

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
CARRERA DE GEOLOGÍA

TRABAJO DE GRADUACIÓN



DETERMINACIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LA VETA ESCOBAL EN
LA SECCIÓN NORTE 806 980 PARA EL DISEÑO DE LA CÁMARA
DE PRODUCCIÓN, MINA EL ESCOBAL

GUSTAVO ADOLFO LÓPEZ KRESS

COBÁN, ALTA VERAPAZ, SEPTIEMBRE DEL 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
CARRERA DE GEOLOGÍA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

DETERMINACIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LA VETA ESCOBAL EN
LA SECCIÓN NORTE 806 980 PARA EL DISEÑO DE LA CÁMARA
DE PRODUCCIÓN, MINA EL ESCOBAL

PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

POR

GUSTAVO ADOLFO LÓPEZ KRESS

CARNÉ 200640073

COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO GEÓLOGO

COBÁN ALTA VERAPAZ, SEPTIEMBRE DE 2016

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS RECTOR MAGNÍFICO

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

CONSEJO DIRECTIVO

PRESIDENTE:	Lic. Zoot. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
SECRETARIA:	Ing. Geól. César Fernando Monterroso Rey
REPRESENTANTE DOCENTE:	Lcda. T.S. Floricelda Chiquin Yoj
REPRESENTANTE EGRESADOS:	Lic. Admón. Fredy Fernando Lemus Morales
REPRESENTANTES ESTUDIANTILES:	Br. Fredy Enrique Gereda Milián PEM. Cesar Oswaldo Bol Cú

COORDINADOR ACADÉMICO

Ing. Ind. Francisco David Ruiz Herrera

COORDINADOR DE LA CARRERA

Ing. Geól. Sergio David Moran Ical

COMISIÓN DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

COORDINADOR:	Ing. Geól. Osmín Vásquez Hernández
SECRETARIA:	Ing. Geól. Silvia Frine Cortez Bendfeldt
VOCAL:	Ing. Geól. Ricardo Enrique Milian de la Cruz

REVISOR DE REDACCIÓN Y ESTILO

Ing. Civil *MSc.* Julio Enrique Reynosa Mejía

REVISORA DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Ing. Geól. Silvia Frine Cortez Bendfeldt

ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Ing. Geól. César Fernando Monterroso Rey

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



**CENTRO UNIVERSITARIO
DEL NORTE – CUNOR –
CARRERA GEOLOGÍA**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz
Telefax: 7952-1064 y 7956-6600 Ext. 209

Guatemala, C. A.

E-mail: geologiausac@gmail.com

Ref. 15-CG-24/2016
28 de enero de 2016

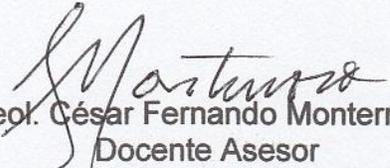
Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Carrera Geología
CUNOR

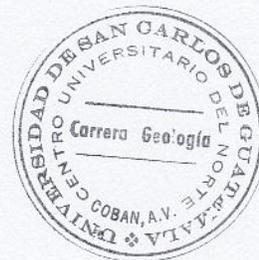
Respetables Señores:

Por este medio informo a ustedes que he procedido a la **ASESORÍA** del informe final de Trabajo de Graduación del T.U. **GEOL. GUSTAVO ADOLFO LÓPEZ KRESS**, carné No. **200640073**, titulado: **“DETERMINACIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LA VETA ESCOBAL EN LA SECCIÓN NORTE 806 980 PARA EL DISEÑO DE LA CÁMARA DE PRODUCCIÓN, MINA EL ESCOBAL”**, el cual considero llena los requisitos establecidos para su aprobación, por lo que someto a consideración de ustedes dicho informe.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Geol. César Fernando Monterroso Rey
Docente Asesor
Carrera Geología, CUNOR



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



**CENTRO UNIVERSITARIO
DEL NORTE (CUNOR)
CARRERA GEOLOGÍA**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz
PBX: 79 566 600 Ext. 209
Guatemala, C. A.
c. e.: geologiausac@gmail.com

Ref. 15-CG-203/2016
08 de julio de 2016

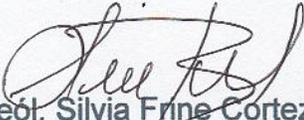
Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Carrera Geología
CUNOR

Respetables Señores:

Por este medio informo a ustedes que he procedido a la **REVISIÓN** del informe final de Trabajo de Graduación del T.U. **GEÓL. GUSTAVO ADOLFO LÓPEZ KRESS**, carné No. **200640073**, titulado: **“DETERMINACIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LA VETA ESCOBAL EN LA SECCIÓN NORTE 806 980 PARA EL DISEÑO DE LA CÁMARA DE PRODUCCIÓN, MINA EL ESCOBAL”**, el cual considero llena los requisitos establecidos para su aprobación, por lo que someto a consideración de ustedes dicho informe.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Inga. Geól. Silvia Frine Cortez Bendfeldt
Docente Revisora
Carrera Geología
CUNOR



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Ref. 15-CG-239/2016
09 de agosto de 2016

**CENTRO UNIVERSITARIO
DEL NORTE (CUNOR)
CARRERA GEOLOGÍA**

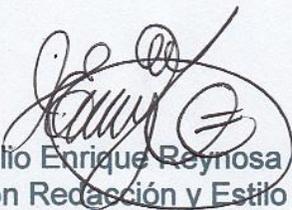
Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz
PBX: 79 566 600 Ext. 209
Guatemala, C. A.
c. e.: geologiausac@gmail.com

Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Carrera Geología
CUNOR

Respetables Señores:

Por este medio remito el informe Final de Trabajo de Graduación a nivel de grado titulado: **“DETERMINACIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LA VETA ESCOBAL EN LA SECCIÓN NORTE 806 980 PARA EL DISEÑO DE LA CÁMARA DE PRODUCCIÓN, MINA EL ESCOBAL”**, realizado por el (la) T.U. **GEÓL. GUSTAVO ADOLFO LÓPEZ KRESS**, carné n.º **200640073**, el cual ya fue revisado por la **COMISIÓN DE REDACCIÓN Y ESTILO** de la Carrera de Geología, quienes consideramos llena los requisitos establecidos para su aprobación.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. M. Sc. Julio Enrique Reynosa Mejía
Comisión Redacción y Estilo
Carrera Geología, CUNOR



c.c. archivo

HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

En cumplimiento a lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el Trabajo de Graduación titulado: **DETERMINACIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LA VETA ESCOBAL EN LA SECCIÓN NORTE 806 980 PARA EL DISEÑO DE LA CÁMARA DE PRODUCCIÓN, MINA EL ESCOBAL**, como requisito previo a optar al título profesional de Ingeniero Geólogo.



Gustavo Adolfo López Kress
Carné No. 200640073

RESPONSABILIDAD

“La responsabilidad del contenido de los trabajos de graduación es: Del estudiante que opta al título, del asesor y del revisor; la Comisión de Redacción y Estilo de la carrera, es la responsable de la estructura y la forma”.

Aprobado en punto SEGUNDO, inciso 2.4, subinciso 2.4.1 del Acta No. 17-2012 de Sesión extraordinaria de Consejo Directivo de fecha 18 de julio del año 2012.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS, por protegerme durante todo el camino, llenarme fuerzas para superar obstáculos y sabiduría para culminar esta meta.

A mis padres, Mario H. López Hernández y Silvia E. Kress Ligorria, por haberme forjado como la persona que soy; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye éste. Me formaron con reglas y algunas libertades, pero al final, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos, gracias.

A mi hermano, Alejandro López, por aportar siempre cosas buenas a mi vida y que más que un hermano sos mi verdadero amigo.

A abuelita, Herma Ligorria, por sus grandes consejo ya que sus canas son sinónimo de sabiduría.

A mi familia, por su apoyo, cariño y consejos que me brindan en todo momento y ser un ejemplo de superación y humildad, en especial a la familia Estrada Kress.

A mis amigos, con quienes he compartido muchas experiencias y con los que siempre cuento.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala y al Centro Universitario del Norte, quien me dio la bienvenida al mundo y me preparo como profesionales. Especialmente a la carrera de Geología.

A cada uno de los catedráticos de la carrera de Geología, por su arduo trabajo de transmitirme sus diversos conocimientos y recomendaciones para la elaboración de este trabajo. Especialmente a Fernando Monterroso, Silvia Cortez, Julio Reynosa y Osmín Vásquez.

A la empresa Minera San Rafael S.A., por haberme dado la oportunidad de realizar este proyecto, a mis compañeros de trabajo del departamento de geología mina, por el apoyo y consejos brindados durante la etapa de campo.

En general, mi sincero agradecimiento a todas aquellas personas que no han sido mencionadas, pero que tuvieron su participación en la realización de este proyecto, a todos ellos muchas gracias.

ÍNDICE GENERAL

	Página
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS	v
TABLAS	vii
FOTOGRAFÍAS	vii
FIGURAS	viii
MAPAS	viii
RESUMEN	ix

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

1.1	Introducción	1
1.2	Planteamiento del problema	2
1.3	Justificación	2
1.4	Hipótesis de investigación	3
1.5	Antecedentes	3
1.6	Objetivos	6
	1.6.1 General	6
	1.6.2 Específicos	6
1.7	Alcances y delimitaciones	7
	1.7.1 Alcances	7
	a) Descriptivo	7
	a) Explicativo	7
	1.7.2 Delimitaciones	8
	a) Espacial	8
1.8	Localización y extensión del área	8
1.9	Accesibilidad	10
1.10	Marco teórico	11
	1.10.1 Litología y geología estructural	11
	1.10.2 Yacimientos hidrotermal	13
	1.10.3 Perforación con diamantina	15
	1.10.4 Logueo geológico	16
	1.10.5 Sección geológica	16
	1.10.6 Tiro largo	16

CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA

2.1	Generalidades	19
2.2	Marco metodológico	19
2.3	Etapa de investigación bibliográfica y planificación	20
2.3.1	Diseño del plan de perforación en la sección 806 980	20
2.3.2	Recuperación de testigos de la sección 806 980	23
2.4	Etapa de campo	26
2.4.1	Análisis litológico y estructural	27
2.5	Etapa de gabinete	35
2.5.1	Generación de modelo geológico y estructural	36
2.5.2	Diseño de cámaras de producción	39

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1	Generalidades	43
3.2	Descripción de unidades litológicas	43
3.2.1	Unidad andesita porfirítica	44
3.2.2	Unidad de tobas	46
3.3	Estructuras del yacimiento	48
3.3.1	Veta	48
3.3.2	<i>Stockwork</i>	51
3.4	Perforación con diamantina	52
3.4.1	UG-15-01	52
3.4.2	UG-15-02	54
3.4.3	UG-15-03	56
3.4.4	UG-15-04	57
3.4.5	UG-15-05	58
3.4.6	UG-15-06	59
3.4.7	UG-15-07	60
3.4.8	UG-15-08	61
3.5	Geología estructural	63
3.6	Análisis por niveles	64
3.6.1	Nivel 1 340	65
3.6.2	Nivel 1 315	66
3.6.3	Nivel 1 290	68
3.6.4	Nivel 1 265	69
3.7	Modelo geológico y estructural	71
3.8	Cámaras de producción	76

CONCLUSIONES

3.9	Generales	79
3.10	Específicas	79

RECOMENDACIONES	83
------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA	85
---------------------	----

ANEXOS

1-2	Logueo litológico del pozo UG-15-01	89
3-4	Logueo litológico del pozo UG-15-02	93
4-6	Logueo litológico del pozo UG-15-03	95
7-8	Logueo litológico del pozo UG-15-04	101
9-10	Logueo litológico del pozo UG-15-05	105
11-12	Logueo litológico del pozo UG-15-06	109
13-14	Logueo litológico del pozo UG-15-07	113
15-16	Logueo litológico del pozo UG-15-08	117
17	Planes de barrenación en sección norte 806980	121
18	Modelo litológico de la sección norte 806980	123
19	Modelo Estructural de la sección norte 806980	125
20	Cámaras de producción de la sección norte 806980	127
21	Comparación de vetas	129

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

Cm:	Centímetros
E:	Este
Elev:	Elevación
Km:	Kilómetros
M:	Metros
Mm:	Milímetros
Msnm:	Metros sobre el nivel del mar
N:	Norte
UG:	<i>Underground</i>
UTM:	<i>Universal transverse mercator</i>
SW:	Sur-Oeste

ÍNDICE DE TABLAS

1	Tabla de identificación de perforación	23
2	Formato de logueo	27
3	Metodología de colores	28
4	Parte superficial del formato	29
5	Columnas de formato de logueo	32
6	Tabla de fracturameinto	37

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

1	Máquina de perforación LM-55 nivel 1 340	25
2	A. Porta testigos, caja de madera. B. Tubería interior	26
3	Mesas de logueo	28
4	Núcleos con logueo	34
5	Oxidación primaria en andesita porfirítica	45
6	Alteración sílica	45
7	Alteración propilitica	46
8	oxidación primaria en tobas	47
9	a) alteración sílica en toba, b) propilitica en toba	47
10	Veta con bandas y parches	49
11	Veta brecha	49
12	Composición mineralógica macroscópica	50
13	Cuarzo blanco bandeado	51
14	<i>Stockwork</i> en andesita	52
15	Zona de cizalla en nivel 1 315	63
16	Leve fracturamiento y zona de cizalla en nivel 1 315	64

ÍNDICE DE FIGURAS

1	Cuerpo mineralizado definido en la etapa de exploración desde superficie	4
2	Sección norte 806980 que muestra los cuatro niveles donde se trabajó del proyecto	9
3	Ubicación general del área en interior mina	10
4	Origen de mineralización hidrotermal	15
5	Proceso de extracción por tiro largo de cámaras	17
6	Modelo de veta propuesto por geología de exploración	21
7	Acceso listo para iniciar perforación	22
8	Plan de barrenación subterráneo	23
9	Planes de barrenación grafico por niveles	36
10	Interpretación grafica de pozos	38
11	Proyectos y límites de veta nivel 1 340 y 1 315	40
12	Proyectos y límites de veta nivel 1 340 y 1315	42
13	Plan de barrenación grafico del nivel 1 340	67
14	Plan de barrenación grafico del nivel 1 315	68
15	Plan de barrenación grafico del nivel 1 290	70
16	Plan de barrenación grafico del nivel 1 265	71
17	Modelo geológico de veta y cuarzo blanco	73
18	Modelo geológico de la sección norte 806980	74
19	Modelo estructural de la sección norte 806980	77
20	Cámaras de producción en la sección norte 80698	79

ÍNDICE DE MAPAS

1	Vías de acceso al área de investigación	11
---	---	----

RESUMEN

El presente trabajo de investigación: **DETERMINACIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LA VETA ESCOBAL EN LA SECCIÓN NORTE 806980 PARA EL DISEÑO DE LAS CÁMARAS DE PRODUCCIÓN, MINA ESCOBAL**, da a conocer los resultados obtenidos de la geometría de la veta en mina subterránea, realizado a escala 1:500 con una extensión vertical de 75 m, se desarrolló en cuatro niveles subterráneos separados por 25 m en la vertical, los cuales son 1 340 msnm, 1 315 msnm, 1 290 msnm y 1 265 msnm.

Se generaron cuatro planes de perforación los cuales se distribuyeron en la sección, dichos planes cuentan con un total de ocho pozos que se perforaron con diamantina, los pozos fueron diseñados para generar la mayor información geológica en la sección; los testigos, resultado de la perforación, se analizaron litológica y estructuralmente por medio de logueos y con el análisis de todas las perforaciones en la sección se definió un modelo geológico y estructural.

El logueo de los testigos determinó dos litologías, la Unidad de Andesita porfirítica que es una roca masiva, geotécnicamente de buena calidad, una Unidad generalizada que se denominó Tobas que son sedimentos de origen volcánico, la cual forma el basamento de mina subterránea, se caracteriza por tener zonas geotécnicamente de mala calidad, las dos unidades expuestas anteriormente constituyen la roca encajante de la veta Escobal.

Las estructuras de veta con sulfuros presenta tres texturas, veta con sulfuros en bandas y parches con galena, esfalerita, acantita y sulfosales como proustita y también veta brechada, que presenta clastos de veta, con una matriz soportada de cuarzo blanco, con sulfuros diseminados en la matriz; también una veta de cuarzo blanco que se presenta con textura bandeada y su característica principal es que no contiene mineralización (es estéril) y por último la estructura de *stockwork* que es un sistema de vetilleo en forma de enrejado.

El modelo geológico determinó que la geometría del macizo mineralizado varía entre 28 m de ancho en su parte superior y 15 m en la parte inferior, así también la veta se desplazó 6 m hacia el norte con respecto al modelo existente y cuenta con una inclinación de 60 ° a 70 ° hacia el norte. Estructuralmente la sección es afectada principalmente por dos zonas de cizallas con una inclinación de entre 60 ° y 75 ° hacia el norte, la primera se encuentra presente en toda la sección desde el nivel 1 340 msnm al 1 265 msnm, dicha estructura se evidencia en los ocho pozos logueados en la etapa de campo y la segunda cizalla se hace presente solo en los primeros dos niveles de la investigación, en los nivel más profundos 1 290 msnm y 1 265 msnm no existe evidencia de la misma.

Con la información litológica y estructural obtenida en esta investigación de la sección bajo estudio, se diseñaron tres cámaras de producción, las cuales cuentan con una inclinación de entre 60 ° a 75 ° al inicio de las cámaras ya que estructuralmente al sur de la sección, se presenta geotécnicamente roca de buena calidad, no presenta fracturamiento fuerte ni cizallamiento.

Se determinó también que el ángulo final de las cámaras de producción debe ser de 90 ° ya que este dará mayor estabilidad, debido a que la parte norte de la sección es influenciada por cizallamiento, con esto se generará mayor estabilidad estructural, se bajará el riesgo de colapsos o caídas de bloques de roca sin mineral y se podrá extraer la mayor cantidad del cuerpo mineralizado sin riesgo.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

Dentro del desarrollo minero en Guatemala, se han encontrado nuevos yacimientos como resultado de la expansión minera, este proyecto propone la determinación de la geometría de la veta Escobal en la sección norte 806980.

La investigación se dividió en tres capítulos; inicia con la introducción a la investigación donde se exponen las características principales del tema, para tener un mejor enfoque. Así también la metodología la cual se dividió en tres etapas para la mejor descripción, explicación y entendimiento de las diferentes técnicas y procedimientos que se realizaron para cumplir los objetivos del proyecto.

Para finalizar se llevó a cabo la discusión de resultados y el análisis de los mismos, donde se generaron los distintos modelos geológicos y estructurales. Éste permitió la identificación de la zona mineralizada, las distintas litologías que se presentan en el área, la geología estructural que existe en la sección y el diseño de tres cámaras de producción.

1.2 Planteamiento del problema

Del año 2007 al 2012 se realizó un programa de perforación en superficie con el cual se definió la geometría, geología y la cantidad de mineral en el cuerpo mineralizado Escobal.

El modelo generado, es un modelo de recursos minerales el cual no tiene la suficiente información para diseñar adecuadamente las cámaras de producción y que permita realizar un aprovechamiento operacional óptimo y seguro de los recursos existentes en la sección bajo estudio.

Con el fin de establecer la geometría del cuerpo mineralizado con mayor certeza en la sección norte 806980 en el proyecto Escobal surge la siguiente interrogante:

¿Cuál es la geometría del cuerpo mineralizado en la sección norte 806980 de la veta Escobal?

1.3 Justificación

Con la información obtenida durante la etapa de exploración desde el 2007 se definió el cuerpo mineralizado pero carece de suficiente detalle de los aspectos litológicos y estructurales que permitan modelar una geometría precisa del cuerpo mineralizado en la sección norte 806980 para la realización del diseño de cámaras de producción.

