriores, diversos autores han llevado a cabo estudios en la región, incluyendo el área de la propiedad. Algunos de los estudios realizados en la zona incluyen:

- En la década de los setenta, Bogotá y Aluja, durante la realización de exploraciones en busca de uranio, recopilaron información y elaboraron el primer mapa geológico de la Cordillera de San Lucas. (Bogotá & Aluja, 1981)
- En 1993, Minercol recolectó muestras de sedimentos y suelos en las áreas prometedoras de la Cordillera de San Lucas.
- En 1996, Clavijo llevó a cabo una caracterización litoestratigráfica y estructural de la región, además de realizar prospección geoquímica, lo que permitió detectar anomalías de elementos asociados con la mineralización de oro en la Cordillera de San Lucas. (Clavijo, Mapa geológico de Colombia, 1996)
- En 2011, Hildebrando Leal-Mejía visitó el área de San Carlos - Buena Señá y otras áreas circundantes, realizando investigaciones geológicas y recolectando muestras para su análisis mineralógico petrográfico, dataciones U-Pb y K-Ar, así como análisis de isótopos radiogénicos de plomo y azufre estable (Leal-Mejía, 2011).

PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

2.4.1 Estructuras Mineralizadas

Se presentan 2 estructuras mineralizadas (Juan D. Alate y Diego León) de espesores que varían de 90 a 70 cm. Ambos con Rumbos que varían de N35E y N40E con un buzamiento (Vertical) de 84 y 85. Asociadas a vetillas de composición similar, en las que generalmente está expuesta la zona lixiviada de roca brechizada con fragmentos de tobas, vetas y vetillas de cuarzo lechoso y hialino, Covelina, Calcedonia con jarosita – hematita – goethita – oro – plata, en algunas estructuras se preservan metales base (Cu-Mo-Pb-Zn).

Figura 7

Mineralización de Sulfuros Túnel Juan D Alate.



6.Marco Teórico

6.1 Marco Conceptual

6.1.1 Titulo Minero

Es aquella figura jurídica por medio de la cual el Estado concede el derecho a explorar y explotar los recursos naturales minerales. A partir de la vigencia de la Ley 685 de 2001, únicamente se podrá constituir, declarar y probar el derecho a explorar y explotar minas de propiedad estatal mediante el contrato de concesión minera. (Agencia Nacional de Minería , 2003).

6.1.2 Contrato de Concesión

Son contratos administrativos celebrados entre el Estado (Ministerio de Minas y Energía, como representante de la Nación) y un particular (persona natural o jurídica) para efectuar, por cuenta y riesgo de éste, los estudios, trabajos y obras de exploración de minerales de propiedad estatal que puedan encontrarse dentro de una zona determinada y para explotarlos en los términos y condiciones establecidos en la legislación vigente al momento de su celebración. Comprende dentro de su objeto las fases de exploración técnica, explotación económica, beneficio de los minerales y cierre o abandono de los trabajos y obras correspondientes. (Ley 685 de 2001).

6.1.3 Recursos Minerales

Se refiere a las concentraciones de materiales naturales de interés económico presentes en la corteza terrestre. Estos recursos son considerados como potencialmente extraíbles en el presente o en el futuro con expectativas razonables de viabilidad económica. Los recursos se clasifican en tres categorías según el nivel de confianza: inferidos, indicados y medidos.

6.1.4 Reservas Minerales

Son partes de los recursos minerales que pueden ser económicamente extraíbles utilizando las condiciones tecnológicas y económicas actuales. Al igual que los recursos, las reservas se dividen en dos categorías según el nivel de confianza: probables y probadas.

6.1.5 Estimación de Recursos

Proceso que implica evaluar tanto la cantidad como la calidad de los recursos minerales presentes en un yacimiento. Este proceso requiere la recopilación y el análisis de datos geológicos, geoquímicos y geofísicos para estimar con precisión la cantidad de material presente y su calidad.

6.1.6 Factores Modificadores

Son consideraciones técnicas, ambientales, sociales, económicas y legales que pueden tener un impacto en la viabilidad de la extracción de recursos. Estos factores se utilizan para convertir recursos en reservas, ya que determinan la posibilidad de extraer los recursos de manera efectiva.

6.1.7 Estándar CRIRSCO:

El Comité para Estándares Internacionales de Reporte de Recursos y Reservas Minerales (CRIRSCO) establece lineamientos para la presentación de informes de recursos y reservas minerales. Su enfoque se basa en la transparencia, la consistencia y la comparabilidad de los informes, con el objetivo de proporcionar una base confiable para la toma de decisiones en la industria minera a nivel global.

6.1.8 Competencia Técnica

Se refiere al conjunto de conocimientos, habilidades y experiencia que una persona debe poseer para llevar a cabo trabajos de exploración y estimación de recursos y reservas minerales de manera confiable y precisa.

6.1.9 GDB

Una geodatabase es una base de datos diseñada específicamente para almacenar, consultar y gestionar datos geospaciales, como mapas, capas vectoriales y datos relacionados con la ubicación. Estas bases de datos son comunes en aplicaciones de cartografía, geología, planificación urbana y otras disciplinas que requieren el análisis y la gestión de datos espaciales.

6.1.10 Aurífero

Este término se utiliza para describir lugares, yacimientos o rocas que contienen oro en cantidades significativas.

6.1.11 Argentífero

Se utiliza para describir lugares, yacimientos o materiales que contienen plata en cantidades apreciables.

6.1.12 ANM

La Agencia Nacional de Minería es la entidad encargada de regular y supervisar la actividad minera en el país. Sus funciones incluyen la promoción de la exploración y explotación de los recursos mineros, la emisión de licencias y concesiones mineras, y la aplicación de normativas ambientales y de seguridad en la industria minera. La ANM desempeña un papel fundamental en la gestión y el desarrollo sostenible de la industria minera en Colombia.

6.1.13 Tenor

“Porcentaje neto de mineral económicamente recuperable de una mena.” (Agencia Nacional de Minería , 2003)

6.1.14 Recursos Inferidos

"Un Recurso Mineral Inferido es aquella parte de un Recurso Mineral para la cual la cantidad y el tenor o calidad son estimadas sobre muestreos y evidencias geológicas limitadas. La evidencia geológica es suficiente para asumir, pero no para verificar la continuidad geológica, el tenor o la calidad" (Comisión Colombiana de Recursos y Reservas Minerales, 2018).

