

**APOYO EN LAS DIFERENTES FASES DE EXPLORACION Y EXPLOTACION EN LA
MINA GUAYABITO DEL PROYECTO CISNEROS DE LA EMPRESA ANTIOQUIA GOLD
LTDA, EN EL MUNICIPIO DE SANTO DOMINGO ANTIOQUA.**

Andres Felipe Montoya Escobar

Universidad de Caldas

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Programa de Geología

Manizales, Colombia

2023



**APOYO EN LAS DIFERENTES FASES DE EXPLORACION Y EXPLOTACION EN LA
MINA GUAYABITO DEL PROYECTO CISNEROS DE LA EMPRESA ANTIOQUIA GOLD
LTDA, EN EL MUNICIPIO DE SANTO DOMINGO ANTIOQUA.**

Andres Felipe Montoya Escobar

Trabajo de grado modalidad pasantía como requisito para optar el título

De:

GEÓLOGO

Director:

M.Sc. DIEGO GERMÁN LOAIZA GARCÍA

Codirector(a):

NELSON OCAMPO

SEBASTIAN URREGO

Universidad de Caldas

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Programa de Geología

Manizales, Colombia

2023



NOTA DE ACEPTACIÓN

_____ APROBADO



DIRECTOR

Manizales, 3 de octubre 2023.



Agradecimientos

Este punto del informe, tal vez en el que más pensé desde antes de iniciarlo y punto en el que dejó plasmado personas y acontecimientos que cambiaron mi vida y hacen de mí lo que soy hoy. Gracias a la vida y a Dios por la salud mía, de mi familia, amigos y personas cercanas, gracias por guiarme y permitirme dedicarme a esta profesión que me apasiona, gracias a todas las personas que hicieron este momento de mi vida un logro cumplido y una experiencia de nunca olvidar.

No me alcanzara la vida para agradecerle a mi abuela y a mi madre que con mucho esfuerzo y amor creyeron en mí, gracias por creer aun cuando yo mismo dudaba, gracias por enseñarme a no rendirme, por su apoyo en cada decisión que tome, gracias a mis hermanos, Maikel y Juliana, a Conrado, Tata, Jairo, Elsa, Santiago, Juan Andres, Sofia Cifuentes, a mis tías Elvia y Noelia, y a Javier; Gracias familia por el apoyo incondicional en todo momento, por hacerme sentir apoyado y acompañado durante todo este tiempo, por ser el polo a tierra que con pequeños detalles o momentos, eran un empujón en este trayecto, gracias por ser un ejemplo de amor, disciplina, dedicación, perseverancia y resistencia ante las adversidades de la vida. Gracias a Mane y Sofia, a la familia Rodríguez Trujillo, gracias por acogerme en sus espacios y hacerme sentir como uno más, gracias a la familia Gómez Delgado, a la familia Chambueta, unas gracias inmensas a Manuela y sus padres, gracias a los que con un mínimo detalle me daban un suspiro de aliento para no rendirme, gracias por no dejarme sentir solo, por siempre contar con su apoyo y hacerme sentir que estoy rodeado de personas que me aprecian, a ustedes y a los que se me olvidan pero que estuvieron conmigo muchas gracias.

A mis parceros y compañeros de universidad, a los compañeros de vivienda Juan Diego y Jimmy, a todos los Dementores, que son muchos para ser nombrados se convirtieron en mi otra familia e hicieron de esta experiencia una de las mejores etapas de mi vida, se convirtieron en personas muy importantes para mí y que nunca olvidare.



A los profesores que forjaron las bases para desempeñarme profesionalmente, muchas gracias por la paciencia y su interés por nuestro aprendizaje, gracias los profesores que con su forma de enseñar y su forma de ser hicieron que cada vez aumentara más el gusto por esta profesión, gracias al profesor Diego Loaiza por su apoyo, paciencia y compromiso durante las clases, y por la colaboración en la elaboración y revisión de este informe, al profesor John Jairo Cardona por brindar su conocimiento durante toda la universidad y ser un gran ejemplo a seguir. A la Universidad de Caldas en general, hicieron de mí una persona competente profesionalmente y un gran ser humano.

Para finalizar, gracias a la empresa Antioquia Gold Ltda, por haberme permitido la gran oportunidad de estar con ustedes durante la práctica, y complementar mis conocimientos profesionales. Gracias a las personas que me acompañaron durante todo este tiempo, gracias a toda el área de Geología, gracias especialmente a los geólogos Nelson, Sebastián, Luisa, Juan Pablo, por acogerme y brindarme el conocimiento que hoy tengo sobre la minería, y a las demás personas de las diferentes áreas que me estuvieron acompañando durante este proceso, aportando valiosos conocimientos para mi vida laboral y personal, a Antioquia Gold Ltd, mil gracias.

A todos los que nombré, a los que se me escapan y los que ya no me acompañan pero que hicieron parte de este proceso, ¡mil gracias!



Contenido

1	Resumen.....	1
2	Introducción.....	2
3	Objetivos	4
3.1	Objetivo general	4
3.2	Objetivos específicos.....	4
4	Localización.....	5
5	Proyecto Cisneros	7
6	Metodología	11
7	Geología Regional.....	12
7.1	Batolito Antioqueño.....	13
8	Geología Estructural	15
8.1	Falla Palestina.....	15
8.2	Falla Cisneros	15
8.3	Zonas de cizalla.....	15
8.4	Fallas de intrusión	16
8.5	Alineaciones topográficas	17
9	Geología local	18
	Granodiorita:	20
10	Geología estructural en cada mina.....	22
11	Mineralización y alteración:.....	25
12	Manifestación de Oro.....	30
13	Área de Exploraciones.....	36
13.1	Logeo Geológico y máquinas de perforación	36
14	Base de datos	42
15	Geología de mina	46
15.1	Cartografía geológica.....	47
15.2	Control de cargas de aporte de frentes y direccionamiento de galerías:	49

15.3	Diseño de planes de perforación y marcación de pozos	52
16	Resultados	54
17	Conclusiones	63
18	Recomendaciones	64
19	Bibliografía	65



Índice de figuras

FIGURA 1. MAPA DE LA LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO CISNEROS UBICADO AL NORORIENTE DE LA CAPITAL DE ANTIOQUIA, LA LÍNEA VERDE INDICA LA RUTA DESDE MEDELLÍN HACIA EL PROYECTO. (FUENTE: ANTIOQUIA GOLD LTDA).....	5
FIGURA 2. POLÍGONOS REPRESENTATIVOS QUE MUESTRAN LAS DIMENSIONES PARA CADA TÍTULO PERTENECIENTE A LA COMPAÑÍA, LOS POLÍGONOS ROJOS MUESTRAN LA UBICACIÓN DE LOS DOS FRENTES DE OPERACIÓN, GUAICO Y GUAYABITO. (FUENTE: ANTIOQUIA GOLD LTDA)	6
FIGURA 3. MAPA CON LA UBICACIÓN DE MINA GUAYABITO Y MINA GUAICO, HACIA EL ESTE SE ENCUENTRA CISNEROS, MUNICIPIO MÁS CERCANO AL PROYECTO. (FUENTE: AUTOR).....	6
FIGURA 4. VISTA DESDE EL AIRE DE LA MINA GUAYABITO, SE OBSERVA GRAN PARTE DE LA OPERACIÓN PRINCIPAL DEL PROYECTO, EN LA CUAL SE OBSERVA LA PLANTA DE BENEFICIO EN LA PARTE MÁS SUPERIOR, PISCINAS SEDIMENTADORES, LA BOCA MINA, TALLER, ZONAS DE CAMPAMENTOS Y OFICINAS Y ACOPIO DE ESTERIL. (FUENTE: YESSID ACEVEDO).....	7
FIGURA 5. INGRESO A LAS DOS MINAS PERTENECIENTES AL PROYECTO CISNEROS. A) INGRESO A MINA GUAYABITO CON CARGADOR SALIENDO. B) INGRESO A MINA GUAICO. (FUENTE YESSID ACEVEDO)	8
FIGURA 6. VISA DE PERFIL EN DIRECCIÓN W-E, SE OBSERVA INFRAESTRUCTURA PARA LAS AMBAS MINAS, ADEMÁS TÚNEL VIAL LA QUIEBRA DE 4.1 KM DE LONGITUD PASANDO DEBAJO DE LA MINA GUAYABITO.(FUENTE: AUTOR)	9
FIGURA 7. PLANTA DE BENEFICIO UBICADA EN LA MINA GUAYABITO. (FUENTE: YESSID ACEVEDO)	9
FIGURA 8. INFRAESTRUCTURA POR DONDE PASA EL RELAVE DESDE LA PLANTA HACIA SECTOR DE LA RELAVERA. (FUENTE: YESSID ACEVEDO).	10
FIGURA 9. MAPA DE TERRENOS COLOMBIANOS, EN EL RECUADRO ROJO SE OBSERVA UBICACIÓN DEL PROYECTO CISNEROS. (MODIFICADO DE TOUSSAINT Y RESTREPO, 2020)	12
FIGURA 10. MAPA TECTÓNICO Y GEOLÓGICO EN EL CUAL SE OBSERVA UBICACIÓN Y DIMENSIÓN DEL BATOLITO ANTIOQUEÑO (COLOR NARANJA) RESPECTO OTROS CUERPOS INTRUSIVOS FANEROZOICOS. FUENTE:(LEAL-MEJÍA ET AL. 2019)	14
FIGURA 11. MAPA DE LOCALIZACIÓN DE LAS DOS ZONAS DE CIZALLA, CRISTALES Y SOFIA DENTRO DEL BATOLITO ANTIOQUEÑO. (FUENTE: LONDOÑO, A. C., 1998).....	16
FIGURA 12. MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL; LÍNEAS CONTINUAS DE COLOR VERDES MUESTRA FALLA, LÍNEA VERDE PUNTEADA MUESTRA LINEAMIENTOS. (FUENTE: ANTIOQUIA GOLD LTDA)	17
FIGURA 13. MAPA GEOLÓGICO DEL PROYECTO EN EL CUAL SE OBSERVAN LAS 3 PRINCIPALES LITOLOGÍAS, EN COLOR ROJO LA REPRESENTACIÓN DE ALGUNAS VETAS, EL RECUADRO MARRÓN MUESTRA UBICACIÓN DE MINA GUAYABITO Y EL RECUADRO AZUL MUESTRA UBICACIÓN DE LA MINA GUAICO. (FUENTE: ANTIOQUIA GOLD LTDA).	18
FIGURA 14. IMÁGENES TOMADAS EN INTERIOR MINA DONDE SE OBSERVAN LOS CONTACTOS INTRUSIVOS DE LA ROCA CAJA. A). ROCA TONALITA INTRUYENDO ROCA CUARZODIORITA, B). FRAGMENTO DE TONALITA EN ROCA CUARZODIORITA. C). DIQUE FELSITICO FALLADO CON CINEMATICA DEXTRAL, CORTANDO ROCA CUARZODIORITA. (FUENTE: AUTOR).....	19
FIGURA 15. A) MUESTRA DE MANO. B) SECCIÓN DELGADA, NICOLES PARALELOS EN MICROSCOPIO DE LUZ TRANSMITIDA. (FUENTE: ANTIOQUIA GOLD LTDA.)	20
FIGURA 16. A) MUESTRA DE UN NÚCLEO DE PERFORACIÓN. B) SECCIÓN DELGADA, NICOLES CRUZADOS EN MICROSCOPIO DE LUZ TRANSMITIDA. (FUENTE: ANTIOQUIA GOLD LTDA.)	20
FIGURA 17.) MUESTRA DE UN NÚCLEO DE PERFORACIÓN. B) SECCIÓN DELGADA, NICOLES CRUZADOS EN MICROSCOPIO DE LUZ TRANSMITIDA. (FUENTE: ANTIOQUIA GOLD LTDA.)	21
FIGURA 18. MUESTRA DE UN NÚCLEO DE PERFORACIÓN. B) SECCIÓN DELGADA, NICOLES CRUZADOS EN MICROSCOPIO DE LUZ TRANSMITIDA. (FUENTE: ANTIOQUIA GOLD LTDA.)	21

FIGURA 19. ESTRUCTURAS PRESENTES EN EL PROYECTO CISNEROS, SE PUEDE OBSERVAR LOS 3 SISTEMAS ESTRUCTURALES ANTERIORMENTE DESCRITOS AZ (20°-60°-110°), ADEMÁS NÓTESE LAS FALLAS CISNEROS Y NUS. (FUENTE: ANTIOQUIA GOLD LTDA.)	23
FIGURA 20. SISTEMA ESTRUCTURAL ESQUEMÁTICO Y UN NIVEL DE LA MINA GUAYABITO. NÓTESE LOS 3 SISTEMAS ESTRUCTURALES, ADEMÁS DE COMO LAS GALERÍAS VAN DIRECCIONADAS EN RELACIÓN CON LOS RUMBOS DE LOS SISTEMAS ESTRUCTURALES 20° Y 60° DE AZIMUT. (FUENTE: ANTIOQUIA GOLD LTDA)	23
FIGURA 21. SE OBSERVAN NIVEL DE LA MINA GUAICO EN EL CUAL SE OBSERVA COMO GALERÍAS EN LÍNEAS COLOR VERDE TIENEN UN RUMBO CON 20° DE AZIMUT Y VAN SOBRE LAS VETAS REPRESENTADAS COMO LÍNEAS DE COLOR ROJO, ADEMÁS COMO LA OPERACIÓN HACIA EL SUR SE DESPLAZA SOBRE LA CIZALLA NUS. (FUENTE: ANTIOQUIA GOLD LTDA.).....	24
FIGURA 22. VETAS EN INTERIOR MINA UBICADA EN FRENTE DE GALERÍA. A) VENAS DE CUARZO MASIVO CON PARCHES DE PIRITA Y EN MENOR PROPORCIÓN CALCOPIRITA DISEMINADA, PRESENCIA DE CLORITA ASOCIADA A LA ROCA CAJA Y EN BANDAS EN LA VENA. (FUENTE: ANTIOQUIA GOLD LTDA.)	25
FIGURA 23. A) MUESTRA DE MANO DE VENA DE CUARZO COLOR GRIS (Qz) Y SULFUROS PRINCIPALMENTE PIRITA (PY) Y CALCOPIRITA (CCP), B) VENA HIDROTHERMAL CONFORMADA POR CUARZO (Qz) Y PIRITA (PY) GRUESA SUBHEDRAL EN PARCHES. (FUENTE: ANTIOQUIA GOLD LTDA.).....	25
FIGURA 24. SECCIÓN DELGADA PULIDA EN MICROSCOPIO DE LUZ REFLEJADA (20X), CRISTALES DE PIRITA (PY), CON VARIACIONES EN SU TAMAÑO AL PARECER POR FRACTURAMIENTO, GALENA (GN) Y CALCOPIRITA (CPY), RELLENANDO OQUEDADES EN PIRITA- Y MICROFRACTURAS, AU INCLUIDO EN PIRITA. (FUENTE: ANTIOQUIA GOLD LTDA.).....	26
FIGURA 25. A) MUESTRA DE NÚCLEO DE PERFORACIÓN, CON ALTERACIÓN POTÁSICA DADA POR FELDESPATO POTÁSICO, B) ALTERACIÓN FILICA DADA POR LA SERICITA , C) ALTERACIÓN PROPILITICA DADA POR EL HALO DE CLORITA Y EPIDOTA ALREDEDOR DE VENILLA DE VENILLA DE CUARZO Y CALCITA.(FUENTE: AUTOR)	27
FIGURA 26. A) FRAGMENTO DE VENA DE CUARZO DE COLOR GRISACEO CONFORMADA EN SU MAYORIA POR CUMULOS DE CALCOPIRITA (CCP) Y PIRITA (PY) DE TAMAÑO FINO, MINERALES SUPÉRGENOS COMO BORNITA Y CALCOSINA. B) VENILLAS DE CUARZO GRIS (Qz), PIRITA Y CALCOPIRITA DISEMINADA, ADEMAS DE FRAGMENTOS DE LA ROCA CAJA COMPLETAMENTE CLORITIZADOS. (FUENTE: ANTIOQUIA GOLD LTDA.).....	28
FIGURA 27. FOTOGRAFÍA CON LUZ TRANSMITIDA, NICOLES CRUZADOS 10X. ENSAMBLAJE DE ALTERACIÓN HIDROTHERMAL CONFORMADO POR AGREGADOS LAMINARES DE CLORITA (CHL) EN PARAGÉNESIS CON AGREGADOS DE EPIDOTA (EP), RUTILO (RT) Y PARCHES DE ORTOCLASA (OR). (FUENTE ANTIOQUIA GOLD LTDA.).....	28
FIGURA 28. INCLUSIONES DE EPIDOTA (EP) DENTRO DE CUARZO (QTZ) SIENDO APARENTEMENTE REEMPLAZADA POR CALCITA (CAL). (FUENTE: ANTIOQUIA GOLD LTDA)	29
FIGURA 29. MANIFESTACIONES DE ORO LIBRE CON FORMAS ANHEDRICAS, SUBANGULARES A SUBREDONDAS. A) ORO LIBRE ENTRE CUARZO Y CARBONATO. B) ORO EN ESPACIO INTERCRISTALINO EN CUARZO. C) ORO RELLENANDO FRACTURA EN CIRCÓN. D) ORO EN ESPACIO INTERCRISTALINO EN CUARZO. E) ORO EN ESPACIO INTERCRISTALINO EN CUARZO. F) ORO RELLENANDO FRACTURA EN CUARZO. (FUENTE ANTIOQUIA GOLD LTDA.)	30
FIGURA 30. ORO INCLUIDO EN DIFERENTES SULFUROS Y SULFOSALES. A) ORO INCLUIDO EN SULFOSAL. B) ORO INCLUIDO EN GALENA. C) ORO INCLUIDO EN PIRROTINA. D) ORO INCLUIDO EN PILSENITA. E) ORO INCLUIDO EN PIRITA. F) ORO INCLUIDO EN CALCOPIRITA. (FUENTE ANTIOQUIA GOLD LTDA.)	31
FIGURA 31. ORO RELLENANDO FRACTURAS DE PIRITA. (A, B, C, D, E, F) ORO RELLENANDO MICROFRACTURA EN PIRITA. (FUENTE ANTIOQUIA GOLD LTDA.).....	31
FIGURA 32. ORO RELLENANDO OQUEDADES DE PIRITA. (A, B, C, D, E, F) ORO RELLENANDO OQUEDAD DE PIRITA. (FUENTE ANTIOQUIA GOLD LTDA.).....	32

FIGURA 33. ORO ASOCIADO. (A, B, D, E) ORO ASOCIADO A SULFOSALES. C) ORO ASOCIADO A GALENA Y SULFOSALES. F) ORO ASOCIADO A GALENA Y CALCOPIRITA. (FUENTE ANTIOQUIA GOLD LTDA.)	32
FIGURA 34. ORO EN CONTACTO. A) ORO EN CONTACTO CON ARSENOPIRITA. B) ORO EN CONTACTO CON PIRITA Y ESFALERITA. (C, D, E) ORO EN CONTACTO CON PIRITA. (FUENTE ANTIOQUIA GOLD LTDA.)	33
FIGURA 35. ORO LIBRE ASOCIADO A) ORO LIBRE ENTRE CRISTALES DE CUARZO Y ASOCIADO A SULFOSAL. B) ORO LIBRE ENTRE CRISTALES DE CUARZO Y ASOCIADO A SULFOSALES. B) ORO LIBRE ENTRE CRISTALES DE CUARZO Y ASOCIADO A GALENA. D) ORO LIBRE ENTRE CRISTALES DE CUARZO Y ASOCIADO A CALCOPIRITA. (FUENTE ANTIOQUIA GOLD LTDA.)	33
FIGURA 36. ORO LIBRE EN UN 70% DE SUS CARAS Y UN 30% EN CONTACTO CON SULFUROS. A) ORO LIBRE ENTRE CRISTALES DE CUARZO Y EN CONTACTO CON PIRITA. B) ORO LIBRE ENTRE CRISTALES DE CUARZO Y CALCITA, EN CONTACTO CON PIRITA Y CALCOPIRITA. C) ORO LIBRE ENTRE CUARZO Y CARBONATO, EN CONTACTO CON GALENA. D) ORO LIBRE ENTRE CRISTALES DE CUARZO Y CARBONATO, EN CONTACTO CON ARSENOPIRITA. E) LIBRE ENTRE CRISTALES DE CUARZO Y EN CONTACTO CON ESFALERITA. F) ORO LIBRE ENTRE CRISTALES DE CUARZO EN CONTACTO Y EN CONTACTO CON PIRITA. (FUENTE ANTIOQUIA GOLD LTDA.)	34
FIGURA 37. ORO RELLENANDO FRACTURAS Y ASOCIADO. A) ORO RELLENANDO FRACTURAS Y MICROFRACTURAS DE ESFALERITA, ASOCIADO A GALENA. B) ORO RELLENANDO MICROFRACTURA DE ARSENOPIRITA Y ASOCIADO A ESFALERITA Y GALENA. C) ORO RELLENANDO MICROFRACTURA DE PIRITA Y ASOCIADO A GALENA. D) ORO ASOCIADO A GALENA Y CALCOPIRITA, RELLENANDO MICROFRACTURA DE PIRITA. E) ORO RELLENANDO MICROFRACTURA DE PIRITA Y ASOCIADO A CALCOPIRITA. F) ORO RELLENANDO MICROFRACTURA DE PIRITA Y ASOCIADO A GALENA. (FUENTE ANTIOQUIA GOLD LTDA.)	35
FIGURA 38. ORO INCLUIDO EN ASOCIACIÓN DE TELORUROS INCLUIDO EN SULFUROS. A) ORO INCLUIDO EN GALENA INCLUIDA EN ESFALERITA. B) ORO INCLUIDO EN PIRITA INCLUIDA EN ESFALERITA. C) ORO INCLUIDO EN ASOCIACIÓN DE TELORUROS INCLUIDOS EN CALCOPIRITA. (FUENTE ANTIOQUIA GOLD LTDA.)	35
FIGURA 39. FOTOGRAFÍA DE BODEGA DE LOGUEO UBICADA EN LA MINA GUAYABITO. (FUENTE: AUTOR)	36
FIGURA 40. MARCACIÓN CON CINTA AMARILLA DE LA DIRECCIÓN QUE LLEVARÍA LA PLATAFORMA DE PERFORACIÓN CUCURUCHO 1. (FUENTE: AUTOR)	37
FIGURA 41. A) MAQUINA DE PERFORACIÓN UBICADA EN SUPERFICIE. B) MAQUINA DE PERFORACIÓN UBICADA EN INTERIOR MINA. (FUENTE: AUTOR)	38
FIGURA 42. CAJA CON NÚCLEOS DE PERFORACIÓN DEL POZO GYB-2022-116, SE OBSERVA PROFUNDIDAD INICIAL DE LA CAJA, PROFUNDIDAD FINAL, NOMBRE DEL POZO, Y NUMERO DE CAJA. (FUENTE: AUTOR)	39
FIGURA 43.. EN LA IMAGEN SE OBSERVA VISTA DE PERFIL DEL POZO NUS-2023-020, SE OBSERVAN LAS ESTRUCTURAS ENCONTRADAS ENTRE 423.1M Y 445.2M, A) VISTA DE PERFIL DEL POZO EN PLANO A ESCALA 1:500. B) MUESTRAS DE NÚCLEOS ENCONTRADAS ENTRE 423.1M Y 445.2M DE PROFUNDIDAD. (VER TABLA 2). (FUENTE: AUTOR)	39
FIGURA 44. CAJA CON LOS NÚCLEOS CORTADOS CON LA ASIGNACIÓN DE MUESTRAS CON SUS RESPECTIVOS CÓDIGOS. (FUENTE: AUTOR.)	41
FIGURA 45. AUXILIARES DEL ÁREA DE GEOLOGÍA EN LA LABOR DIARIA EN EL ÁREA DE LOGUEO. A) TOMA DE FOTO ANTES Y DESPUÉS DE CORTE, B) ÁREA DE CORTE DE NÚCLEOS CON UNA CIERRA ELÉCTRICA, C) ZONA DE MUESTREO. (FUENTE: ANTIOQUIA GOLD LTDA.)	42
FIGURA 46. A) FORMATO PARA LA ASIGNACIÓN DE MUESTRAS Y SUS CONSECUTIVOS, EN ESTE SE PONE LA PROFUNDIDAD EN LA QUE ES TOMADA LA MUESTRA, UNA LONGITUD Y UN PESO PARA CADA MUESTRA INDIVIDUAL. (FUENTE: ANTIOQUIA GOLD LTDA.)	42
FIGURA 47. INTERFAZ DE INICIO DEL SOFTWARE UTILIZADO PARA EL MODELAMIENTO Y ESTIMACIÓN DE RECURSOS EN ANTIOQUIA GOLD LTDA.	43