La investigación surge como un aporte al conocimiento del yacimiento el Escobal y sobre proyectos de minería subterránea en Guatemala, ya que para la interpretación de yacimientos minerales, se utilizaron varias herramientas como la perforación con diamantina, el modelamiento de

una sección geológica y la determinación de la zona de interés económico.

Desde el punto de vista científico la investigación pretende contribuir al conocimiento geológico sobre algunas de las técnicas de estudio de yacimientos minerales, que se desarrollan en minería subterránea.

1.4 Hipótesis

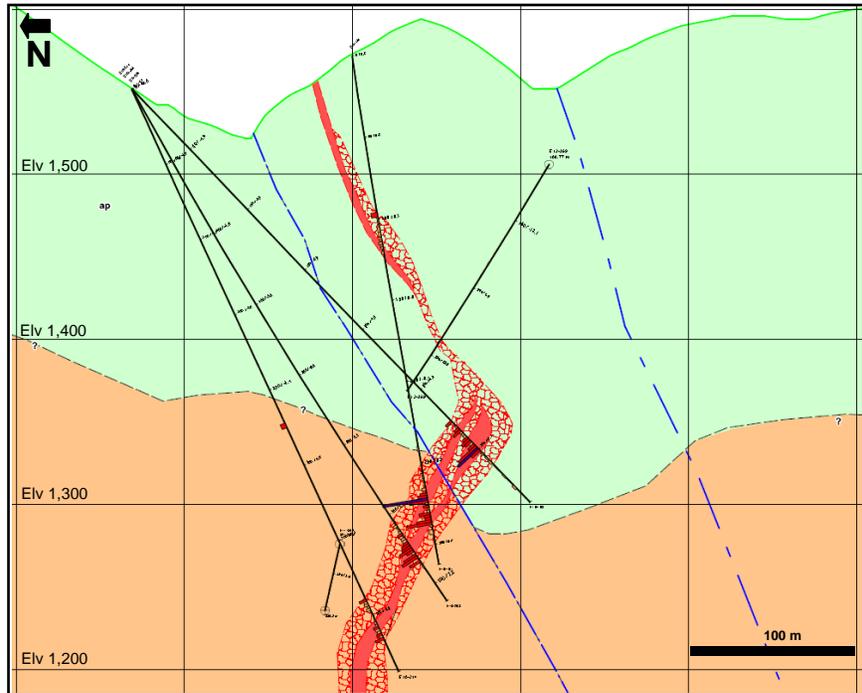
La geometría promedio de la veta Escobal en la sección norte 806980 es de 20 m de ancho, con una variación de 5 m en algunos niveles y una inclinación de 60 ° a 65 ° con una orientación hacia el norte.

1.5 Antecedentes

Los estudios que se realizaron en el proyecto Escobal de la Minera San Rafael en San Rafael Las Flores, departamento de Santa Rosa durante el año 2007 al 2012, por el departamento de geología de exploración en la primera etapa del proyecto, en la cual se hicieron varias perforaciones exploratorias desde superficie con el propósito de definir un cuerpo mineralizado rentable (Figura 1).

Esta información carece de detalle ya que estas perforaciones se utilizaron como una herramienta de prospección o para obtener datos geológicos desde la superficie.

FIGURA 1
CUERPO MINERALIZADO DEFINIDO EN LA ETAPA DE EXPLORACIÓN
DESDE SUPERFICIE



Fuente: Elaborada por departamento de exploración Minera San Rafael 2012

En el año 2010 se realizó la Evaluación Económica Preliminar por parte de la empresa *M3 Engineering & Technology Corporation*. Dicho estudio describe como *Tahoe Resources Inc.* adquirió el proyecto de *Goldcorp* a través de una transacción completada en junio del año 2010.

El proyecto comprende tres concesiones de exploración, un total de aproximadamente 129 km², llamado Oasis, Lucero y Andrés, que fueron concedidas el 26 de marzo de 2007, 21 de agosto 2007 y el 15 de noviembre de 2007, respectivamente, a Entre Mares de Guatemala S.A., una subsidiaria de propiedad absoluta de *Gold Corp.*

Las concesiones están ahora controlados por Minera San Rafael S.A., una subsidiaria de propiedad total de *Tahoe Resources Inc.* La concesión Oasis cubre la totalidad del cuerpo mineralizado Escobal y es en esta concesión donde se encuentra la investigación.

El estudio, *Minera San Rafael Stopping review and design recommendations*, se realizó en el 2013 por la empresa *AMC Consultores* la cual fue contratada para revisar y dar recomendaciones sobre el mejor método para la extracción del mineral.

Los programas de perforación que se realizaron desde superficie del año 2,007 al 2,012; Permitió definir un yacimiento hidrotermal de sulfatación intermedia, con mineralizaciones como la pirita, galena, argentita, platas rojas (proustita-pirargirita), y también la plata nativa y el oro, la inclinación y orientación preferencial (E-W).

El depósito de Escobal se produce en un entorno geológico similar con rocas encajonante, las características de la veta y la mineralogía típica de un sistema de sulfidación intermedia. Las características que tiene incluyen bandas, Stockwork, vetas brecha y vetas masivas; así como alteración argílica intermedia, la alteración de cuarzo-sericita y alteración propilitica; metales base y la mineralogía como sulfuros de plata, plomo y zinc y sulfosales de plata.

Se indica que el yacimiento es de sulfuración intermedia ya que se incluyen asociaciones minerales que indican estar entre un estado de sulfuración de los dos tipos sulfuración altas y bajas, con alto contenido total de sulfuro de 5 % a 10 % y baja en hierro, la presencia de sulfosales de plata, y la asociación con andesita volcánica¹.

¹ Evaluación Preliminar, Proyecto Escobal, Archivo PDF, NI 43-101 Preliminary Economic Assessment Southeastern Guatemala, 2012

1.6 Objetivos

1.6.1 General

Definir la geometría de la veta Escobal en la sección norte 806980 para el diseño de las cámaras de producción y explotación.

1.6.2 Específicos

- a) Generar planes de barrenación perpendiculares al cuerpo mineralizado en la sección norte 806980.
- b) Identificar las distintas estructuras geológicas y la litología en la sección norte 806980 del proyecto Escobal, con los testigos obtenidos de la perforación con diamantina subterránea para el modelamiento geológico.
- c) Diseñar tres cámaras de producción en la sección norte 806980 en base a la geometría de la veta propuesta en esta investigación, tomando en cuenta la ley de corte (100 – 150 g/ton de plata).
- d) Comparar el modelo de veta que se tiene actualmente con el modelo a realizar en esta investigación para determinar si hay sobre estimación.

1.7 Alcances y delimitaciones

1.7.1 Alcances

a) Descriptivo

Se interpretó la perforación con diamantina de un programa de ocho pozos en distintas profundidades en la mina subterránea, con ayuda del logueo.

El logueo define las características litológicas como el tipo de roca, oxidación y alteración, las estructurales geológicas como contactos litológicos, fracturamiento y fallas; dicho proceso se usará para delimitar la geometría del cuerpo mineralizado a detalle, con esto definir el mejor diseño para las cámaras de producción y explotación en el proyecto El Escobal.

Los pozos se diseñaron para que exista un espacio menor a 25 m entre cada uno, el modelamiento geológico de la sección 806980 se produjo con los análisis realizado en dichos pozos.

b) Explicativo

Dar a conocer los procesos que se utilizaron, para la interpretación de los datos obtenidos con las perforaciones de diamantina, como se definió con exactitud el inicio y el final del cuerpo mineralizado, la litología y el patrón estructural del área en estudio para el mejor diseño de las cámaras de exploración en la sección norte 806 980 del proyecto El Escobal.

1.7.2 Delimitaciones

a) Espacial

El proyecto se realizó en la sección norte 806 980 la cual se encuentra perpendicular al cuerpo mineralizado. La investigación cubrió un espacio de 5 m de ancho por un tramo vertical de 75 m que abarca desde el nivel 1 340 msnm hasta 1 265 msnm, en dicho tramo vertical se encuentran cuatro niveles espaciados por 25 m, donde se diseñaron tres cámaras de producción.

Se representó a escala 1:500 para el mejor detalle gráfico y se utilizó GEOVIA *Surpack* 6.6.1 como el *software* para realizar la investigación, ya que se cuenta con el permiso de la mina el Escobal para la publicación de los datos generados.

1.8 Localización y extensión del área

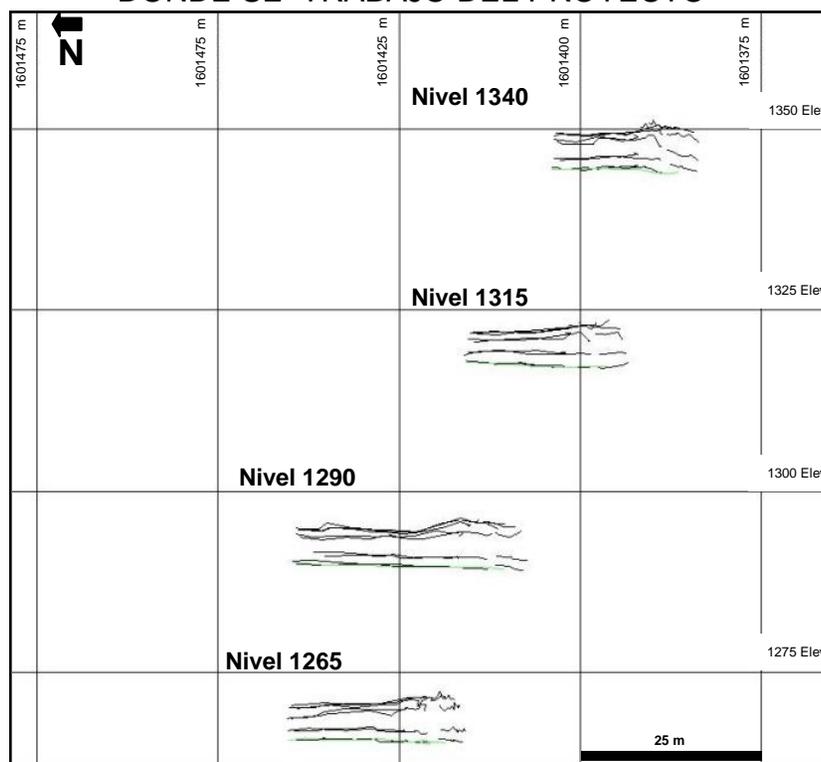
El proyecto se desarrolla en la veta El Escobal que se ubica al SW del Guatemala, al norte del departamento de Santa Rosa, en los alrededores del municipio de San Rafael Las Flores.

En el interior de mina la extensión de la investigación cubre cuatro niveles localizados en la sección norte 806980, cubre 75 m en la vertical o profundidad, dichos niveles están separados por 25 m, donde se diseñaron tres cámaras de producción (Figura 2).

El área de estudio se localiza a nivel subterráneo, entre los niveles 1 340 msnm y finalizando en el nivel 1 265 msnm, el nivel de la superficie

terrestre se localiza a 1 400 msnm, el estudio inicio a 60 m de profundidad y finalizó a 135 m.

FIGURA 2
SECCIÓN NORTE 806 980 QUE MUESTRA LOS CUATRO NIVELES
DONDE SE TRABAJO DEL PROYECTO

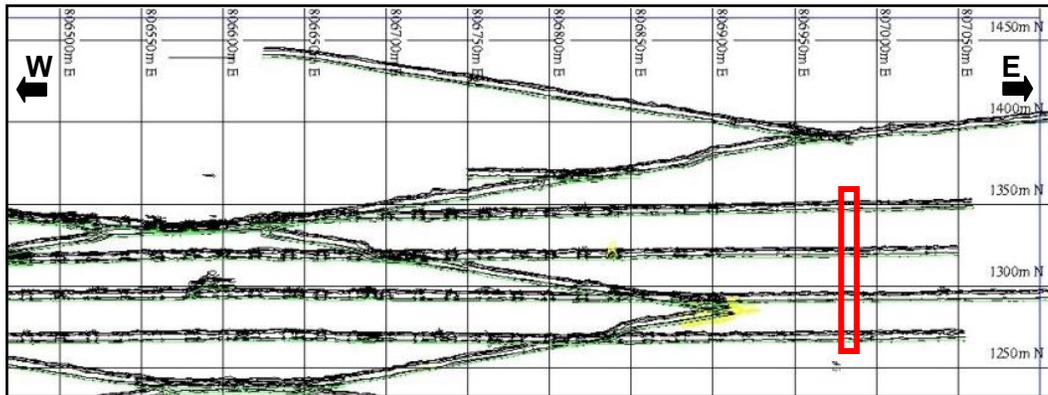


Fuente: Minera San Rafael, Proyecto El Escobal, Departamento de Geología Mina, Elaboración propia, 2 015.

Con respecto de la ubicación general del proyecto en el interior de la mina, el área de estudio se encuentra al este del proyecto Escobal, como se observa en el perfil de la figura 3, donde se desconoce con detalle la geometría de la veta y por lo cual surge la necesidad de esta investigación. Con un recuadro rojo se observa la sección 806980 donde se realizaron los estudios de esta investigación.

Así también se observa la topografía del área este de la mina subterránea en general, como la rampa este y la extensión de los niveles.

FIGURA 3
UBICACIÓN GENERAL DEL ÁREA EN EL INTERIOR DE LA MINA



Fuente: Minera San Rafael, Proyecto El Escobal, Departamento de Geología Mina, Elaboración propia, 2 015.

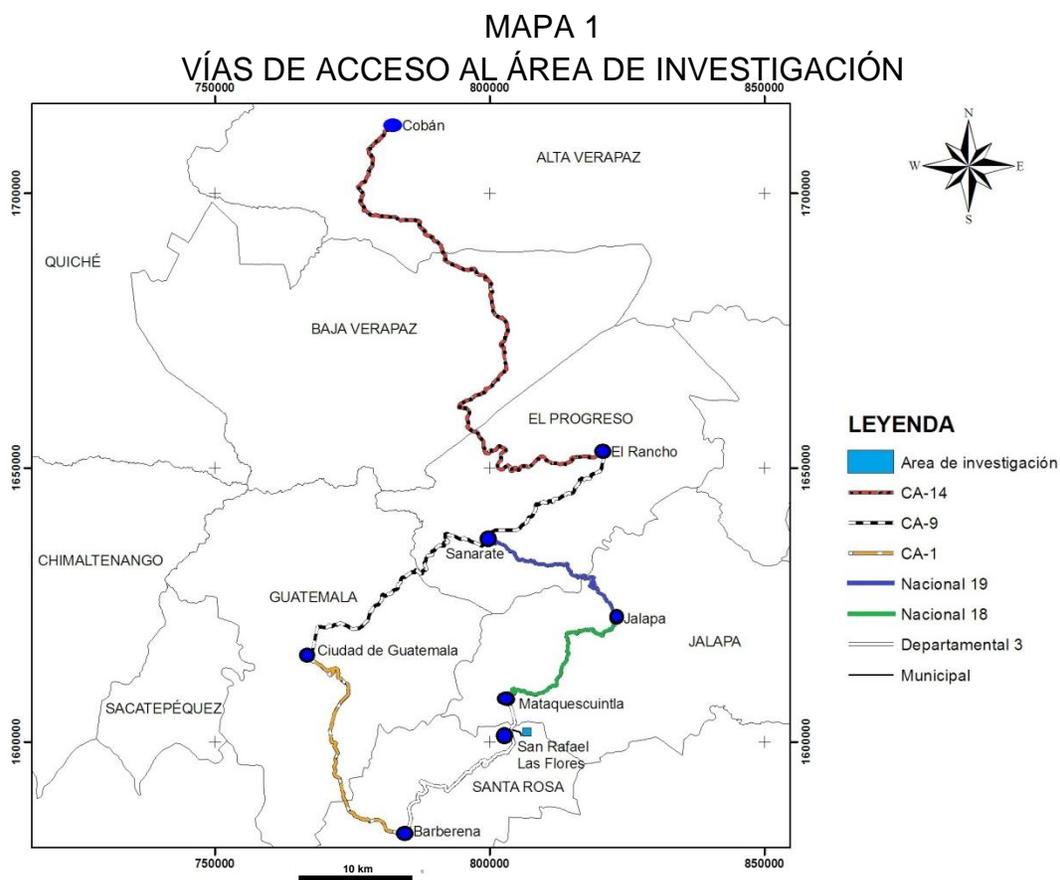
1.9 Accesibilidad

Para acceder al municipio de San Rafael Las Flores, hay que conducirse por la carretera departamental Santa Rosa 3-N orientada hacia el suroeste. Para alcanzar el área urbana del municipio de San Rafael las Flores existen tres accesos; por el norte, por Mataquescuintla, al sur, por Casillas, Barberena (transitable todo el año) y por oriente vía Ayarza, Jutiapa.

Para entrar al pueblo existe una calzada de dos carriles de pavimento, así también existen varias entradas alternas al centro de adoquín y de terracería.

La distancia que existe entre Cobán y el área de estudio es de 255 km, la ruta inicia por la carretera CA-14 hasta llegar al Rancho, El Progreso, luego se desvía a la CA-9 hacia el cruce de Sanarate, saliendo de la CA-9 sobre la carretera nacional 19 que lleva hacia el departamento de Jalapa; al llegar se debe conducir por la carretera nacional 18 con destino al municipio de Mataquescuintla, Jalapa y para terminar, se

recorren 8 km y así alcanzar el municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa (Mapa 1).



Fuente: Investigación de campo, 2 015.

1.10 Marco teórico

1.10.1 Litología y geología estructural

El área de estudio está subyacida por la Unidad de Tobas, que forma el basamento relativo para el área, se compone de una serie de Sedimentos Volcanoclásticos que incluyen Tobas de grano medio a fino, así como Conglomerados líticos de Caliza. Por la posición del área en el Bloque Chortis, esta formación se

correlaciona con el Grupo Valle de Los Ángeles, descrita muy bien para el SW de Honduras cerca del límite con Guatemala².

Dicha formación es discordante por andesitas porfíricas masivas de grano medio y está compuesta de fenocristales de feldespato, cuarzo y biotita con una matriz de grano fino, esta unidad es de origen intrusivo lo cual originó la textura fina consistente.

Según Pérez Bol, el Grupo Valle de Ángeles: es una Unidad de Tobas, Conglomerados, Areniscas y Lutitas y en menor proporción Caliza. El grupo es dividido en tres unidades principales. Conglomerados y Tobas inferiores de grano grueso, la secuencia Carbonática y Tobas superiores de grano fino que son localmente yesíferas.

Las Tobas están sobreyacidas inconformemente por un flujo de Andesitas porfíricas de grano medio y masivo. La Andesita es masiva de grano medio con textura porfírica, compuesta de fenocristales de feldespato, biotita y cuarzo, con una matriz afanítica. El origen de esta unidad se considera de tipo intrusivo o como un domo, que dio origen a una textura fina muy consistente y que no muestra información mineralógica.

En el área también se encuentran diques andesíticos magnéticos, esta es la formación más joven en el área del proyecto e intruye a todas las demás unidades de roca.

² Manuel Basterrechea Asociados, S.A., *Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental*, Archivo PDF, p. 55, Guatemala 2 010.

La tendencia de las fallas más antiguas en la región son paralelas a la falla del Motagua la cual tiene una dirección este-oeste que varía hacia el norte 50° – 60° este, estas fallas están cortadas por fallas extensionales, con dirección norte-sur las cuales forman grabens y controlan el emplazamiento de diques andesíticos que son posteriores a la mineralización.

Se nota una tensión *EW* que puede estar asociada a fallas regionales normales y/o a un sistema conjugado de fallas de rumbo que pueden tener una distribución conjugada con respecto a las fallas mayores³.