6.1.15 Recursos Indicados

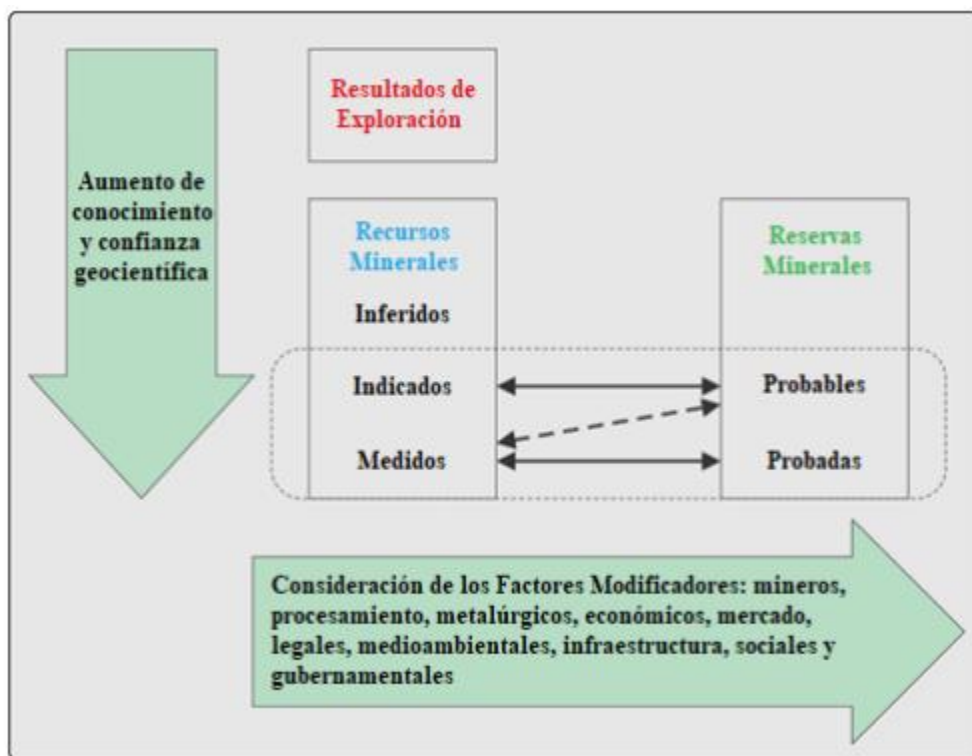
"Un Recurso Mineral Indicado es aquella parte de un Recurso Mineral para la cual la cantidad, tenor o calidad, densidad, forma y características físicas, son estimados con suficiente confianza para permitir la aplicación de los Factores Modificadores, para soportar la planeación minera y la evaluación de la viabilidad económica del depósito" (Comisión Colombiana de Recursos y Reservas Minerales, 2018).

6.1.16 Recursos Medidos

"Un Recurso Mineral Medido es aquella parte de un Recurso Mineral para la cual la cantidad, tenor o calidad, densidad, forma y características físicas, son estimados con suficiente confianza para permitir la aplicación de los Factores Modificadores, para soportar la planeación minera detallada y la evaluación final de la viabilidad económica del depósito" (Comisión Colombiana de Recursos y Reservas Minerales, 2018).

Figura 8

Relación general entre los Resultados de Exploración, Recursos Minerales y Reservas Minerales.



Nota. Ficha Obtenida del ECRR. (Comisión Colombiana de Recursos y Reservas Minerales, 2018).

7. Metodología

Fase 1: Revisión Bibliográfica

En esta etapa inicial, se llevará a cabo una revisión de la literatura y documentación relevante para comprender la geología, regulaciones y estándares aplicables a la evaluación de recursos minerales en el área de estudio.

Figura 9

Fases de la Metodología.



PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

Fase 2: Capacitación

Esta fase se centrará en la adquisición de conocimientos y habilidades necesarios para llevar a cabo la evaluación de recursos minerales de acuerdo con los estándares de CRIRSCO. Se incluirán actividades de capacitación en software como ArcGis Pro 3.0, el uso de la plataforma de la ANM (ANNA) y formación específicas.

Fase 3: Recopilación y Análisis de Datos

En esta etapa, se recopilarán datos geológicos, mineralógicos y geoespaciales relevantes para el área de estudio. Estos datos serán analizados de manera sistemática para obtener una comprensión más profunda de la geología y los recursos presentes.

Fase 4: Elaboración de Cartografía y GDB (Base de Datos Geoespaciales)

Se procederá a crear mapas geológicos regionales y locales utilizando ArcGIS Pro 3.0 y se establecerá una base de datos geoespaciales (GDB) para gestionar la información geológica y geomorfológica.

El proceso de cartografía se efectuará mediante el uso del software ArcGis Pro 3.0 y diversas herramientas disponibles en su interfaz, incluyendo funciones como merge, union, clip, reclassify, tin to raster, calculated field, entre otros.

Esto con el fin de que toda la información recolectada se pueda generar en archivos tipo Shapefile para tener una compilación de la información en el software y así poder construir las bases de los mapas a generar.

Para desarrollar esta fase se tomará en cuenta distintos estudios previos en la zona

PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

Fase 5: Integración de Aspectos Geológicos, Recursos y Reservas

En esta fase, se unirán la información y los resultados de los aspectos geológicos con los datos de recursos y reservas y se aplicarán los estándares de CRIRSCO para categorizar y cuantificar las reservas minerales para así darle forma final al documento. También se producirán visualizaciones que muestren la relación entre la geología y los recursos.

Fase 6: Elaboración y Entrega del Documento Final

La última etapa implicará la compilación de todos los hallazgos, análisis y resultados en un informe final que cumpla con los estándares establecidos por CRIRSCO. Este informe será entregado de manera adecuada a las partes interesadas.

8. Resultados

A continuación, se exponen los resultados del presente trabajo que abarcan la cartografía Geológica regional y local, geología estructural, geomorfología todo esto estará realizado en una GDB para la entrega del proyecto.

8.1 Geología Regional

La elaboración del Plano geológico regional del título minero (Figura 10) se basó en el Mapa Geológico de Colombia 2015, a una escala de 1:1,000,000, proporcionado por el Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2015). Este mapa no solo ofrece una síntesis de las unidades cronoestratigráficas, litologías predominantes, eones, épocas, periodos, edades y otras observaciones geológicas, sino que también incluye información crucial sobre las fallas regionales.

PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

Estas fallas desempeñan un papel fundamental en la geología de una región, ya que influyen en la distribución de las unidades geológicas, la deformación de las rocas y, en el contexto de un título minero, pueden ser relevantes para la exploración y la evaluación de yacimientos minerales. Por lo tanto, la inclusión de estos datos enriquece aún más el enfoque técnico y preciso de la representación geológica de la zona de interés, contribuyendo a una comprensión más completa y detallada de su geología esto con el fin de completar una tabla de atributos (Tabla 2) y tener la información en la GDB del proyecto.

Figura 10

Mapa de la Geología Regional escala 1:50.000

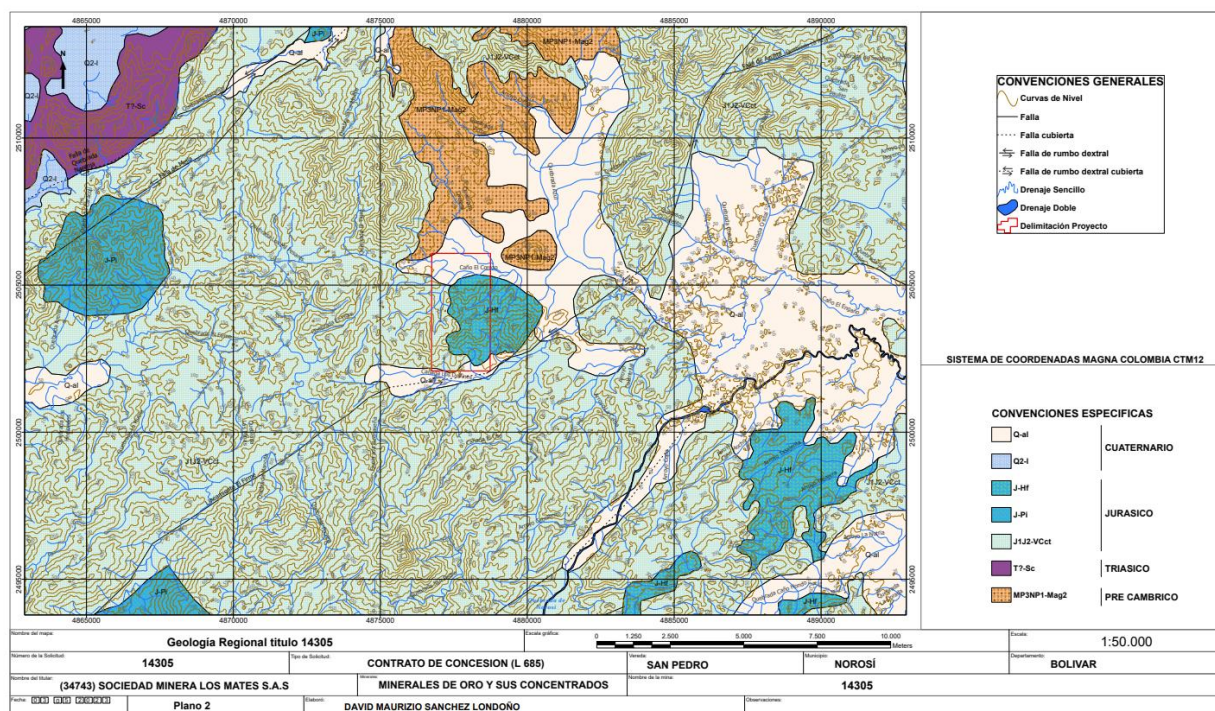


Tabla 3

Tabla de atributos correspondiente al plano de Geología Regional.

ID	COD_EXPEDIENTE	EON	ERA	PERIODO	EDAD	NOMBRE	NOMENCLAT	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN	AREA_HA
10090104	14305	Fanerozoico-PH	Cenozoico-CZ	Cuaternario-C	Cuaternario	Deposito Cuaternario Aluvial	Q-al	Aluvial	Depósitos aluviales y de llanuras aluviales	12,927.0
10090104	14305	Fanerozoico-PH	Mesozoico-MZ	Jurásico-J	Jurásico	Batolito de Segovia	J-Pi	Granodiorita	Granodioritas que varían de sienogranitos a tonalitas y de cuarzomonzonitas a cuarzomonzodioritas	844.6
10090104	14305	Fanerozoico-PH	Mesozoico-MZ	Jurásico-J	Jurásico		J-Hf	Dacita	Pórfidos dacíticos y andesíticos	710.7
10090104	14305	Fanerozoico-PH	Mesozoico-MZ	Jurásico-J	Jurásico Inferior-Jurásico Medio	Formación Noreán	J112-VCct	Arenisca	Arenitas, limolitas y calizas intercaladas con tobas, brechas, aglomerados y lavas riolíticas a andesíticas.	320.9
10090104	14305	Fanerozoico-PH	Cenozoico-CZ	Cuaternario-C	Holoceno	Deposito Cuaternario Paludal	Q2-I	Otra	Depósitos paludales	18.0
10090104	14305	Proterozoico-PPr	Mesoproterozoico-MP	Esténeo-Et	Esténeo-Tónico	Gneis de San Lucas	MP3NP1-Mag2	Gneis	Gneises cuarzofeldespáticos, migmatitas, granulitas, anfibolitas, ortogneises, cuarcitas y mármoles.	2,288.8
10090104	14305	Fanerozoico-PH	Mesozoico-MZ	Cretácico-K	Valanginiano-Albiano	Formación Tablazo	b2b6-5m	Chert	Shales con yeso, cherts, calizas y arenitas.	98.9
10090104	14305	Fanerozoico-PH	Mesozoico-MZ	Triásico-T	Triásico?		T?-Sc	Limolita	Capas rojas de limolitas, arenitas de grano fino hasta conglomeráticas, conglomerados y brechas.	2,154.2

8.2 Geología Local

Para lograr un mayor nivel de detalle, se llevó a cabo un levantamiento topográfico con una escala de 1:4,000. Este levantamiento se realizó con líneas de cotas cada 10 metros, lo que proporcionó información precisa sobre la topografía del área. La representación detallada de la topografía es esencial para comprender la geología local y su relación con el terreno circundante. Este nivel de detalle, derivado del levantamiento topográfico, enriquece significativamente el mapa geológico.