FIGURA 48. TARJETAS ELABORADAS POR LOS AUXILIARES DE GEOLOGÍA, LAS CUALES ERAN LA BASE PARA REALIZAR LA RECONSTRUCCIÓN EN EL SOFTWARE. A) TARJETA DE MUESTREO CON INFORMACIÓN PRECISA DE UBICACIÓN Y MEDIDAS DE LA MUESTRA TOMADA. B) RESPALDO DE LA TARJETA CON EL DIBUJO GUÍA DE LOCALIZACIÓN DE LAS MUESTRAS. (FUENTE: ANTIOQUIA GOLD LTDA).....	44
FIGURA 49. RECONSTRUCCIÓN EN EL SOFTWARE DE LAS MUESTRAS DE LA FIGURA 48, NÓTESE CADA PUNTO PRESENTA UNA MUESTRA CON UN ATRIBUTO DE NOMBRE Y ESTÁ UBICADO EN UN SECTOR DEFINIDO EN LA GALERÍA DONDE FUE TOMADO EL MUESTREO EN INTERIOR MINA. (FUENTE: AUTOR).....	44
FIGURA 50. RESULTADO FINAL DE LA RECONSTRUCCIÓN DE MUESTRAS, LAS BARRAS DE COLORES CORRESPONDEN A LAS MUESTRAS RECONSTRUIDAS CON UN VALOR GEOQUÍMICO ASIGNADO, CADA COLOR INDICA UN RANGO DE VALORES DE ORO. (FUENTE: AUTOR).....	46
FIGURA 51. JUMBO PARA TALADROS LARGOS OPERANDO EN INTERIOR MINA. (FUENTE: YESSID ACEVEDO).....	46
FIGURA 52. ALGUNOS DE LOS MATERIALES Y ELEMENTOS UTILIZADOS EN CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA. (FUENTE: YESSID ACEVEDO).....	47
FIGURA 53. FOTOGRAFÍA EN INTERIOR MINA REALIZANDO CARTOGRAFÍA EN MINA GUAYABITO. (FUENTE: AUTOR).....	48
FIGURA 54. CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA CON TODA LA INFORMACIÓN TOMADA EN INTERIOR MINA. (FUENTE: AUTOR).....	48
FIGURA 55. MAPA GEOLÓGICO DEL NIVEL 1392 DE LA MINA GUAYABITO. (FUENTE: ANTIOQUIA GOLD LTDA).....	49
FIGURA 56. GALERÍA DE PREPARACIÓN DE MINA GUAYABITO, CON LA MARCACIÓN CORRESPONDIENTE EN LA CUAL SE OBSERVA EN EL TECHO EL EJE DE DIRECCIÓN, EN LA MITAD DE LA GALERÍA EL CENTRO QUE SE LLEVARA LA LABOR Y EN LOS EXTREMOS LOS LIMITES EXTERNOS. (FUENTE: MODIFICADO DE YESSID ACEVEDO).....	50
FIGURA 57. A) MARCACIÓN EN CAMPO DE EJE GALERÍA, B) SE OBSERVA EN GALERÍA DE LA MINA GUAYABITO CON MARCACIÓN DE CENTRO, EJE Y LIMITES EXTERNOS. (FUENTE: AUTOR).....	50
FIGURA 58. PILA DE MATERIAL ROCOSO PROVENIENTE DE UN AVANCE HORIZONTAL. A) AUXILIARES DE GEOLOGÍA REALIZANDO MUESTREO DE CARGA DEBIDO A DIFICULTAD PARA DECIDIR QUÉ TIPO DE MATERIAL CORRESPONDE. B) EJEMPLO DE CARGA CON MARCACIÓN EN ESPERA. (FUENTE: AUTOR).....	51
FIGURA 59. LÍNEAS DE COLOR ROJO CORRESPONDEN A LOS POZOS DISEÑADOS PARA EL PLAN DE PERFORACIÓN EN EL NIVEL 1305 DE LA MINA GUAYABITO. (FUENTE: AUTOR).	52
FIGURA 60. MARCACIÓN CON BRÚJULA Y AEROSOL DE POZO A PERFORAR EN MINA GUAYABITO. A) MARCACIÓN DE RUMBO DEL POZO. B) MARCACIÓN DEL CONTRA RUMBO. (FUENTE: AUTOR).	53
FIGURA 61. EJEMPLOS DE ALGUNAS ESTRUCTURAS ENCONTRADAS EN EL LOGUEO DE DETALLE. A) BRECHA HIDROTHERMAL, CON PIRITA Y CALCOPIRITA. B) BRECHA TECTÓNICA. C) VETA DE CUARZO FALLADA EN UN RÉGIMEN DÚCTIL-FRÁGIL. D) VENILLAS DE CLORITA CON PIRITA, ROCA CAJA CON ALTERACIÓN FILICA. E) ZONA DE FALLA MILONITIZADA, DEFORMADA EN UN RÉGIMEN DÚCTIL, NÓTESE LENTES DE CUARZO DEFORMADOS. F) VENILLA DE CUARZO Y CLORITA CON PIRITA. (FUENTE: AUTOR).....	54
FIGURA 62. ESTRUCTURAS GRAFICADAS SOBRE EL POZO EN EL SOFTWARE MINE PLAN, SE OBSERVA EN EL POZO ZONA DE COLOR AZUL OSCURO CORRESPONDE ZONA DE FALLA CON LA EVIDENCIA EN LAS CAJAS DE LOGUEO. SE OBSERVA LÍNEAS AZULES CLARAS LO CUAL HACEN REFERENCIA AL SOLIDO INICIAL DISEÑADO PARA LA FALLA CISNEROS. (FUENTE: AUTOR).....	55
FIGURA 63. A) MUESTRA DE NÚCLEO DE PERFORACIÓN, CON ALTERACIÓN POTÁSICA DADA POR FELDESPATO POTÁSICO, B) ALTERACIÓN FILICA DADA POR LA SERICITA, C) ALTERACIÓN PROPILITICA DADA POR EL HALO DE CLORITA Y EPIDOTA ALREDEDOR DE VENILLA DE VENILLA DE CUARZO Y CALCITA.(FUENTE: AUTOR).....	56

FIGURA 64. REINTERPRETACIÓN EN PLANOS DE LA UBICACIÓN DE LA FALLA CISNEROS (LÍNEAS COLOR AZUL) Y CIZALLA NUS (LÍNEAS VERDES). (FUENTE: AUTOR).....	57
FIGURA 65. GALERÍA EN EL NIVEL 1315 CON LA VETA C AL SUR. A) IMAGEN CON VALORES GEOQUÍMICOS DE LOS POZOS REALIZADOS Y LA LÍNEA ROJA PRESENTA EJE DE PROYECCIÓN PROPUESTO PARA NUEVA GALERÍA. B) SE OBSERVA CARTOGRAFÍA ACTUAL CON LA GALERÍA DESARROLLADA. NÓTESE EL POLÍGONO AZUL, PERTENECE A UNA ZONA DE FALLA LA CUAL SE CURVA HACIA EL SSW, DIRECCIÓN EN LA QUE SE DESARROLLÓ LA GALERÍA NUEVA. (FUENTE: AUTOR).....	58
FIGURA 66. IMAGEN DEL SOFTWARE MINE PLAN DEL NIVEL 1359, CON POZOS DE COLOR GRIS CLARO, SE OBSERVA GA_AND3-1359S QUE HACIA EL SUR NO SE TUVIERON VALORES POSITIVOS, POR LO QUE SE DECIDE PARARLA GALERÍA. (FUENTE: AUTOR)	59
FIGURA 67. GALERÍA VETA D2 EN EL NIVEL 1424, NÓTESE FALLA DE RUMBO CON CINEMÁTICA DESTRAL COMO DESPLAZA LA VETA. (FUENTE: AUTOR).....	60
FIGURA 68. A) FOTO TOMADA EN INTERIOR MINA DONDE SE OBSERVA CONTACTO INTRUSIVO ENTRE ROCA TONALITA Y CUARZODIORITA. B) NÚCLEO DE ROCA DE UN POZO EN LA MINA GUAYABITO, SE OBSERVA CONTACTO ENTRE ROCA DIORITA Y TONALITA. C) NUCLEO EN EL CUAL SE OBSERVA DIQUE DE CUARZO DIORITA INTRUYENDO TONALITA. (FUENTE: AUTOR).....	61
FIGURA 69. CARTOGRAFÍA REALIZADA EN EL NIVEL 1440, GALERÍA LUZ S, SE OBSERVA COMO FALLA DE RUMBO CON CINEMÁTICA DEXTRAL, DESPLAZA LA VETA HACIA EL NW. (FUENTE: AUTOR)	62

Índice de tablas

TABLA 1. COORDENADAS GEOGRÁFICAS DEL PROYECTO CISNEROS. (FUENTE: AUTOR)	5
TABLA 2. INFORMACIÓN RECOLECTADA DEL POZO NUS-2023-020, ENTRE LOS METROS 423.1M Y 445.2M.(FUENTE: ANTIOQUIA GOLD LTDA.).....	40
TABLA 3. FORMATO DE LOGUEO DE DETALLE PARA DESCRIPCIÓN DE LA LITOLOGÍA. (FUENTE: ANTIOQUIA GOLD LTDA)	40
TABLA 4. FORMATO DE LOGUEO DE DETALLE PARA DESCRIPCIÓN DE ESTRUCTURAS. (FUENTE: ANTIOQUIA GOLD LTDA)	40
TABLA 5. FORMATO DE LOGUEO DE DETALLE PARA DESCRIPCIÓN DE ALTERACIÓN. (FUENTE: ANTIOQUIA GOLD LTDA.)	40
TABLA 6.FORMATO DE LOGUEO DE DETALLE PARA DESCRIPCIÓN DE MINERALIZACIÓN, CABE RESALTAR QUE A MINERALIZACIÓN SE REFIERE A CANTIDAD DE PIRITA O CALCOPIRITA. (FUENTE: ANTIOQUIA GOLD LTDA.)	41
TABLA 7. INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS EXTRAÍDAS DE LAS TARJETAS DE MUESTREO Y COORDENADAS DESDE EL SOFTWARE. (FUENTE: ANTIOQUIA GOLD LTDA.).....	45
TABLA 8. EJEMPLO DE COLLAR EXTRAÍDO DE LA TABLA 6. (FUENTE: ANTIOQUIA GOLD LTDA).....	45
TABLA 9.DATOS DE PLAN DE PERFORACIÓN DE LA FIGURA 59. (FUENTE: AUTOR).....	53

1 Resumen

El siguiente informe es acerca de las actividades realizada bajo el contrato de aprendizaje en el área de geología entre enero y junio de 2023 para la empresa minera Antioquia Gold LTDA. El siguiente informe cuenta con información general acerca del proyecto Cisneros y datos importantes acerca de la compañía, además describe las diferentes actividades que se realizaron en el área de geología, las cuales se dividen en tres etapas; La primera consiste en el apoyo en el área de exploraciones, aquí se realizaron labores de logueo y muestreo de pozos exploratorios realizados desde superficie e interior mina, esto con el fin de interpretar estructuras y analizar si son de importancia para la operación extractiva; La segunda etapa consiste en el apoyo en el área de modelamiento y estimación de recursos, la cual tuvo como objetivo la reconstrucción de muestras tomadas en interior mina utilizando el software minero Mine Plan de la empresa Hexagon Mining. La tercera etapa constó del apoyo en las labores realizadas por los geólogos de mina, en esta etapa se realizó cartografía geológica, control de tenores de las voladuras de avances de labores, diseño de planes de perforación, entre otras actividades relacionadas con el área administrativa.

2 Introducción

El Nororiente antioqueño es conocido geológicamente y económicamente por su corredor de mineralizaciones de oro alojados dentro del batolito Antioqueño, dicha unidad geológica de edad Cretácico inferior, de composición casi homogénea y de gran volumen (Botero A., 1941)(Feininger T., 1948), (Ordoñez C.O & Pimentel M.M., 2001), cuenta con algunos proyectos mineros importantes en la región del nororiente de Antioquia; uno de ellos es el proyecto Cisneros de la empresa Antioquia Gold LTDA, compañía minera peruana-canadiense, dedicada a la exploración, extracción y procesamiento de yacimientos minerales, con la finalidad de comercializar concentrado de Au.

El objetivo de este informe es describir grosso modo aspectos geológicos del yacimiento, características generales de la compañía y explicar detalladamente las labores en las que se apoyó como practicante universitario en las diferentes actividades realizadas para el área de geología y en las cuales se tuvo intervención durante los 6 meses de práctica en el proyecto Cisneros de la compañía Antioquia Gold LTDA.

Las labores exploratorias basadas en las perforaciones realizadas por la compañía son de gran importancia, ya que en estas se describe geológicamente las características composicionales y texturales de la roca, además de realizar un muestreo geoquímico para tener una información más precisa del contenido de oro en las estructuras encontradas, para así realizar interpretaciones de que estructuras se interceptan durante el avance diario de la perforación y modelar su morfología y continuidad areal.

En los avances diarios de la operación minera, se llevan las estructuras de interés por su aporte aurífero con galerías horizontales las cuales se van avanzando según las características de la estructura de interés, de estas estructuras se deben tomar muestras con una longitud y un ancho definido para posteriormente reconstruirse en el software Mine plan, y extraer las coordenadas precisas de la muestra y adicionarle un tenor de Au para que los

geólogos encargados del modelamiento y estimación de recursos realicen una estimación adecuada del aporte en tenor y volumen que podría aportar dicha estructura.

Se llevaron a cabo labores geológicas en interior mina como: cartografía geológica, se realizó marcación de ejes de dirección de avance para las galerías de preparación y aporte de mineral, se realizó control de tenores de las cargas de avance diario de la operación según el plan mensual y semanal de avances y suministro, se marcaron y se diseñaron pozos realizados en interior mina con fines exploratorios para posteriormente definir direcciones de galerías en busca de estructuras con aporte aurífero.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Facilitar los medios necesarios para que el practicante logre desarrollar habilidades en etapas exploratorias y productivas en la mina Guayabito del proyecto Cisneros en el municipio de Santo Domingo en el departamento de Antioquia.

3.2 Objetivos específicos:

- Aprender acerca de cómo es el desarrollo del ciclo minero.
- Apoyar labores de exploración basada en el Logueo Geológico en la mina Guayabito del proyecto Cisneros de la empresa Antioquia Gold Ltda.
- Desarrollar habilidades básicas asociadas al modelamiento y estimación de recursos.
- Realizar labores de geología subterránea: Control de tenores y muestreo de material de voladuras de labores en preparación, orientación de frentes de desarrollo minero, cartografía y muestreo, interpretación de estructuras, elaboración de planes de perforación.

4 Localización

El proyecto Cisneros se encuentra ubicado en el nordeste del departamento de Antioquia, a 70 km de la ciudad de Medellín por la vía Troncal del Magdalena medio que conduce desde Medellín hacia los municipios de Barbosa, Cisneros, Puerto Berrío (Figura 1).



Figura 1. Mapa de la localización del proyecto Cisneros ubicado al Nororiente de la capital de Antioquia, la línea verde indica la ruta desde Medellín hacia el proyecto. (Fuente: Antioquia Gold LTDA).

La operación actual se encuentra en jurisdicción del municipio de Santo Domingo Antioquia, aunque el municipio más cercano es Cisneros (Figura 3); el proyecto cuenta con un área otorgada por la autoridad minera de 17145 hectáreas pertenecientes a los municipios de Santo Domingo y Cisneros principalmente.

Coordenadas Geograficas	
Latitud	6° 32' 21" norte
Longitud	75° 5' 19" oeste
Altura	1460 msnm

Tabla 1. Coordenadas geográficas del proyecto Cisneros. (Fuente: autor)

Cuenta con 2 frentes de operación o dos bocaminas y un sector de relave. La zona de operación principal es en el corregimiento de Santiago, perteneciente al municipio de Santo Domingo, allí se encuentra la mina Guayabito, oficinas principales, campamentos y la planta de beneficio; en el corregimiento el Limón se ubica la Mina Guaico que también cuenta con todos los servicios para desarrollar la operación exceptuando la planta de beneficio; en el corregimiento de Porce se encuentra La Relavera el cual es el sitio de disposición de residuos del aprovechamiento mineral.

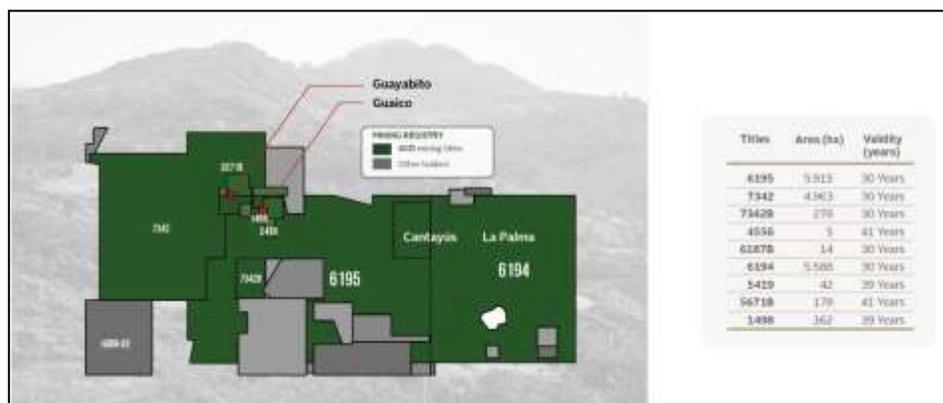


Figura 2. Polígonos representativos que muestran las dimensiones para cada título perteneciente a la compañía, los polígonos rojos muestran la ubicación de los dos frentes de operación, Guaico y Guayabito. (Fuente: Antioquia Gold LTDA).

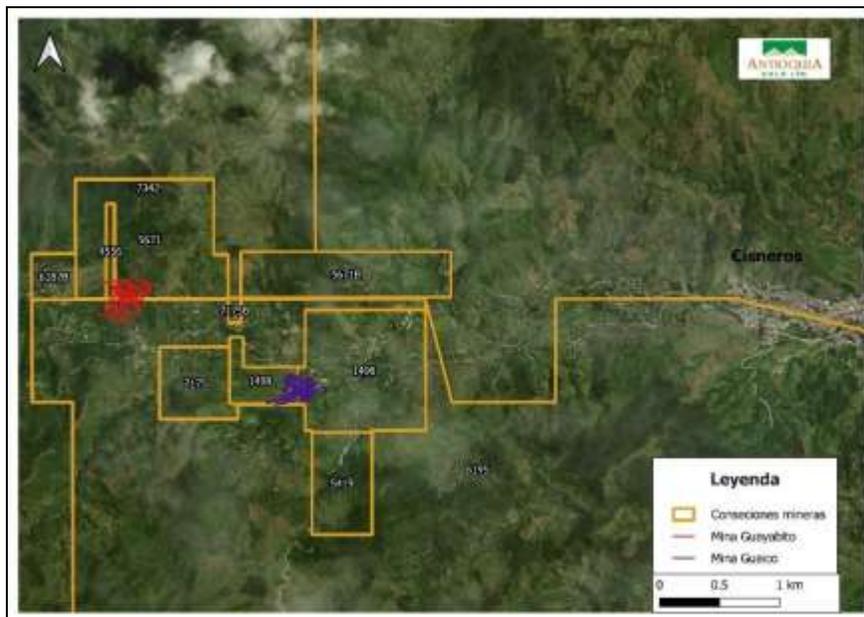


Figura 3. Mapa con la ubicación de Mina Guayabito y Mina Guaico, hacia el este se encuentra Cisneros, municipio más cercano al proyecto. (Fuente: autor)

5 Proyecto Cisneros

Antioquia Gold LTDA es una compañía minera con inversión Peruana-Canadiense, perteneciente al grupo Consorcio Minero Horizonte, listada en la bolsa de valores de Toronto (TSXV-AGD), dedicada a la exploración, extracción y procesamiento de yacimientos minerales, con la finalidad de comercializar concentrados de Au. El proyecto tuvo 4 años de exploración entre 2009 -2013 y se inicia producción y procesamiento desde 2019 hasta la actualidad.

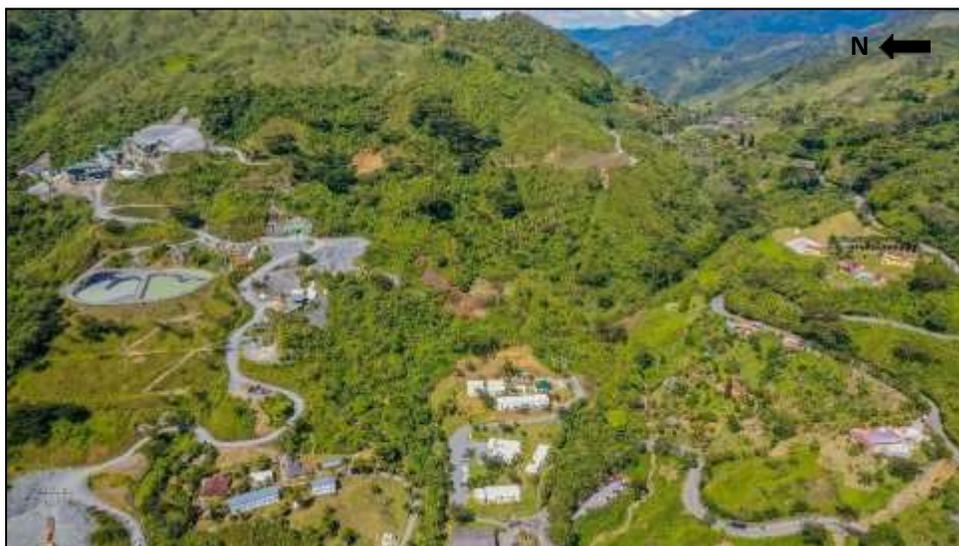


Figura 4. Vista desde el aire de la mina Guayabito, se observa gran parte de la operación principal del proyecto, en la cual se observa la planta de beneficio en la parte más superior, piscinas sedimentadores, la boca mina, taller, zonas de campamentos y oficinas y acopio de esteril. (Fuente: Yessid Acevedo).