1.10.2 Yacimiento hidrotermal

Los yacimientos hidrotermales, comúnmente también conocidos como filonianos, se clasifican según su temperatura de formación (que suele estar entre los 400°C y los 100°C), y en función de la mayor o menor proximidad a la roca ígnea de la que derivan.

La clasificación de yacimientos no es tan rigurosa, ya que no siempre es posible determinar con exactitud la temperatura a la que se han formado, ni la distancia a la roca ígnea de la que derivan, que puede no reconocerse, o puede ser difícil de establecer con precisión entre varias próximas.

Una clasificación más conveniente se basaría en su mineralogía, pero ésta puede ser tan variada que invalida cualquier intento de clasificación sistemática en este sentido.

³ Ibid, p. 65.

Las mineralizaciones hidrotermales están constituidas fundamentalmente por cuarzo y/o carbonatos diversos, entre los que cabe destacar calcita, dolomita y siderita; minerales que suelen constituir la ganga o parte no explotable en los yacimientos de interés minero.

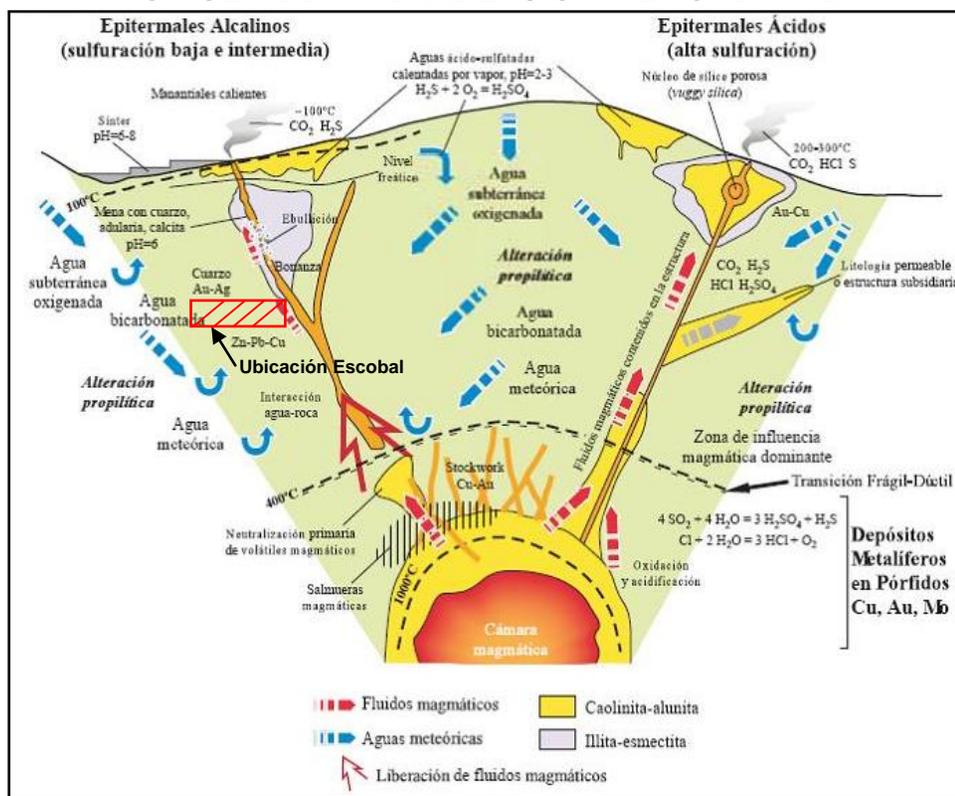
Entre los minerales de interés minero que pueden estar presentes en este tipo de yacimientos, están los minerales sulfurados, como pirita, calcopirita, galena, argentita, platas rojas (proustita-pirargirita), cinabrio, etc., entre los que se encuentran también la plata y el oro nativos.

Los yacimientos filonianos constituyen el relleno de fracturas abiertas en la roca, que suelen presentar disposiciones planares de dimensiones muy variables. Otras morfologías incluyen el entrecruzado de vetillas (*stockwork*) y las diseminaciones de mineral, características ambas de los yacimientos⁴.

La figura 4 se ejemplifica los tipos la tipología de los depósitos epitermales, modificado de silito (1995); en base a los datos de *Hedequist y lowenstern* (1 994); *Gammons y Williams-Jones* (1997), presenta desde la cámara magmática hasta los ambientes epitermales.

⁴ Yacimientos minerales, proceso tardimaticos y yacimientos asociados, <http://www.uclm.es/users/higueras/yymm/YM12.html#T12Hidrot>

FIGURA 4
ORIGEN DE MINERALIZACIÓN HIDROTHERMAL



Fuente disponible en <http://www.ugr.es/~minechil/apartado05.htm>

1.10.3 Perforación con diamantina

La perforación diamantina es aquella que utiliza una broca diamantada que rota en el extremo de las barras de perforación, la abertura de la broca permite cortar un testigo sólido de roca que se desplaza hacia arriba en la tubería, se obtiene así un testigo de la misma, el cual es extraído, registrado y colocado en cajas porta-testigos para su debida protección y almacenamiento.

La perforación diamantina puede ser usada en una etapa muy temprana para delinear cuerpos mineralizados, determinar si la

mineralización profundiza, verificar las leyes y determinar recursos mineralizados dentro de un yacimiento o proyecto minero⁵.

1.10.4 Logueo geológico

Es el término adoptado como uso cotidiano en el medio minero que consiste en realizar la descripción geológica de testigos recuperados de la perforación del pozo, observando sus propiedades litológicas, alteraciones, oxidaciones y datos más predominantes, referenciando sus características a códigos de colores para su clasificación, descripción escrita y gráfica, para obtener la mayor información del área para su interpretación.

1.10.5 Sección geológica

Una sección geológica busca establecer, a partir de relaciones, una reconstrucción del subsuelo en la que exista una continuidad en las distintas litologías y estructuras geológicas existentes en la sección, esto se generó con ayuda de perforaciones que se realizaron en el área de estudio desde distintas profundidades perpendiculares al macizo rocoso a identificar.

1.10.6 Diseño cámaras subterráneas

Cuando se diseña una nueva estructura subterránea, se deben determinar los aspectos siguientes:

- El factor inicial son los costos que provocara dicha estructura, para evaluar su rentabilidad.
- La geología que presenta el área para definir la calidad de las rocas

⁵ Manual de campo, Perforación Diamantina, Boart Longyear S. A., primera edición 2 012, Lima, Perú

que se presentan en el lugar de diseño.

- La capacidad estructural para determinar la resistencia con respecto a los colapsos.

La dificultad en obtener una información sobre las propiedades mecánicas del macizo rocoso antes de la apertura de la cavidad es otro inconveniente. El diseño de estructuras subterráneas se ve dificultado por la escasez de información acerca del comportamiento y propiedades del macizo rocoso.

Consideraciones económicas suelen hacer necesario extraer el mayor porcentaje posible del yacimiento, por lo que el tamaño y número de pilares, u otros soportes estructurales abandonados, se reducen al mínimo. Las minas tienen una vida corta comparada con la de las estructuras convencionales y este aspecto, junto con las ventajas económicas que reporta operar con coeficientes mínimos de seguridad, son dos facetas del diseño exclusivamente mineras.

En el diseño inicial de una cámara de producción puede variar ya que la mecánica de rocas debe utilizarse la experiencia, sobre todo si ésta ha sido adquirida en estructuras equivalentes, rocas similares y profundidades comparables a las de la cámara que se trata de diseñar.

No hay otra alternativa para proyectar cámaras aunque en algunos casos se ha conseguido realizar buenos proyectos abriendo cámaras experimentales, galerías y pozos⁶.

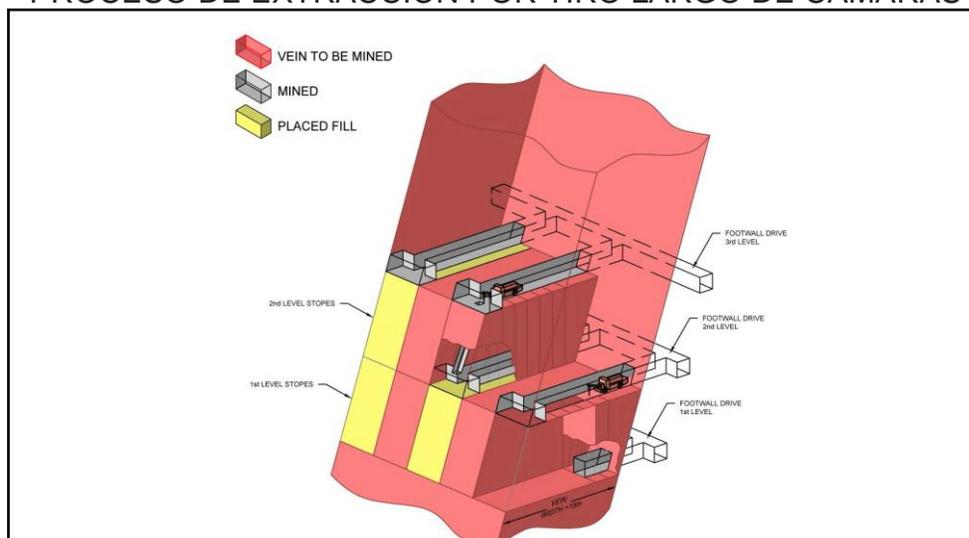
⁶ Escuela técnica superior de ingenieros de mina – Diseño de explotaciones e infraestructuras de mina subterránea; Universidad política de Madrid (Madrid, Noviembre 2007)

1.10.7 Tiro largo

El tiro largo consiste en la división del yacimiento en niveles y estos a su vez, en subniveles que se extraen en sentido descendente, la distancia entre subniveles es de 25 m y cada uno de ellos se desarrolla según un conjunto de galerías que cubren la sección completa del yacimiento mineral⁷.

Desde el nivel superior se perforan barrenos en abanico al nivel inferior y se cargan con explosivo para su detonación, el mineral fragmentado cae por gravedad dentro de las galerías, desde el subnivel se carga material y transporta hasta planta de procesamiento, el proceso de voladura desde el nivel superior a un nivel inferior con tiros largos, pueden ser explotadas, rezagadas (proceso de extracción del mineral del rebaje) y rellenadas con pasta (Figura 5).

FIGURA 5
PROCESO DE EXTRACCIÓN POR TIRO LARGO DE CÁMARAS



Fuente NI 43-101 Preliminary Economic Assessment Southeastern Guatemala, 2012

⁷ Ing. Abdel Arroyo Aguilar – Explotación de minas métodos para la extracción de minerales; Instituto de ingenieros de minas del Perú (Lima, Marzo 2011)

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA

2.1 Generalidades

La minería subterránea es muy importante en el ámbito minero ya que ha adquirido una mayor aceptación por la población, debido al aporte de fuentes de trabajo en regiones agrícolas.

Para la identificación inicial del macizo rocoso Escobal, se realizaron perforaciones con diamantina desde superficie, las cuales permitieron saber la extensión del yacimiento y si su explotación era rentable económicamente.

2.2 Marco metodológico

La metodología que se utilizó para evaluar y analizar de mejor manera la geometría de la veta y el diseño de las cámaras de producción en la presente investigación, se dividió en tres: son estas etapa de investigación bibliográfica y planificación, etapa de campo y etapa de gabinete; las cuales se describen a continuación.

2.3 Etapa de investigación bibliográfica y planificación

En esta se realizó el diseño de el plan de perforación subterráneo que constó de ocho pozos distribuidos en cuatro distintos niveles de profundidades (1 340 msnm, 1 315 msnm, 1 290 msnm y 1 265 msnm); se realizaron con ayuda del *software GEOVIA Surpac 6.6.1*, dichas perforaciones con diamantina fueron realizadas con el apoyo del departamento de perforación de Minera San Rafael.

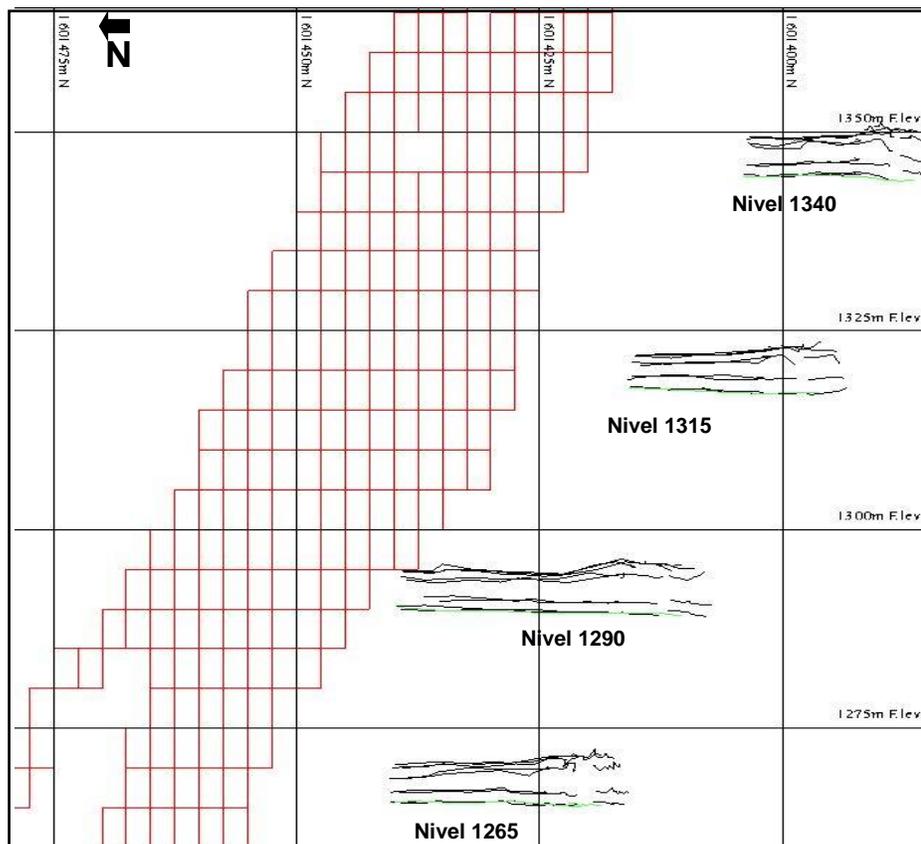
Así también se realizó la recuperación de los testigos diariamente desde mina subterránea hasta superficie.

2.3.1 Diseño del plan de perforación en la sección 806980

Se diseñaron cuatro planes de barrenación con un total de ocho pozos, estos se distribuyeron en cuatro distintos niveles de profundidad, dichos planes separados por 25 m en la vertical uno del otro, desde el nivel 1 340 msnm al 1 265 msnm.

Para la realización de los planes de barrenación, se utilizó la topografía de la sección 806980 y el modelo de veta propuesto por el departamento de Geología de exploración de Minera San Rafael (Figura 6).

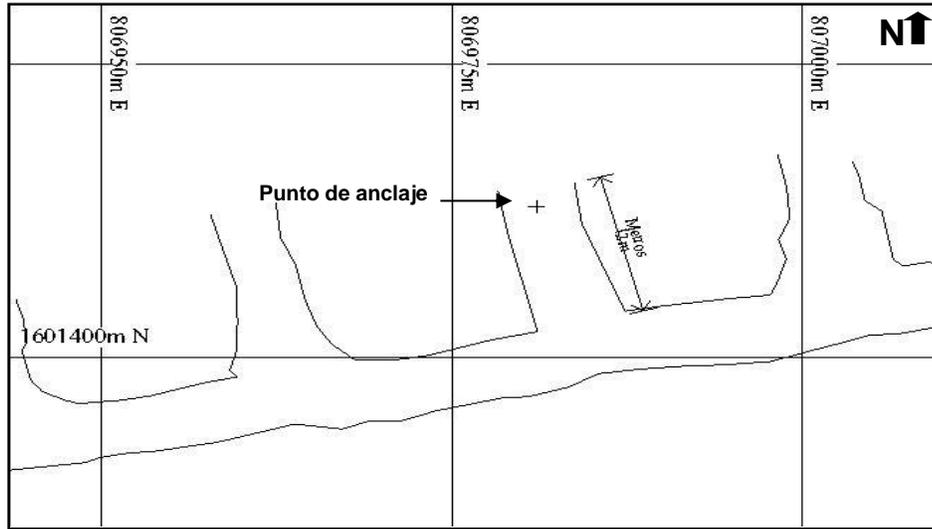
FIGURA 6
 MODELO DE VETA PROPUESTO POR GEOLOGÍA DE
 EXPLORACIÓN



Fuente: investigación campo 2015

Con ayuda del *software Surpac* y los componentes mencionados anteriormente se da inicio a crear puntos de referencia en cada uno de los cuatro nivel, estos sirvieron para que la máquina de perforación (LM-55) se anclará para iniciar la perforación, dichos puntos tienen que estar a 2 m aproximadamente del frente del acceso para que la máquina pueda maniobrar con libertad, así también el acceso tiene que tener un desarrollo mínimo de 10 m (Figura 7) para ubicar los distintos componentes que acompañan a la máquina.

FIGURA 7
ACCESO LISTO PARA INICIAR PERFORACIÓN



Fuente: investigación campo 2015

Con el desarrollo adecuado y el punto de referencia de los cuatro niveles, se diseñaron ocho pozos que atravesaron transversalmente el modelo de exploración el cual se utilizó como guía para determinar las inclinaciones y profundidades de los planes, las perforaciones están distribuidas de tal manera que permita obtener la mayor cantidad de información y detalle de la estructura mineralizada (Figura 8).

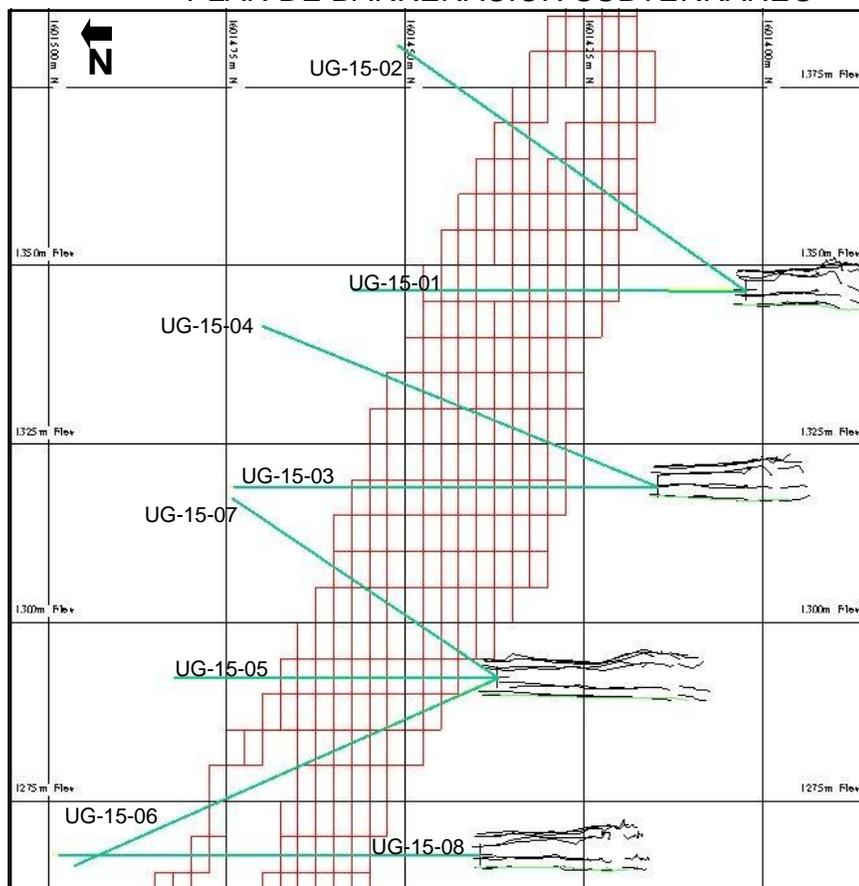
Los cuatro planes cuentan con tablas de identificación, en las cuales se especificó el número de pozo, coordenadas de inicio, altura, azimut, inclinación y los metros proyectados a perforar según el modelo (Tabla 1), dicha información fue proporcionada al departamento de perforación de Minera San Rafael para realizar con exactitud los distintos pozos.