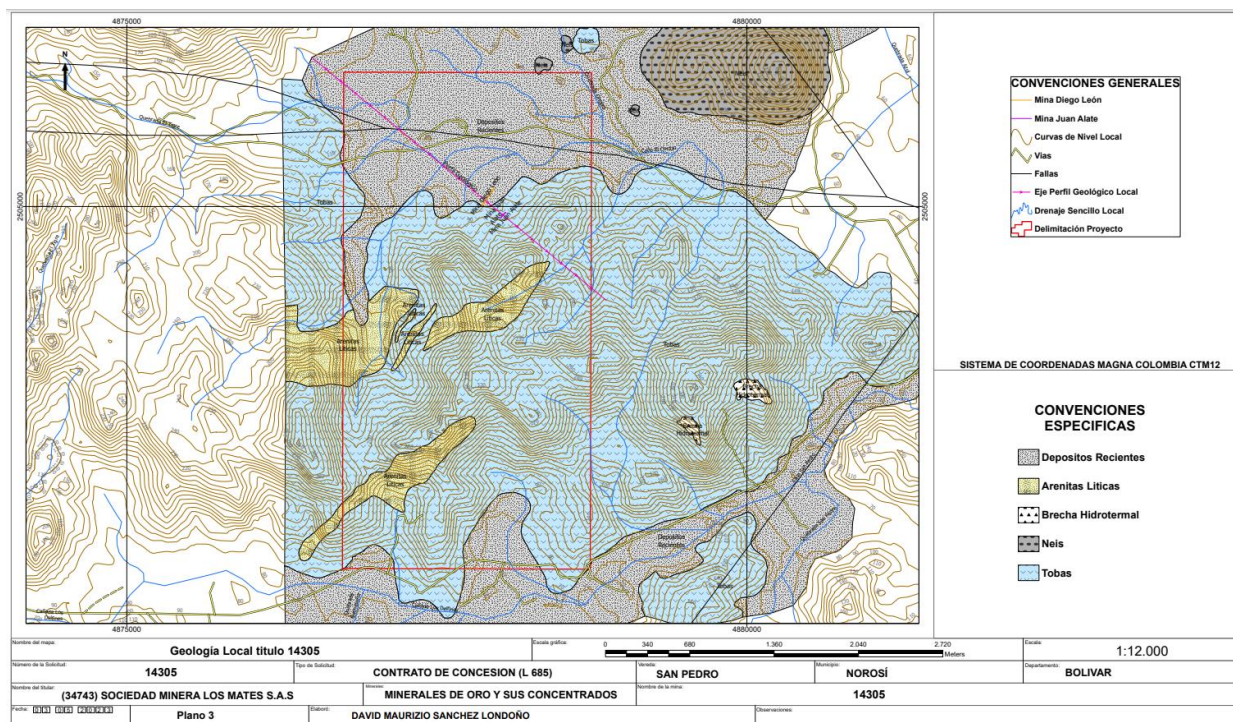
En lo que respecta a las litologías en el área, los estudios previos como estudios de y el trabajo de campo realizado por geólogos coinciden en la identificación de cinco litologías distintas. Estas litologías incluyen tobas, gneis, arenitas líticas, brechas hidrotermales y depósitos cuaternarios en la figura 12 se puede ver la distribución porcentual de las litologías en la zona. Cada una de estas litologías representa una formación geológica única y desempeña un papel importante en la caracterización del área.

PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

Es relevante destacar que los depósitos cuaternarios se asocian con el transporte de quebradas y la erosión del cerro donde se encuentran las tobas. Esta relación geológica entre las litologías y los procesos de transporte y erosión es fundamental para comprender la historia geológica del área y sus dinámicas actuales.

Figura 11

Mapa de Geología Local 1:12.000.



El resultado de la elaboración de este mapa geológico es una representación visual detallada de la geología local. El mapa incluye una escala y una leyenda para comprender la representación de las litologías clasificadas y otros elementos geológicos. Mostrará la topografía con curvas de nivel y líneas de cotas, lo que permitirá una visualización precisa de las características del terreno. Las litologías se representan con símbolos o colores distintivos y estarán etiquetadas según correspondan.

PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

Además, es importante destacar que se utilizó el sistema de coordenadas CTM 12, lo que garantiza la precisión y coherencia geoespacial de los datos en el mapa y su conformidad con las normativas y sistemas de referencia vigentes en Colombia.

Figura 12

Distribución Porcentual de las litologías en el área

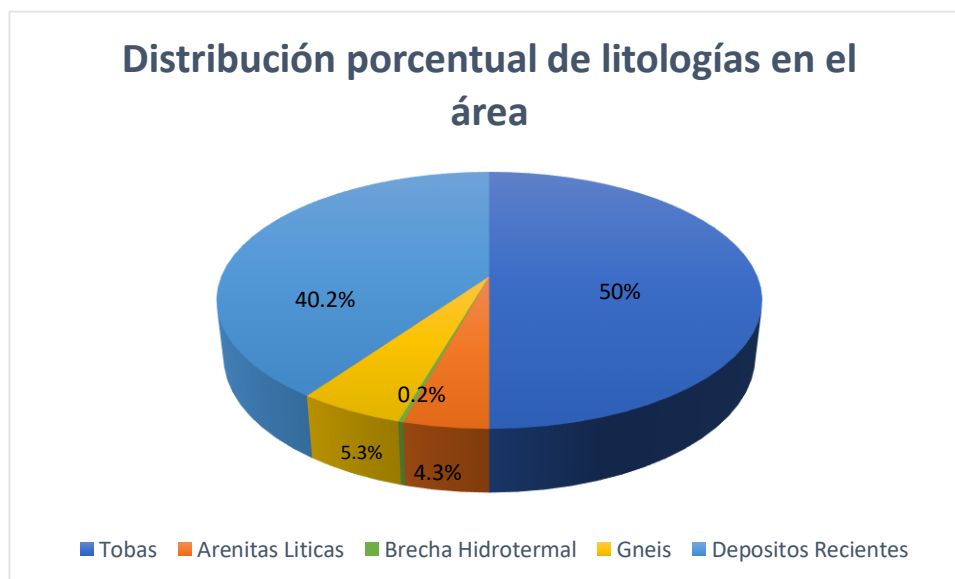
**Tabla 4**

Tabla de atributos correspondiente al plano de Geología Local.