El proyecto Cisneros tiene como propiedad minera de 9 títulos los cuales suman un total de 17145 hectáreas en las cuales se tienen dos minas subterráneas; mina Guayabito y mina Guaico separadas 1.5 km en línea recta, también cuenta con una zona de depositación de colas, conocidas también como relave.



Figura 5. Ingreso a las dos minas pertenecientes al proyecto Cisneros. A) Ingreso a Mina Guayabito con cargador saliendo. B) Ingreso a mina Guaico. (Fuente Yessid Acevedo)

Mina guayabito ubicada en el corregimiento de Santiago, cuenta con 16 niveles, de los cuales 10 se encuentran activos, cuenta con 2.5 km en rampa y 17.5 km en avances horizontales y verticales, una profundidad de 209 m desde bocamina hasta la zona más profunda, aquí se extrae el material aurífero de vetas angostas las cuales aportan poco tonelaje, pero con un tenor alto. Mina guaico ubicada en el corregimiento del Limón cuenta con 15 niveles, 3.16 km en rampa y 24 km en avances horizontales y verticales, una profundidad de 325m desde boca mina hasta el lugar más profundo, aquí la extracción también es de vetas angostas, pero también de una zona de Cizalla con espesor entre 5 - 25 metros. Esta mina aporta un mayor tonelaje a un tenor más bajo en comparación con mina guayabito. El método de minado para ambas minas es Taladros largos de forma ascendente.

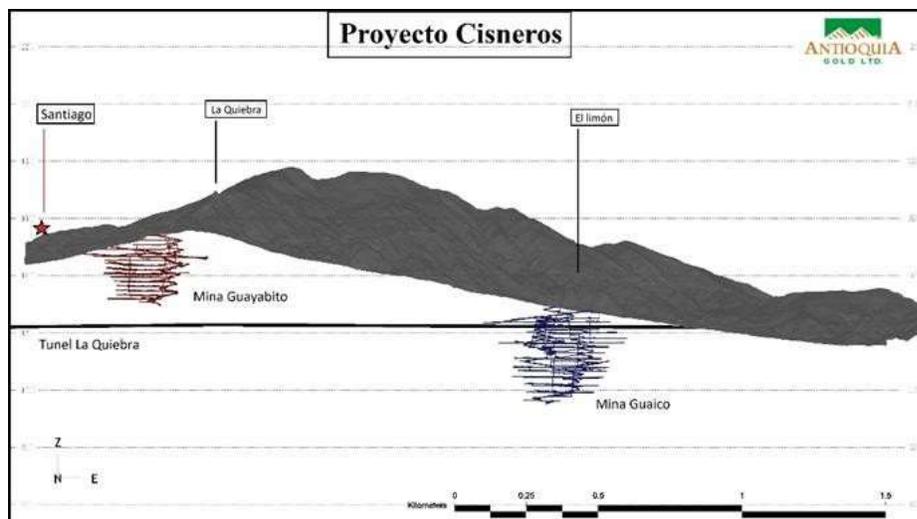


Figura 6. Vista de perfil en dirección W-E, se observa infraestructura para las ambas minas, además túnel vial La quebra de 4.1 km de longitud pasando debajo de la mina Guayabito. (Fuente: autor)

La planta de beneficio ubicada en la mina Guayabito cuenta con la capacidad de procesar 1600 t/d con una recuperación del 97%, el proceso es conformado por las operaciones unitarias de trituración, molienda, gravimetría, flotación, filtración de concentrados y bombeo de relaves.



Figura 7. Planta de beneficio ubicada en la mina Guayabito. (Fuente: Yessid Acevedo)

La recuperación de mineral se realiza por métodos gravimétricos y de flotación, la disposición de residuos es por una tubería de 10 km la cual transporta sedimentos finos desde la planta ubicada en mina Guayabito hasta la zona de acopio (Relavera) ubicada en el corregimiento de Porce.

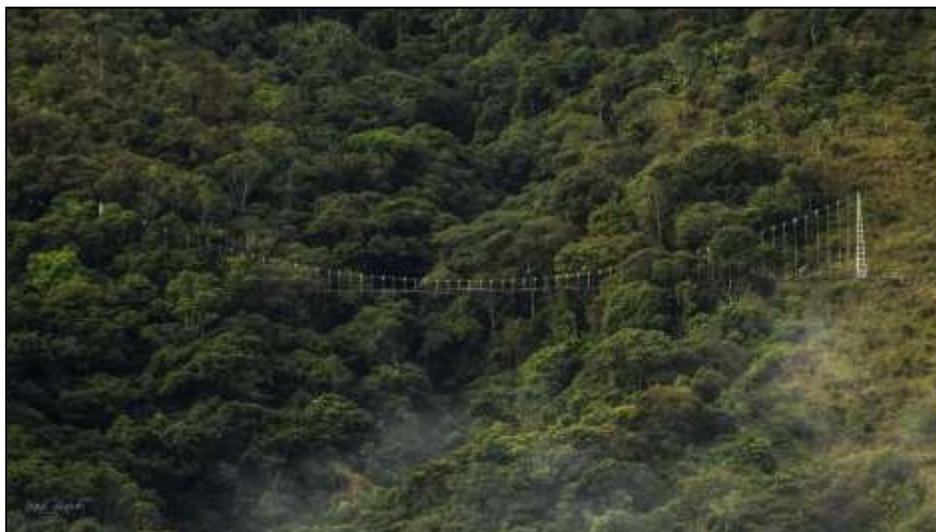


Figura 8. Infraestructura por donde pasa el relave desde la planta hacia sector de la relavera. (Fuente: Yessid Acevedo).

6 Metodología

El proceso de aprendizaje durante los 6 meses de practica académica inicio con una inducción relacionada a las polífticas empresariales y el reconocimiento de todas las áreas que laboran en la compañía. Posteriormente se realiza un reconocimiento bibliográfico acerca de la geología de la región y de la geología local para iniciar el reconocimiento del área de exploraciones, aquí se inició con un aprendizaje del proceso que se lleva a cabo con los núcleos de perforación una vez se llegan al área de destino; inicialmente un logueo rápido, seguido del análisis de calidad de roca, después un logueo geológico junto con la delimitación de zonas a muestrear además de la asignación del código respectivo y para finalizar una vez los resultados de laboratorio llegan resultados, se actualiza la base de datos correspondiente. Adicional a esto se tuvo visita de plataformas de perforación en superficie, y se tuvo aprendizaje del software de modelamiento geológico Mine Sighth.

La segunda etapa de la práctica consistió en la reconstrucción de los canales de muestreo realizados en interior mina en el software Mine Sight, esto inicio con el reconocimiento de las herramientas a utilizar en el software y extraer sus coordenadas geográficas para finalmente generar un archivo de Excel con información de cada muestra con un respectivo collar, survey e información de la muestra, y entregarla al geólogo encargado del modelamiento y estimación de recursos.

La etapa final de la práctica se realizó labores geológicas en interior mina la cual inicia con un reconocimiento por niveles de las estructuras y las labores o galerías que se encuentran activas por su aporte de mineral, seguidamente se tuvo conocimiento del ciclo de minado y de cómo debe llevarse a cabo el direccionamiento de las labores con avance horizontal. Se conoció los parámetros de cartografía y muestreo subterráneo, además de cómo se realiza la inspección de las cargas y bajo que criterio se discriminan como estéril o mineral. También se llevaron a cabo proyectos de perforación en interior mina, se conoció someramente sobre la operación y partes de las máquinas de perforación junto con la marcación de pozos.

7 Geología Regional

El proyecto Cisneros se encuentra en su totalidad en rocas ígneas plutónicas del Batolito antioqueño, este cuerpo intrusivo se encuentra hospedado en el Terreno Central Andino posteriormente llamado terreno Tahami, el cual está compuesto por un conjunto de rocas polimetamórficas alóctonas desplazadas por fallas transcurrentes en dirección N-S transportando estos bloques hasta la ubicación actual, considerando edades desde el Precámbrico (?) hasta el permo-triasico (Toussaint y Restrepo, 1988), (Toussaint y Restrepo, 1989); modelo que se asemeja al de Pindell, J. L., & Kennan, L. (2009), los cuales lo asumen como un complejo de rocas parautoctonas desplazadas desde Ecuador o Perú hasta la ubicación actual por medio de movimientos a lo largo de fallas transcurrentes, limitado al Oriente por la falla Otu-Pericos y al Occidente por la falla San Jerónimo.

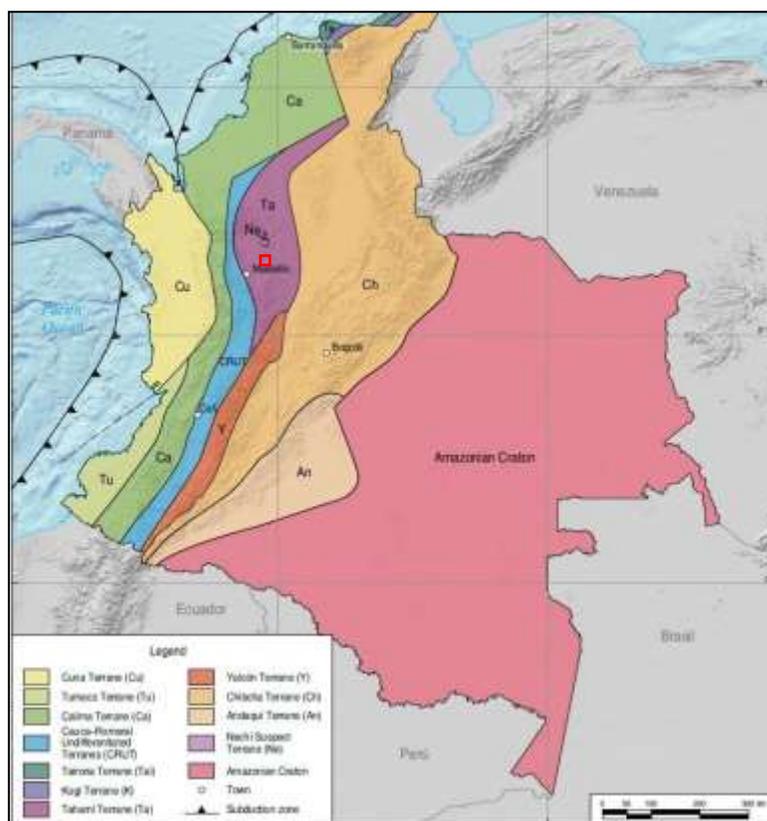


Figura 9. Mapa de terrenos colombianos, en el recuadro rojo se observa ubicación del proyecto Cisneros. (Modificado de Toussaint y Restrepo, 2020)

7.1 Batolito Antioqueño

La roca en la que está alojado el yacimiento corresponde al cuerpo plutónico más grande de su época (Figura 10), denominado batolito antioqueño, definido por (Botero, 1941) debido a que presentaba mayores afloramientos en dicho departamento. (Feininger T., 1948) asume que se formó producto de una intrusión y cristalización emplazada en un periodo de tiempo geológico corto de un magma inicialmente caliente, uniforme y profundo debido a sus contactos afilados y discordantes. Ordoñez C.O & Pimentel M.M. (2001), según los datos obtenidos de Sm-Nd de muestras del batolito, asume que la fuente del magma es principalmente de la fusión de una cuña del manto litosférico y a su vez con una asimilación cortical importante durante su emplazamiento, para la época las placas que colisionaban y generaban la subducción eran las placas nazca y suramericana, se interpreta que para generar un cuerpo de tal magnitud, la velocidad de la placa que subduce el continente tendría que ser mayor que la actual, y aproximan una velocidad >15 cm/año. Este gran cuerpo de roca se define como un cuerpo ovalado de 7221 km^2 , compuesto principalmente de granodiorita y tonalita, en menor medida unas facies félsicas, gabroicas y dioríticas. Con una edad de cristalización de 98 ± 27 años (Feininger T., 1948), (Ordoñez C.O & M.M. Pimentel, 2001).

En este mismo cuerpo se encuentran proyectos mineros tales como Morocota Gold y Gramalote lo que ha hecho que se vuelva de gran importancia tanto para la economía de la región como para el conocimiento científico Regional.

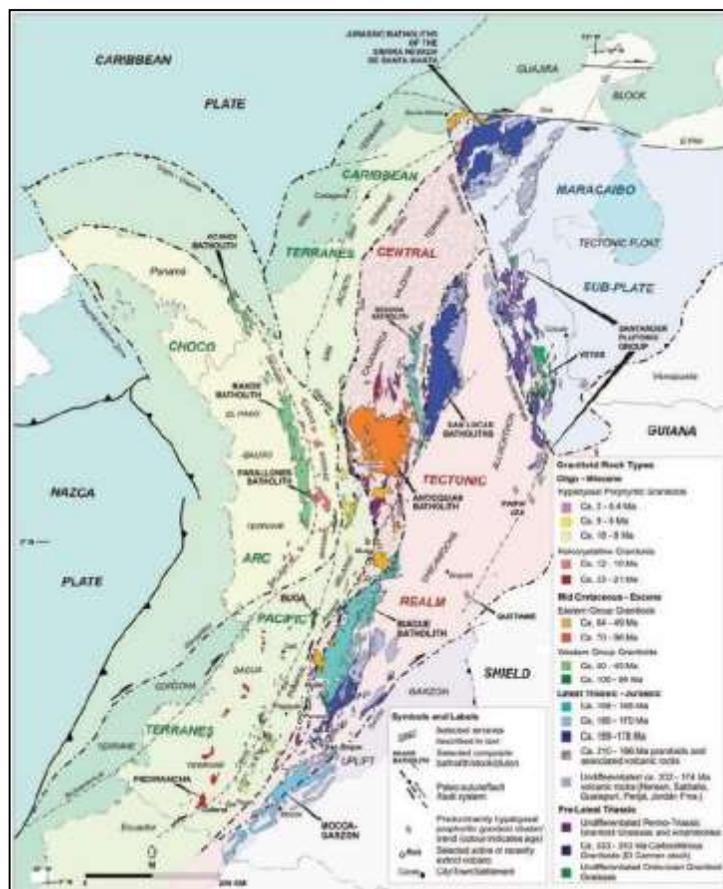


Figura 10. Mapa tectónico y geológico en el cual se observa ubicación y dimensión del batolito Antioqueño (color naranja) respecto otros cuerpos intrusivos fanerozoicos. Fuente:(Leal-Mejía et al. 2019)

8 Geología Estructural

Los escenarios estructurales regionales están formados por cuatro tipos de estructuras con características de formación y expresión que permiten diferenciarlas entre sí. Estos tipos de estructuras son: Fallas principalmente de rumbo, zonas de cizalla, fallas de intrusión y alineaciones topográficas.

8.1 Falla Palestina

Con una longitud de 390 km y dirección N20°E, es la falla más importante de la región. Esta falla tiene una gran expresión geomorfológica y es una falla activa (INGEOMINAS, Atlas de amenaza sísmica de Colombia). La falla pasa aproximadamente a 55 kilómetros al oriente del área del proyecto y está asociada a una gran zona de deformación o megabrecha, con movimiento dextral (derecha-lateral). El desplazamiento de las unidades es de hasta 22,7 km (Feininger, 1972).

8.2 Falla Cisneros

Localizada en la parte superior del valle del Nus, al oriente de Medellín, con una longitud total de 58 km, azimut 90°-100°, buzamiento hacia el sur y con movimiento inverso dextral (Montes & Sandoval, 2001).

8.3 Zonas de cizalla

Aparecen en varios lugares dentro del Batolito Antioqueño, las fallas Cristales y Sofía (Figura 11) son las más conocidas y de mayor extensión estas fueron identificadas por Feininger (1972). Las dos estructuras tienen una dirección N45°W y cruzan el río Nus entre Cisneros y San José del Nus. Feininger (1972), postula que la formación de estas estructuras está relacionada con el enfriamiento del Batolito de Antioquia y clasifica a ambos como fallas de enfriamiento.

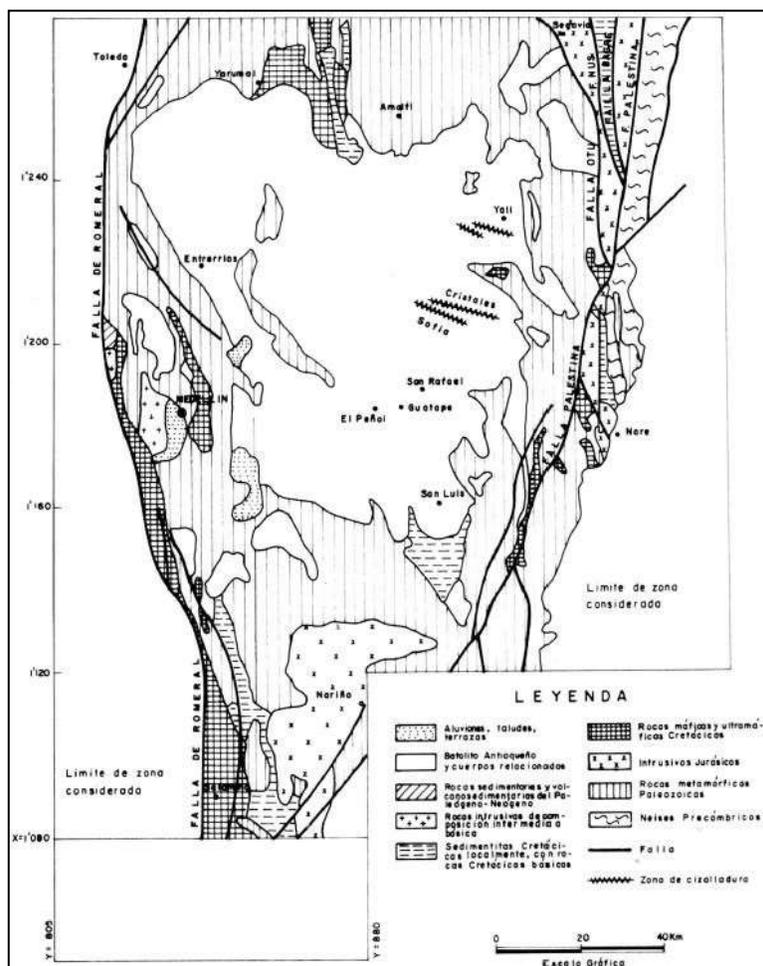


Figura 11. Mapa de localización de las dos zonas de cizalla, cristales y Sofia dentro del Batolito Antioqueño. (Fuente: Londoño, A. C., 1998).

8.4 Fallas de intrusión

Son fallas formadas por los esfuerzos causados por la intrusión de un magma. En la zona las principales estructuras de este tipo son Balseadero y Monteloro (Feininger, 1972), ambas con orientación NW y extensión de aproximadamente 30 km. Estas estructuras, a diferencia de las zonas de cizalla, no se restringen al Batolito de Antioquia ya que también afectan a las rocas adyacentes.

8.5 Alineaciones topográficas

En el área se pueden identificar importantes alineaciones geomorfológicas mediante imágenes de radar y fotografías aéreas. Las alineaciones más importantes son las que controlan los cursos de los ríos Ponce (dirección NE) y Nus (dirección EW). Se han cartografiado otras alineaciones, con dirección noroeste y longitudes superiores a 20 km, pero sin nombrarlas.

Otras estructuras regionales como fallas inferidas son: Falla Bizcocho, Falla Miraflores, Falla Caldera y Falla Nare, todas ellas restringidas al Batolito de Antioquia, con direcciones entre $N10^{\circ}W$ a $N45^{\circ}W$ y longitudes mayores a 25 km (Gonzales et al., 2001).

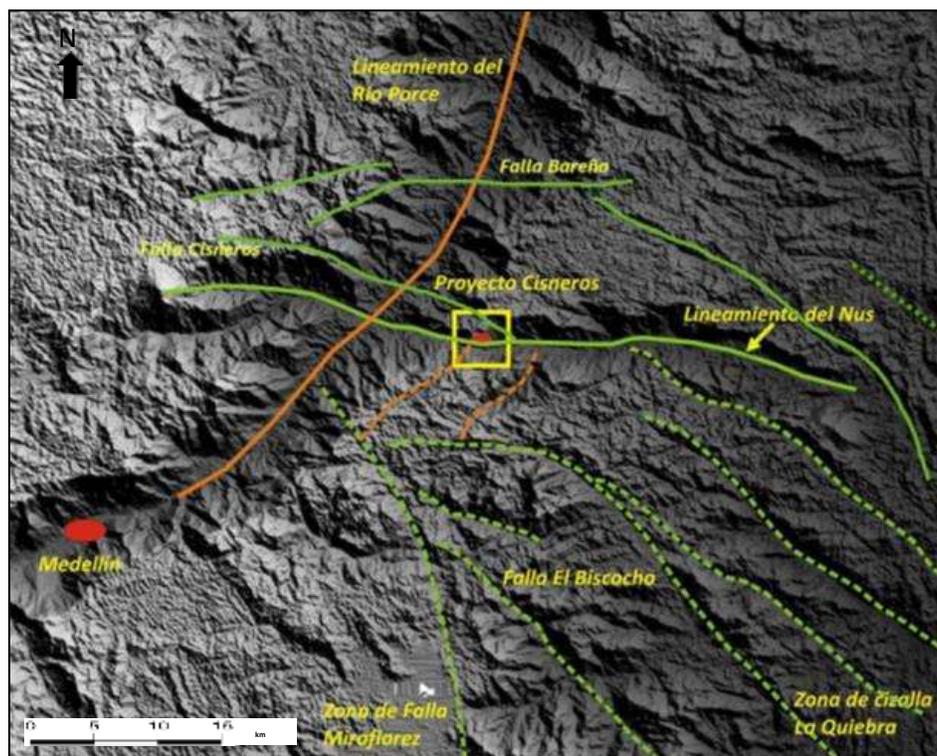


Figura 12. Modelo de elevación digital; Líneas continuas de color verdes muestra falla, línea verde punteada muestra lineamientos. (Fuente: Antioquia Gold LTDA).

9 Geología local

La geología en el área a pesar de estar dentro el mismo cuerpo ígneo, la roca caja del depósito litológicamente presenta algunas variaciones en su composición: las rocas con mayor porcentaje son entre Cuarzodiorita, Tonalita, Granodiorita, como se observa en el mapa de la Figura 13, dichas variaciones entre rocas son diferencias mineralógicas, en tamaño de los cristales, cantidad de minerales maficos y presencia de feldespato potásico. El contacto entre diferentes litologías se ha encontrado de forma intrusiva (Figura 14) y fallada, se cree que los eventos ígneos fueron coetáneos ya que no se observa un patrón homogéneo entre contactos de roca, en ocasiones se observan fragmentos de tonalita en diorita o cuarzodiorita, pero también se observa en tonalita fragmentos de cuarzodiorita. También hay una serie de diques aplíticos cortando estas dos litologías principales (Figura 14 C).