TABLA 1
TABLA DE IDENTIFICACIÓN DE PERFORACIÓN

1340-6980-EC							
No. POZO	Y_INICIO	X_INICIO	Z_INICIO	Azimet°	INCLINACION°	PROYECTO(mts)	PROFUNDIDAD FINAL(mts)
UG-15-02	1601402.35	806920.679	1346.586	0	35	60	62.79
UG-15-01	1601402.35	806920.679	1346.586	0	0	55	59.44

Fuente: investigación campo 2015

FIGURA 8
PLAN DE BARRENACIÓN SUBTERRÁNEO



Fuente: investigación campo 2015

2.3.2 Recuperación de testigos de la sección 806980

Con los cuatro planes de barrenación diseñados, dio inicio la perforación de los mismos, para esto el departamento de perforación de Minera San Rafael otorgó el apoyo necesario con una máquina de perforación con diamantina (LM-55).

Dicha maquina perforó en las cuatro estaciones desde la estación 1 340.

Para llevar a cabo las perforaciones se necesitó de servicios de agua y energía eléctrica que fueron servidos por el departamento de servicios de Minera San Rafael.

Al tener los servicios, los planes de barrenación y el acceso con más de 10 m de desarrollo, se dio inicio al anclaje de la maquina en el área, se perforó el primer pozo con ángulo cero en cada acceso, esto para definir el espesor de la veta en el área antes de proseguir con los pozos con ángulo negativo y finalizar con los de ángulo positivo, esta metodología se realizó en todos los niveles.

La máquina LM-55 con la que se realizaron las ocho perforaciones de la investigación cuenta con varios accesorios para realizar el trabajo con eficiencia como una estación de energía eléctrica, dos pila de fluidos de perforación, tubería de revestimiento, el tubo interior, las brocas y las cajas para de almacenaje de testigos (Fotografía 1).

FOTOGRAFÍA 1
MÁQUINA DE PERFORACIÓN LM-55 NIVEL 1 340 msnm



Fuente: Tomada por Gustavo López 2015

El proceso de recuperación de testigos es el siguiente: el testigo es extraído en la tubería interior y luego colocado en el porta testigos (canal en forma de V), para finalmente ser almacenado en cajas de madera con una capacidad de tres metros de muestra; dichas cajas fueron etiquetadas con numeración correlativa, para llevar el metraje de los pozos en orden, antes de su movilización a superficie fueron revisadas todas la cajas para verificar que no existiera ningún tipo de error (Fotografía 2).

FOTOGRAFÍA 2
A. PORTA TESTIGOS, CAJA DE MADERA.
B. TUBERÍA INTERIOR



Fuente: Tomada por Gustavo López 2015

Al final de cada turno laboral, las cajas con testigo se trasladaron a superficie para ser almacenadas en casa de núcleo para su descripción litológica y estructural, para así dar inicio a la etapa dos.

2.4 Etapa de campo

En esta etapa se utilizaron los núcleos recuperados de interior mina, perforados en la sección norte 806980, los cuales fueron ocho en total.

Así también se utilizó un formato de logueo, que cuenta con las características necesarias para describir las distintas estructuras litológicas y estructurales que predominan en los diferentes pozos, para esta etapa se utilizaron muchas herramientas más, las cuales se describen a continuación.

FOTOGRAFÍA 3 MESAS DE LOGUEO



Fuente: Tomada por Gustavo López 2015

Para la realización de esta etapa también fue muy importante utilizar la metodología de colores, para describir cada una de las estructuras, tanto litológica como estructurales, los cuales se describen en la tabla 3, en la misma se observan los colores correspondientes a cada tipo de roca y estructura.

TABLA 3
METODOLOGÍA DE COLORES

COLOR	DESCRIPCION
Verde	Andesita
Café	Tobas
Anaranjado	Cuarzo blanco
Azul	Fracturas
Amarillo	Arcillas
Rojo	Veta
Lineas rojas	<i>Stockwork</i>

Fuente: Investigación campo 2015

Al estar las herramientas listas dio inicio al análisis litológico y estructural, mismo que se realizó a todos los pozos conforme se fueron perforando, se colocaron las cajas de núcleo sobre las mesas de logueo en forma correlativa, ya que cada caja tiene un número correlativo del pozo (UG-15-01 a UG-15-08).

Con las cajas tendidas se humedecieron con una bomba de mochila llena de agua, ésto facilitó la identificación de los contactos litológicos y estructuras que se presentaron en la roca de cada pozo.

El formato que se utilizó para el análisis en esta etapa es fundamental para esta investigación, ya que en éste se describieron las características más relevantes que existen en el área bajo estudio.

Dicho formato cuenta con características generales del pozo como: el número de identificación, las coordenadas de inicio, el número de hoja, el nombre de la persona que realizó el logueo, el azimut y la inclinación del pozo; todos estos datos se describieron en la parte superior del formato, como se observa en la tabla 4.

TABLA 4
PARTE SUPERIOR DEL FORMATO

Hole ID	UG-15-03			Sheet	1	of	3
Coordinates:	E	206780	N	1601416.131	Elev	1219.071	
Drill Azimuth:	359.52		Drill Dip	0.5			
					Logged by	Gustavo López	

Fuente: Departamento Geología de Mina

El formato está diseñado para describir 25 m de núcleo en cada hoja de logueo, estos metros son separados por tramos de roca, los cuales se dividen por contar con distintas características litológicas o estructurales.

A continuación se describen las 10 columnas con las que cuenta el formato en las cuales se realizó la descripción correspondiente de cada tramo.

En las primeras dos columnas de izquierda a derecha existen veinticinco divisiones, las cuales representan un metro cada una, la tercera columna es para describir gráficamente el pozo en estudio con la metodología de colores y la regla rumbera ya que se describieron tanto características litológicas, estructurales, rumbos reales, contactos y texturas, con mayor detalle.

En la cuarta columna se indicó la litología que existe en el tramo descrito que puede ser: Andesita Porfirítica, Tobas, Toba lítica, Dique Andesítico, Veta, *Stockwork*, Veta de cuarzo blanco, Calcita y Cuarzo brechado.

La quinta columna indica el tipo de alteración que existe en el tramo las cuales pueden ser: Sílica, Propilitica, Argilica y Sericitica, en el logueo de los ocho pozos las alteraciones que predominaron fueron la Sílica y Argílica.

En la sexta columna se describió el tipo de alteración ya sea pervasiva si se presenta en todo el tramo descrito o selectiva si la alteración esta intercalada con otro tipo de alteración menos predominante, en la presente investigación se determinaron los dos tipos de alteración; la séptima columna describe el grado de alteración que tiene el tramo de roca descrito que puede ser alto, medio y bajo.

En la octava columna se describe el tipo de oxidación que puede tener el núcleo, las cuales pueden ser, óxido de manganeso, óxido limonítico, pirita fresca, óxido hematítico y sin datos, en la investigación, la oxidación que predominó fue la pirita fresca ya que en todos los pozos hay presencia de pirita en matriz o en planos de fractura.

Así también óxido hematítico fue encontrado en el pozo UG-15-04 y UG-15-05; los pozos que presentaron áreas sin datos fueron el UG-15-02 y UG-15-03.

La novena columna representa el grado de oxidación que puede ser: alta, media o baja y la última columna es de comentarios.

En la columna de comentarios se describieron todas las características que se observaron y no se encuentran en las columnas anteriores como el tipo de fracturamiento, si hay existencia de arcilla, textura de la roca, minerales predominantes, el número de vetas por metro y cualquier otro comentario que se observó en el tramo que se describió, en la tabla 5 se observan las diez columnas del formato descritas anteriormente.

TABLA 5
COLUMNAS DE FORMATO DE LOGUEO

From		To	Lithology	ID_Alt	T_Alt	Gr_Alt	ID_Ox	Gr_Ox	Comments
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			AP	D	FE	A	FF	B	Leve fracturamiento en matriz.
			VT	D	FE	A	FF	A	19.00 - 22.50 con fracturamiento leve en matriz andesítica. Veta con clastos de andesita y matriz de cuarzo blanco y leve fracturamiento.

Lithology: AP, Andesita Porfírica; CR, Capas Rojas; TL, Tobas Líticas; AD, Diques Andesíticos; VT, veta; STK, Stockwork (Cr) o (Ap); F-10, M-20, L-30
 Veta: Veta Cuarzo Blanco, ZAL, Calcita; BK, Cuarzo Brechoso
 ID_Alt= SM: Esmeralda, S: Sílica, P: Propilítica, A: Argílica, SR: Sericitica
 T_Alt= Pgr: Pervasiva, Sel: Selectiva GR_Alt-Gr_Ox= A: Alto (10); M: Medio (20); B: Bajo (30)
 ID_Ox= QM: Oxido de Manganese, OXL: Oxido Limonítico, PYE: Pirita Fresca, OXH: Oxido Hematítico, SD: Sin Datos

Fuente: Departamento Geología de Mina

En la fotografía 5 se observan las cajas de núcleo y las hojas de logueo correspondiente al pozo UG-15-07, para el mejor entendimiento de cómo fue la metodología de logueo en la investigación, donde se marcaron los distintos tramos; se consideraron los contactos litológicos y estructurales, las distintas alteraciones y oxidaciones.

Se observa el logueo completo del mismo, con cada tramo descrito y separado por sus distintas características.

De 0 m a 6 m se determinó andesita con leve fracturamiento y ocasionales vetillas con trazas de sulfuros de 6 m a 10.40 m da inicio una veta brecha con clastos de andesita y veta con matriz de cuarzo blanco y leve fracturamiento.

De 10,40 m a 24 m otra veta brechas que fue separada del tramo anterior ya que presento bandas y clastos con sulfuros, hematita proustita y clastos de tobas con leve fracturamiento.

De 24 m a 28,65 m se presentó una veta de cuarzo blanco con moderado fracturamiento, textura bandeada y brechada al inicio del tramo, la cual es estéril, de 28,65 m a 31,50 m se observa un *Stockwork* leve con tres vetillas por metro, con trazas de sulfuros y moderado fracturamiento, el contacto de andesita y tobas.

De 31,50 m a 36,50 m se describió una zona de cizalla con arcilla en matriz, clastos de tobas y ocasionales vetillas de calcita estériles y de 36,50 m a 39,32 m tobas con moderado fracturamiento de grano fino, finalizando este pozo, este es el pozos más pequeño de la investigación y el que cuenta con todas las litologías que se encontraron en toda la sección norte 806980.

En la fotografía 4 se muestran las cajas de núcleos y las hojas de logueo correspondientes, en este se puede entender de una mejor manera como fue la metodología de logueo en esta investigación la cual definió el inicio y el final del macizo mineralizado en el área de investigación

FOTOGRAFÍA 4 NÚCLEOS CON LOGUEO

Logo: G80, Minera San Rafael, USAC

Sheet: 1 of 1

Coordinates: E 80° 10' 00" W, N 22° 07' 30" S, Elev 2249 m

DRI Admin: J. V. C. DRI Dp: 201.00

From	To	Lithology	TA	T. Ab	Gr. Ab	ID. OI	Gr. OI	Gr. OI	Comments
0	10	YF							YF - 100%
10	20	YF							YF - 100%
20	30	YF							YF - 100%
30	40	YF							YF - 100%
40	50	YF							YF - 100%
50	60	YF							YF - 100%
60	70	YF							YF - 100%
70	80	YF							YF - 100%
80	90	YF							YF - 100%
90	100	YF							YF - 100%

Lithology: YF, Antracita Prolifera, CS, Cuarzo Negro, SL, Talca Libre, AL, Oligoceno Andesítico, YF, veta, BTR, Stockwork (C) (A), F, N, M, Z, L, D

Logo: G80, Minera San Rafael, USAC

Sheet: 1 of 1

Coordinates: E 80° 10' 00" W, N 22° 07' 30" S, Elev 2249 m

DRI Admin: J. V. C. DRI Dp: 201.00

From	To	Lithology	ID. Ab	T. Ab	Gr. Ab	ID. OI	Gr. OI	Gr. OI	Comments
0	10	YF							YF - 100%
10	20	YF							YF - 100%
20	30	YF							YF - 100%
30	40	YF							YF - 100%
40	50	YF							YF - 100%
50	60	YF							YF - 100%
60	70	YF							YF - 100%
70	80	YF							YF - 100%
80	90	YF							YF - 100%
90	100	YF							YF - 100%

Lithology: YF, Antracita Prolifera, CS, Cuarzo Negro, SL, Talca Libre, AL, Oligoceno Andesítico, YF, veta, BTR, Stockwork (C) (A), F, N, M, Z, L, D

Fuente: investigación campo 2015

Esta metodología se utilizó para los análisis tanto litológicos como estructurales en todos los pozos.

Para la identificación de las distintas litologías en todos los pozos de la investigación, se contó con ayuda de lupas de 10X y 14X, ácido clorhídrico al 10 % y lápiz de dureza, así también se determinaron las distintas profundidades de las estructuras, con esto se obtuvo el inicio y final del macizo rocoso mineralizado en la sección norte 806980, con lo que se realizó el modelo geológico.

Así también se describieron las fracturas en todos los pozos, las cuales fueron ploteadas en las distintas profundidades que se encontraron, estas se describieron y graficaron en la columna tres con ayuda de la regla rumbera y el crayón azul, esto indica el nivel estructural de la sección con lo que se realizó el modelo estructural.

2.5 Etapa de gabinete

En esta etapa se realizó el análisis y correlación de la información que se recopiló con los logueos, tanto litológica como estructuralmente extraída de los ocho pozos perforados, dicha información se extrajo de cuatro distintos niveles subterráneos separados en la vertical por 25 m.

Por lo que se obtuvo la información exacta de 75 m del macizo rocoso mineralizado a detalle, con esto se generó un modelo geológico y un modelo estructural del área y se definió la geometría de la veta con más detalle, como la realización del informe final.

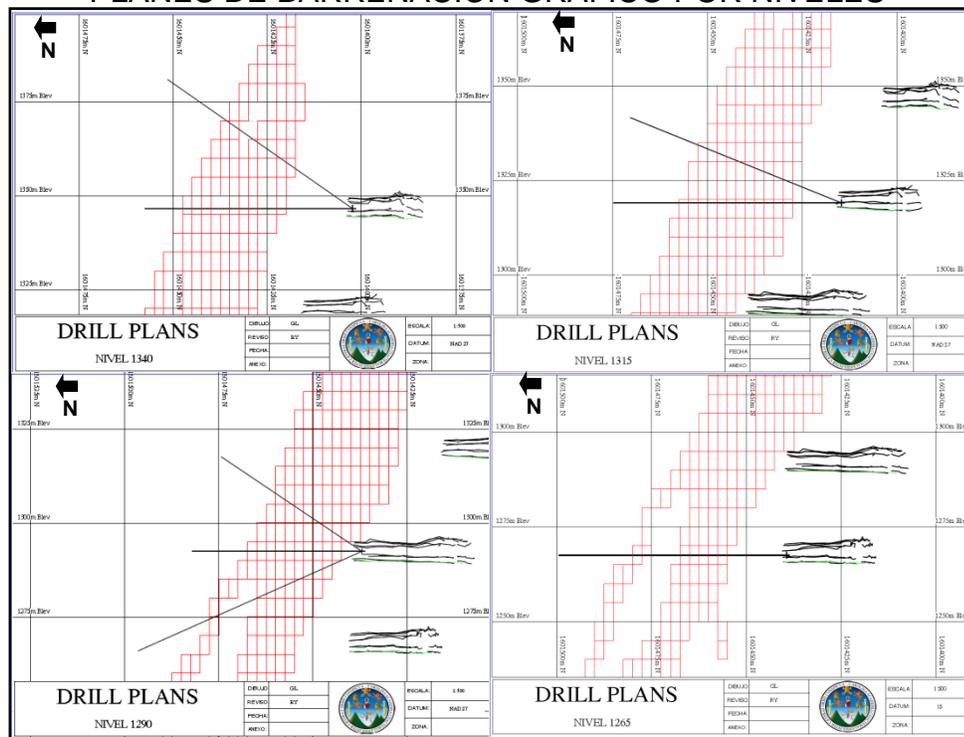
2.5.1 Generación de modelo geológico y estructural

Para generar el modelo geológico y estructural se utilizaron los planes de barrenación gráficos para observar los barrenos y poder

hacer una correlación litológica y estructural en cada nivel en donde se perforó.

Para graficar los barrenos de cada nivel se utilizó la misma metodología de colores que en el logueo, se inició graficando con ayuda del *software Surpac 6.6.1* líneas del punto de inicio de la perforación con la longitud proyectada a escala 1:500 y su inclinación, en la figura 9 se observan los cuatro planes gráficos que se utilizaron en toda la investigación donde están distribuidos los ocho pozos (UG-15-01 a UG-15-08).

FIGURA 9
PLANES DE BARRENACIÓN GRÁFICO POR NIVELES



Fuente: investigación campo 2015

En la figura 9 se observan los cuatro distintos planes de barrenación gráfica, los que fueron rellenados con la información recopilada en los logueos de los ocho pozos, para su mejor

interpretación se utilizaron colores de las distintas litologías que se encontraron, en las profundidades exactas ya que los planes gráficos se imprimieron a escala 1:500, con esto se inició la interpretación de los pozos por niveles, para crear pequeñas secciones.

Para lo estructural se realizó la misma metodología y vario la utilización de una tabla de fracturamiento (tabla 6) la cual se divide en cuatro tipos de fracturamiento: leve, moderado, fuerte y falla.

Con esta herramienta se describe gráficamente el fracturamiento en cada tramo del pozo con líneas azules a distinta separación, por debajo de la línea litológica.

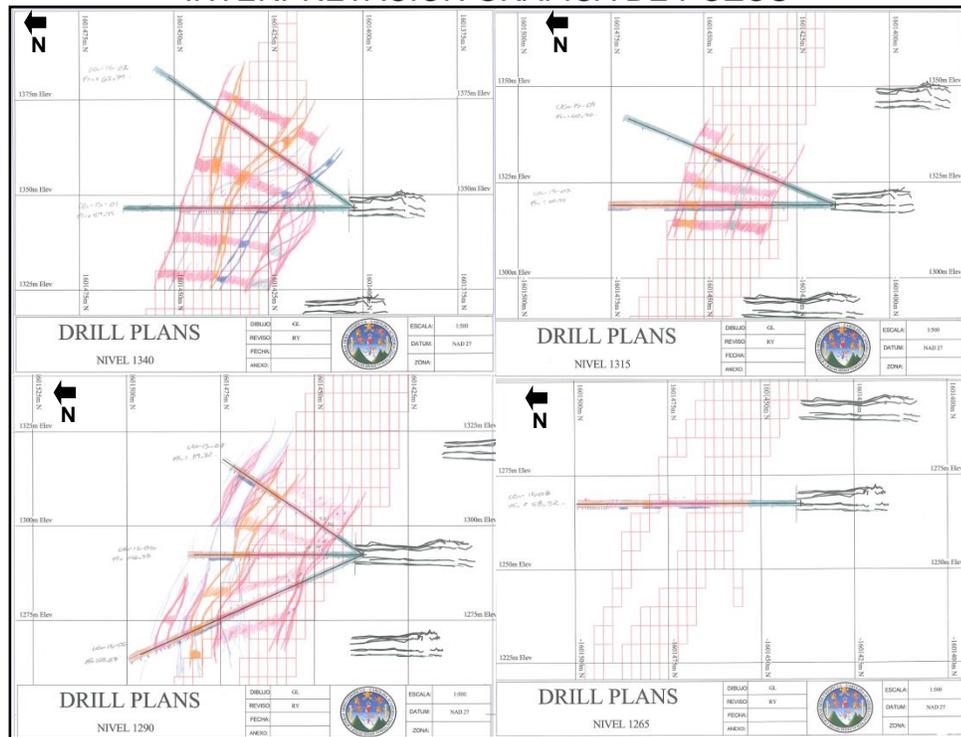
TABLA 6
TABLA DE FRACTURAMIENTO

FRACTURAMIENTO			
FALLA	FUERTE	MODERADO	LEVE

Fuente: investigación campo 2015

Los ocho pozos interpretados gráficamente en los cuatro planes gráficos de barrenación, con sus características litológicas y estructurales (figura 10), se da inicio al modelamiento de la sección norte 806980.