IDENTIFICADOR	COD_EXPEDIENTE	EON	ERA	PERIODO	NOMBRE	LITOLOGIA	AREA_HA
10090103	14305	Fanerozoico	Mesozoico	Jurásico - J	Tobas	Tobas	1,221
10090103	14305	Fanerozoico	Mesozoico	Cretácico - K	Arenitas Líticas	Areniscas	104
10090103	14305	Fanerozoico	Mesozoico	Jurásico - J	Brecha Hidrotermal	Brechas	6
10090103	14305	Proterozoico	Mesoproterozoico	Esténico-Et	Gneis	Neis	129
10090103	14305	Fanerozoico	Cenozoico	Cuaternario - Q	Depositos Recientes	Aluvial	982

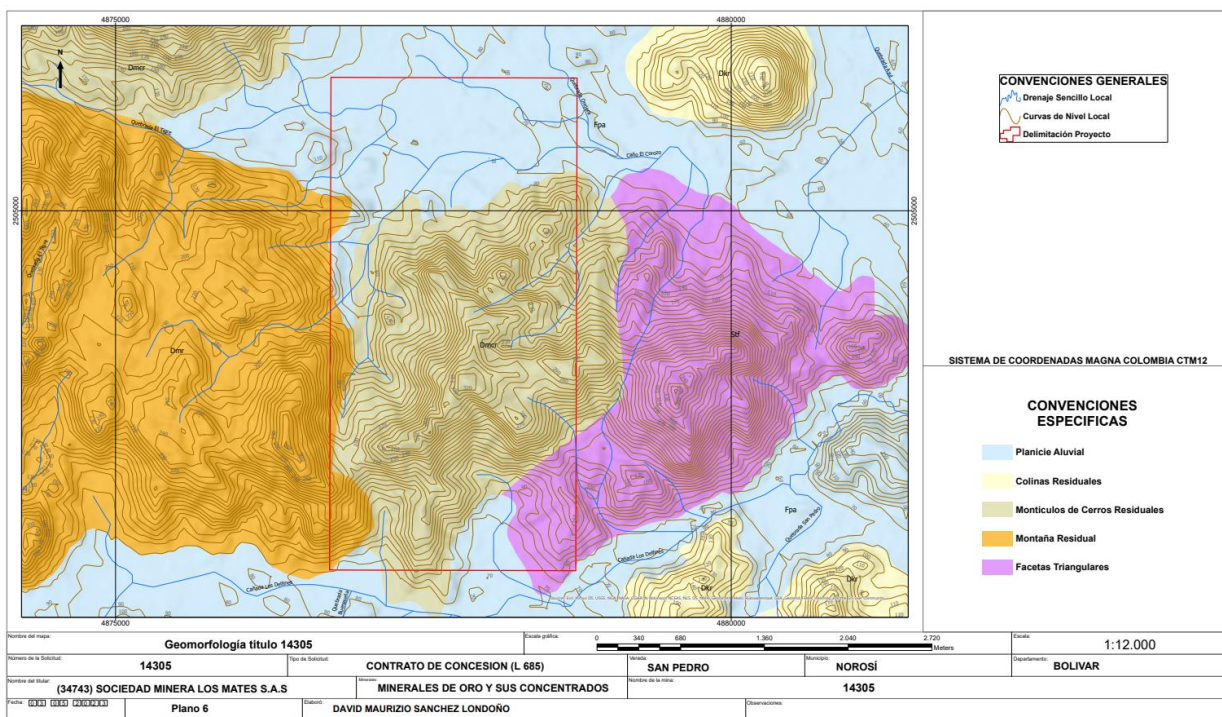
PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

8.3 Geomorfología

El análisis de la topografía previamente realizada permitió llevar a cabo un estudio detallado de la geomorfología local. Este análisis se basó en varias fuentes de datos, incluyendo curvas de nivel, drenajes y imágenes satelitales de Google Earth. Además, se utilizó la terminología proporcionada por el Servicio Geológico Colombiano (SGC) para describir y categorizar las características geomorfológicas de la región. (Figura 13)

Figura 13

Mapa de la Geomorfología local escala 1:12.000



En función de este análisis, se identificaron y categorizaron seis unidades geomorfológicas distintas en la zona de estudio. Estas unidades son las siguientes:

PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

8.3.1 Planicies Aluviales.

Estas son áreas de tierra plana o suavemente inclinada ubicadas a lo largo de los márgenes de los ríos o arroyos. Suelen estar compuestas por sedimentos aluviales depositados por la acción del agua, lo que las hace propicias para la agricultura y otros usos humanos.

8.3.2 Colinas Residuales.

Las colinas residuales son elevaciones de terreno que se han mantenido intactas a lo largo del tiempo y no han sido significativamente erosionadas. A menudo, estas áreas conservan características geológicas y topográficas únicas.

8.3.3 Montañas Residuales.

Similar a las colinas residuales, las montañas residuales son elevaciones de terreno que han resistido la erosión y siguen siendo prominentes en el paisaje. Estas pueden ser áreas montañosas con formaciones geológicas notables.

8.3.4 Montículos de Cerros Residuales.

Esta categoría hace referencia a pequeñas elevaciones de terreno que, a pesar de su tamaño reducido, han resistido la erosión y se mantienen como características notables en el paisaje.

8.3.5 Facetas Triangulares

Las facetas triangulares son formas geomorfológicas con una apariencia triangular distintiva. Estas pueden estar relacionadas con la erosión y la deposición de sedimentos, creando superficies inclinadas y triangulares en el paisaje.

Tabla 5

Tabla de atributos correspondiente al plano de Geomorfología.

COD_EXPEDI	GEOESTRUCTA	AMB_MORFOGENETICO	PAISAJE_GM	MAT_PARE_LITO LOGIA	MAT_PARE_FA CIES	NOMB_UGEOM	NOMENCLATURA	AREA_HA
14305	Cordillera	Ambiente Depositional	Peneplanicie	Sedimentarias	Aluvial	Planicie Aluvial	Fpa	761
14305	Cordillera	Ambiente Erosional (o denudacional)	Lomerío	Metamórficas	Eólico	Colinas Residuales	Dkr	110
14305	Cordillera	Ambiente Estructural	Piedemonte	Ígneas	Mixto	Facetas Triangulares	Stf	502
14305	Cordillera	Ambiente Erosional (o denudacional)	Montaña	Ígneas	Mixto	Montículos de Cerros Residuales	Dmcr	150
14305	Cordillera	Ambiente Erosional (o denudacional)	Montaña	Ígneas	Mixto	Montaña Residual	Dmr	1002

Este mapa de geomorfología local es valioso para comprender la topografía y las características naturales de la zona de estudio. Estas unidades geomorfológicas pueden tener un impacto significativo en una variedad de procesos naturales, como la hidrología, la vegetación, la erosión y la geomorfología. También pueden ser de interés para la planificación minera, la conservación del medio ambiente y otros aspectos de la gestión del territorio en la región.