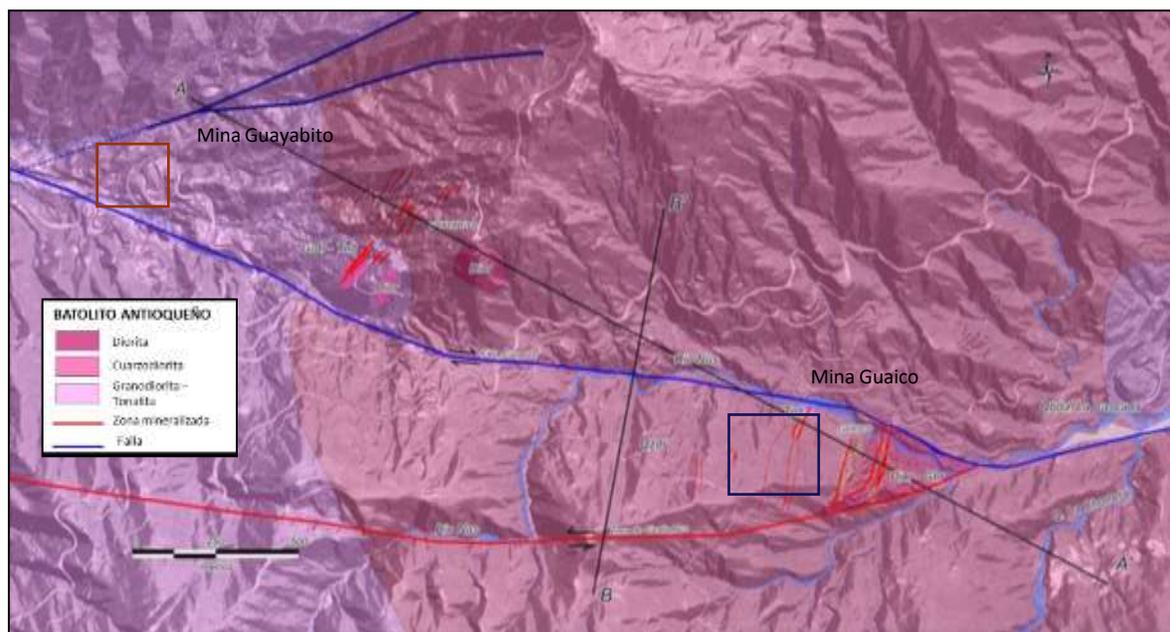


Figura 13. Mapa Geológico del proyecto en el cual se observan las 3 principales litologías, en color rojo la representación de algunas vetas, el recuadro marrón muestra ubicación de mina Guayabito y el recuadro azul muestra ubicación de la mina Guaico. (Fuente: Antioquia Gold LTDA).

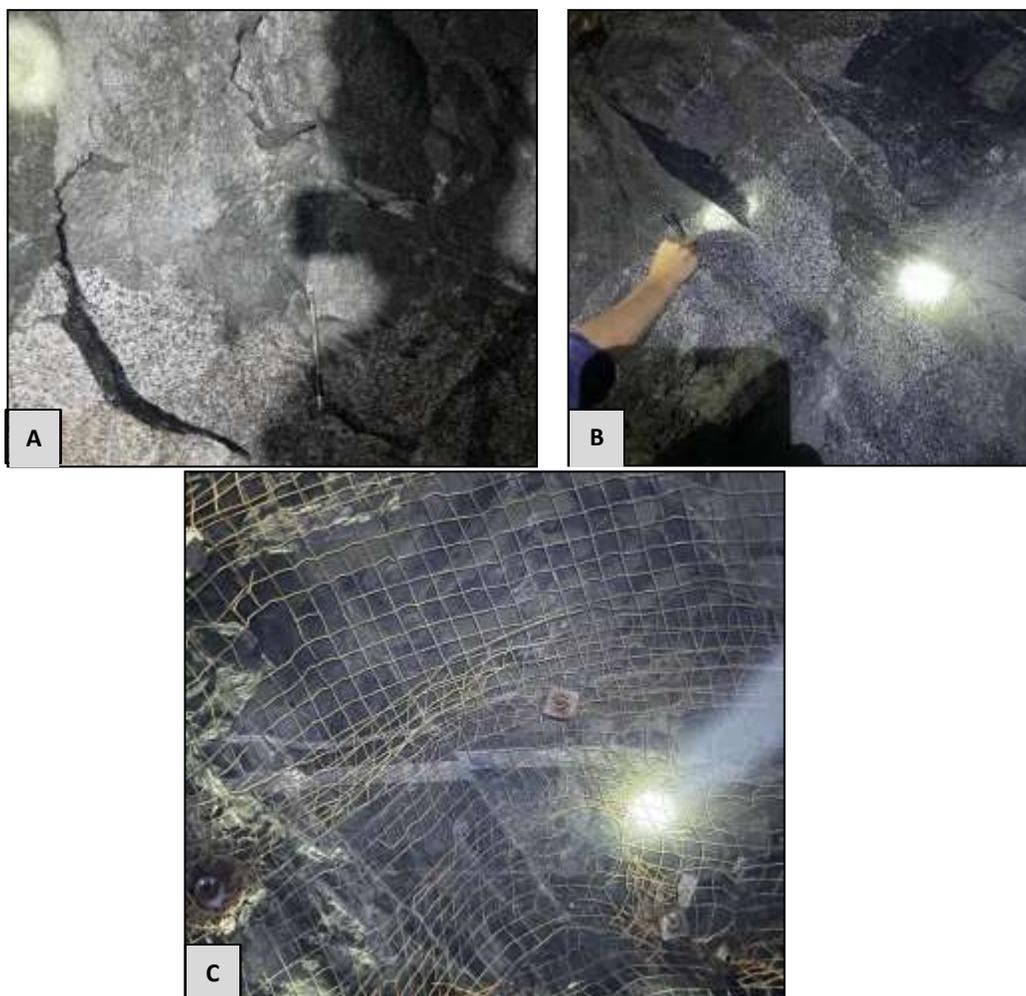


Figura 14. Imágenes tomadas en interior mina donde se observan los contactos intrusivos de la roca caja. A). Roca tonalita intruyendo roca cuarzodiorita, B). Fragmento de Tonalita en roca cuarzodiorita. C). Dique Felsítico fallado con cinemática dextral, cortando roca cuarzodiorita. (Fuente: autor)

A continuación, Figuras 15, 16, 17, 18, con su respectiva sección delgada y descripción mineralógica en las cuales se pueden apreciar grosso modo los minerales formadores de roca con su contenido porcentual, además minerales de alteración como sericita, caolinita, clorita con porcentajes no mayores al 1 %, minerales opacos entre 0 – 6%; Ejemplos de muestras de mano y sección delgada de rocas representativas que se tienen en el proyecto:

Granodiorita: Roca ignea plutonica holocristalina, Hipidiomorfica granular, compuesta de Plagioclasa An:38, 51%, cuarzo 23.6%, Ortosa 8.1%, Hornblenda 11.4%, Biotita 5.9%, Clinopiroxeno 0.1% y opacos en un 0.1% tamaño de grano de medio a grueso. (Minerales y porcentajes tomados de la seccion delgada).

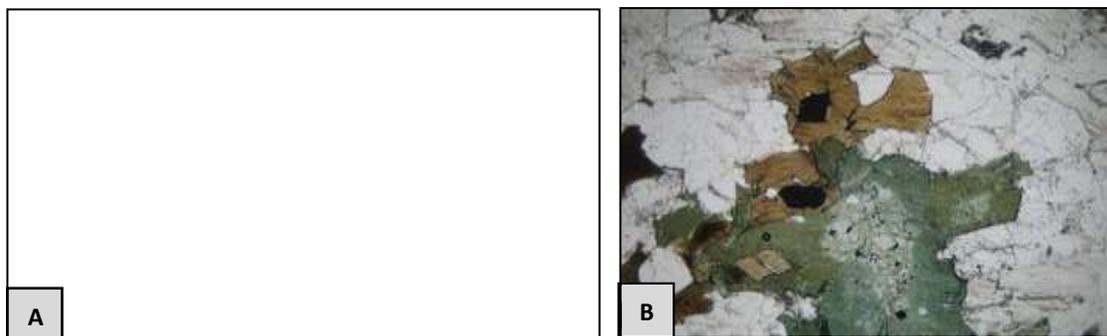


Figura 15. A) Muestra de mano. B) Sección delgada, nicols paralelos en microscopio de luz transmitida. (Fuente: Antioquia Gold LTDA.).

Diorita: Roca ignea plutonica holocristalina, hipidiomorfica granular, tamaño de grano medio a fino regularmete, Plagioclasa An 37, 66.3%, Hornblenda 28.8%, Ortopiroxeno (Hipersteno) 1.6%, Clinopiroxeno 1.1 %. (Minerales y porcentajes tomados de la seccion delgada).

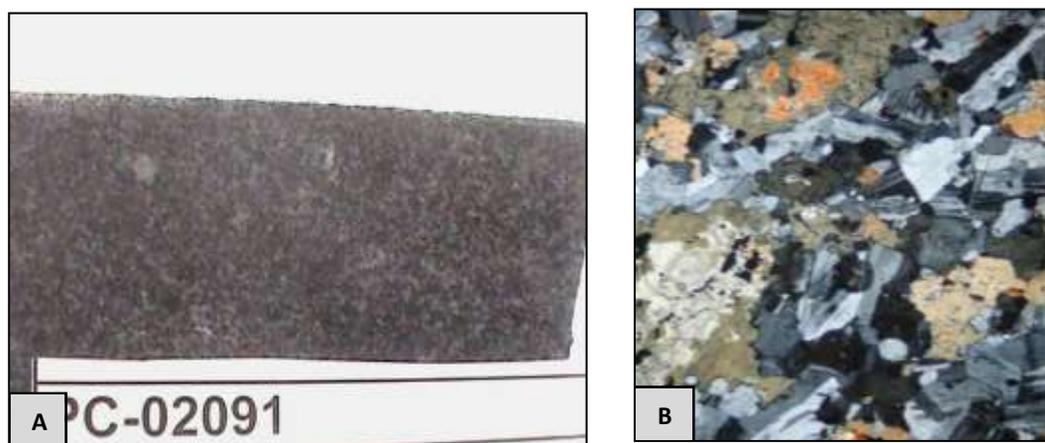


Figura 16. A) Muestra de un núcleo de perforación. B) Sección delgada, nicols cruzados en microscopio de luz transmitida. (Fuente: Antioquia Gold LTDA.).

Tonalita: Roca ígnea holocristalina fanerítica equigranular de grano medio compuesta por Plagioclasa 53.6%, Cuarzo 20.7%, Hornblenda 18.4%, Biotita 6.2%. (Minerales y porcentajes tomados de la sección delgada).

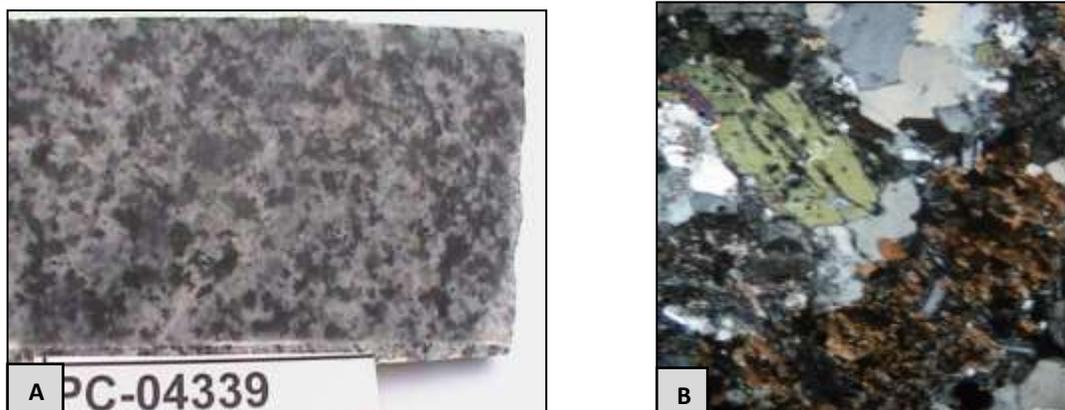


Figura 17.) Muestra de un núcleo de perforación. B) Sección delgada, nicols cruzados en microscopio de luz transmitida. (Fuente: Antioquia Gold LTDA.).

Cuarzodiorita: Roca ígnea holocristalina, fanerítica equigranular de grano medio, Plagioclasa An38, 51.2%, Cuarzo 23.6%, hornblenda 11.4%, Ortosa 8.1%, Biotita 5.9%, Clinopiroxeno 0.1%. (Minerales y porcentajes tomados de la sección delgada).

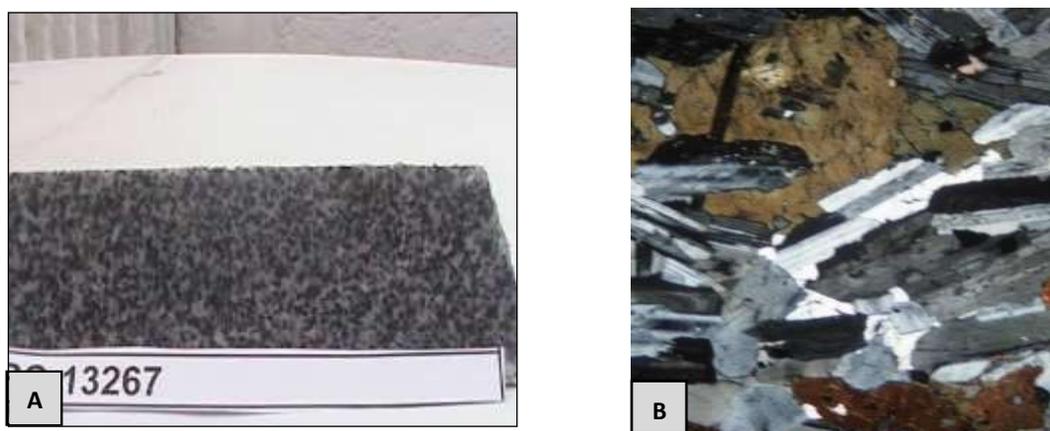


Figura 18. Muestra de un núcleo de perforación. B) Sección delgada, nicols cruzados en microscopio de luz transmitida. (Fuente: Antioquia Gold LTDA.).

10 Geología estructural en cada mina

Las mineralizaciones auríferas en el área del proyecto tienen un control netamente estructural, a escala local se tiene interacción con tres sistemas estructurales principales evidenciados en la cartografía de las minas. En la mina Guayabito y mina Guaico el sistema más antiguo al parecer tiene un azimut 10° - 20° , las vetas y venillas que contiene son de importancia por su aporte aurífero, un evento geológico de deformación y mineralización posterior tiene un sistema estructural con azimut 50° - 60° el cual parece ser coetáneo con el sistema estructural inicial. El evento geológico más reciente y el de menos interés por no contener valores positivos en Au, pero que desplaza los sistemas anteriormente descritos tiene una dirección de aproximadamente 100° de azimut, y una cinemática dextral, siendo esta estructura denominada como falla Cisneros (Figura 19), otra estructura de gran importancia pero que no se tiene información en los mapas geológicos es una zona de falla denominada por AGD como cizalla del Nus (Figura 21); está ubicada en la mina Guaico y esta presenta un Azimut de 70° la cual hacia el norte tiene una flexión con Azimut 50° - 60° , buzamiento entre 70° - 90° , con cinemática dextral?, esta zona presenta un espesor variable entre 5 – 25m, dicha estructura presenta una gran densidad de diaclasamiento lo que hace que las condiciones de estabilidad sean muy malas.

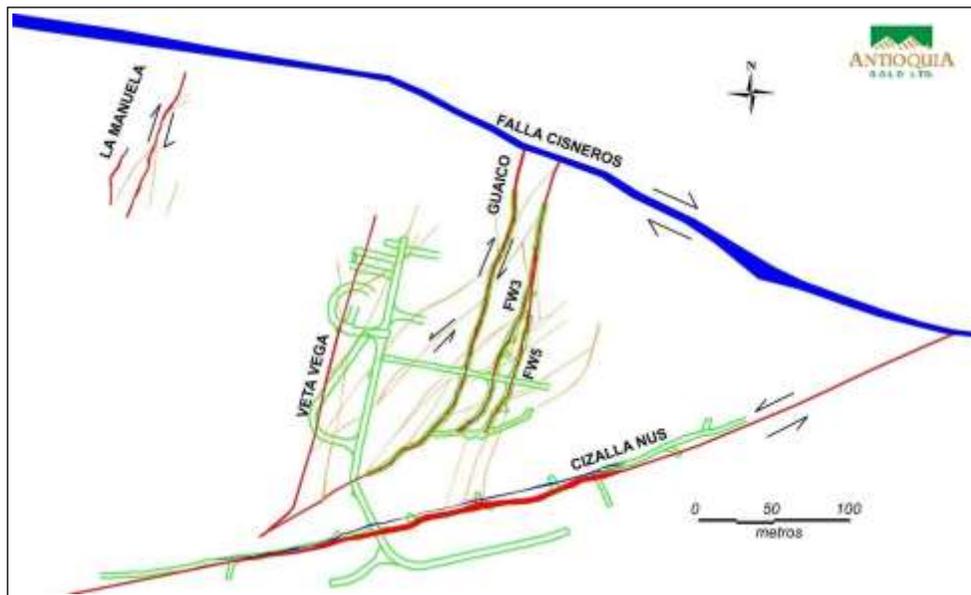


Figura 21. Se observan nivel de la mina Guaico en el cual se observa como galerías en líneas color verde tienen un rumbo con 20° de azimut y van sobre las vetas representadas como líneas de color rojo, además como la operación hacia el sur se desplaza sobre la cizalla Nus. (Fuente: Antioquia Gold LTDA.)

11 Mineralización y alteración

La mineralización en este yacimiento es de tipo vetiforme con vetas entre 0.5 m y 1.5m de espesor (Figura 22), compuestas en su mayoría por cuarzo (gris y blanco), pirita, calcopirita, clorita, calcita, sericita, epidota, zeolita, feldepatato potasico, bismutinita, galena, esfalerita y molibdenita (Antioquia Gold LTDA.)



Figura 22. Vetas en interior mina ubicada en frente de galería. A) Venas de cuarzo masivo con parches de pirita y en menor proporción calcopirita diseminada, presencia de clorita asociada a la roca caja y en bandas en la vena. (Fuente: Antioquia Gold LTDA.)

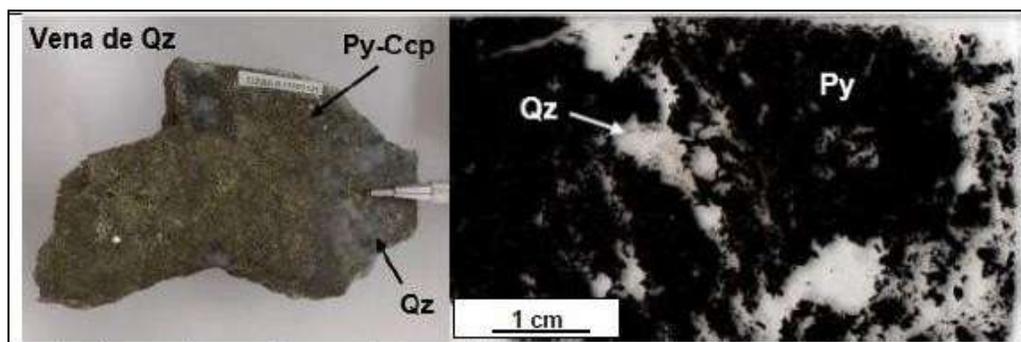


Figura 23. A) Muestra de mano de vena de cuarzo color gris (Qz) y sulfuros principalmente pirita (Py) y calcopirita (Ccp), B) Vena hidrotermal conformada por cuarzo (Qz) y pirita (Py) gruesa subhedral en parches. (Fuente: Antioquia Gold LTDA.)

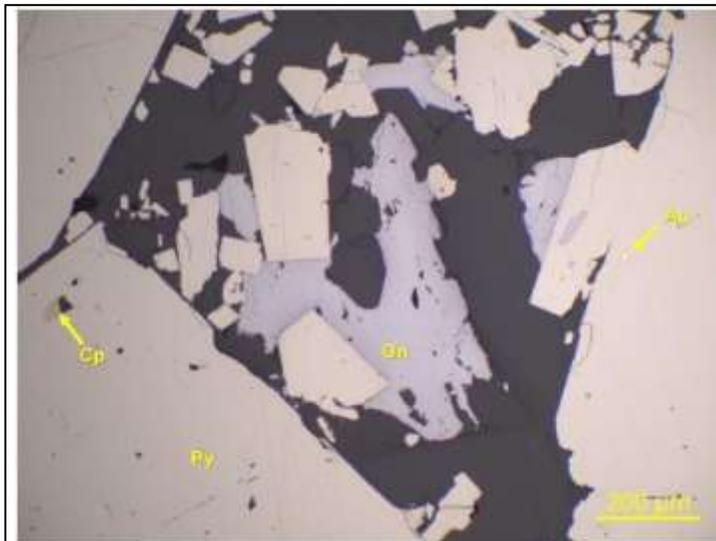


Figura 24. Sección delgada pulida en microscopio de luz reflejada (20X), cristales de pirita (Py), con variaciones en su tamaño al parecer por fracturamiento, galena (Gn) y calcopirita (Cpy), relleno de oquedades en pirita- y microfracturas, Au incluido en pirita. (Fuente: Antioquia Gold LTDA.)

La alteración hidrotermal de la roca caja en área de interés es principalmente alteraciones de tipo fílica basado en el ensamblaje cuarzo - sericita - pirita, de tipo propilítica basado en el ensamblaje clorita – epidota además de una alteración potásica, las alteraciones en la roca caja tienen una intensidad de moderada a baja; con halos estrechos alrededor de las vetas o venillas con espesores entre 0.3m y 2.0m (Figura 25).



Figura 25. A) Muestra de núcleo de perforación, con alteración potásica dada por feldespato potásico, B) Alteración filica dada por la sericita, C) Alteración propilitica dada por el halo de clorita y epidota alrededor de venilla de cuarzo y calcita. (Fuente: autor)

En la mina guaco aparte de las vetas, se tiene una zona de falla entre 5m y 25m de espesor con un promedio de 15 metros denominada cizalla de Nus, aquí la mineralización se encuentra en lentes de cuarzo con pirita y calcopirita diseminada o en venillas discontinuas casi paralelas y lentes de cuarzo (Figura 26), presenta alteración hidrotermal filica fuerte, cloritización fuerte (Figura 27) y todos mezclados con bloques de roca estéril.



Figura 26. A) Fragmento de vena de cuarzo de color grisáceo conformada en su mayoría por cumulos de calcopirita (Ccp) y pirita (Py) de tamaño fino, minerales supérgenos como Bornita y calcosina. B) Venillas de cuarzo gris (Qz), pirita y calcopirita diseminada, además de fragmentos de la roca caja completamente cloritizados. (Fuente: Antioquia Gold LTDA.)