FIGURA 10
INTERPRETACIÓN GRÁFICA DE POZOS



Fuente: investigación campo 2015

Con los cuatro planes de perforación graficados se generó el modelo geológico, el cual es la correlación e interpretación de los cuatro planes de perforación y los ocho pozos en un solo formato según las características litológicas y estructurales que se definieron en el logeo.

Este análisis se facilitó con la ayuda de una mesa de luz para colocar los planes de barrenación uno sobre otro y que estos fueran translucidos, fueron guía las coordenadas UTM; esto ayudó a correlacionar las distintas estructuras que se determinaron en cada nivel.

Con la guía que se generó (gracias a la mesa de luz se interpretaron las distintas características litológicas y estructurales

entre los cuatro distintos niveles de interior mina) se interpretaron las estructuras encontradas en cada nivel para unificarlas y determinar la geometría del macizo mineralizado en la sección norte 806980 del nivel 1 340 msnm al nivel 1 290 msnm.

Con esta metodología se generó un modelo geológico en el cual se presentan todas las litologías que existen en la sección, también se obtuvo una correlación de las mismas y con esto la geometría de la veta en la sección norte 806980, también se determinó el contacto entre andesita y tobas que son las litologías encajonantes de la veta Escobal y que existe una veta de cuarzo blanco que se introduce en la veta como otro evento.

Se generó también un modelo estructural, con el que se obtuvo la información de las zonas de cizallamiento que atraviesan esta sección y las cuales provocan inestabilidad en las cámaras de producción, se identificaron tres cizallas principales las cuales generan un sistema de fracturamiento con inclinación hacia el norte.

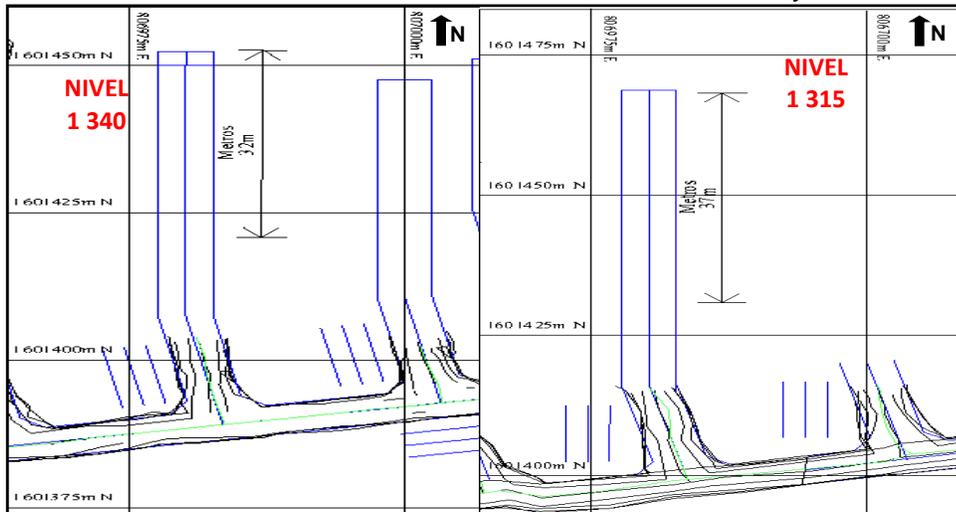
En los dos modelos, las estructuras se plotearon he interpretaron a mano, las cuales se digitalizaron después con ayuda del *software Surpac 6.6.1*, con esto dio inicio a la última etapa.

2.5.2 Diseño de cámaras de producción

Para la realización del diseño de las cámaras de producción primero se determinó el inicio y el final de la veta, con ayuda del modelo geológico en cada nivel.

Con los límites de la veta determinados, se prosiguió a tener el proyecto del acceso, es decir hasta donde se van avanzar los distintos accesos en los cuatro niveles en relación a la horizontal con orientación al norte, este diseño se determinó con el conocimiento de la coordenada del final de la veta, esto fue necesario ya que la veta cuenta con una geometría variable en cada nivel y así se determinó la longitud de las cámaras de producción en cada nivel (figura 11).

FIGURA 11
PROYECTOS Y LÍMITES DE VETA NIVEL 1 340 y 1 315



Fuente: investigación campo 2015

Como se observa en la figura 10 la geometría de la veta varía en cada uno de los niveles, por ejemplo en el nivel 1 340 msnm tiene un espesor de 28,5 m y en el nivel 1315 msnm un espesor de 25 m.

Se determinó que las cámaras tienen una distancia vertical de 25 m de profundidad entre cada uno de los niveles, por lo que se diseñaron tres distintas cámaras de producción en total.

Cuentan con distinta geometría y ángulo de inclinación ya que la veta no es homogénea en los 75 m de profundidad donde se realizó la investigación.

Con estos datos, se prosiguió a generar polígonos con ayuda de *Surpac* en cada uno de los niveles, estos polígonos fueron de distinta longitud ya que la veta es variable, se determinó según los resultados del modelo geológico.

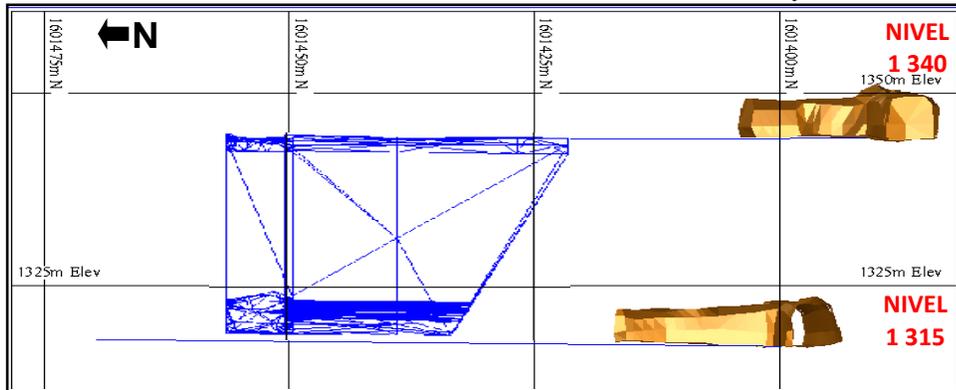
Para extraer mayor cantidad de mineral y evitar la dilución con material de la roca caja (estéril), las cámaras se diseñaron de manera casi exacta con la geometría de la veta.

Las cámaras inician en la coordenada donde inicia la mineralización en la parte superior e inferior, los puntos inferiores cuentan con un desplazamiento hacia el norte en las tres cámaras, ya que existe una inclinación del macizo mineralizado hacia el norte.

Los puntos en la parte final de cámara se encuentran en la misma coordenada en la parte superior como inferior con una distancia de 25 m que los separa, ya que las cámaras son rectas en la parte final para evitar inestabilidades y la dilución con caídos de material estéril; en la figura 12 se observa la cámara del nivel 1 340 msnm al 1 315 msnm con las características mencionadas anteriormente.

Al tener los polígonos con las coordenadas superiores e inferiores, se triangularon, dando como resultado tres sólidos los que al momento de la producción serán las distintas cámaras de producción.

FIGURA 12
PROYECTOS Y LIMITES DE VETA NIVEL 1 340 y 1 315



Fuente: investigación campo 2015

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Generalidades

A continuación se presenta la información producida después de haber ejecutado la metodología descrita en el capítulo anterior.

Para explicar los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación de una mejor manera, se presenta la geología general como la litología, alteraciones y mineralizaciones de la sección norte 806980.

Así también la geometría del cuerpo mineralizado, para esto se utilizaron los resultados de las perforaciones con diamantina y los logueos de los mismos; se analizaron por niveles individuales las distintas características encontradas en los pozos, con esto se determinó la geometría del cuerpo mineralizado de la sección desde el nivel 1 340 msnm al nivel 1 265 msnm.

3.2 Descripción de unidades litológicas

Con el análisis de los logueos, se definió como roca caja la Unidad de Andesita Porfírica y la Unidad de Tobas, las cuales comprenden tanto de grano fino como medio.

3.2.1 Unidad Andesita porfirítica

Las andesitas presentan una textura porfirítica, con presencia de feldespatos que constituyen los fenocristales, se describe como una roca competente con leve fracturamiento en toda la sección, por ser una roca ígnea con un soporte de compresión de hasta 100 MPa; dicha litología presenta dos colores, un color rojizo en matriz cuando posee alteración primaria y no ha sido alterado hidrotermalmente (Fotografía 5) y se presenta también de un color verdoso en matriz cuando predomina la alteración sílica, los feldespatos se silicifican y la coloración de la matriz es más blanca como se presenta en la fotografía 6, que es la más común en la sección trabajada.

Se presenta una alteración propilítica donde los feldespatos y micas son reemplazados por clorita, en dicha alteración se presentan también hilos cloritizados, por lo que el color de la roca es verde oscuro tanto en matriz como en los feldespatos como se observa en la fotografía 7.

Las andesitas porfiríticas de la investigación presentan pirita diseminada en la matriz, con un máximo del 1 %, esta característica es evidente en la mayoría de los pozos que se realizaron.

FOTOGRAFÍA 5
OXIDACIÓN PRIMARIA EN ANDESITA PROFIRÍTICA



Fuente: investigación campo 2015

FOTOGRAFÍA 6
ALTERACIÓN SÍLICA



Fuente: investigación campo 2015

FOTOGRAFÍA 7 ALTERACIÓN PROPILÍTICA



Fuente: investigación campo 2015

3.2.2 Unidad de Tobas

Se definen como tobas a los sedimentos de origen volcánico, como tobas de grano fino y de grano medio que se encontraron en esta sección; las cuales presentan dos colores, uno rojizo cuando presenta la oxidación primaria y no ha sido afectada la roca por ninguna alteración, como se observa en la fotografía 8.

Así también se presenta de un color verdoso, cuando la toba presenta alteración sílica que se define por la dureza de la roca, esta es de una coloración verde claro y cuando presenta alteración propilítica presenta un color verde oscuro por la clorita en hilos y diseminada en matriz como se observa en la fotografía 9.

Las tobas constituyen el basamento del yacimiento ya que se encuentran depositadas debajo de las andesitas, estas dos litologías constituyen la roca caja de la veta Escobal, y se

encuentran alteradas debido a la intrusión del macizo mineralizado en las mismas.

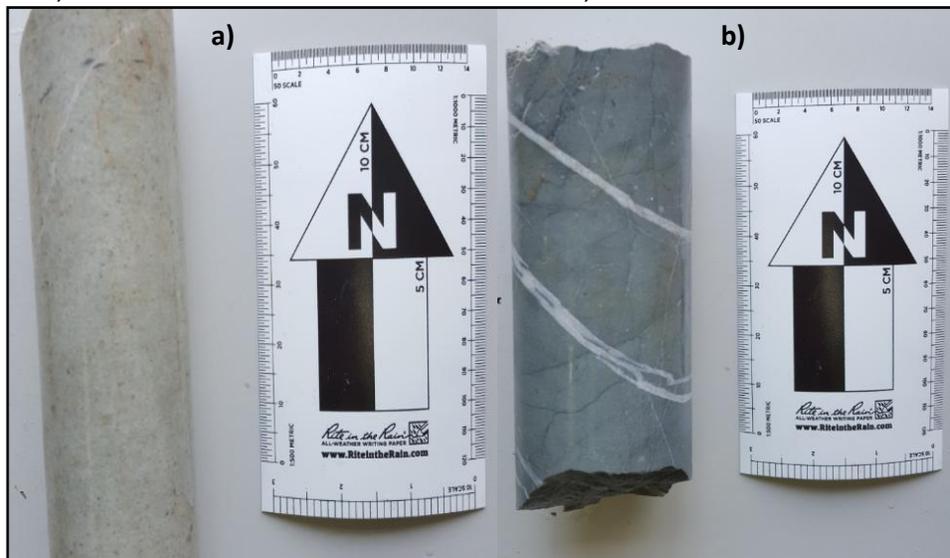
FOTOGRAFÍA 8 OXIDACIÓN PRIMARIA EN TOBAS



Fuente: investigación campo 2015

En la fotografía 9 se observa a) la alteración sílica b) la alteración propilitica.

FOTOGRAFÍA 9 a) ALTERACIÓN SÍLICA EN TOBA, b) PROPILITICA EN TOBA



Fuente: investigación campo 2015

3.3 Estructuras del yacimiento

Las litologías con mineralización se presentan como, una zona de veta con mineralización en bandas, parches, diseminados y brechados, el *Stockwork* y así también una veta de cuarzo blanco estéril.

3.3.1 Veta

Se denominó veta en esta investigación, al material que rellena fracturas en la andesita porfirítica o tobas y se distingue de ellas por su color o constitución mineralógica.

La veta se presenta con tres texturas, veta con sulfuros en bandas y en parches como galena, esfalerita, acantita y sulfosales como proustita en bandas como se ve en la fotografía 10, también veta brechada, dicha litología presenta clastos de veta y de roca encajante, con una matriz soportada de cuarzo blanco, con sulfuros diseminados tanto en clastos como en la matriz como se ve en la fotografía 11.

Dichas vetas se graficaron en un mismo macizo mineralizado para su mejor entendimiento, ya que el objetivo principal de la investigación es determinar la geometría del macizo mineralizado y que dichas vetas se presentan intercaladas en toda la sección.

FOTOGRAFÍA 10 VETA CON BANDAS Y PARCHES



Fuente: investigación campo 2015

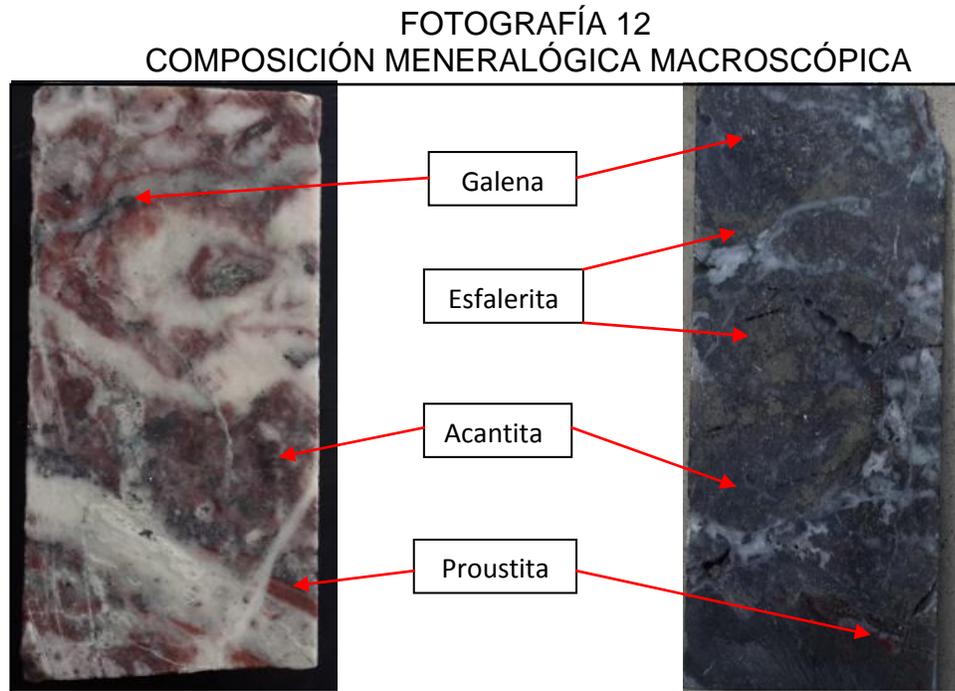
FOTOGRAFÍA 11 VETA BRECHA



Fuente: investigación campo 2015

La composición mineralógica económica del macizo mineralizado se compone de sulfuros como galena (sulfuro de plomo), esfalerita (sulfuros de zinc) y acantita (sulfuros de plata), y

sulfosales de plata como la proustita (coloración rojiza en la veta), en la fotografía 12, se ejemplifican todos los minerales expuestos anteriormente.



Fuente: investigación campo 2015

Se presenta también una veta de cuarzo blanco o lechoso que presenta bandas de distintos tonos el cual no se observó la presencia de mineralización como se observa en la fotografía 13, esta veta se adjudicó a un evento posterior a la veta con mineralización, por lo que se pudo identificar de una mejor manera como se observa en la figura 17.

Con la evidencia de esta veta se identifica un evento hidrotermal que no está mineralizado y que fue posterior a la formación de la veta mineralizada ya que intruye en la misma y es estéril.

FOTOGRAFÍA 13 CUARZO BLANCO BANDEADO



Fuente: investigación campo 2015

3.3.2 *Stockwork*

Se le denomina *Stockwork* a un sistema de vetilleo en forma de enrejado, se determinó esta litología en pequeñas vetas tanto en andesita como en tobas, se identificó debido a que la roca presentaba un vetilleo de 2 a 3 vetillas por metro con un espesor de uno a dos cm y sulfuros en las mismas, así también se determinó que dicha litología no siempre llegan a tener mineralización.

En la fotografía 14 se aprecia un *Stockwork* en andesita con alteración propilítica.

FOTOGRAFÍA 14 STOCKWORK EN ANDESITA



Fuente: investigación campo 2015

Se puede decir que las zonas de *stockwork* son zonas de fracturamiento previas a la mineralización, evidencia de esto es que dicha litología se encuentra en las zonas periféricas de la veta.

3.4 Perforación con diamantina

Las perforaciones se realizaron en los cuatro niveles en distintas profundidades a continuación se describirán los resultados que se obtuvieron con ayuda del logueo en ocho pozos realizados en mina subterránea, los cuales se distribuyeron de la mejor manera para obtener la mayor información en la sección norte 806980, dichos pozos se identificaron de forma correlativa del UG-15-01 al UG-15-08 como se observa en la figura 8.

3.4.1 UG-15-01

Este fue el primer pozo perforado en el nivel 1 340 msnm el cual se identifica con UG-15-01 que cuenta con inclinación $0,5^\circ$ y una profundidad final de 59,44 m (figura 8).

En dicho pozo se dividió en distintos tramos según las litologías y alteraciones que presento; de 0 m a 9 m se encontró andesita con leve fracturamiento con hilos de calcita con ocasionales trazas de pirita (>1 mm), de 9 m a 15 m existe un *Stockwork* con 3 a 4 vetillas por metro, dichas vetillas son de cuarzo y contienen trazas de sulfuros, presenta leve fracturamiento.

De 15 m a 17 m, andesita con vetillas de 1 a 2 por metro con leve fracturamiento; de 17 m a 27,70 m inicia una veta brecha con bandas y parches de sulfuros con clastos de andesita y parches ocasionales de sulfuros masivos, cuenta con leve fracturamiento, de 21,65 m a 24,40 m existe zona de veta más una zona de cizalla local con matriz de arcilla.