8.4 Mapas de Pendientes

Este mapa fue desarrollado en base a la topografía entregada para el proyecto, el proceso para la construcción fue realizar mediante el programa ArcGis en el cual se generó con las curvas de nivel un ráster que ayudó a crear un modelo de elevamiento digital esto con el fin de que con el software pudiera mediante la herramienta slope para tener como resultado las pendientes, el siguiente proceso fue categorizarlo según los parámetros que se deben seguir lo cual se divide en 8 categorías que se observan en la Tabla 6, luego se tuvo que reconstruir para cambiar el tipo de formato para que quedara en tipo shapefile como lo pide en la gdb la ANM.

Este tipo de mapas tiene como función detectar factores que modifiquen el terreno ya sean antropogénicos o por procesos naturales, esto también sirve para detectar riesgos que pueda tener el proyecto o la zona en la cual se están llevando las labores mineras, como también el cuidado del ecosistema y conservación de este.

Figura 14

Mapa de Pendientes local escala 1:12.000

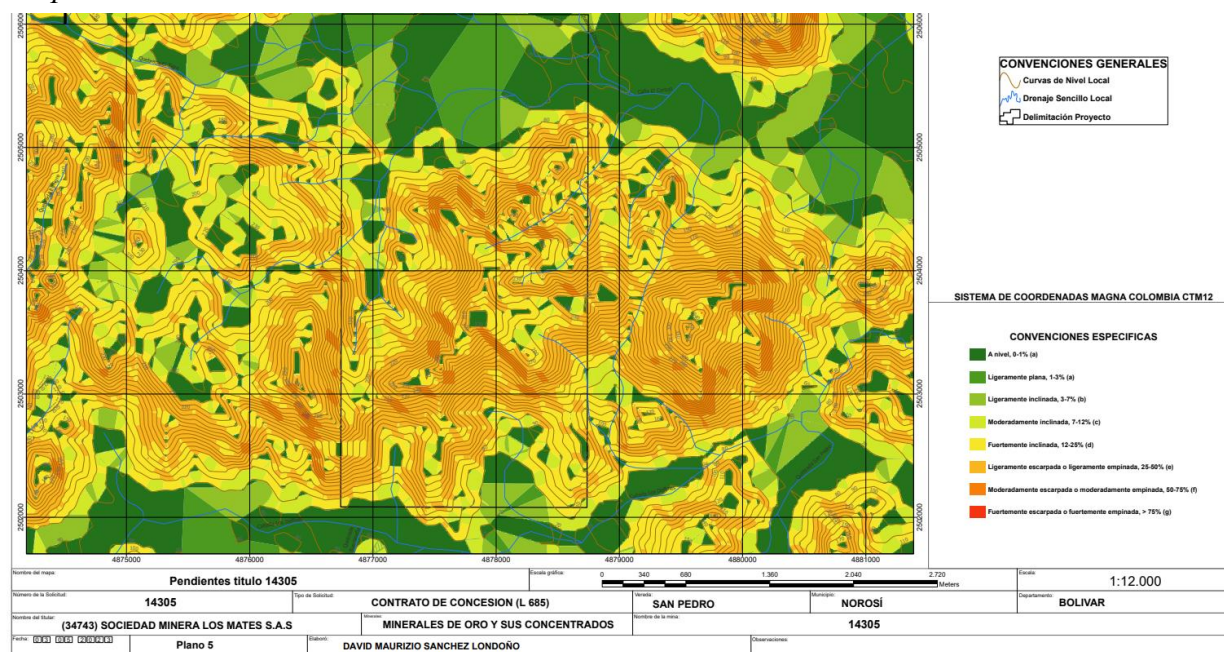
**Tabla 6**

Tabla de atributos correspondiente al plano de pendientes.

IDENTIFICADOR	COD_EXPEDIENTE	PENDIENTE	AREA_HA
10090301	14305	A nivel, 0-1% (a)	959
10090301	14305	Ligeramente plana, 1-3% (a)	247
10090301	14305	Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	451
10090301	14305	Moderadamente inclinada, 7-12% (c)	427
10090301	14305	Fuertemente inclinada, 12-25% (d)	1,054
10090301	14305	Ligeramente escarpada o ligeramente empinada, 25-50% (e)	1,253
10090301	14305	Moderadamente escarpada o moderadamente empinada, 50-75% (f)	110
10090301	14305	Fuertemente escarpada o fuertemente empinada, > 75% (g)	4

8.5 Informe Final

El informe final estuvo estructurado por 4 capítulos siendo primero las generalidades, segundo la geología, tercero el cálculo de recursos mineros y por último el procedimiento para

PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

determinar el cálculo de reservas. Dicho informe fue realizado por 2 geólogos, 1 ingeniero de minas y 1 practicante de geología.

El capítulo de generalidades realiza una introducción del proyecto, muestra la localización de este con su acceso y describe el título minero.

En este capítulo solo se obtuvo un mapa que fue el Plano Topográfico del Título No. 14305 (Ver en los anexos el Documento final)

Para el capítulo de Geología se describe la geología regional, local, estratigrafía, geología estructural, geomorfología regional, plano de pendientes, estructuras mineralizadas, plano de muestreos, datos estructurales y geomorfología local del área.

En un pequeño resumen de dicho capítulo se obtuvieron 75 datos estructurales de ambos túneles, se encontraron patrones de buzamiento entre 70° y 85° , en estas se observaban mineralizaciones asociadas a sulfuros de alto y bajo contenido, en ambas estructuras existía la asociación a fallas de Gouge.

Para el área de estudio de ambos túneles se tomó un total de 30 muestras sobre la estructura mineral y por el método de canal. 7 de estas muestras corresponden a la proyección superficial de la estructura, que arrojó en promedio 0.00382 g/Ton de oro y 0,0165 ppm de plata.

Para este segundo capítulo se obtuvieron 6 Planos en los que se encuentran:

- Plano Geología Regional Titulo 14305 (Figura 10)
- Plano Geología Local Titulo 14305 (Figura 11)
- Plano Geomorfología Local Titulo 14305 (Figura 13)
- Plano Muestreo Geoquímico Titulo 14305
- Plano Pendientes Titulo 14305 (Figura 14)
- Plano Perfil Geológico Titulo 14305

PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

Nota. (Los demás Planos se pueden ver la carpeta entregada del informe final llamado Anexos)

Para el tercer capítulo (Calculo de recursos mineros) se describe el procedimiento para determinar el cálculo de recursos utilizando el estándar CRIRSCO para la estimación, seguido de eso se toman las áreas para el cálculo, la metodología que se utilizó y los resultados. Se vuelve a observar el muestreo y el análisis de calidad, con los mapas de la localización de dichas muestras tomando como base el mapa de la geología local, se describe la cadena de custodia y la preparación y tratamiento de las muestras con las pruebas y métodos realizados en el laboratorio. Luego se procede a verificar los resultados.