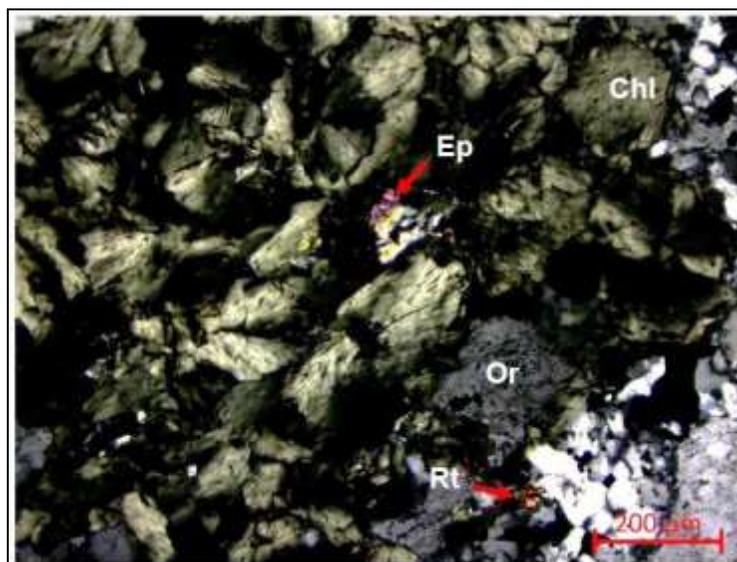


Figura 27. Fotografía con luz transmitida, nicols cruzados 10X. Ensamblaje de alteración hidrotermal conformado por agregados laminares de clorita (Chl) en paragénesis con agregados de epidota (Ep), rutilo (Rt) y parches de ortoclasa (Or). (Fuente Antioquia Gold LTDA.)

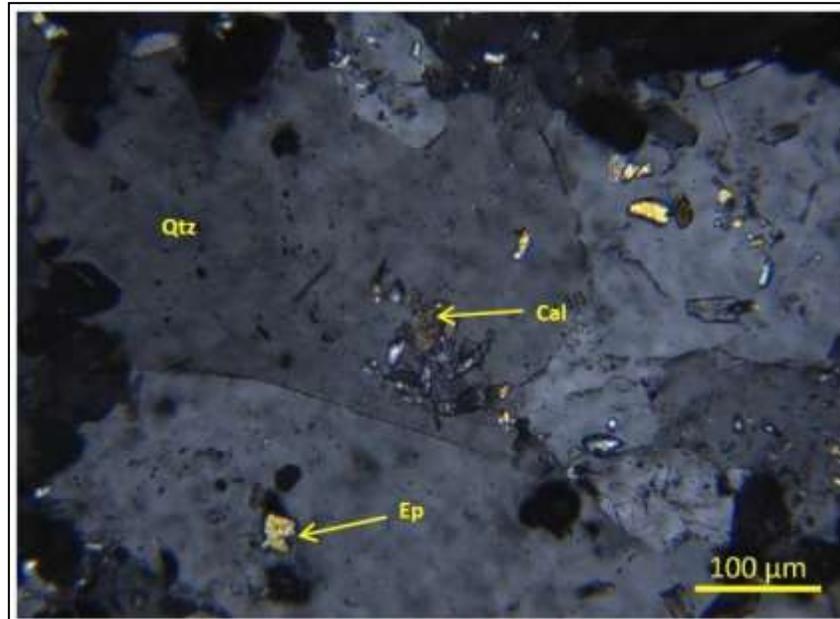


Figura 28. Inclusiones de epidota (Ep) dentro de cuarzo (Qtz) siendo aparentemente reemplazada por calcita (Cal). (Fuente: Antioquia Gold LTDA).

12 Manifestación de Oro

El oro nativo y el electrum (aleación de oro y plata) muestran formas anédricas (xenomorfo o alotriomorfo), subangulares a subredondeadas y tamaños entre 0,001 y 0,082 mm, por lo cual según datos metalogénicos de forma y asociación de oro encontradas, se observa que en el proyecto Cisneros las manifestaciones de oro se clasifican según su ocurrencia y combinaciones de ocurrencias, por lo que serán descritas a continuación:

Oro libre: de forma intercrystalina y/o microfracturas en minerales de ganga.



Figura 29. Manifestaciones de oro libre con formas anhedricas, subangulares a subredondas. A) Oro libre entre cuarzo y carbonato. B) Oro en espacio intercrystalino en cuarzo. C) Oro rellenando fractura en circón. D) Oro en espacio intercrystalino en cuarzo. E) Oro en espacio intercrystalino en cuarzo. F) Oro rellenando fractura en cuarzo. (Fuente Antioquia Gold LTDA.)

Oro Incluido: Una inclusión es cualquier material que queda atrapado dentro de un mineral durante su formación, para este caso el oro debe se debe encontrar rodeado por el sulfuro en más del 95 %.

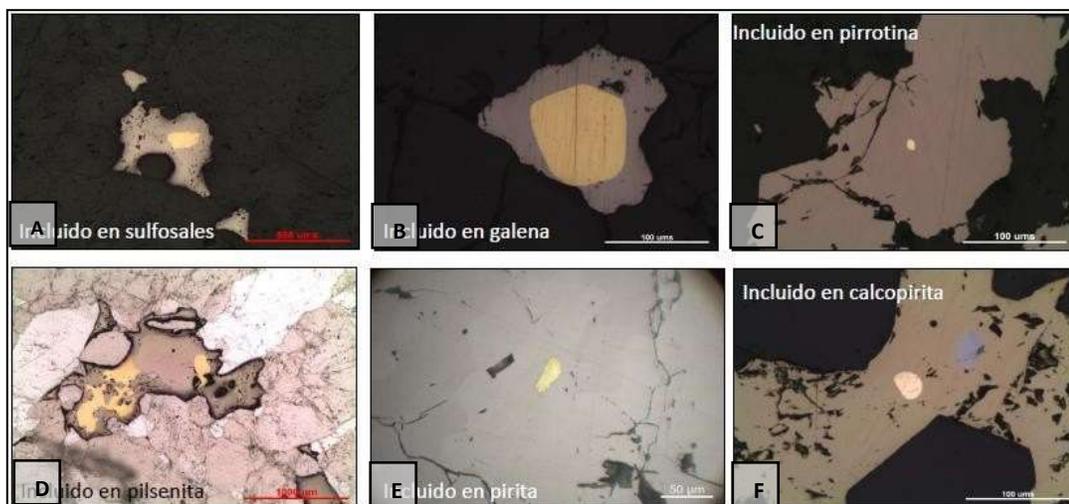


Figura 30. Oro incluido en diferentes sulfuros y sulfosales. A) Oro incluido en sulfosal. B) Oro incluido en galena. C) Oro incluido en pirrotina. D) Oro incluido en pilsenita. E) Oro incluido en pirita. F) Oro incluido en calcopirita. (Fuente Antioquia Gold LTDA.)

Rellenando fracturas: Cristales de oro presentes en microfracturas que se encuentran cortando minerales de mena.

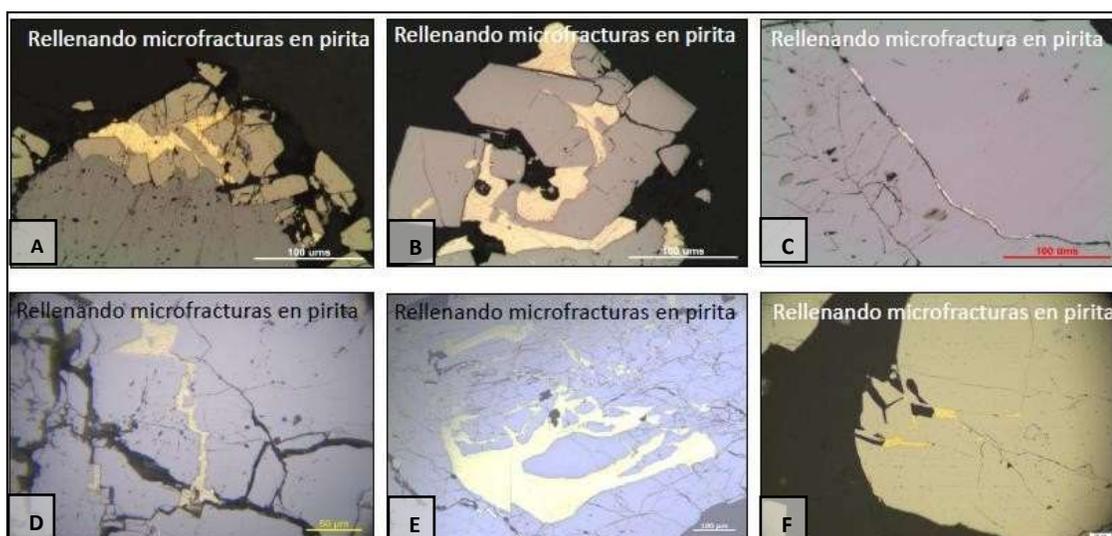


Figura 31. Oro relleno de fracturas de pirita. (A, B, C, D, E, F) Oro relleno de microfractura en pirita. (Fuente Antioquia Gold LTDA.)

Rellenando oquedad o cavidad: Oro formado en espacios preexistentes en minerales de mena.

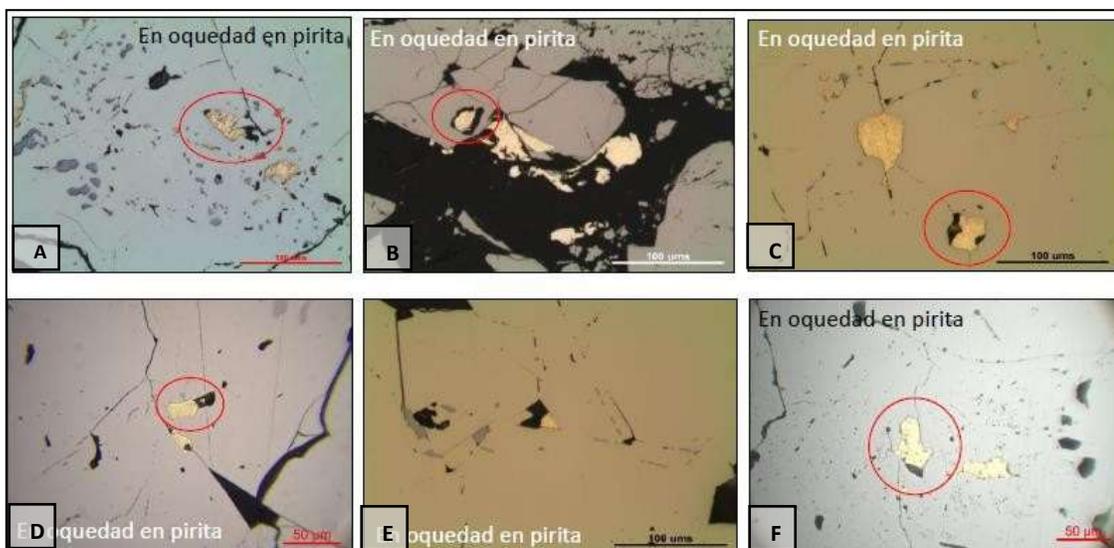


Figura 32. Oro relleno Oquedades de pirita. (A, B, C, D, E, F) Oro relleno oquedad de pirita. (Fuente Antioquia Gold LTDA.)

Asociado: Cristales presentes en contacto entre sí, relacionados genéticamente, formados por el mismo proceso metalogénico.

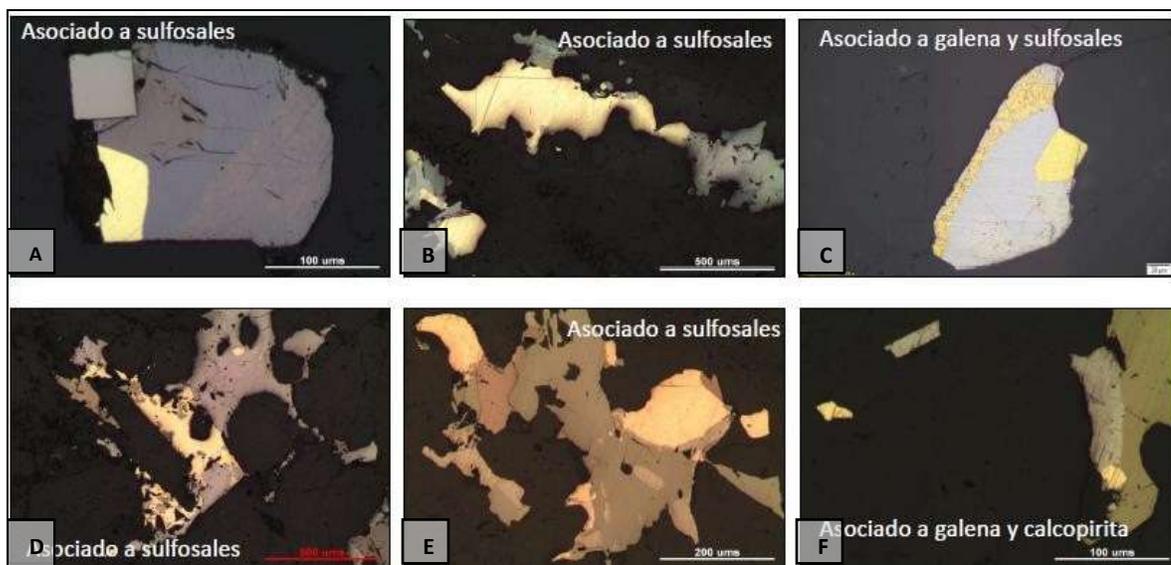


Figura 33. Oro asociado. (A, B, D, E) Oro asociado a sulfosales. C) Oro asociado a galena y sulfosales. F) Oro asociado a galena y calcopirita. (Fuente Antioquia Gold LTDA.)

En contacto: Oro desarrollado justo al lado de algún sulfuro, sin necesariamente tener una relación genética. Usar para granos que no se sepa su relación genética con los minerales.

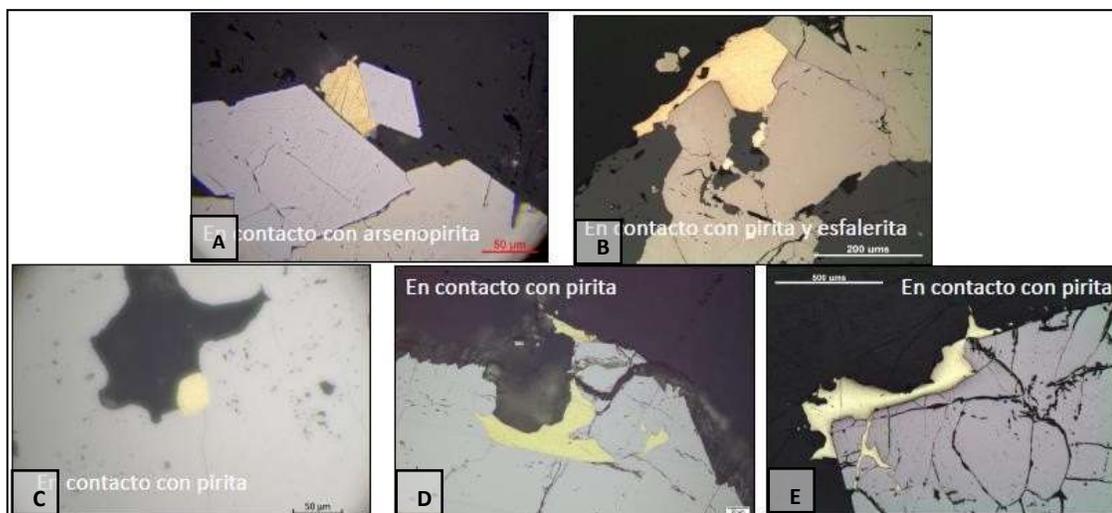


Figura 34. Oro en contacto. A) Oro en contacto con arsenopirita. B) Oro en contacto con pirita y esfalerita. (C, D, E) Oro en contacto con pirita. (Fuente Antioquia Gold LTDA.)

Libre asociado: Cristales que se encuentran casi libres, pero con parte de su superficie asociada con sulfuros genéticamente relacionados. Se deben aclarar el sulfuro y los minerales de ganga. Se considera esta definición si más del 70% del borde no se encuentra en contacto con el sulfuro.



Figura 35. Oro libre asociado A) Oro libre entre cristales de cuarzo y asociado a sulfosal. B) Oro libre entre cristales de cuarzo y asociado a sulfosales. C) Oro libre entre cristales de cuarzo y asociado a galena. D) Oro libre entre cristales de cuarzo y asociado a calcopirita. (Fuente Antioquia Gold LTDA.)

Libre en contacto: Cristales que se encuentran casi libres (70% de los bordes libres, igual que lo establecido en la diapositiva anterior), pero con parte de su superficie en contacto con sulfuros.

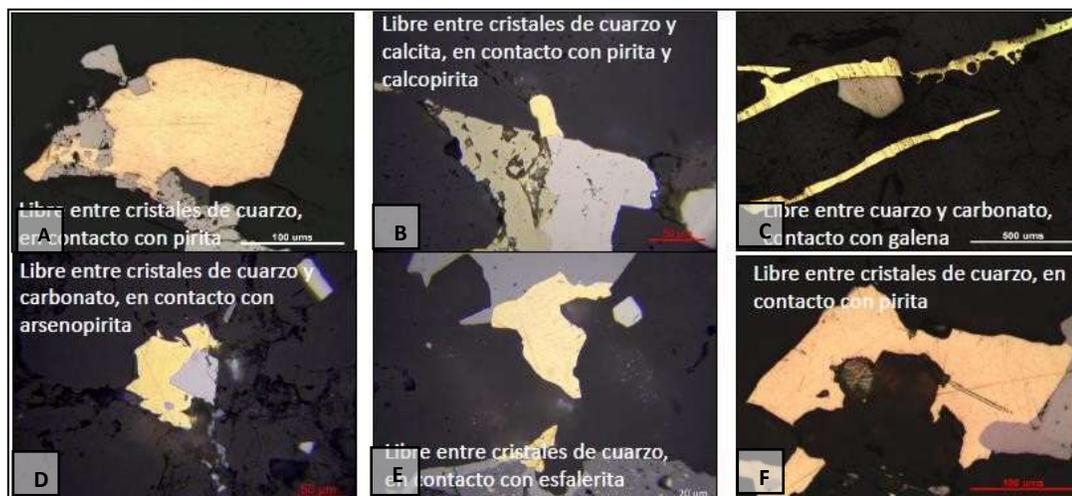


Figura 36. Oro libre en un 70% de sus caras y un 30% en contacto con sulfuros. A) Oro libre entre cristales de cuarzo y en contacto con pirita. B) Oro libre entre cristales de cuarzo y calcita, en contacto con pirita y calcopirita. C) Oro libre entre cuarzo y carbonato, en contacto con galena. D) Oro libre entre cristales de cuarzo y carbonato, en contacto con arsenopirita. E) Libre entre cristales de cuarzo y en contacto con esfalerita. F) Oro libre entre cristales de cuarzo en contacto y en contacto con pirita. (Fuente Antioquia Gold LTDA.)

Rellenando fracturas/asociado: Cristales que se encuentran relleno de fracturas de sulfuros y asociados genéticamente a otros sulfuros.

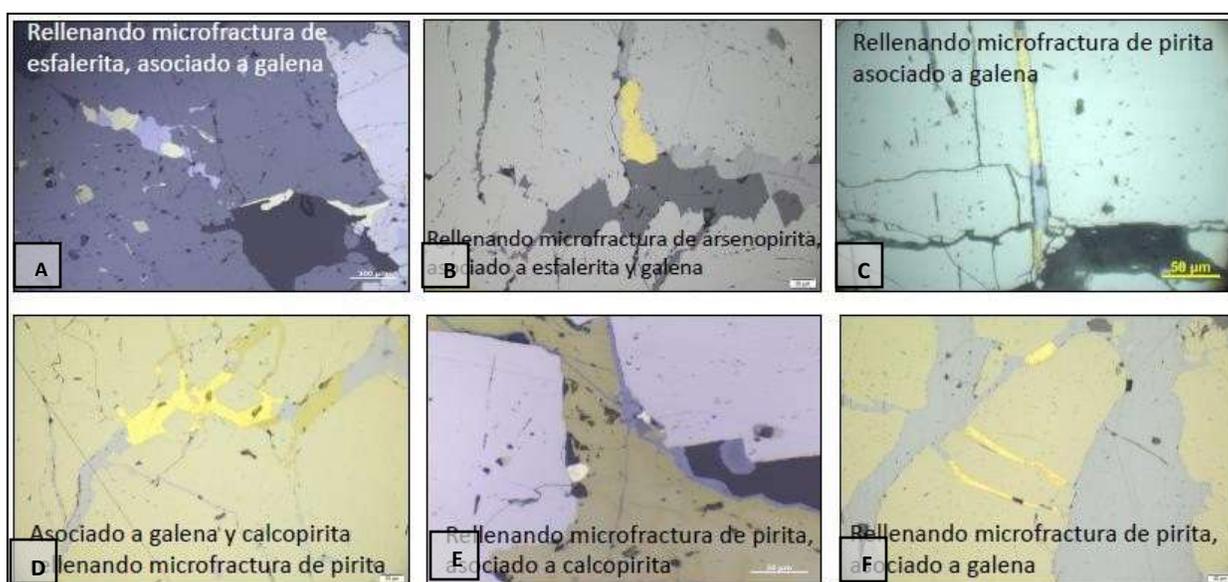


Figura 37. Oro relleno de fracturas y asociado. A) Oro relleno de fracturas y microfrazas de esfalerita, asociado a galena. B) Oro relleno de microfrazas de arsenopirita y asociado a esfalerita y galena. C) Oro relleno de microfrazas de pirita y asociado a galena. D) Oro asociado a galena y calcopirita, relleno de microfrazas de pirita. E) Oro relleno de microfrazas de pirita y asociado a calcopirita. F) Oro relleno de microfrazas de pirita y asociado a galena. (Fuente Antioquia Gold LTDA.)

Incluido/incluido: Cristales que se encuentran incluidos en sulfuros que a su vez se encuentran incluidos en otro sulfuro

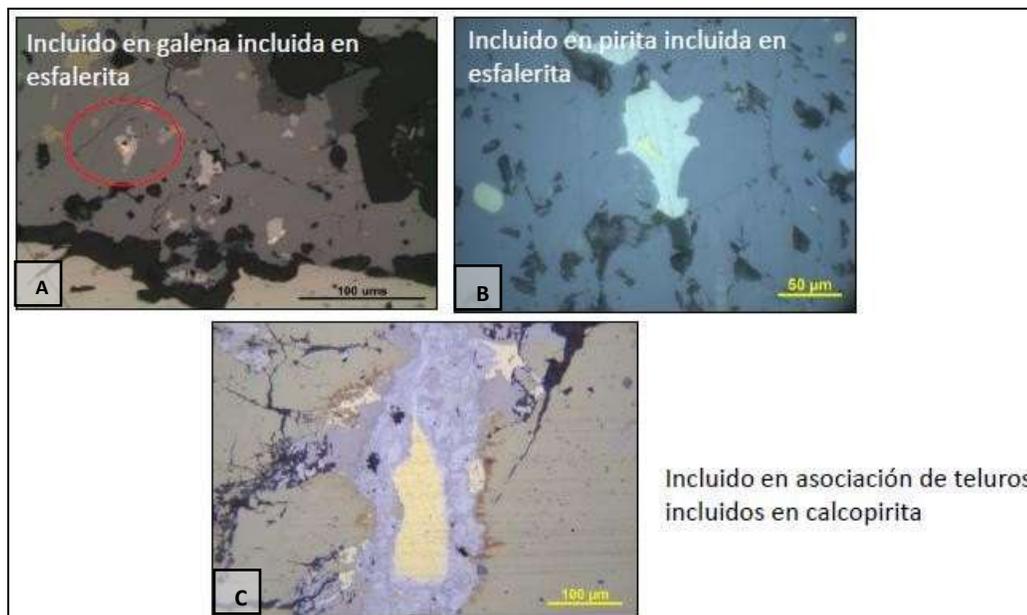


Figura 38. Oro incluido en asociación de telurios incluido en sulfuros. A) Oro incluido en galena incluida en esfalerita. B) Oro incluido en pirita incluida en esfalerita. C) Oro incluido en asociación de telurios incluidos en calcopirita. (Fuente Antioquia Gold LTDA.)