De 27,70 m a 31,40 m, predomina una veta de cuarzo gris con sulfuros diseminados en matriz y en parches con un fracturamiento de leve a fuerte; el tramo de 31,40 m a 32,75 m presentó una veta de cuarzo blanco la cual tiene una textura bandeada y no contiene mineralización.

De 32,75 m a 39,50 m, se determinó una veta de cuarzo gris con sulfuros en hilos y diseminados, con fuerte fracturamiento en todo el tramo; de 39,50 m a 44,50 m, veta con matriz de cuarzo con sulfuros en bandas y parches con fracturamiento de moderado a fuerte con ocasionales tramos con andesita.

De 44,50 m a 50,50 m, andesita con ocasionales vetillas de cuarzo-calcita con trazas de sulfuros con hilos de pirita y clorita con leve fracturamiento; el último tramo de 50,50 m a 59,44 m, presenta una andesita con leve fracturamiento y oxidación hematítico

moderada en todo el tramo se observan arcillas (caolinita) en planos de fracturamiento.

Este pozo presenta una veta de 27,5 m con andesita como roca caja, lo cual se puede observar en el anexo 1 y 2 donde se presenta el logueo y las cajas de núcleo correspondientes al pozo UG-15-01, el pozo se divide en los diez tramos expuestos anteriormente.

Las fotografías del pozo UG-15-01 y su logueo el cual se realizó en la etapa de campo, se adjuntó en el anexo 1 y 2, en dichos anexos se realizó una identificación con números, los cuales se correlacionan en las imágenes de los núcleos en la parte superior y los logueos en la parte inferior, esta metodología se realizó en todos los pozos.

3.4.2 UG-15-02

El pozo UG-15-02 es el segundo pozo perforado en el nivel 1 340 el cual cuenta con 35,5 ° de inclinación y una profundidad de 62,79 m (Figura 8), el primer tramo en que se dividió en este pozo fue de 0 m a 11,65 m en el cual presenta andesita con leve fracturamiento y un ocasional vetilleo de cuarzo-calcita con trazas de galena con vetillas de 1 cm a 6 cm de espesor.

De 11,65 m a 13,05 m, se identificó una zona de cizalla local con argilización en matriz y clastos de andesita.

En el tramo de 13,05 m a 17,40 m, da inicio una veta brecha con sulfuros en clastos y parches de galena, esfalerita y posible

sulfosales en pequeñas bandas de proustita con tramos ocasionales de andesita con moderado fracturamiento.

De 17,40 m a 22,50 m, en este tramo se observó una veta de cuarzo con bandas y parches de sulfosales como proustita, sulfuros como galena y esfalerita, con fracturamiento de fuerte a moderado; de 22,50 m a 25,60 m, cuarzo blanco con textura bandeada y leve fracturamiento.

El tramo de 25,60 m a 35,60 m, da inicio una veta brecha con sulfuros en parches y bandas con galena, esfalerita y pirita, fuerte presencia de óxido hematítico con hilos de proustita, moderado fracturamiento y ocasionales fragmentos de andesita; 35,60 m a 38 m veta con matriz de cuarzo y sulfuros diseminados y en bandas con leve fracturamiento.

De 38 m a 40 m, veta de cuarzo blanco con textura bandeada con leve fracturamiento, estéril; el tramo de 40 m a 43 m veta con sulfuros diseminados en matriz con posible acantita y leve fracturamiento.

De 43 m a 62,79 m, se presenta andesita con leve fracturamiento, pequeña falla local de 60 cm de espesor al inicio del tramo, con ocasionales vetillas de cuarzo-calcita estéril, leve oxidación hematítica en matriz.

Este pozo presenta una veta de 29,5 m con andesita como roca caja, lo cual se puede observar en el anexo 3 y 4 donde se presenta el logueo y las cajas de núcleo correspondientes al pozo UG-15-02, el pozo se divide en los nueve tramos expuestos anteriormente.

3.4.3 UG-15-03

Este fue el primer pozo en el nivel 1 315 msnm el cual tiene una inclinación de 0,5 ° y un profundidad final de 60,96 m (Figura 8), el cual inicia de 0 m a 17,00 m con andesita con leve fracturamiento, alteración propilitica leve en matriz y ocasionales vetillas de cuarzo-calcita con bandas de hematita y trazas de sulfuros.

De 17 m a 25,50 m, veta brechada con fracturamiento leve con tramos de fracturamiento moderado, veta con clastos andesita con bandas y parches de sulfuros ocasionales; el tramo de 25,50 m a 27 m se encuentra un *Stockwork* leve con 3 vetillas por metro con alteración propilitica leve en matriz.

De 27 m a 37 m, se desarrolló una veta brechada en zona de cizalla, con clastos de andesita, cuarzo y sulfuros en parches, tramos con arcilla en matriz; el siguiente tramo es de 37 m a 40,50 m, en el cual se encontró una veta de cuarzo blanco cizallada con clastos de andesita al inicio del tramo y clastos de tobas al final del mismo lo cual indica que en este tramo se encuentra el contacto entre andesita y tobas.

De 40,50 m a 42 m, se presentó una veta cizallada la cual presenta banda de tobas y un fuerte fracturamiento; de 42 m a 46 m, se desarrolló una zona de cizalla en tobas con alteración argílica moderada en matriz, con clastos de tobas y cuarzo blanco estéril soportados en matriz de arcilla.

En el tramo de 46 m a 54.90 m, se encontró una toba de grano fino de coloración verdosa a rojiza, con roca competente y

leve fracturamiento; de 54,90 m a 60,96 m, se identificó una zona de cizalla la cual presenta una alteración argílica moderada en matriz.

Este pozo presenta una veta de 25 m, con andesita como roca caja, que se observan en el anexo 5 y 6 donde se presenta el logueo y las cajas de núcleo correspondientes al pozo UG-15-03, el pozo se divide en los diez tramos expuestos anteriormente.

3.4.4 UG-15-04

Este fue pozo perforado en el nivel 1 315 msnm el cual tiene una inclinación de 21,5 ° y un profundidad final de 60,96 m (figura 8), en el cual el primer tramo de 0 m a 15,50 m donde predomina andesita con leve fracturamiento, con arcilla en planos de fractura, ocasionales vetillas de cuarzo-calcita.

De 15,50 a 24 m, veta con matriz de cuarzo con sulfuros en bandas y en parches como galena, esfalerita y sulfosales como proustita, leve fracturamiento; 24 m a 25 m, *Stockwork* leve con tres vetillas por metro con sulfuros, leve fracturamiento.

De 25 m a 33 m, veta con matriz de cuarzo con textura bandeada sulfuros como galena, esfalerita, acantita y ocasionales clastos de andesita, tramo con leve fracturamiento.

33 m a 36 m, veta de cuarzo blanco masivo con fuerte a moderado fracturamiento, con ocasionales hilos de clorita.

De 36 m a 41 m, se presentó una veta brecha con galena esfalerita y proustita con moderado fracturamiento; de 41 m a

60,96 m, andesita con leve fracturamiento con ocasionales fracturas con relleno de calcita en hilos y sericita en planos.

Este pozo presenta una veta de 25,50 m con andesita y tobas como roca caja, que se observan en el anexo 7 y 8 donde se presenta el logueo y las cajas de núcleo correspondientes al pozo UG-15-04, el pozo se divide en los diez tramos expuestos anteriormente.

3.4.5 UG-15-05

El pozo UG-15-05 es el primero de tres en el nivel 1 290 msnm el cual tiene una inclinación de 0,2 ° y un profundidad final de 46,33 m (Figura 8), el cual inicio de 0 m a 10 m, con andesita con leve fracturamiento, leve vetilleo de cuarzo calcita con trazas de esfalerita.

De 10 m a 20 m, se determinó una veta brechada en la cual se identificó el contacto de las andesitas con las tobas en 13,20 m, presentó bandas de sulfuros como galena esfalerita y acantita, leve fracturamiento con oxidación hematítica en matriz.

De 20 m a 28 m, veta de matriz de cuarzo con parches de sulfuros como galena esfalerita y acantita con textura brechada leve de 26 m a 27,20 m, clastos de hematita-proustita en matriz de cuarzo; de 28 m a 30 m se identificó un *Stockwork* leve con tres vetillas por metro de con trazas de sulfuros y leve fracturamiento.

De 30 m a 31,50 m, una pequeña veta brecha con sulfuros diseminados en matriz, de 31,50 m a 34,60 m se presentó una veta de cuarzo blando con textura bandeada, estéril y ocasionales

clastos de tobas; de 34,60 m a 40,50 m, una zona de cizalla en toba de grano fino con alteración argílica en matriz de cuarzo y en planos de fracturas con hilos de cuarzo-calcita ocasionales.

De 40,50 m a 46,33 m, es el último tramo donde se determinó tobas de grano fino a medio con leve fracturamiento con ocasionales vetillas de cuarzo-calcita con pirita leve.

Este pozo presenta una veta de 24,6 m con andesita y tobas como roca caja, que se observan en el anexo 7 y 8 donde se presenta el logueo y las cajas de núcleo correspondientes al pozo UG-15-05, el pozo se divide en los ocho tramos expuestos anteriormente.

3.4.6 UG-15-06

El pozo UG-15-06 es el segundo de tres en el nivel 1 290 msnm el cual cuenta con una inclinación de -24° y un profundidad final de 65,53 m (Figura 8), el cual inicio de 0 m a 15,50 m, con andesita de leve fracturamiento con vetillas estériles de cuarzo-calcita y ocasionales trazas de esfalerita.

De 15,50 m a 23 m, se presentó una veta de moderado desarrollo con bandas de sulfuros como galena, esfalerita y sulfosales como proustita con leve fracturamiento; de 23 m a 33 m, la presencia de una veta brechada con leve fracturamiento, hilos de hematita-proustita, sulfuros como galena y esfalerita diseminados en matriz.

En el tramo de 33 m a 40 m, veta de moderado desarrollo la cual presenta bandas de tobas y fuerte fracturamiento con arcilla;

de 40 m a 45,20 m, se encuentra una zona de cizalla en tobas con arcillas moderadas y ocasionales trazas de galena.

De 45,20 m a 47 m, se presentó una veta de cuarzo blanco con textura bandeada estéril, con fuerte fracturamiento y arcilla; de 47 m a 50,50 m, inició una veta de sulfuros diseminados en matriz, como galena, esfalerita y acantita con fuerte fracturamiento; en 50,50 m a 55 m se observó una zona de fuerte fracturamiento con la influencia de una zona de cizalla local de 51,40 m a 52,20 m el tramo presento vetillas con trazas de galena.

De 55 m a 59 m, veta de moderado desarrollo con bandas de tobas, vetas de cuarzo-calcita con sulfuros como galena, acantita y esfalerita; el último tramo de 59 m a 65,53 m tobas con moderado fracturamiento con ocasionales arcillas en planos de fracturas, hilos con pirita en el tramo.

Este pozo presenta una veta de 35 m con andesita y tobas como roca caja, que se observan en el anexo 9 y 10 donde se presenta el logueo y las cajas de núcleo correspondientes al pozo UG-15-06, el pozo se divide en los diez tramos expuestos anteriormente.

3.4.7 UG-15-07

El pozo UG-15-07 es el tercero y ultimó en el nivel 1 290 msnm el cual cuenta con una inclinación de $34,06^{\circ}$ y un profundidad final de 39,32 m (Figura 8), en este pozo el primer tramo es de 0 m a 6 m con andesita de leve fracturamiento con ocasionales vetillas cuarzo-calcita con trazas de esfalerita.

De 6 m a 10,40 m, dio inicio la veta brecha con clastos de andesita, con sulfuros diseminados en matriz con leve fracturamiento; 10,40 m a 24 m, en este tramo inicia el contacto con tobas, ya que la veta brecha contiene clastos con tobas. Sulfuros diseminados como galena, esfalerita y acantita en matriz, leve fracturamiento.

El tramo de 24 m a 28,65 m, veta de cuarzo blanco con textura bandeada, fracturamiento moderado; de 28,65 m a 31,50 m, *Stockwork* con 3 vetillas por metro de 1 cm a 6 cm, con trazas de sulfuros como galena, esfalerita y acantita, moderado fracturamiento.

De 31,50 m a 34 m inicio una zona de cizalla con arcilla en planos de fracturas y matriz en tobas; de 34 m a 36,50 m pequeño tramo de *Stockwork* más cizalla con arcilla en matriz con clastos de veta en el tramo.

En el último tramo de 36,50 m a 39,32 m se presentan tobas con moderado fracturamiento con grano fino estéril.

Este pozo presenta una veta de 22,65 m con andesita y tobas como roca caja, que se observan en el anexo 9 y 10 donde se presenta el logueo y las cajas de núcleo correspondientes al pozo UG-15-06, el pozo se divide en los diez tramos expuestos anteriormente.

3.4.8 UG-15-08

El pozo UG-15-08 es el único en el nivel 1 265 msnm el cual cuenta con una inclinación de $0,39^{\circ}$ y una profundidad final de

58,52 m (Figura 8), en este pozo el primer tramo es de 0 m a 12,65 m, con andesita de leve fracturamiento con ocasionales vetillas e hilos cuarzo-calcita estériles con ocasionales trazas de pirita.

El tramo de 12,65 m a 20,40 m, es el contacto litológico entre las andesitas y tobas de leve fracturamiento con ocasionales vetillas de calcita de 14,60 m a 15,25 m se presentó una veta brechas con pirita en matriz.

De 20,40 m a 31,20 m, dio inicio la veta brechada con cuarzo blanco en matriz y bandas de hematita-proustita y parches de galena y acantita, dicho tramo se encuentra bajo la influencia de una cizalla; de 31,20 m a 38,70 m veta de moderado desarrollo en tobas bandas de sulfuros como galena, esfalerita y acantita en parches con fracturamiento de leve a fuerte.

En el tramo de 38,70 m a 41 m, se encontró una veta de cuarzo blando más cizalla con textura bandeada y estéril; de 47 m a 50,50 m, veta de moderado desarrollo con posibles sulfuros, leve fracturamiento con bandas de tobas; el último tramo de este pozo es de 50,50 m a 58,52 m, el cual presenta un fuerte fracturamiento con arcillas leve en planos de fracturas, ocasionales vetas de cuarzo-calcita con pirita, en 56 m vetilla de 5 cm con trazas de sulfuros.

Este pozo presenta una veta de 30 m, con tobas como roca caja, que se observan en el anexo 9 y 10 donde se presenta el logueo y las cajas de núcleo correspondientes al pozo UG-15-06, el pozo se divide en los diez tramos expuestos anteriormente.

3.5 Geología estructural

La geología estructural de interés en la sección norte 806980 son las zonas de cizalla que afectan el área debido a la estabilidad de las cámaras de producción y de las galerías en el interior de la mina.

En el área se presentan dos zonas las cuales presentan un fuerte fracturamiento con argilización en matriz, con una inclinación al norte de entre 45° a 75° , en la figura 17, se ejemplifica de color azul.

La mayor evidencia de dichas estructuras en la sección se encuentra en el nivel 1 365 msnm, el pozo UG-15-03 presenta una zona desde 27 m a 46 m con fuerte fracturamiento como se observa en la fotografía 15.

FOTOGRAFÍA 15
ZONA DE CIZALLA EN NIVEL 1 315 msnm



Fuente: investigación campo 2015

Una segunda zona bajo la influencia de cizallamiento se encuentra de 54,90 m a 60,96 m (Fotografía 16), en la cual es evidente el fuerte

fracturamiento y argilización, esta zona es el último tramo del pozo y se observa en la figura 19; se logró determinar la inclinación de las estructuras descritas anteriormente y el movimiento de estas no se determinó debido a que los pozos no están orientados por la complejidad de este proceso.

FOTOGRAFÍA 16
LEVE FRACTURAMIENTO Y ZONA DE CIZALLA EN NIVEL 1 315 msnm



Fuente: investigación campo 2015

3.6 Análisis por niveles

Las ocho perforaciones realizadas en la investigación se dividen en cuatro distintos niveles de profundidad, separados por 25 m en la vertical, por lo que en cada nivel se distribuyó distinta cantidad de pozos, según la información que se necesitaba para obtener la mayor cantidad de datos de la sección y así determinar la geometría de la veta de mejor manera.

A continuación se presenta la interpretación de los logueos para la construcción de la sección geológica, con los planes de barrenación gráfico con los resultados de los pozos y así también la veta de

exploración para comparar los resultados obtenidos con los del departamento de geología de exploración.

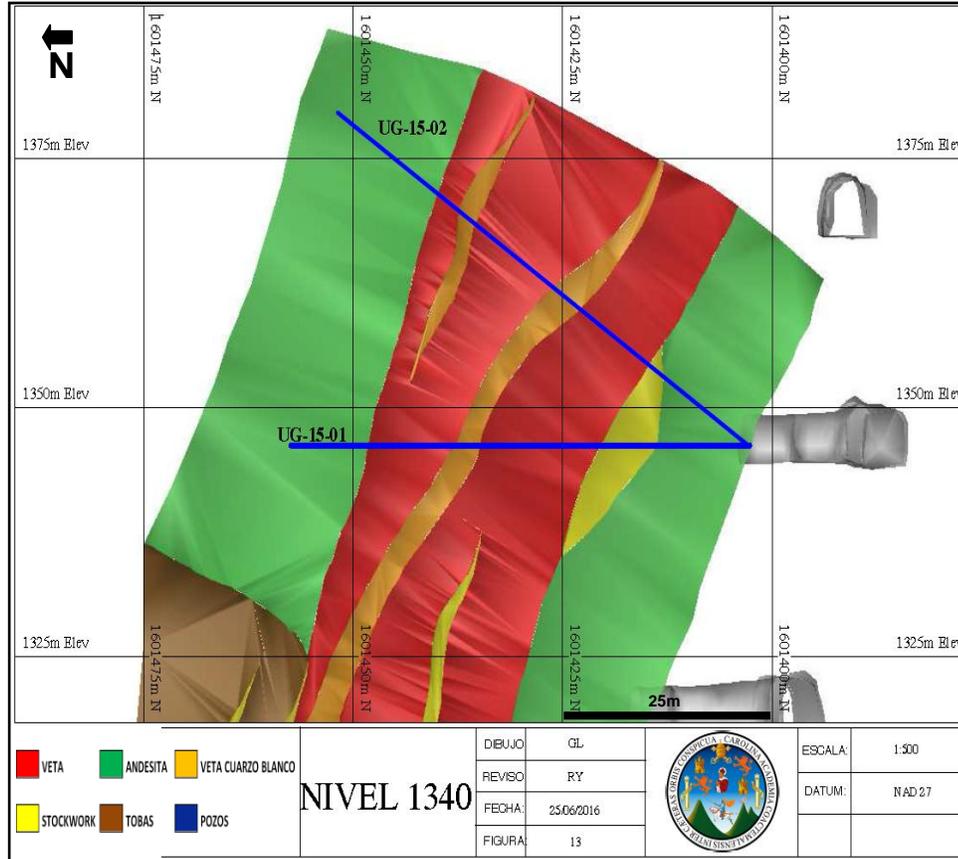
3.6.1 Nivel 1 340 msnm

En este nivel se perforaron dos pozos el UG-15-01 y UG-15-02 los cuales presentaron como roca caja andesita con leve fracturamiento, así también un espesor en la zona mineralizada promedio es de 28,50 m con sulfuros diseminados como galena, esfalerita, pirita, acantita y sulfosales como proustita; una veta de cuarzo blanco sin mineralización, con una textura bandeada, incluso en el zona mineralizada.