Para este tercer capítulo se obtuvieron 7 planos en los que se encuentran:

- Plano mineralización DI01 Titulo No. 14305
- Plano mineralización DI02 Titulo No. 14305
- Plano mineralización DI03 Titulo No. 14305
- Plano mineralización DI04 Titulo No. 14305
- Plano mineralización JD01 Titulo No. 14305
- Plano mineralización JD02 Titulo No. 14305
- Plano mineralización JD03 Titulo No. 14305

Nota. (Todos esto planos se puede ver en la carpeta entregada del informe final llamado Anexos)

Y ya teniendo los calculo se procede a realizar el cuarto y último capítulo (procedimiento para determinar el cálculo reservas) que fue realizado por el ingeniero de minas el cual se encargó de realizar los cálculos de volúmenes y de tener en cuenta los factores modificadores y dar como resultados las reservas probables y probadas de ambas estructuras (Juan D Alate y Diego León)

PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

para así concluir con el documento y que todos los planos realizados entre el grupo de trabajo fueran recopilados en una gdb que fuera apta para entregar a las partes interesadas.

En el cuarto capítulo se obtuvieron 10 planos en los que se encuentran:

- Plano Labores Mineras Titulo No. 14305
- Plano 3D Labores Mineras Diego Leon Titulo No. 14305
- Plano 3D Labores Mineras Juan D. Alate Titulo No. 14305
- Plano Recursos Mineros Titulo No. 14305
- Plano De Recursos Medidos Diego Leon Titulo No. 14305
- Plano De Recursos Medidos Juan D. Alate Titulo No. 14305
- Plano Reservas Mina Diego Leon Titulo No. 14305
- Plano 3D Reservas Mina Diego Leon Titulo No. 14305
- Plano Reservas Mina Juan D. Alate Titulo No. 14305
- Plano 3D Reservas Mina Juan D. Alate Titulo No. 14305

Nota. (Todos estos planos se pueden ver en la carpeta entregada del informe final llamado Anexos)

9. Conclusiones

En el área afloran 5 tipos de litologías en los cuales se encuentran gneises del proterozoico, rocas vulcanoclásticas del jurásico, principalmente tobas lito-cristalinas, brechas volcánicas, arenitas líticas y por último depósitos cuaternarios.

Se presentan estructuras mineralizadas (vetas) menores a un metro de espesor y con frecuencia asociadas a vetillas de composición similar menores a un centímetro, en las que generalmente está expuesta la zona lixiviada de roca brechizada con fragmentos de tobas, vetas y vetillas de cuarzo lechoso y hialino, cemento / matriz limonítica con jarosita – hematita – goethita – oro – plata, en algunas estructuras se preservan metales base (Cu-Mo-Pb-Zn). La roca de caja de la mineralización corresponde en todos los casos con tobas dacíticas, latíticas y andesíticas, que presentan halos de sericita – illita entorno a las paredes de las estructuras, pasando rápidamente a illita – clorita \pm pirita pocos metros lejos de las estructuras mineralizadas.

Existen un fuerte control estructural de las mineralizaciones con tres tendencias marcadas en los lineamientos estructurales presentes, la primera es NE-SW que es la principal, otra N-S obedeciendo a las fallas limitantes regionales al E y W de la Serranía de San Lucas y por último un sistema NW-SE de menor desarrollo pero que al parecer controlan la aparición de las mayores mineralizaciones. Las vetas tienen buenas probabilidades de continuidad; que, al proyectarse, según estudios podrían llegar a ser un sistema guiado estructuralmente en varios títulos mineros de la zona.

Los estándares CRIRSCO desempeñan un papel esencial al establecer un lenguaje común y una estructura estandarizada para informar sobre los recursos minerales de un país, lo que facilita la comunicación y la comprensión tanto a nivel nacional como internacional. Esto significa que la

PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

información sobre las reservas y recursos minerales se presenta de manera coherente y fiable, lo que a su vez fomenta la inversión y el comercio en la industria minera a nivel global.

Los resultados del capítulo de Geología en el informe con sus anexos son las bases para la construcción de los diferentes planos y/o desarrollos de la geoestadística de los capítulos restantes esto debido a que posee toda la información para poder realizar la estimación de recursos y reservas.

10. Recomendaciones

Se recomienda ampliar el tamaño de la muestra en futuros informes con el propósito de mejorar la precisión y representatividad de los resultados. Un tamaño de muestra más grande aumentará la representatividad, mejorará la precisión de las estimaciones, facilitará la detección de diferencias significativas, reducirá el error muestral y permitirá una generalización más sólida de los resultados.

Adicionalmente, sería beneficioso incorporar un modelo geológico en los documentos técnicos con el propósito de proporcionar una comprensión más profunda y detallada del comportamiento de los elementos en estudio. La inclusión de un modelo geológico en el informe permitiría una interpretación más precisa y completa de los datos, facilitando así la capacidad de complementar el análisis con información geológica relevante. Esta medida mejorará la calidad y la utilidad de los documentos técnicos, contribuyendo a una toma de decisiones más informada y eficaz.

11. Aptitudes y fortalezas adquiridas en la práctica empresarial.

La práctica empresarial ha sido una fuente invaluable de enriquecimiento de aptitudes y fortalezas. A lo largo de esta experiencia, se ha tenido la oportunidad de adquirir un conocimiento técnico especializado que abarca desde la geología como la innovación de nuevos programas. Este conocimiento profundo proporciono una base sólida para abordar futuros proyectos mineros con mayor confianza y eficiencia.

La industria minera es conocida por su constante innovación tecnológica, y se ha tenido el privilegio de mantener al tanto de los últimos programas y prácticas. Esto incluye el uso de sistemas de información geográfica (SIG) con respecto al manejo de software ArcGis Pro 3.0 y a el nuevo sistema de coordenadas utilizado en el país (CTM 12).

El trabajo en equipo fue fundamental, ya que se abordaron las tareas asignadas de manera conjunta, priorizando la adecuada distribución de responsabilidades y la optimización del tiempo, con el fin de alcanzar los objetivos establecidos por el equipo de trabajo.

Asimismo, se demostró un alto grado de responsabilidad y compromiso al entregar puntualmente cada una de las asignaciones, ejecutándolas con un enfoque profesional y cuidadoso.