13 Área de Exploraciones

13.1 Logueo Geológico y máquinas de perforación

El área de exploraciones en el proyecto Cisneros se enfoca principalmente en el análisis, descripción y muestreo de núcleos de perforaciones diamantina (Figura 39). Esta labor es de gran importancia ya que permite definir y proyectar estructuras geológicas de interés para generar planes de largo y corto plazo para el desarrollo de la operación.



Figura 39. Fotografía de bodega de logueo ubicada en la mina Guayabito. (Fuente: autor)

Durante 3 meses se tuvo presencia en esta área la cual para el momento contaba con 2 máquinas de perforación en superficie y 3 máquinas en interior mina. Durante el paso por el área se tuvo intervención en 23 pozos, además se visitaron dos plataformas de perforación en superficie (Cucurucho 1 y cucurucho 2). En las plataformas se brindó ayuda para dar dirección

con brújula y cinta (como se observa en la Figura 40) lo cual consistía en ubicar el punto en el terreno fijado por topografía y posteriormente con ayuda de la brújula direccionar el azimut que tendría el pozo y marcarlo en el terreno con una cinta amarilla y dos estacas, esto para tener una dirección para iniciar la ubicación y entablado de la máquina. Además de 3 visitas esporádicas de supervisión de trabajo en las mismas, esto se realizó cada mes de trabajo de la máquina (Figura 41).



Figura 40. Marcación con cinta amarilla de la dirección que llevaría la plataforma de perforación cucurucho 1. (Fuente: autor)



Figura 41. A) Máquina de perforación ubicada en superficie. B) Máquina de perforación ubicada en interior mina. (Fuente: autor)

El logueo geológico inicia con la verificación del estado y la marcación de la caja (Figura 42) para así detectar el pozo que se va a intervenir y tener clara la ubicación, dirección y profundidad del pozo para comenzar con una descripción de estructuras de forma general en la cual se resalta la profundidad, espesor, tipo de estructura y composición (Tabla 2). Esto con el fin de graficar una sección o vista de perfil del pozo; esto se realiza en el software Mine plan o en un plano de papel por lo general a escala 1:200, allí se resalta la estructura de interés con color y una descripción breve. Adicional a esto se adjuntan imágenes de los núcleos con los sectores que se quieren resaltar (Figura 43). En la sección del pozo se describe el tipo de estructura con una abreviación específica. Finalmente, con estos datos se puede hacer una interpretación general y rápida de las estructuras interceptadas en el avance diario de la perforación.

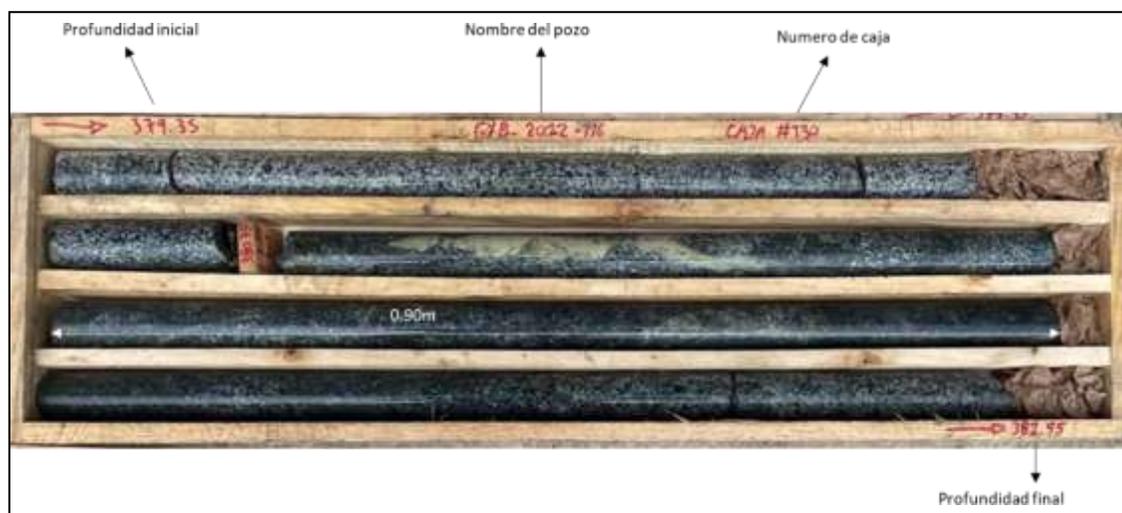


Figura 42. Caja con núcleos de perforación del pozo GYB-2022-116, se observa profundidad inicial de la caja, profundidad final, nombre del pozo, y numero de caja. (Fuente: autor)



Figura 43.. En la imagen se observa vista de perfil del pozo NUS-2023-020, se observan las estructuras encontradas entre 423.1m y 445.2m, A) Vista de perfil del pozo en plano a escala 1:500. B) Muestras de núcleos encontradas entre 423.1m y 445.2m de profundidad. (ver tabla 2). (Fuente: autor)

hole-id	From	To	length	Struct_Type	Alt_Type	PY_%	Comments
NUS-2023-020	423.1	433.18		VNLT	PY_QZ_CHL	10% PY_G	
NUS-2023-020	423.85	424		VNLT	QZ_CHL	10% PY_F	VNLT falla normal.
NUS-2023-020	426.2	426.5		PATCH	PY	20% PY_F	VNLT QZ_CHL
NUS-2023-020	444.25	445.2		VNLT	QZ_CHL		

Tabla 2. Información recolectada del pozo NUS-2023-020, entre los metros 423.1m y 445.2m. (Fuente: Antioquia Gold LTDA.)

En el logueo de detalle se describieron y muestrearon 3200 metros en los cuales se describió y se llenó la información solicitada en el formato de logueo, dicho formato son tablas en Excel separadas por litología, estructura, alteración y mineralización, (Tabla 3,4,5,6) dicha información bajo determinadas abreviaciones ya estructuradas por la compañía, las cuales por protocolo interno no serán explicadas en este informe.

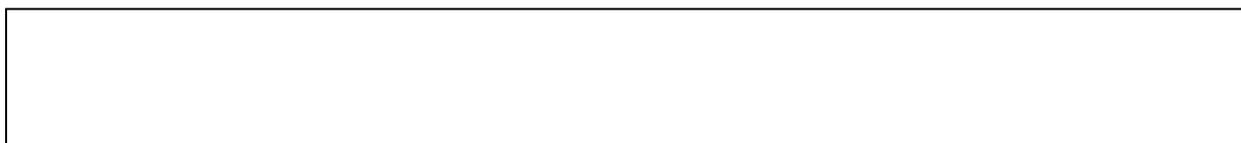


Tabla 3. Formato de Logueo de detalle para descripción de la litología. (Fuente: Antioquia Gold LTDA)

FECHA	GEOLO	HOLE_ID	FROM	TO	LENGTH	STRUC_TYP	RUE_T	STRUC_MATERI	ALPHA_ANG	AZIMUTH	DIP	COMMENTS
7/03/2023 AFM	GYB_UG_23-120		115.00	117.70	2.70	FRAC_Z		CHL_QZ				
7/03/2023 AFM	GYB_UG_23-120		119.65	119.90	0.25	FRAC_Z		CHL_QZ				
7/03/2023 AFM	GYB_UG_23-120		121.15	121.70	0.55	FLT_Z		CHL_QZ				
29/07/2023 AFM	GYB-UG-23-139		110.35	110.50	0.15	VNLT_M		CHL_QZ	80			
29/07/2023 AFM	GYB-UG-23-139		110.90	111.35	0.45	VT_M		QZ_CHL	85			
29/07/2023 AFM	GYB-UG-23-139		111.45	111.55	0.10	VNLT_M		CHL_QZ				
29/07/2023 AFM	GYB-UG-23-139		111.90	112.30	0.40	VNLT_M		QZ_CHL				
29/07/2023 AFM	GYB-UG-23-139		114.08	114.15	0.07	VNLT_M		CHL_QZ				
29/07/2023 AFM	GYB-UG-23-139		116.80	116.90	0.10	VNLT						
29/07/2023 AFM	GYB-UG-23-139		117.10	117.30	0.20	VNLT						
29/07/2023 AFM	GYB-UG-23-139		117.57	117.65	0.08							
29/07/2023 AFM	GYB-UG-23-139		123.80	124.10								
29/07/2023 AFM	GYB-UG-23-139		124.60									
29/07/2023 AFM	GYB-UG-23-13											
29/07/2023 AFM	GY											
29/07/2023 AFM												
29/07/2023 A												
29												

Tabla 4. Formato de logueo de detalle para descripción de estructuras. (Fuente: Antioquia Gold LTDA)

FECHA	GEOLOG	HOLE_ID	FROM	TO	LENGTH	ALT_TYPE	ALT_MIN_1	ALT_INTENS	ALT_STYLE
2/03/2023	AFM	NUS-UG-23-247	18.05	21.85	3.80	CHL	CHL_QZ	MOD	PERV
2/03/2023	AFM	NUS-UG-23-247	21.85	28.9	7.05	CHL	CHL_QZ	MOD	PERV
9/03/2023	AFM	NUS-UG-23-252	7.75	8.09	0.34	SIL	QZ_CHL	MOD	PERV
9/03/2023	AFM	NUS-UG-23-252	8.09	8.7	0.61	SIL	QZ_CHL	MOD	PERV
9/03/2023	AFM	NUS-UG-23-252	24.05	25.05	1.00	CHL	CHL_QZ	MOD	PERV
9/03/2023	AFM	NUS-UG-23-252	27	28.25	1.25	CHL	CHL_QZ	MOD	PERV
9/03/2023	AFM	NUS-UG-23-252	31.35	32.05	0.70	K	FK_QZ	MOD	PERV
9/03/2023	AFM	NUS-UG-23-252	32.9	33.8	0.90	K	FK_QZ	MOD	PERV
9/03/2023	AFM	NUS-UG-23-252	33.8	72	38.20	CHL	CHL_QZ	MOD	PERV

Tabla 5. Formato de logueo de detalle para descripción de alteración. (Fuente: Antioquia Gold LTDA.)

HOLE-ID	FROM	TO	LENGTH	MRLZ_1	MRLZ_pct_1	MRLZ_INTENS_1	MRLZ_DIST_1	MRLZ_XTAL_1	MRLZ_TYPE_1	MRLZ_2	MRLZ_pct_2	MRLZ_INTENS_2	MRLZ_DIST_2	MRLZ_XTAL_2	MRLZ_TYPE_2
NUS-UG-23-246	66.45	68.20	1.75	PY_G	1	MOD	PERV	EU DL	MENA						
NUS-UG-23-246	68.20	84.90	16.70	PY_G	1	MOD	PERV	EU DL	MENA						
NUS-UG-23-246	68.20	95.60	27.40	PY_G	1	MOD	PERV	EU DL	MENA						
NUS-UG-23-247	0.00	9.70	9.70	PY_F	2	MOD	PERV	ANHL	MENA						
NUS-UG-23-247	9.70	12.20	2.50	PY_F	5	MOD	PERV	ANHL	MENA						
NUS-UG-23-247	12.20	12.84	0.64	PY_F	20	MOD	PERV	ANHL	MENA	CPY	10	STR	PERV	ANHL	GNG
NUS-UG-23-247	12.84	18.05	5.21	PY_F	5	MOD	PERV	ANHL	MENA						
NUS-UG-23-247	18.05	21.85	3.80	PY_F	1	MOD	PERV	ANHL	MENA						
NUS-UG-23-247	21.85	28.90	7.05	PY_F	1	MOD	PERV	ANHL	MENA						
NUS-UG-23-252	7.75	8.09	0.34	PY_F	1	MOD	DISS	ANHL	MENA	PY_G	1	MOD	PERV	EU DL	MENA

Tabla 6. Formato de logueo de detalle para descripción de mineralización, cabe resaltar que a mineralización se refiere a cantidad de Pirita o Calcopirita. (Fuente: Antioquia Gold LTDA.)

Una vez se tiene la descripción geológica de los pozos, se inicia la delimitación de sectores en la caja para realizar una muestra según el criterio de cada geólogo, una vez delimitada la zona se le asigna un consecutivo único y posteriormente dicha caja con las zonas delimitadas y con el código de muestreo asignado (Figura 44), pasa a los auxiliares del área que se encargan de tomar una foto antes y después de cortar los núcleos. Como paso final tomar la muestra respectiva, empaclarla y enviar al laboratorio para su análisis (Figura 45).

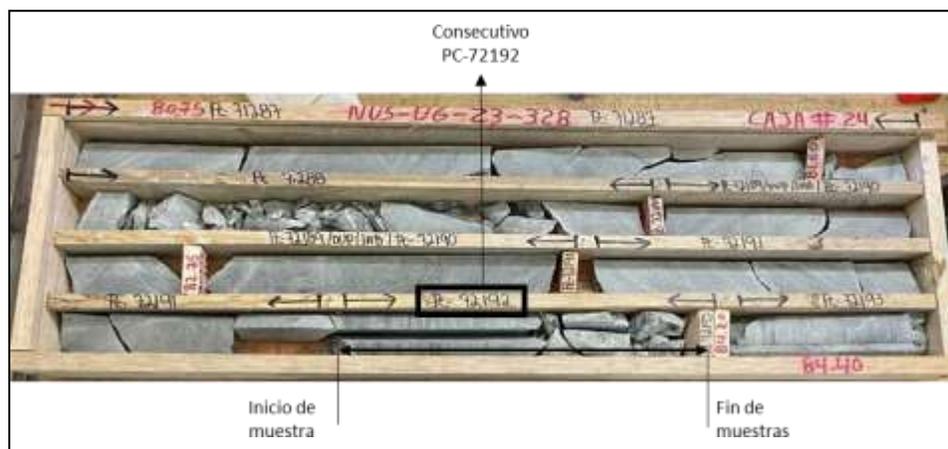


Figura 44. Caja con los núcleos cortados con la asignación de muestras con sus respectivos códigos. (Fuente: autor.)



Figura 45. Auxiliares del área de geología en la labor diaria en el área de logueo. A) Toma de foto antes y después de corte, B) área de corte de núcleos con una cierra eléctrica, C) Zona de muestreo. (Fuente: Antioquia Gold LTDA.)

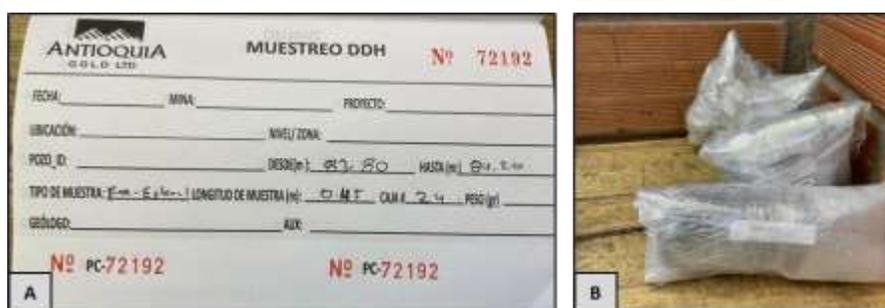


Figura 46. A) Formato para la asignación de muestras y sus consecutivos, en este se pone la profundidad en la que es tomada la muestra, una longitud y un peso para cada muestra individual. (Fuente: Antioquia Gold LTDA)

14 Base de datos

Se presto apoyo en esta área durante aproximadamente un mes y medio, allí se realizó durante todo el tiempo manejo del software Mine Plan el cual es un software minero de la empresa Hexagon Mining utilizado para modelamiento, estimación de recursos, diseño minero entre otras herramientas.



Figura 47. Interfaz de inicio del software utilizado para el modelamiento y estimación de recursos en Antioquia Gold LTDA.

El trabajo consistió en hacer la reconstrucción de 2400 muestras de estructuras tomadas en interior mina por los auxiliares de geología; para realizar dicha labor inicialmente se revisaba las muestras tomadas por los auxiliares de muestreo por medio de tarjetas con información detallada de la ubicación y el tipo de muestra recolectada (Figura 48). Para facilitar la ubicación y que sea más precisa la información, la tarjeta por su respaldo cuenta con un dibujo, este se revisa y se verifica ubicación de la muestra tomada en interior mina. Una vez esta información estaba analizada, se procede a realizar la reconstrucción de la muestra, la cual se representa con un punto inicial, un punto final, un espesor y un nombre para cada muestra según su consecutivo y la ubicación descrita por los auxiliares de muestreo (Figura 49).

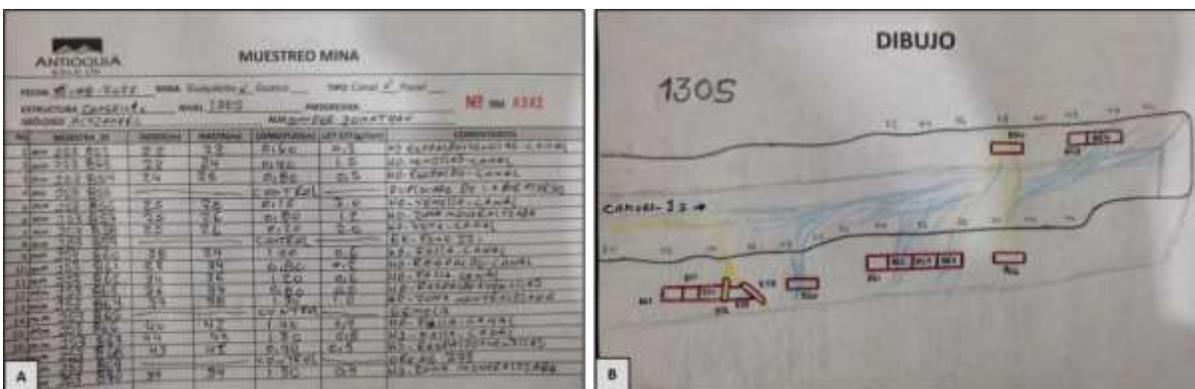


Figura 48. Tarjetas elaboradas por los auxiliares de geología, las cuales eran la base para realizar la reconstrucción en el software. A) Tarjeta de muestreo con información precisa de ubicación y medidas de la muestra tomada. B) Respaldo de la tarjeta con el dibujo guía de localización de las muestras. (Fuente: Antioquia Gold LTDA).

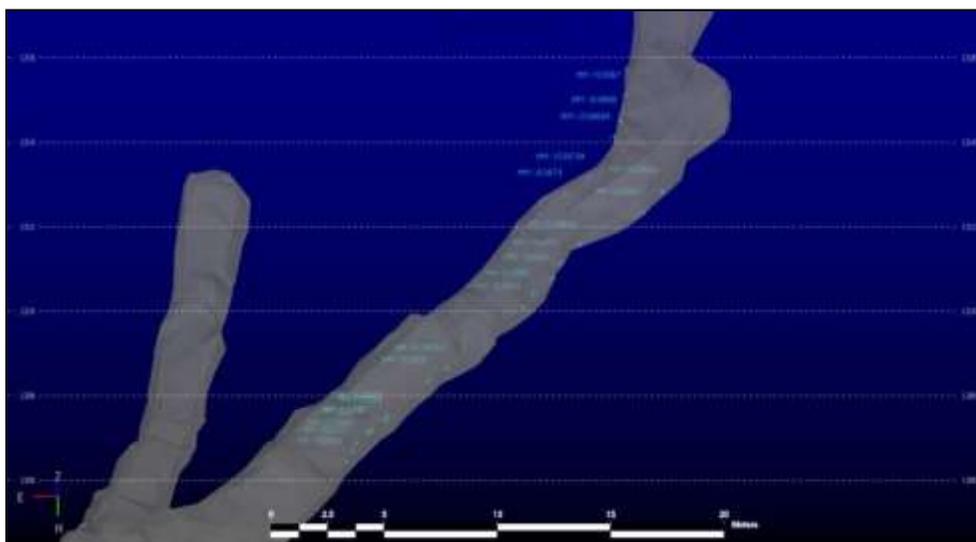


Figura 49. Reconstrucción en el software de las muestras de la figura 48, nótese cada punto presenta una muestra con un atributo de nombre y está ubicado en un sector definido en la galería donde fue tomado el muestreo en interior mina. (Fuente: autor)

Una vez se tiene la reconstrucción de las muestras en el software, se extrae las coordenadas por medio de archivo de texto y se pasa a un archivo Excel el cual tiene toda la información de la muestra (fecha, ubicación, nivel, galería, espesor, geólogo, y coordenadas X-Y-Z. (Tabla 7)

FECHA MUESTREO	ZONA	NIVEL	ESTRUCTO	LABOR	TIPO MUES	ID	X	Y	Z	ABSC	LONGITUD MUESTRA	COMENTARIOS
10/06/2023	GUAYABITO	1305	CANGRI_1_3	CANGRI_1_3-1305	CANAL	MM-152852	484433.04	722668.80	1308.89	30929	0.80	HD-RESPALDO-VENILLAS-CANAL
10/06/2023	GUAYABITO	1305	CANGRI_1_3	CANGRI_1_3-1305	CANAL	MM-152853	484432.76	722668.83	1308.89	30929	0.40	HD-VENILLAS-CANAL
10/06/2023	GUAYABITO	1305	CANGRI_1_3	CANGRI_1_3-1305	CANAL	MM-152854	484432.59	722668.87	1308.89	30928	0.80	HD-RESPALDO-CANAL
10/06/2023	GUAYABITO	1305	CANGRI_1_3	CANGRI_1_3-1305	CANAL	MM-152855	484432.02	722668.88	1308.89	30928	0.35	HD-VENILLAS-CANAL
10/06/2023	GUAYABITO	1305	CANGRI_1_3	CANGRI_1_3-1305	CANAL	MM-152857	484431.80	722668.79	1308.89	30928	0.80	HD-ZONA MINERALIZADA
10/06/2023	GUAYABITO	1305	CANGRI_1_3	CANGRI_1_3-1305	CANAL	MM-152858	484431.36	722668.78	1308.89	30928	0.20	HD-VETA-CANAL
10/06/2023	GUAYABITO	1305	CANGRI_1_3	CANGRI_1_3-1305	CANAL	MM-152859	484431.20	722668.54	1308.89	30928	0.20	HD-VETA-CANAL
10/06/2023	GUAYABITO	1305	CANGRI_1_3	CANGRI_1_3-1305	CANAL	MM-152860	484431.28	722670.21	1308.89	30928	1.00	HD-FALLA-CANAL
10/06/2023	GUAYABITO	1305	CANGRI_1_3	CANGRI_1_3-1305	CANAL	MM-152861	484431.4	722670.31	1308.89	30928	1.00	HD-FALLA-CANAL
10/06/2023	GUAYABITO	1305	CANGRI_1_3	CANGRI_1_3-1305	CANAL	MM-152862	484431.08	722670.33	1308.89	30928	0.80	HD-RESPALDO-CANAL
10/06/2023	GUAYABITO	1305	CANGRI_1_3	CANGRI_1_3-1305	CANAL	MM-152863	484430.82	722670.31	1308.89	30928	1.20	HD-FALLA-CANAL
10/06/2023	GUAYABITO	1305	CANGRI_1_3	CANGRI_1_3-1305	CANAL	MM-152864	484431.74	722670.88	1308.89	30928	0.80	HD-RESPALDO-VENILLAS
10/06/2023	GUAYABITO	1305	CANGRI_1_3	CANGRI_1_3-1305	CANAL	MM-152865	484431.90	722670.34	1308.89	30927	1.30	HD-ZONA MINERALIZADA
10/06/2023	GUAYABITO	1305	CANGRI_1_3	CANGRI_1_3-1305	CANAL	MM-152866	484432.14	722670.34	1308.89	30927	1.30	HD-ZONA MINERALIZADA

Tabla 7. Información de las muestras extraídas de las tarjetas de muestreo y coordenadas desde el software. (Fuente: Antioquia Gold LTDA.)