La veta cuenta en este nivel con un buzamiento hacia el norte de 70 ° a 60 °, como se observa en el plan de barrenación gráfico de dicho nivel en la figura 13.

A nivel estructural cuenta con dos zonas de cizallamiento las cuales se identifican en la figura 19 de color azul, la primera al inicio del plan con una inclinación de 40 ° la cual no provoca inestabilidad y la segunda que se presenta al final de la veta como estructura de contacto, que provoca inestabilidad a la hora de extraer el mineral.

FIGURA 13
PLAN DE BARRENACIÓN GRÁFICO DEL NIVEL 1 340 msnm



Fuente: investigación campo 2015

3.6.2 Nivel 1 315

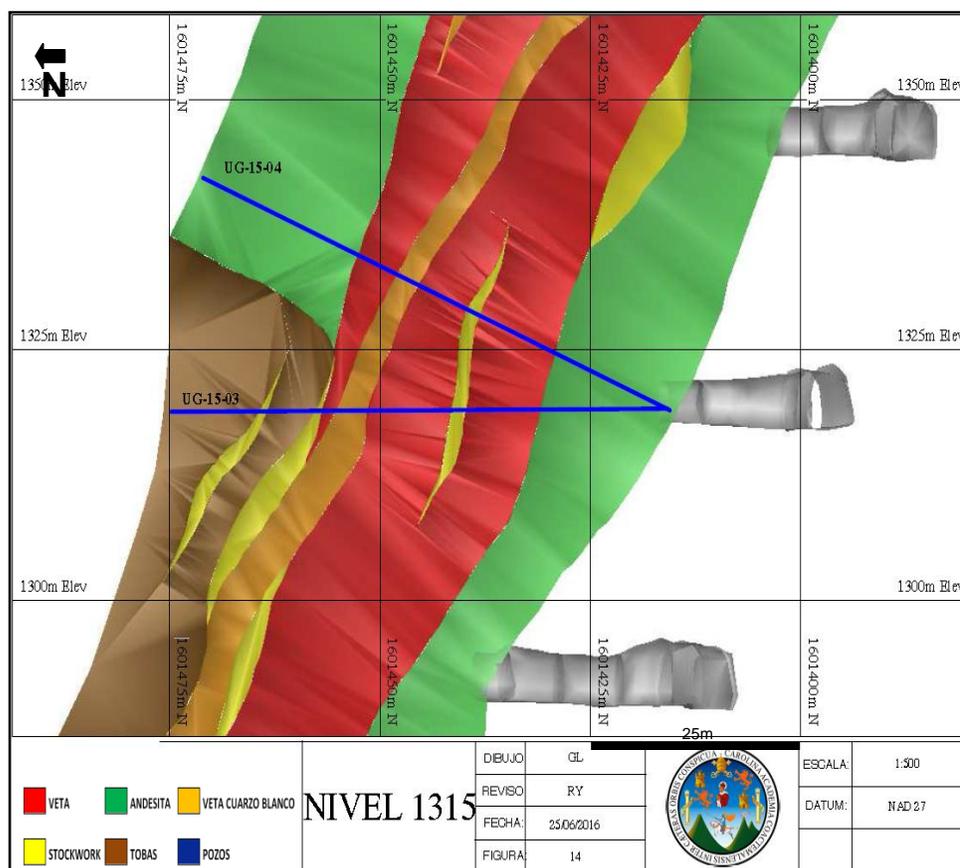
En este nivel se perforaron dos pozos el UG-15-03 y UG-15-04 estos presentan evidencia del contacto entre andesita y tobas, por lo tanto en este nivel la roca caja fue andesita en todo el pozo UG-15-03 y en el UG-15-04 existe como roca caja andesita y toba, al salir de la veta por lo que el contacto es la veta.

El espesor en la zona mineralizada promedio es de 25 m con sulfuros diseminados en veta brechada como galena, esfalerita, pirita, acantita y sulfosales como proustita; una veta de cuarzo

blanco intruyendo en la misma con una textura bandeada y sin mineralización.

La veta cuenta en este nivel con un buzamiento hacia el norte de 75 °, como se observa en el plan de barrenación gráfico de dicho nivel en la figura 14.

FIGURA 14
PLAN DE BARRENACIÓN GRÁFICO DEL NIVEL 1 315msnm



Fuente: investigación campo 2015

A nivel estructural cuenta con dos cizallas de las cuales se identifican en la figura 19 de color azul, las dos se presentan al final de la veta las cuales presentaran inestabilidad en la cámara de producción en este nivel, debido a la diámetro de la misma, debido

a esto la veta principal de sulfuros tiende volverse más angosta tres metros en los niveles inferiores.

3.6.3 Nivel 1 290 msnm

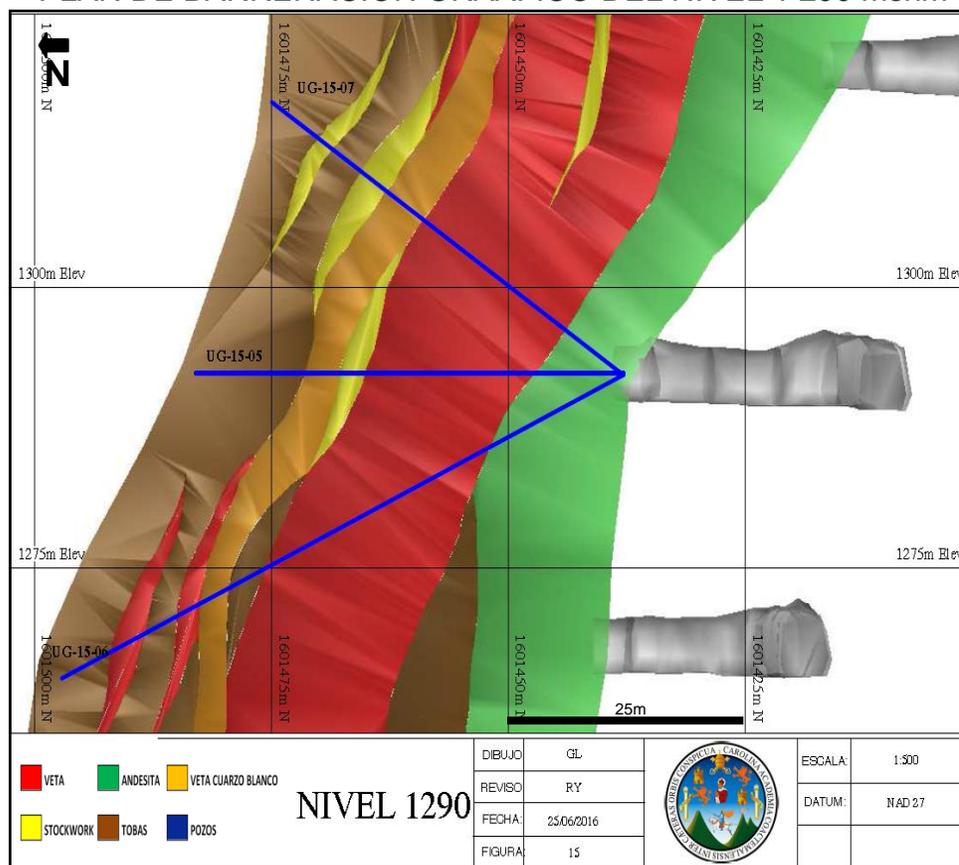
En este nivel se perforaron tres pozos el UG-15-05 al UG-15-07, en este nivel fue donde de recaudo la información con mayor interés ya que es el centro de la sección 806980 y cubre parte de dos cámaras de producción, los tres pozos iniciaron con andesita de leve fracturamiento, así también se identificó el contacto entre andesita y tobas, con la veta brechada, ya que los clastos en la matriz variaban litología de andesita a tobas.

El espesor de la zona mineralizada promedio en estos tres pozos es de 24 m, tomando en cuenta la veta de cuarzo blanco sin mineralización la cual está saliendo de la zona mineralizada, dicha veta en este nivel se presenta al final de la veta brecha; la veta de interés económico cuenta con sulfuros diseminados y en clastos presenta galena, esfalerita, pirita, acantita y sulfosales como proustita.

La veta en este nivel buza hacia el norte de 60 °, como se observa en el plan de barrenación gráfico de dicho nivel (Figura 15).

Este nivel estructuralmente cuenta con una cizalla la cual se presenta en el límite de la estructura mineralizada por lo que provocara inestabilidad al extraer el mineral.

FIGURA 15
PLAN DE BARRENACIÓN GRAÁFICO DEL NIVEL 1 290 msnm



Fuente: investigación campo 2015

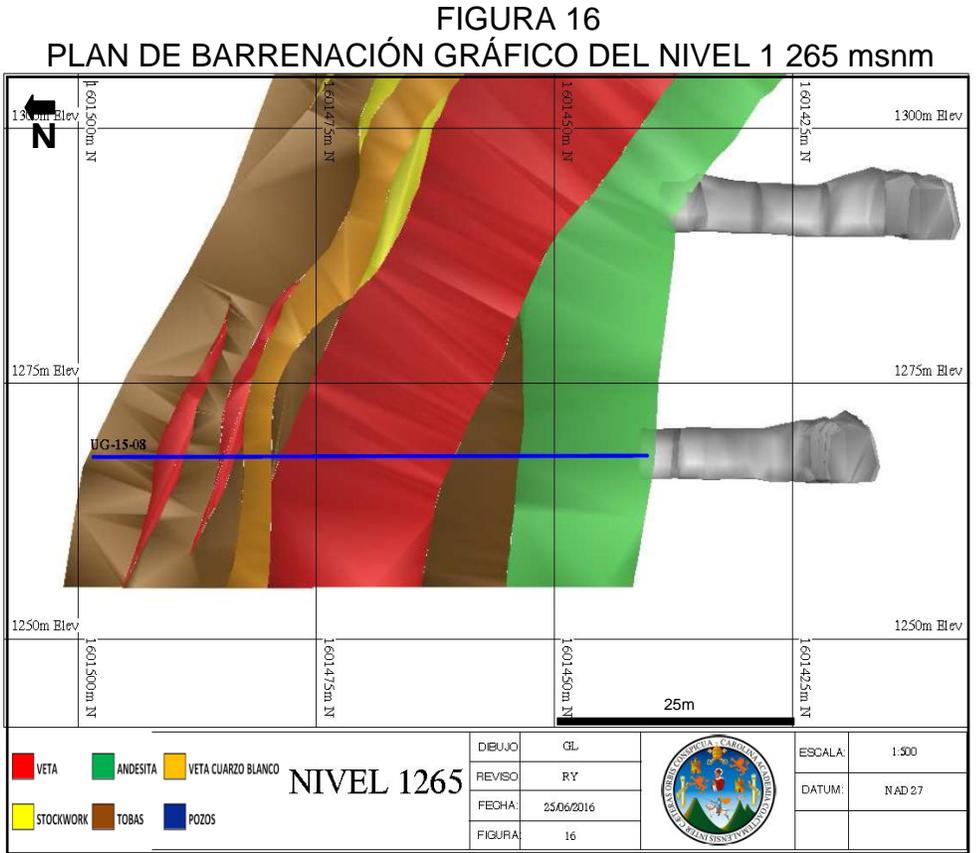
3.6.4 Nivel 1 265 msnm

En este nivel fue necesario perforar solo el pozo UG-15-08, para determinar la geometría de la veta y cumplir el objetivo de la investigación, ya que desde esta profundidad se extraerá el material de la cámara 1 290 msnm este pozo presentó el contacto entre andesita y tobas a 12,65 m el cual concuerda con el contacto en el plan de perforación del nivel superior.

La veta se desarrolla en tobas como roca caja, la veta de cuarzo blanco con textura bandeada al final de la veta mineralizada que presenta galena, esfalerita, pirita, acantita y proustita, así

también dos cuerpos mineralizados al final del pozo los cuales no se incluirán en la cámara de producción por la cantidad de material estéril que los rodea.

La veta en este nivel buza hacia el norte de 65 °, como se observa en el plan de barrenación gráfico del nivel (Figura 16).



Fuente: investigación campo 2015

Este nivel cuenta estructuralmente con una zona de cizalla la cual se ramifica en dos zonas separadas, con la interpretación estructural del nivel superior, dichas zonas se presentan de color azul en la figura 19 y al final de la veta como estructura de contacto con el material sin mineral, el diámetro de la cizalla es de 8 m promedio por lo que presentaran inestabilidades al realizar la cámara de producción.

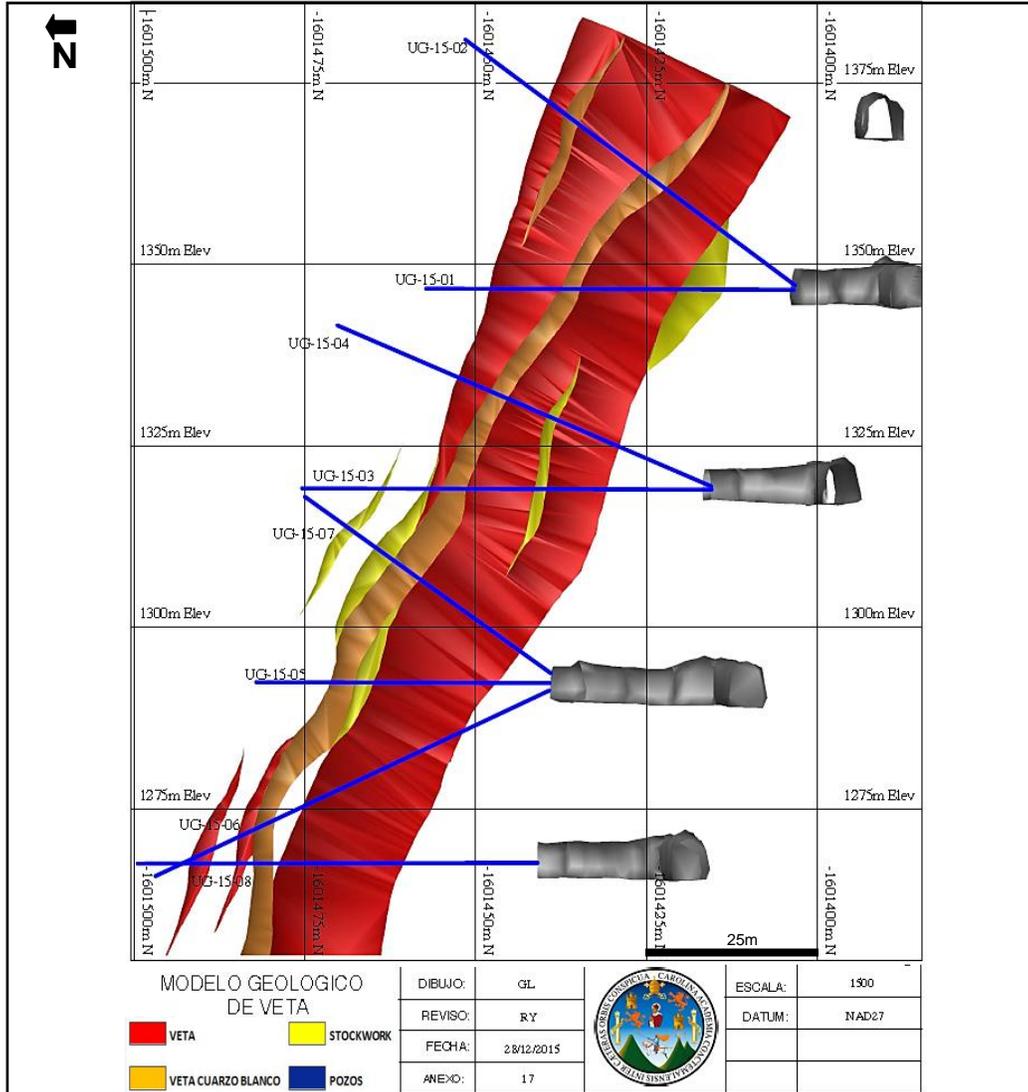
3.7 Modelo geológico y estructural

Con la información generada en los planes de barrenación gráfica, se generó un análisis litológico y estructural de la sección completa norte 806980, esto dio como resultado una veta mineralizada con una geometría variable, en el nivel 1 340 msnm y 1 315 msnm de 28 m a 25 m la cual se va haciendo más angosta al llegar al nivel 1 290 msnm con 22 m y por último en el nivel 1 265 msnm cuenta con 15 m de veta, en la figura 17 se presenta gráficamente la veta en la sección de color rojo, así también se identificó que posee una inclinación hacia el norte de entre 60 ° y 75 °.

En la interpretación de la geometría de la veta se tomó en cuenta la veta cuarzo blanco (color naranja en la figura 17), esta estructura fue parte del macizo mineralizado mientras intruyó en el mismo, al salir en el nivel 1 290 msnm todavía fue incluida por la cercanía con la mineralización, ya en el nivel 1 265 msnm esta estructura en no fue considerada cuenta como macizo mineralizado en el diseño de la cámara de producción debido a que es material estéril (no posee algún tipo de mineral), por lo cual la veta es más angosta en este nivel.

También se identificó un pequeño cuerpo de cuarzo blanco en el pozo UG-15-02 el cual solo fue cortado por dicho pozo como se observa en la figura 17.

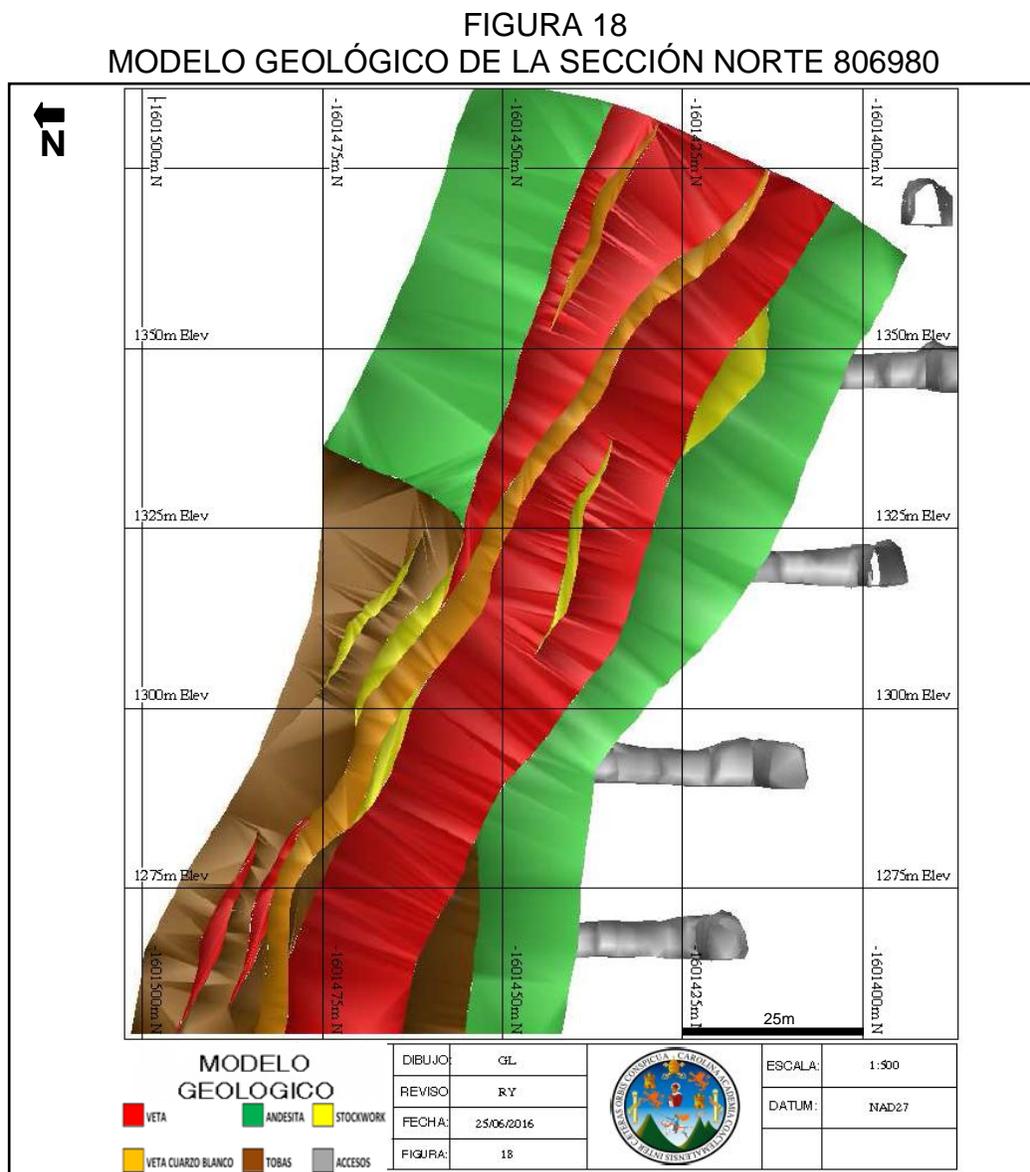
FIGURA 17
MODELO GEOLÓGICO DE VETA Y CUARZO BLANCO



Fuente: investigación campo 2015

También se determinó la roca encajante de la veta que es andesita y tobas, el contacto entre estas dos litologías es discordantes como se observa desde el nivel 1 315 msnm al 1 215 msnm en la sección, el contacto de dichas litologías se idéntico con ayuda del pozo horizontal (UG-15-03) del nivel 1 315 msnm, los tres pozos del nivel 1 290 msnm y se terminó de definir con el último pozo de la investigación del nivel 1 215 msnm (UG-15-08), se corroboró que las tobas se encuentran como basamento de las andesitas.