12. Limitaciones o debilidades de la práctica empresarial.

Uno de los desafíos clave fue la carencia de una sólida base en geoestadística. Esta limitación impidió participar de manera directa en la toma de decisiones relacionadas con la estimación de recursos.

PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

Otra dificultad importante presentada fue la imposibilidad de visitar el lugar físico del título minero ya que la zona en cuestión es conocida por ser un área afectada por conflictos armados, lo que representó una seria restricción en términos de seguridad y acceso. Esta limitación comprometió la capacidad para recopilar datos de campo y realizar evaluaciones directas en el terreno.

Además, se encontró con la limitación de que el lugar se ubica en una zona con una vegetación notablemente densa, lo cual dificulta las labores de reconocimiento de cartografía e identificación de litologías correspondiente a la zona en la que se están llevando las labores mineras.

13. Aportes relevantes de aprendizaje como futuro profesional de geología.

La elaboración de informes realizados durante la práctica empresarial en el campo de la minería brinda una experiencia extremadamente valiosa para cualquier profesional o equipo involucrado en este sector. Estos informes no solo representan una documentación necesaria para cumplir con regulaciones y estándares gubernamentales, como los exigidos por la Agencia Nacional de Minería (ANM), sino que también tienen un impacto significativo en la toma de decisiones estratégicas y la gestión responsable de los recursos minerales.

En primer lugar, los documentos generados en una práctica empresarial proporcionan una base sólida de conocimiento y experiencia en la recolección, análisis y presentación de datos relacionados con la exploración y explotación de recursos minerales. Esto es esencial para futuros proyectos en la industria minera, como la estimación de recursos, donde la precisión y la integridad de los datos son cruciales para determinar la viabilidad económica y técnica de un proyecto.

PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

Además, la experiencia adquirida en la práctica empresarial fomenta la aplicación de buenas prácticas y estándares de calidad en la industria.

La capacidad de elaborar informes profesionales también se extiende a la preparación de Planes de Trabajo y Obras (PTO), que son documentos esenciales para la planificación y ejecución de actividades mineras. Tener experiencia en la creación de informes de calidad puede influir en la eficiencia operativa y la gestión eficaz de los recursos, lo que, a su vez, puede reducir riesgos y costos asociados con los proyectos mineros.

Además, el conocimiento y la competencia adquiridos en la elaboración de estos documentos sientan las bases para la participación en informes internacionales de mayor envergadura, como los estándares JORC (Joint Ore Reserves Committee Code) o NI 43-101 (National Instrument 43-101) ampliamente reconocidos en la industria minera a nivel mundial, lo cual es esencial para atraer inversionistas y acceder a los mercados internacionales de capitales, lo que puede abrir oportunidades de financiamiento y expansión global para las empresas mineras.

14. Referencias

- Agencia Nacional de Minería . (2003). *GLOSARIO TÉCNICO MINERO*. Bogota: MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA.
- ANM. (2019). *Agencia Nacional De Minería*. Obtenido de <https://www.anm.gov.co/?q=content/subseccion-22-delimitacion-de-area-en-nordeste-antioqueno-y-el-sur-de-bolivar>
- Bogotá, J., & Aluja, J. (1981). *Geología de la Serranía de San Lucas. Geología Norandina*. Bogota.
- Carvajal, J. H. (2011). *Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica*. Bogota: Ingeominas.
- Clavijo et al. (2008). EVOLUCIÓN GEOLÓGICA DE LA SERRANÍA DE SAN LUCAS. *Boletín de Geología Vol. 30*.
- Clavijo, J. (1996). *Mapa geológico de Colombia*. Bucaramanga.
- Comisión Colombiana de Recursos y Reservas Minerales. (2018). *Estandar Colombiano Para El Reporte Publico de Resultados de Exploracion, Recursos y Reservas Minerales* . Bogota : CRIRSCO.
- Consorcio GSG (GEOMINAS – SERVIMINAS -GEMI). (2015). *Memoria Plancha 84 – Los Canelos*. Medellin: Servicio Geológico Colombiano.
- Cubillos, H. A. (2011). IDENTIDADES TERRITORIALES, SUSTENTO DE VIDA Y DIVERSIDAD EN EL MUNDO RURAL. En H. A. Cubillos.
- Etayo et al, F. (1983). *Mapa de terrenos geológicos de Colombia*.
- Feininger et al., (1970). *Mapa geológico del Oriente de Antioquia, cuadrangulo I-9 y parte de los cuadrangulos H-9,H-10,I-10,J-9,J-10*. Bogota: Ingeominas.

PRACTICA EMPRESARIAL TITULO14305 CRIRSCO

Gómez et al, J. (2015). *Mapa Geológico de Colombia 2015. Escala 1:1'000.000*. Bogota:

Servicio Geológico Colombiano.

González, H., & Londoño, A. C. (2002). *CATÁLOGO DE LAS UNIDADES*

LITOESTRATIGRÁFICAS DE COLOMBIA. Ingeominas.

Kedahda SA & B2 Gold corporation. (2007). *Reporte Buena Señá*.

Kellog, & Egbue. (2010). *Pleistocene to Present North Andean "escape"*.

Kellog, J. N., & Bonini, ,. (1982). *Subduction of the Caribbean plate and basement*.

Leal-Mejia, H. (2011). *Phanerozoic Metallogeny in the Colombian Andes: A Tectono-magmatic*

Analysis in Space and Time: The Pacific-Caribbean-Andean Junction.

Mantilla et al., (2006). *Memoria explicativa de la Plancha 85, Simití. Sur de los Departamentos*

de Bolívar y Cesar. Ingeominas.

Orofino Gold Corporation. (2011). *GEOLOGICAL PROGRESS REPORT ON MINA AZUL AND*

CULOALZDO AREAS IN THE SENDEROS DE ORO PROJECT IN SOUTHERN

BOLIVAR, COLOMBIA. Medellin.

PNUD, MinTrabajo, Corporación Desarrollo y Paz del Magdalena Medio. (2015). *Perfil*

Productivo Santa Rosa del Sur.

SGC. (2015). *Mapa Geológico de Colombia 2015*. Bogota.

SGC. (2015). *Plancha 74 – Guaranda. Memoria Explicativa* . Medellin.

SGC. (2018). *GUÍA METODOLÓGICA PARA EL MEJORAMIENTO PRODUCTIVO DEL*

BENEFICIO DE ORO SIN EL USO DE MERCURIO.