Al tener esta información se va a un archivo Excel el cual se insertan unos datos y este calcula un collar y un survey para cada canal de muestreo (Tabla 7), y finalmente el archivo se envía al geólogo encargado de modelamiento y estimación, él se encarga de anexarle a cada muestra la geoquímica para posteriormente ser montada en un archivo (.msr) en el software Mine Plan (Figura 50) y así los geólogos puedan realizar las interpretaciones correspondientes a cada estructura y tomar decisiones sobre posibles frentes a minar o tener información más precisa de las estructuras en interior mina.

hole_id	x	y	z	max_depth	mine	zone	azimuth	dip	type
CANGRI_1_5-1305-37-0	484443.11	722669.53	1308.89	1.33	GUAYABITO	GUAYABITO	231.04	0.00	CANAL
CANGRI_1_5-1305-44-0	484440.43	722664.71	1309.28	2.22	GUAYABITO	GUAYABITO	9.67	0.00	CANAL
CANGRI_1_5-1305-40-0	484439.70	722670.70	1309.11	1.40	GUAYABITO	GUAYABITO	217.35	0.00	CANAL
CANGRI_1_5-1305-33-0	484445.08	722675.39	1308.79	4.17	GUAYABITO	GUAYABITO	213.92	0.00	CANAL
CANGRI_1_5-1305-28-0	484449.27	722679.23	1308.89	1.01	GUAYABITO	GUAYABITO	232.10	0.00	CANAL
CANGRI_1_5-1305-22-0	484453.03	722683.40	1308.89	3.06	GUAYABITO	GUAYABITO	206.48	0.00	CANAL
GYB_CANGRI_5_2-1305-16-F-0	484459.25	722668.81	1307.69	1.61	GUAYABITO	GUAYABITO	204.69	6.11	CANAL
GYB_CANGRI_5_2-1305-15-F-2	484450.80	722668.75	1308.44	2.87	GUAYABITO	GUAYABITO	260.07	0.38	CANAL
GYB_CANGRI_5_2-1305-16-F-2	484458.86	722668.59	1309.05	1.00	GUAYABITO	GUAYABITO	271.01	-3.51	CANAL
GYB_CANGRI-1-1305-38-C-3	484441.22	722668.51	1309.91	1.81	GUAYABITO	GUAYABITO	312.74	0.00	PANEL
GYB_CANGRI-1-1305-36-C-3	484442.57	722669.86	1309.91	1.77	GUAYABITO	GUAYABITO	308.46	0.00	PANEL
GYB_CANGRI-1-1305-34-C-3	484444.29	722670.71	1309.91	2.19	GUAYABITO	GUAYABITO	320.19	0.00	PANEL
GYB_CANGRI-1-1305-32-C-3	484445.40	722672.21	1309.91	1.58	GUAYABITO	GUAYABITO	313.82	0.00	PANEL
GYB_CANGRI-2-1305-16-C-3	484458.85	722666.75	1310.34	1.17	GUAYABITO	GUAYABITO	279.76	-6.07	CANAL

Tabla 7. Ejemplo de collar extraído de la tabla 6. (Fuente: Antioquia Gold LTDA)

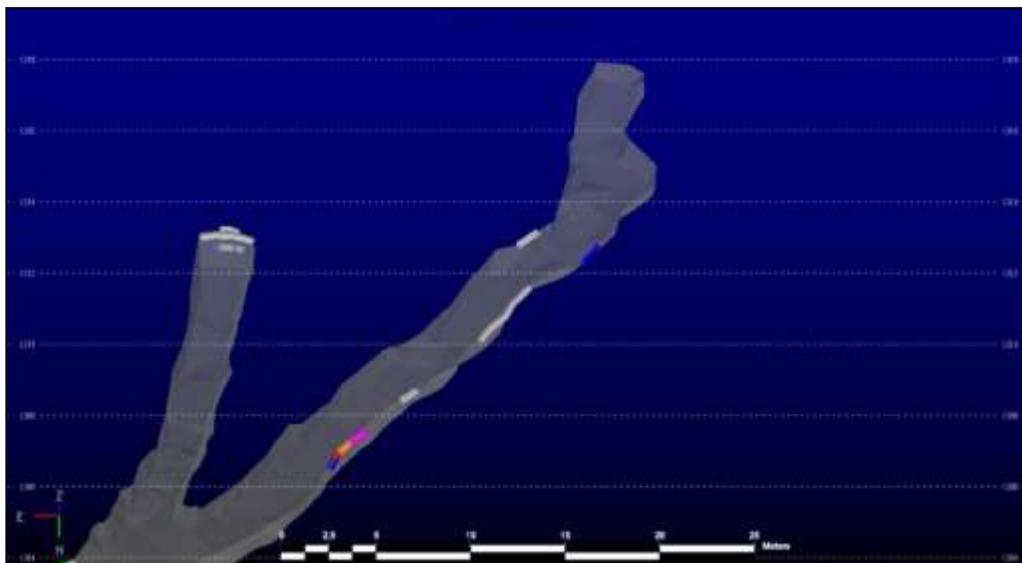


Figura 50. Resultado final de la reconstrucción de muestras, las barras de colores corresponden a las muestras reconstruidas con un valor geoquímico asignado, cada color indica un rango de valores de Oro. (Fuente: autor)

15 Geología de mina

El último mes y medio de contrato de aprendizaje, debido a la ausencia de geólogos de Mina, fui enviado a apoyar las labores que lleva a cabo el geólogo encargado, estas labores realizadas fueron en la mina Guayabito, las cuales serán descritas a detalle a continuación.



Figura 51. Jumbo para taladros largos operando en interior mina. (Fuente: Yessid Acevedo)

15.1 Cartografía geológica



Figura 52. Algunos de los materiales y elementos utilizados en cartografía geológica. (Fuente: Yessid Acevedo)

Consiste en realizar cartografía de detalle en la parte del techo de las labores subterráneas (Figura 53), con el fin de recolectar información de los aspectos geológicos que se encontraban en cada galería a cartografiar (mineralización, tipo de estructura, alteración, datos estructurales (rumbo y buzamiento en RHR) y un comentario u observación importante que tuviera la estructura.



Figura 53. Fotografía en interior mina realizando cartografía en mina Guayabito. (Fuente: autor)

Se inicia obteniendo un plano topográfico base de la geometría de las labores a escala regularmente 1:200. Una vez se tiene el plano se procede a adicionar todo tipo de información geológica que se tengan en la galería.

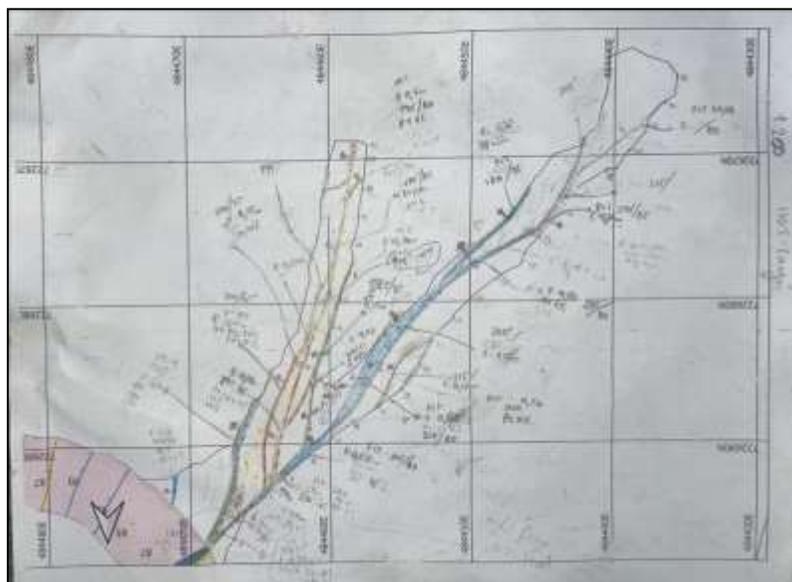


Figura 54. Cartografía geológica con toda la información tomada en interior mina. (Fuente: autor)

ancho definido (Figura 56, 57), este ancho era previamente definido entre el área de planeamiento y geología.

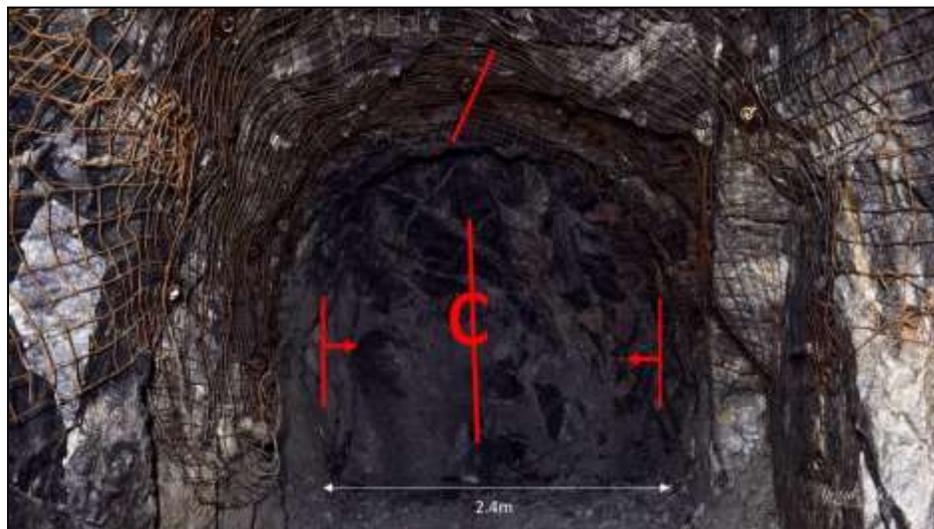


Figura 56. Galería de preparación de mina Guayabito, con la marcación correspondiente en la cual se observa en el techo el eje de dirección, en la mitad de la galería el centro que se llevara la labor y en los extremos los límites externos. (Fuente: modificado de Yessid Acevedo)

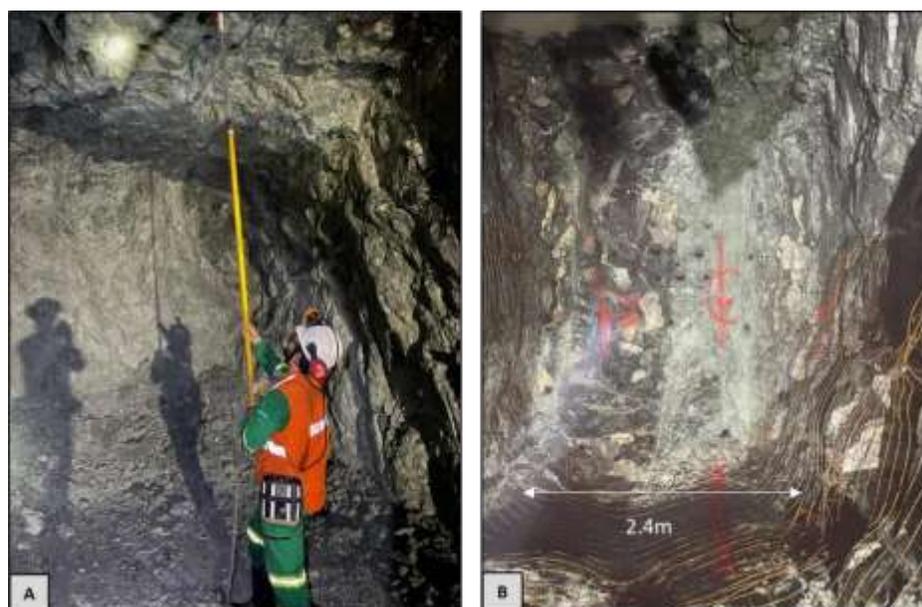


Figura 57. A) Marcación en campo de eje galería, B) Se observa en galería de la mina Guayabito con marcación de centro, eje y límites externos. (Fuente: autor)

Por lo tanto, durante cada avance de galerías o voladura realizada se debe llevar una supervisión del posible aporte de mineral de la carga del frente extraído, así que se realiza una inspección visual de cada carga observando las características mineralógicas de todo el volumen de carga y también del macizo rocoso para verificar si hay aporte aurífero de dicha carga o si se descarta como estéril inmediatamente, en ocasiones se tiene dificultad para decidir cómo se va a clasificar dicha carga, así que se toma una o varias muestras representativas de la carga para ser enviada al laboratorio y realizarles una prueba rápida de cianuración intensiva y definir si la carga contiene material Aurífero o si corresponde a estéril (Figura 58). Una vez se decide el tipo de material de dicho volumen de roca, se procede a marcar con aerosol como se clasifica dicha carga (Estéril, Mineral o si se deja en espera de resultados de laboratorio).



Figura 58. Pila de material rocoso proveniente de un avance horizontal. A) Auxiliares de geología realizando muestreo de carga debido a dificultad para decidir qué tipo de material corresponde. B) Ejemplo de carga con marcación en espera. (Fuente: autor)

15.3 Diseño de planes de perforación y marcación de pozos:

Durante la labor geológica diaria, debido a la necesidad de tener una mayor precisión y una menor incertidumbre de la continuidad y cantidad de Oro que contienen las estructuras de interés, se realizan perforaciones o pozos exploratorios en interior mina (Figura 59), esto brinda ayuda para tomar decisiones a corto o mediano plazo sobre los próximos avances horizontales o las estructuras que se van a minar. Para esto se inicia con un análisis de la estructura que se quiere conocer más información, posteriormente se realiza una supervisión de las condiciones del punto donde se ubicara la maquina y con el punto definido donde ira la maquina se realiza el diseño de los pozos teniendo muy presente que el diseño debe ser preciso para tener un impacto donde se pueda observar el espesor real de la estructura y además de que sea seguro su avance y no se vaya a tener peligro de conexión con alguna labor existente en la mina, esto se realiza en el software Mine Plan.

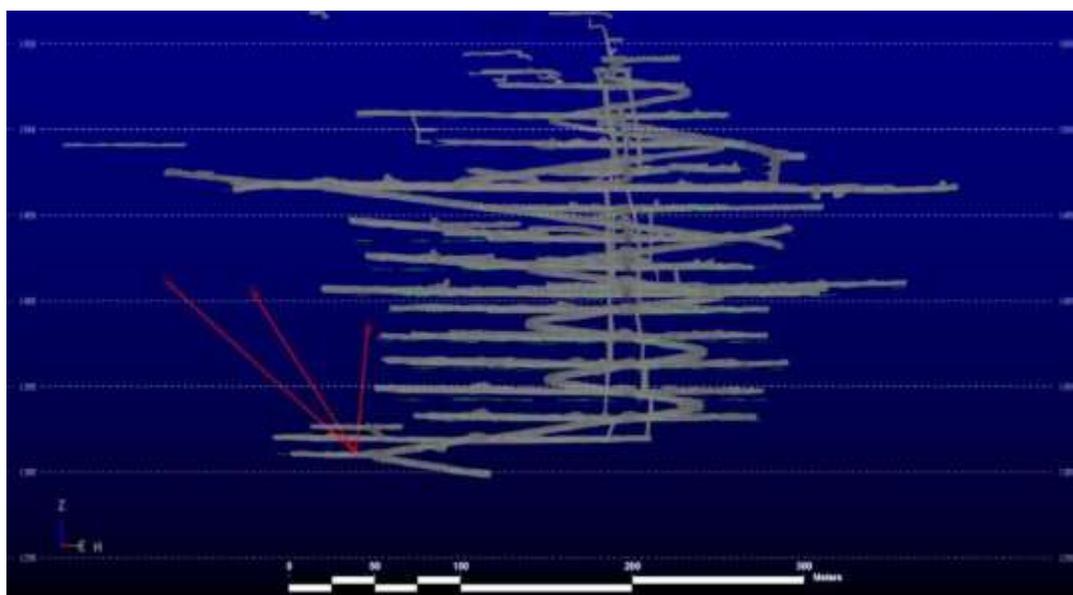


Figura 59. Líneas de color rojo corresponden a los pozos diseñados para el plan de perforación en el nivel 1305 de la mina Guayabito. (Fuente: autor).

DATOS GEOLOGÍA GYB MINA									
Nombre Pozo programado	Nombre Pozo Ejecutado	AZIMUTH	DIP	LONGITUD PLANEADA	LONGITUD PERFORADA	X_Planeado	Y_Planeado	Z_Planeado	Labor
A	GYB-UG-23-138	300	22	200	200.1	484460.39	722688.84	1309.63	CANGRI-1305
B	GYB-UG-23-139	300	-22	200	201.55	484460.39	722688.84	1309.63	CANGRI-1305
C	GYB-UG-23-140	280	-25	200		484462.08	722690.88	1306.93	CANGRI-1305

Tabla 8. Datos de plan de perforación de la figura 59. (Fuente: autor)

Además de crear los pozos se realizó marcación de punto de inicio de perforación, allí se tiene en cuenta la ubicación del punto en los planos y posteriormente se lleva este punto al terreno y con una brújula se mide el rumbo del pozo a realizar con un contra rumbo como guía para tener una dirección precisa a la hora de llevar a cabo la perforación (Figura 60).



Figura 60. Marcación con brújula y aerosol de pozo a perforar en mina Guayabito. A) marcación de rumbo del pozo. B) marcación del contra rumbo. (Fuente: autor).

16 Resultados

- En el área de exploraciones se logró reconocer las diferentes características geológicas que presenta el yacimiento, para esto se loguearon 3200 metros en 23 pozos, incluyendo pozos en superficie e interior mina.



Figura 61. Ejemplos de algunas estructuras encontradas en el logueo de detalle. A) Brecha hidrotermal, con pirita y calcopirita. B) Brecha tectónica. C) Veta de cuarzo fallada en un régimen dúctil-fragil. D) Venillas de clorita con pirita, roca caja con alteración filica. E) Zona de falla milonitizada, deformada en un régimen dúctil, nótese lentes de cuarzo deformados. F) Venilla de cuarzo y clorita con pirita. (Fuente: autor)

- Se identifico en el pozo desde superficie GYB-2023-119 la falla Cisneros (Figura 62), a los 157m metros de profundidad, con una zona de falla de 16m (zona muy fracturada y deformada)

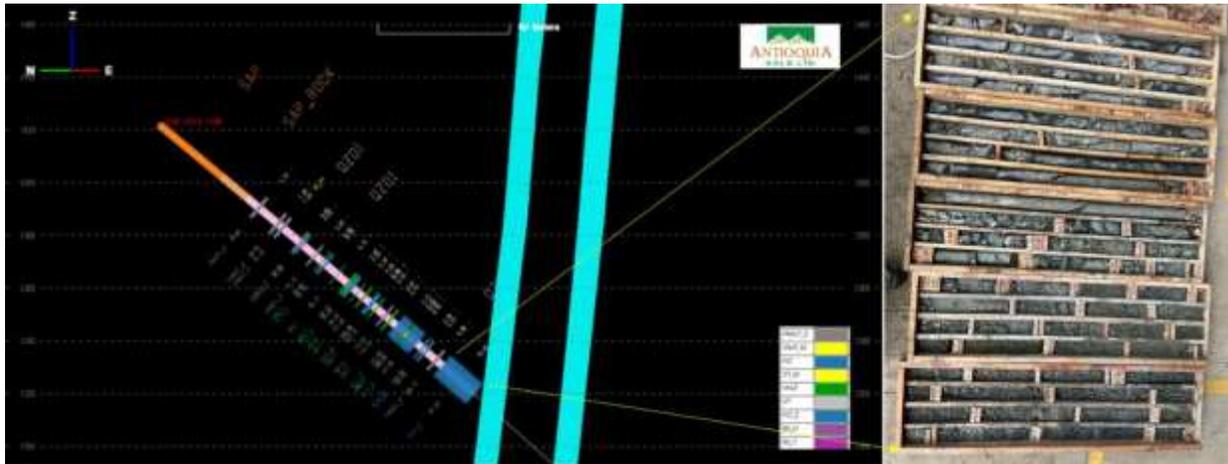


Figura 62. Estructuras graficadas sobre el pozo en el software Mine plan, se observa en el pozo zona de color azul oscuro corresponde zona de falla con la evidencia en las cajas de logueo. Se observa líneas azules claras lo cual hacen referencia al solido inicial diseñado para la falla Cisneros. (Fuente: autor)

- Se pudieron reconocer las alteraciones presentes en la roca durante el logueo geológico con halos de alteración con una intensidad moderada a baja: alteración potásica definida por feldespatos potásicos, alteración filica por el ensamble de sericita - cuarzo en una zona de falla, alteración propilitica con el ensamblaje clorita – epidota, a partir de venillas de cuarzo (Figura 63).

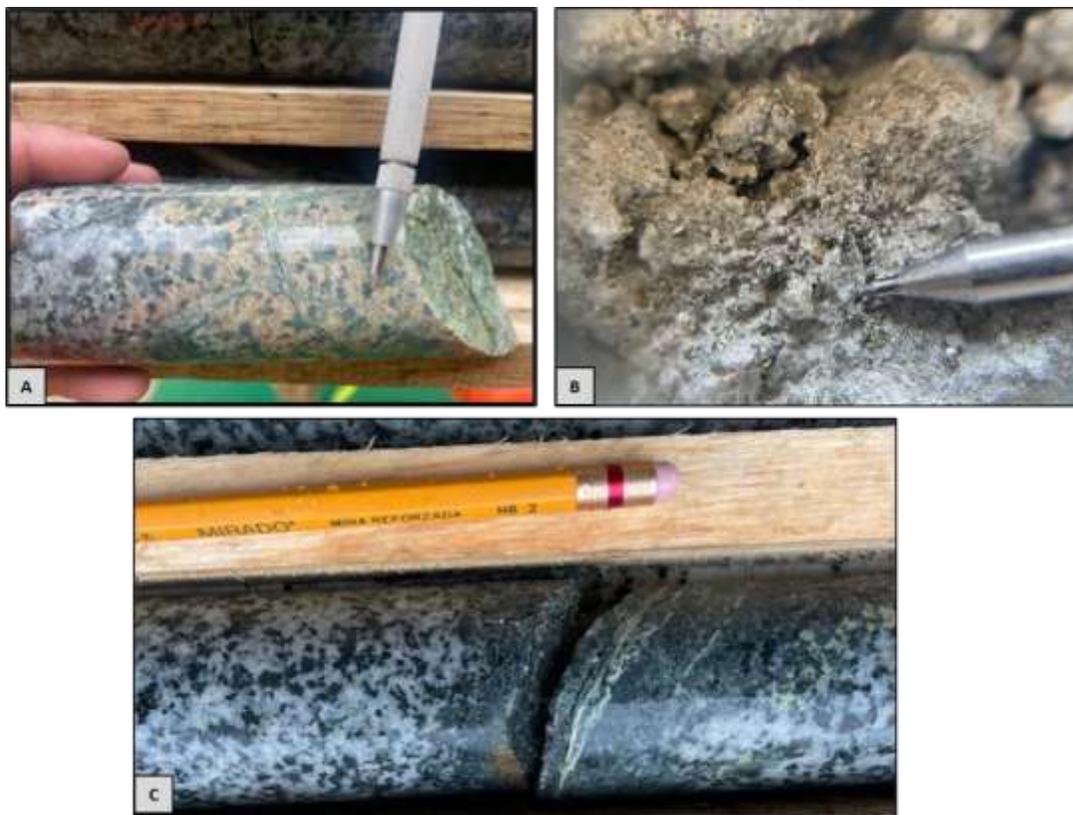


Figura 63. A) Muestra de núcleo de perforación, con alteración potásica dada por feldespato potásico, B) Alteración filica dada por la sericita, C) Alteración propilitica dada por el halo de clorita y epidota alrededor de venilla de cuarzo y calcita. (Fuente: autor)

- Se pudo reconocer las estructuras presentes en cada pozo y al graficar los datos poder interpretar las estructuras interceptadas y aumentar el nivel de conocimiento. Ejemplo en el pozo realizado desde superficie, NUS-2023-020, se identifica la falla Cisneros y zona de cizalla Nus, lo cual permite proyectar y corregir buzamientos de los sólidos iniciales (Figura 64).

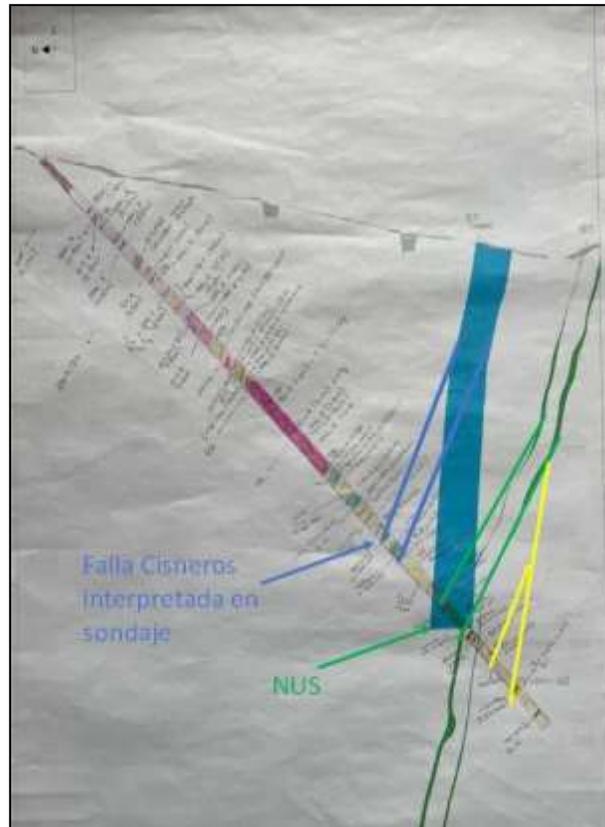


Figura 64. Reinterpretación en planos de la ubicación de la falla Cisneros (líneas color azul) y cizalla Nus (Líneas verdes).
(Fuente: autor)

- Se reconstruyeron 1350 muestras entre las minas Guaico y Guayabito y se logró actualizar la base de datos del muestreo en interior mina, ya que se llevaba un atraso de 700 muestras y así se pudo identificar las zonas que estaban sin muestrear y dejar al día la base de datos de muestreo.
- Se logró llevar a cabo el plan de perforación en el nivel 1315 en la galería C-S, se realizó la cartografía y una vez se tenían resultados geoquímicos de las perforaciones, se interpretó que la estructura tenía un cambio de dirección hacia SW por lo cual se envió a planeamiento un eje de dirección para una nueva galería y

reconocer la posible continuidad de la veta C, durante el desarrollo de esta galería se tuvo resultados positivos en el aporte de material aurífero.

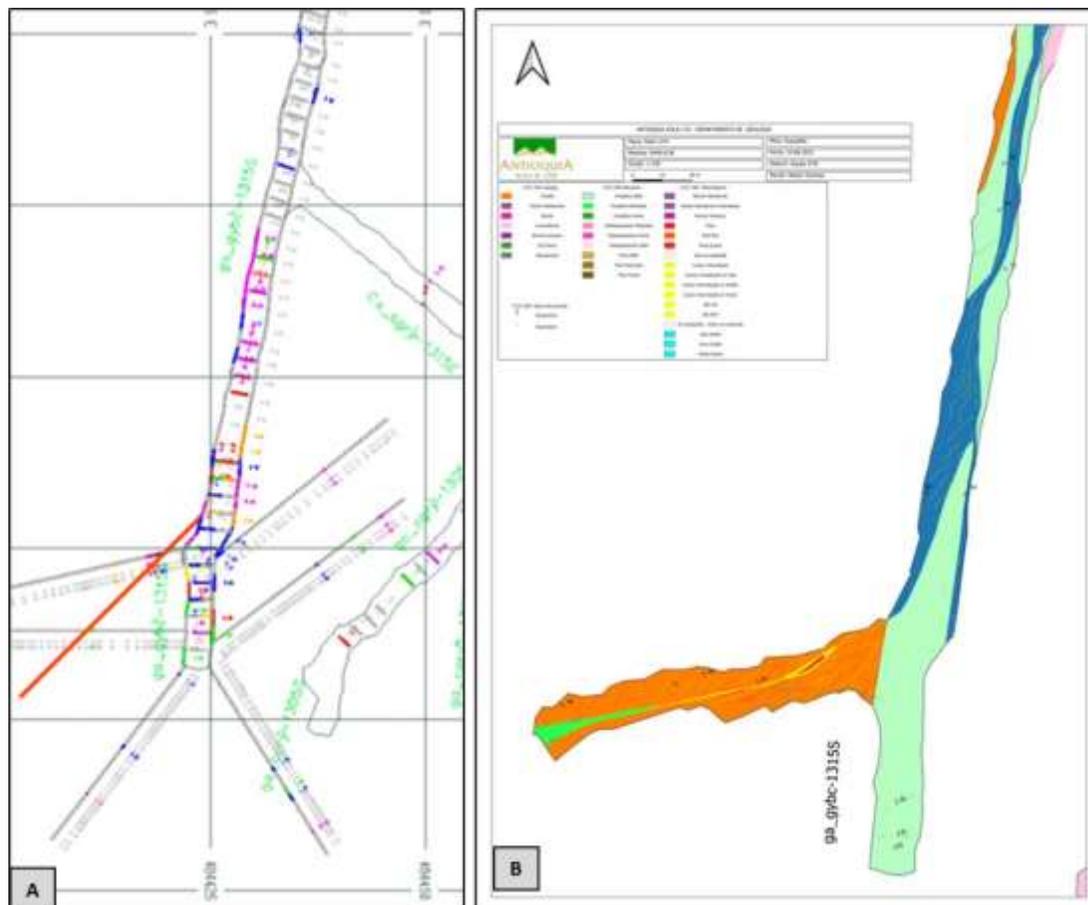


Figura 65. Galería en el nivel 1315 con la veta C al sur. A) Imagen con valores geoquímicos de los pozos realizados y la línea roja presenta eje de proyección propuesto para nueva galería. B) Se observa cartografía actual con la galería desarrollada. Nótese el polígono azul, pertenece a una zona de falla la cual se curva hacia el SSW, dirección en la que se desarrolló la galería nueva. (Fuente: autor)

- En el nivel 1359 por medio de pozos realizados se logró descartar el avance de la galería Andes 3 al sur (Figura 66), debido a que el resultado geoquímico de las perforaciones no arrojó valores positivos, lo que obligó a parar la galería, debido a su baja probabilidad de aporte de oro.

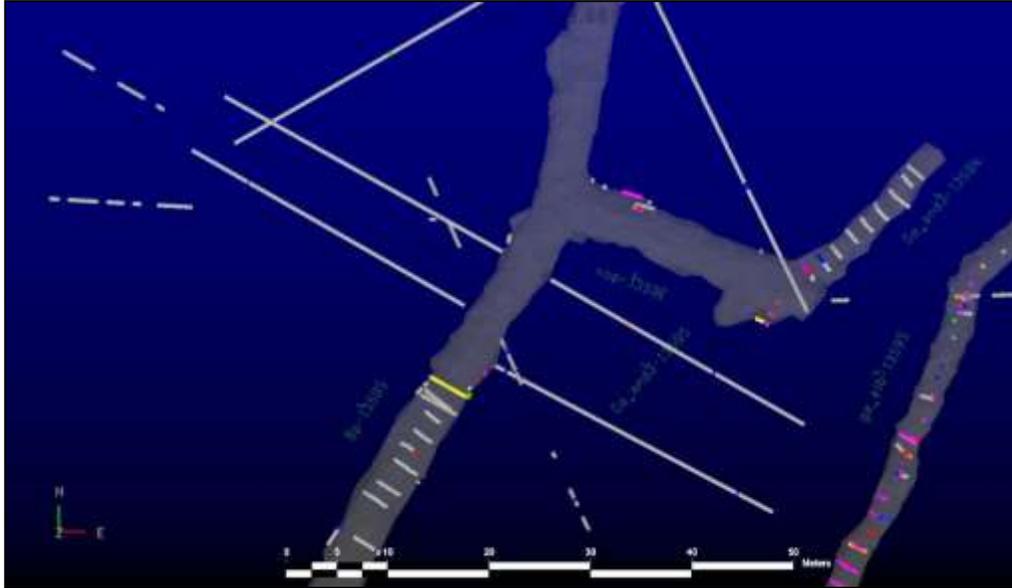


Figura 66. Imagen del software Mine plan del Nivel 1359, con pozos de color gris claro, se observa Ga_and3-1359S que hacia el sur no se tuvieron valores positivos, por lo que se decide pararla galería. (Fuente: autor)

- Se logro llevar la galería sobre la veta D-2 del nivel 1424, allí se avanzó hasta que la veta tuvo un pinchamiento y se realiza cartografía (Figura 67).

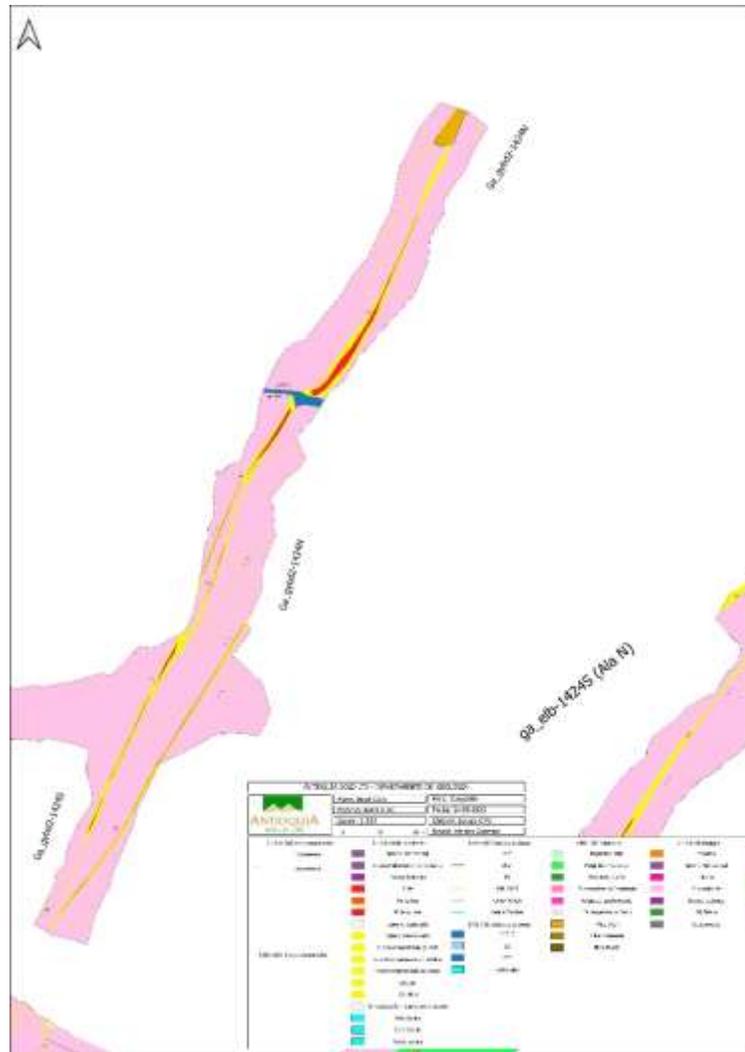


Figura 67. Galería veta D2 en el nivel 1424, nótese falla de rumbo con cinemática destal como desplaza la veta. (Fuente: autor)

- Se reconocieron las relaciones intrusivas entre los dos tipos de roca principales Cuarzodiorita y Tonalita, se lograron observar durante el logueo y también en interior mina (Figura 68).

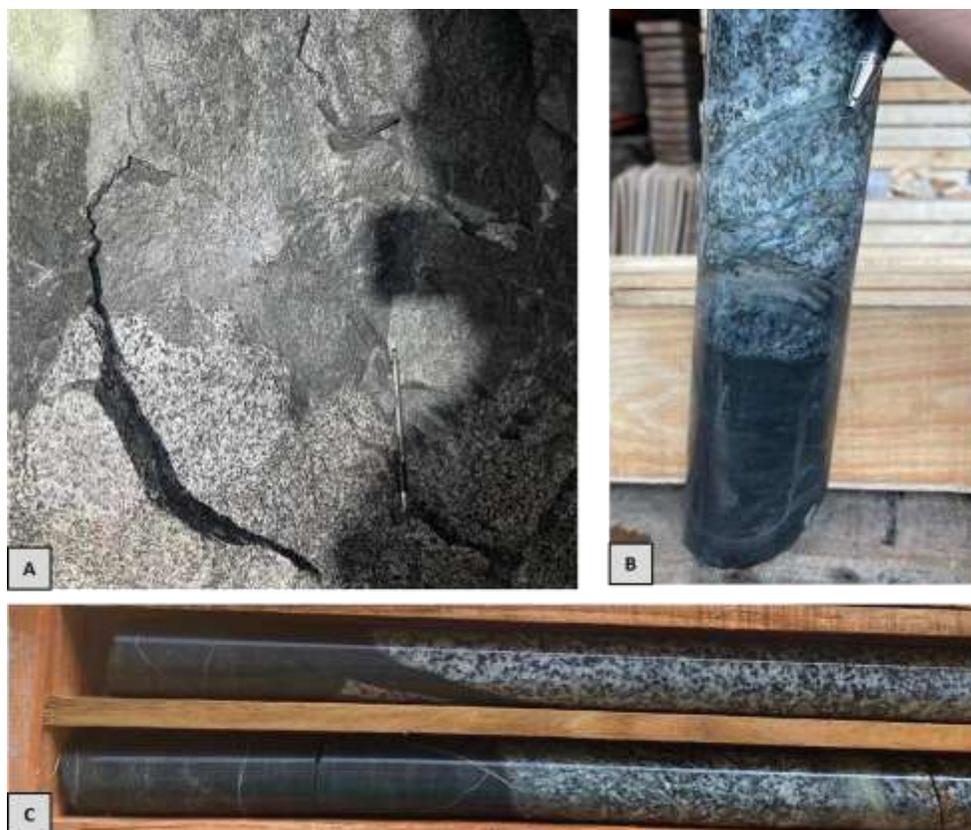


Figura 68. A) Foto tomada en interior mina donde se observa contacto intrusivo entre roca tonalita y cuarzodiorita. B) Núcleo de roca de un pozo en la mina Guayabito, se observa contacto entre roca diorita y tonalita. C) Nucleo en el cual se observa dique de cuarzo diorita intruyendo tonalita. (Fuente: autor)

- Con base a la interpretación a partir de la cartografía realizada en la galería Luz Sur del nivel 1434, observando indicadores cinemáticos, se pudo conocer el desplazamiento de la veta ocasionado por una falla, por lo cual se direcciona la galería buscando nuevamente la veta, teniendo resultados positivo ya que se encuentra nuevamente la veta Luz y se continua la galería con aporte aurífero (Figura 69).

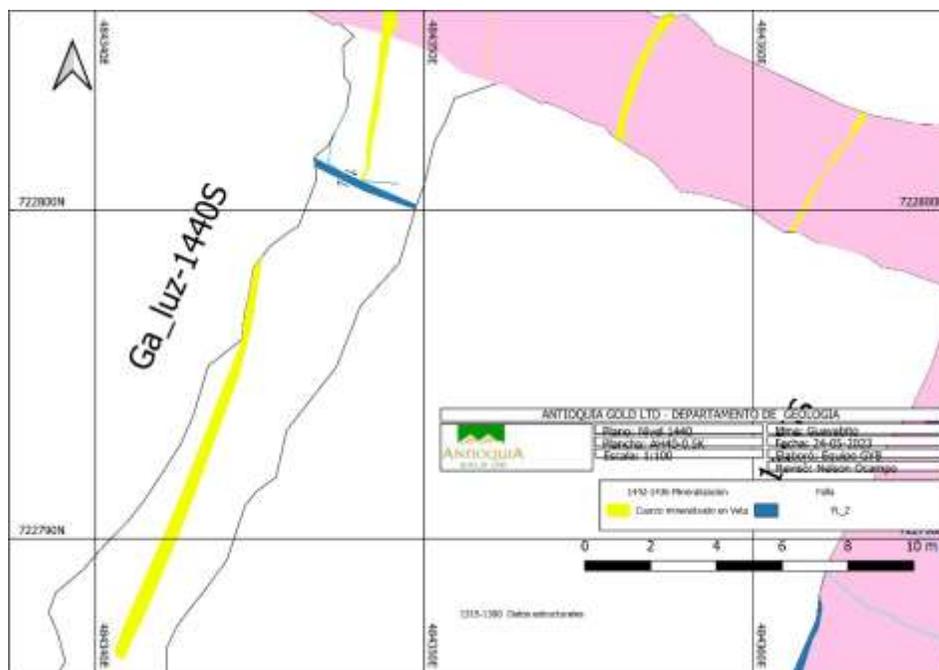


Figura 69. Cartografía realizada en el nivel 1440, galería luz s, se observa como falla de rumbo con cinemática dextral, desplaza la veta hacia el NW. (Fuente: autor)

17 Conclusiones

- Se logro realizar la identificación de los diferentes tipos de roca, alteraciones y mineralizaciones para lograr una visión más amplia de que estructuras presentan una mayor favorabilidad e interés para ser minada.
- Aprendizaje de software minero.
- Se pudo identificar en base la cartografía geológica como es la continuidad y variaciones morfológicas y mineralógicas de las estructuras corroborándolas en diferentes niveles de la mina.
- Con base a los planes de perforación y a las necesidades diarias de la operación, se pudo conocer aspectos generales de cómo operan las máquinas de perforación, además de cómo se deben diseñar los pozos para lograr tener un mayor nivel de conocimiento de las zonas a explorar y como es la manera adecuada de interceptar las estructuras.
- Durante la realización de las diferentes cartografías geológicas, se pudo entender como una adecuada interpretación de datos estructurales e indicadores cinemáticos nos pueden ayudar a entender los desplazamientos de las vetas.
- Se pudo evidenciar y corroborar como algunos softwares nos facilitan una interpretación clara y precisa de la geología de un área.
- En síntesis, durante las actividades realizada diariamente en minería subterránea, es de vital importancia realizar cada actividad operativa basada en un procedimiento previo, con la mayor atención y certeza, ya que la información que se toma y se brinda conlleva a perdidas o ganancias económicas en una operación minera, además un error también trascendería a exponer la vida de algún ser humano.

- A partir de los datos expuestos, se puede verificar de como la labor de un geólogo es de gran importancia en una operación minera, ya que es el que logra guiar la operación hacia las zonas con aprovechamiento mineral.

18 Recomendaciones

- Se recomienda realizar estudios más detallados sobre las alteraciones hidrotermales para determinar con claridad si existe una relación con la ocurrencia de oro y la presencia de algún tipo de alteración, además de poder vectorizar la ubicación de dichas alteraciones y observar las variaciones espaciales e intentar definir un patrón de alteración para la roca caja.
- Con la información que se tiene de datos estructurales junto con los datos estructurales geomecánicos (diaclasas), realizar un estudio estructural el cual ayude a entender la cinemática y cronología de eventos deformativos para lograr entender mejor el sistema estructural y así poder definir algunos targets exploratorios con interés aurífero.
- Realizar campañas exploratorias superficiales dentro y fuera de los títulos intervenidos actualmente por la operación, para lograr evidenciar continuidad y patrones estructurales, geomorfológicos y mineralógicos para aumentar el nivel de conocimiento de las estructuras explotadas actualmente y abrir la posibilidad de encontrar nuevas estructuras de interés.
- Aumentar la intervención de las Universidades con estudiantes tesisistas y practicantes, para fomentar la investigación y así mismo aumentar el nivel de conocimiento del depósito.

19 Bibliografía

Antioquia Gold Ltda. (2022). Informe Técnico de recursos del proyecto Cisneros NI 43-101. 001-02-2022.

Antioquia Gold Ltda (AGD). (2019). Informe Análisis Metalografía.

Antioquia Gold Ltda. (AGD). Informe Petrográfico Litológico de Cisneros.

Botero Arango, G. (1941). Formaciones geológicas de Antioquia: geología de Antioquia. El Pueblo de Antioquia.

Carmona, O. O., & Pimentel, M. M. (2001). Consideraciones geocronológicas e isotópicas del Batolito Antioqueño. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 25(94), 27-35.

González, H., Cossio, U., & Maya, M. (2001). Mapa geológico del Departamento de Antioquia, escala 1: 400.000. Memoria Explicativa. Ingeominas. Bogotá.

Leal-Mejía, H., Shaw, R. P., & Melgarejo i Draper, J. C. (2019). Spatial-temporal migration of granitoid magmatism and the Phanerozoic tectono-magmatic evolution of the Colombian Andes. *Geology and Tectonics of Northwestern South America: The Pacific-Caribbean-Andean Junction*, 253-410.

Londoño, A. C. (1998). Geoformas asociadas al batolito antioqueño. *Geología colombiana*, 23, 133-145.

Feininger, T., Barrero, D., & Castro, N. (1972). Geología de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas (sub-zona II-B). *Boletín geológico*, 20(2), 1-173.

Montes, N., & Sandoval, A. (2001). Base de datos de fallas activas de Colombia. Recopilación bibliográfica. Ingeominas. Bogotá.

Restrepo, J. J., & Toussaint, J. F. (1988). Terranes and continental accretion in the Colombian Andes. *Episodes Journal of International Geoscience*, 11(3), 189-193.

Restrepo, J. J., & Toussaint, J. F. (1989). Terrenos alóctonos en los Andes colombianos: Explicación de algunas paradojas geológicas. In Congreso Colombiano de Geología. 5 (pp. 92-107).

Toussaint, J. F., & Restrepo, J. J. (2020). Tectonostratigraphic terranes in Colombia: An up.

Pindell, J. L., & Kennan, L. (2009). Tectonic evolution of the Gulf of Mexico, Caribbean and northern South America in the mantle reference frame: an update. Geological Society, London, Special Publications, 328(1), 1-55.

Salgado, M. A., Bernal, G. A., Yamín, L. E., & Cardona, O. D. (2010). Evaluación de la amenaza sísmica de Colombia. Actualización y uso en las nuevas normas colombianas de diseño sismo resistente NSR-10. Revista de Ingeniería, (32), 28-37.