Como se ve en la figura 18, las andesitas se identificaron de color verde y las tobas de color café.



Fuente: investigación campo 2015

Así también se presenta el modelo geológico terminado con la geometría de la veta, las dos litologías encajonantes de la veta y de color amarillo un *Stockwork* leve encontrado en cuatro barrenos de la investigación, la cual se aprecia de una mejor manera en la figura del anexo 18.

Se realizó también la comparación de la geometría del modelo propuesto por exploración con los pozos perforados desde superficie y el modelo propuesto en esta investigación, esto se observa en el anexo 21, dicho análisis se realizó por niveles ya que el macizo mineralizado es variable.

En el nivel 1 340 msnm la geometría de la veta en el pozo UG-15-01 no varía, pero en el pozo UG-15-02 la veta inicia 6 m antes que la existente, posee más material del que estimo.

En el nivel 1 315 msnm se observa que en el pozo UG-15-03 la veta inicia 4 m después de la existente, por lo que la veta es más angosta, esto debido a que por la falta de información se tiende a exagerar el modelo y en el pozo UG-15-04 la veta no cuenta con variación, el inicio y final de la veta se encuentra en el mismo lugar.

El nivel 1 290 msnm se observó que en los tres pozos el inicio de la veta fue aproximadamente de 5 m a 10 m después que el ya propuesto, por lo que la veta es más angosta.

En el nivel 1 265 msnm, con el pozo UG-15-08, se indicó que la geometría de la veta varía de gran manera a la ya existente, debido a que el inicio de mineral está desplazado 6 m al norte, en este último caso la nueva información generada en la investigación, indica que la veta es más angosta.

El modelo estructural de color azul y el modelo geológico se observa en la figura 19, es el resultado del análisis de las zonas de cizalla con arcilla identificadas en los ocho pozos bajo estudio y áreas con fuerte fracturamiento que se identifican de color azul, las cuales dieron como

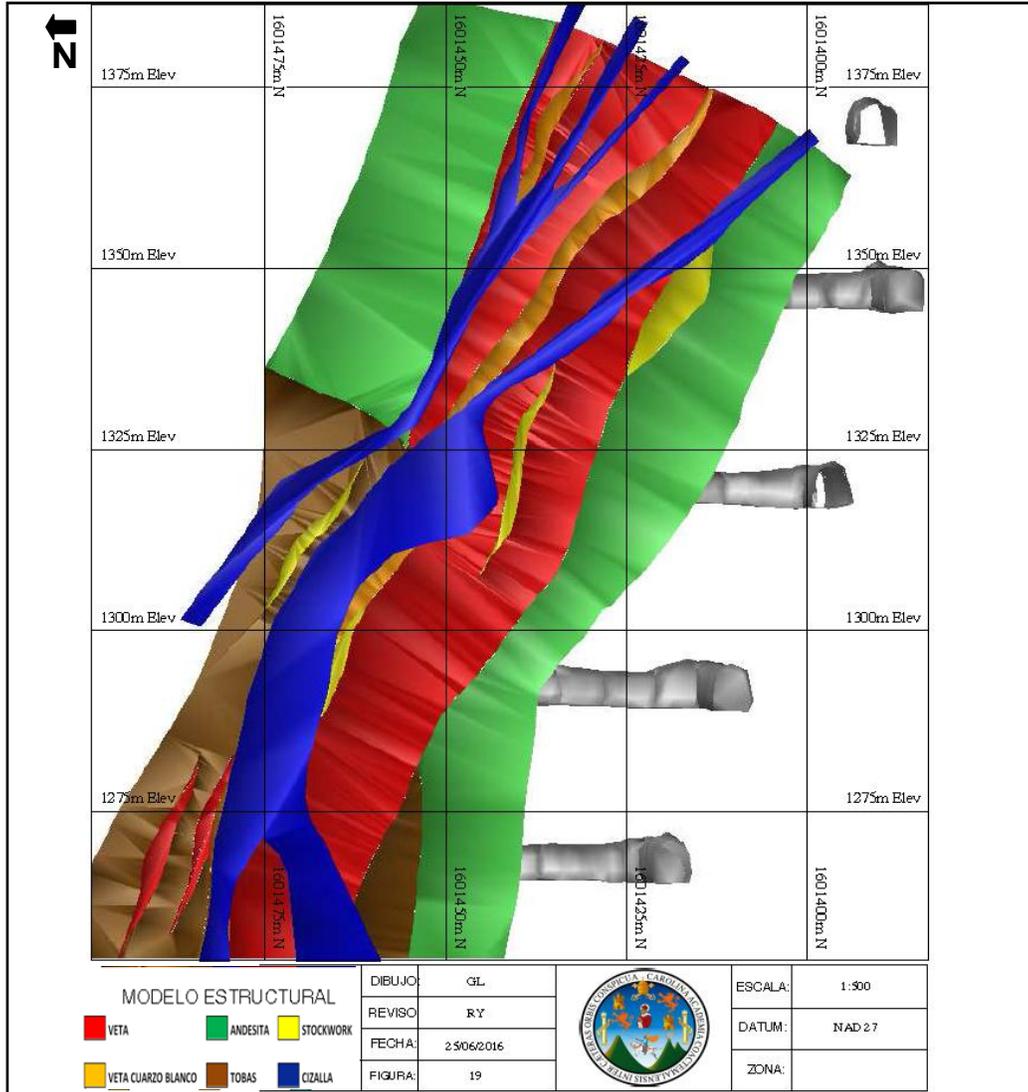
resultado dos estructuras que rigen la sección norte 806980; dichas zonas no son homogéneas pues varían de espesor y en contenido de arcilla en toda la sección.

Las dos zonas de cizalla que se identificaron, se encuentran en el contacto de la veta y la roca encajonante al final de la veta, esto indica que el contacto de la veta y la roca caja es un contacto fallado lo cual producirá inestabilidad al extraer el material.

Por lo que es muy importante, en la interpretación de la sección geológica la identificación de las estructuras, para el diseño de las cámaras de producción con una mejor eficiencia y evitar inestabilidades del material.

Las estructuras bajo la influencia de la cizalla, cuentan con un ángulo de 45° a 75° y también se inclinan hacia el norte, la cizalla aumenta de espesor en el nivel 1 315 msnm al 1 215 msnm, por lo que en el diseño de estas cámaras de producción no habrán ángulos bajos de corte para evitar colapsos, esto se observa en el anexo 19 en el modelo estructural de color azul.

FIGURA 19
MODELO ESTRUCTURAL DE LA SECCIÓN NORTE 806980



Fuente: investigación campo 2015

3.8 Cámaras de producción

En la presente investigación se diseñaron tres cámara de producción en los cuatro niveles que cubre la sección, ya que la investigación cubre un longitud vertical de 75 m y la altura de cada una de las cámara es de 25 m de profundidad, por lo se diseñaron tres cámara, su diseño varia en longitud hacia el norte, ya que el ancho del macizo mineralizado no es homogéneo.

Con la información litológica y los resultados estructurales de las perforaciones realizadas en esta investigación se determinó que para la mejor estabilidad estructural y mayor extracción de material del cuerpo mineralizado, las cámaras de producción tienen que tener una inclinación de 60° a 75° grados de inclinación en el inicio de la cámara de producción por la inclinación del macizo mineralizado y que estructuralmente al sur de la sección no presenta fracturamiento fuerte ni cizallamiento como se evidenció en los ocho pozos perforados en la sección norte 806980 y así extraer la mayor cantidad del cuerpo mineralizado sin riesgo de colapso por la calidad del macizo rocoso.

El ángulo al final de las cámaras se determinó que debe ser de 90° debido a que este ángulo dará mayor estabilidad, por la cizalla que se presentan al norte de la veta, con este ángulo el riesgo de colapsos o caídas de bloques de roca sin mineral disminuye, los cuales pueden generar dilución de la ley del material.

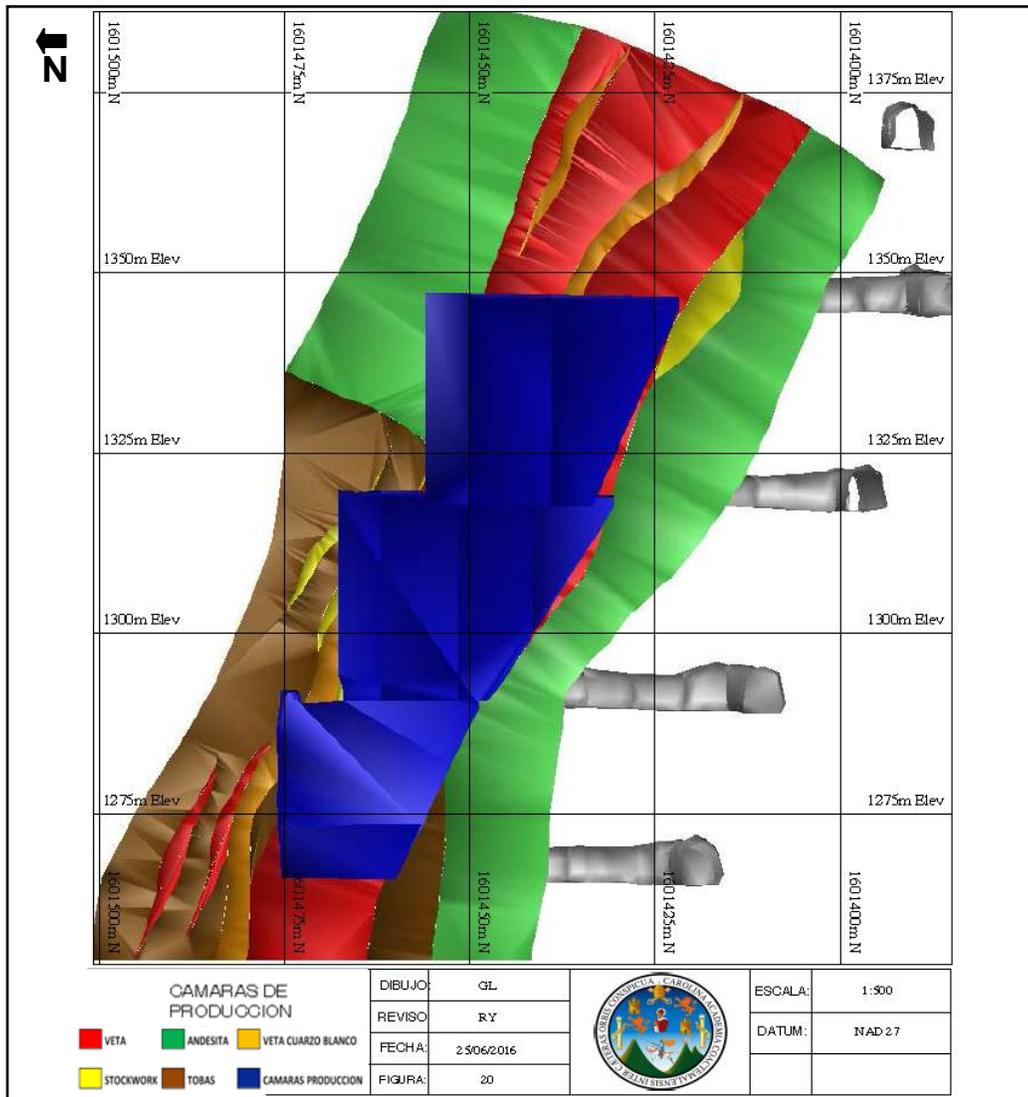
Con este ángulo también se evitará que las cámaras colapsen en su totalidad ya que la inestabilidad por la cizalla se presenta en los cuatro niveles en investigación.

En el anexo 21 se observa la comparación del modelo propuesto por exploración con el modelo propuesto en esta investigación de toda la sección bajo estudio, la cual fue una herramienta importante para el diseño de las cámaras de producción, para definir el inicio y el final de las cámaras y extraer la mayor cantidad de material mineralizado.

En la figura 20 se presentan las tres cámaras de producción generadas en esta investigación en distintas vistas, esto se generó con la determinación de la geometría de la veta y el modelo estructural de la sección norte 806 980 para definir los límites y generar cámaras de

producción seguras, que no produzcan accidentes ni colapsos, en el anexo 20 se aprecia de mejor manera dicha figura.

FIGURA 20
CÁMARAS DE PRODUCCIÓN EN LA SECCIÓN NORTE 806 980



Fuente: investigación campo 2015

CONCLUSIONES

3.9 General

La geometría de la veta en la sección norte 806 980 en el proyecto Escobal de la Mina San Rafael, en la vertical, el espesor de la veta varia de entre 28 m a 15 m en general, ya que en el nivel 1 340 msnm y 1 315 msnm tiene un espesor de 28 m a 25 m la cual se hace más angosta al llegar al nivel más profundos como en el 1 290 msnm y 1 265 msnm, en estos niveles el espesor de la veta es de 22 m a 15 m, la veta se vuelve más angosta ya que la estructura de cuarzo blanco que es estéril, sale del macizo mineralizado por lo que ya no se considera, así también se identificó que la veta posee una inclinación de entre 60° y 75° hacia el norte.

3.10 Específicas

- a) Se realizaron cuatro planes de barrenación en la sección norte 806980, los cuales se distribuyeron en cada uno de los cuatro niveles en mina subterránea, dichos planes constan de ocho perforaciones con diamantina, las cuales se identificaron desde UG-15-01 al UG-15-08, las perforaciones se ubicaron estratégicamente para obtener la mayor información posible.

En el nivel 1 340 msnm se diseñaron dos pozos que contaron con inclinación cero y un ángulo positivo, de igual manera en el nivel 1 315 msnm; en el nivel 1 290 msnm se diseñaron tres pozos ya que en este nivel se esperaba encontrar el contacto entre las andesitas y las tobas, dichas litologías constituyen la roca encajante en la sección, en este nivel se determinó una variación de la geometría existente, ya que el inicio del mineral se desplazó 6 m al norte y en el último nivel el 1 265 msnm se diseñó un pozo el cual afirmó el desplazamiento de la veta y el contacto de las litologías en esta sección.

- b) El resultado de la extracción de los testigos obtenidos en mina subterránea con las perforaciones de diamantina determinó que la estructura mineralizada en esta sección es una veta brechas con sulfuros en bandas, parches, en clastos y diseminados, con una veta de cuarzo blanco estéril que intruye en la misma, así también lentes de *stockwork* los cuales se encuentran tanto en andesita como en tobas, las litologías que se determinaron como roca caja son andesita y tobas.
- c) Estructuralmente se identificaron dos zonas de cizallas con arcilla en matriz y con tramos de fuerte fracturamiento, la primera estructura está presente en toda la sección desde el nivel 1 340 msnm hasta el nivel 1 265 msnm con una inclinación de 45° en los primeros dos niveles, en los últimos dos niveles el ángulo de inclinación varía a 70° y la estructura se ensancha 6 m, provoca así inestabilidades en las cámaras de producción de los dos niveles inferiores y la segunda estructura se evidencia del nivel 1 340 msnm al nivel 1 290 msnm, con una inclinación de 70° la cual se determina como el contacto superior entre la veta y la roca caja.

- d) Se generó el diseño de tres cámaras de producción en los cuatro niveles bajo estudio, ya que cada nivel se separa por 25 m en la vertical, las cámaras cubren 75 m de profundidad, dichas cámaras cuentan con ángulos de inclinación distintos al inicio y al final ya que al inicio cuentan con la inclinación que posee la veta que es de 60° a 75° , debido a que la roca es competente y al final de las cámaras se determinó un ángulo de 90° debido a que el área es afectada por las dos zonas de cizalla, las cuales generan inestabilidad y provocarían el colapso de las mismas con un ángulo menor.
- e) La comparación del modelo existente con el generado en esta investigación, dio como resultado que la veta se encuentra desplazada 6 m al norte en los niveles 1315 msnm al 1 290 msnm y solo en el nivel 1 340 msnm la veta es más ancha por 6 m que la que presenta el modelo existente.

RECOMENDACIONES

- a) Generar la mayor cantidad de planes de barrenación en mina subterránea, en los niveles que sea posible, para obtener mayor información y detalle de la geometría del macizo mineralizado, como en el nivel 1 290 msnm, en el cual se presenta el contacto litológico de la roca caja y la mayor variación en el macizo mineralizado.
- b) Antes de desarrollar accesos a mineral en mina subterránea, realizar perforaciones de definición como mínimo para identificar la geometría exacta del macizo mineralizado en el nivel, así diseñar con mayor exactitud y menor riesgo las cámaras de producción.
- c) Aplicar la presente investigación para determinar si existe una variación en la geometría propuesta con los pozos realizados desde superficie con los pozos perforados desde mina subterránea.

BIBLIOGRAFÍA

- AMC Consultores. *Recomendaciones de diseños de producción*. San Rafael Las Flores, Santa Rosa, Guatemala: AMC Consultores, 2010.
- Arroyo Aguilar, Abdel. *Explotación de minas métodos para la extracción de minerales*, Lima Perú: Instituto de ingenieros de minas del Perú, 2011.
- Berger, BR. Bethke. *Yacimientos minerales, proceso y yacimientos asociados*, <http://www.uclm.es/users/higueras/yymm/YM12.html#T12Hidrot> (25 de marzo del 2015)
- Boart Longyear. *Manual de campo: Perforación diamantina*. Perú Lima: Editorial Boart Longyear, 2012.
- Tahoe resources. *Graficas de modelo de veta*. San Rafael las Flores, Santa Rosa, Guatemala: Departamento Geología de exploración, 2011.
- . *Graficas de topografía subterránea*. San Rafael las Flores, Santa Rosa. Guatemala: Departamento Geología Mina y Topografía, 2013.
- . *NI 43-101 Evaluación económica preliminar del sudeste de Guatemala*. San Rafael las Flores. Santa Rosa. Guatemala: Editorial luma, 2012.
- UBC Geomechanics Group. *Manual de diseño subterráneo*. San Rafael las flores, Santa Rosa. Departamento de Geología Mina. Editorial Geomechanics, 2013

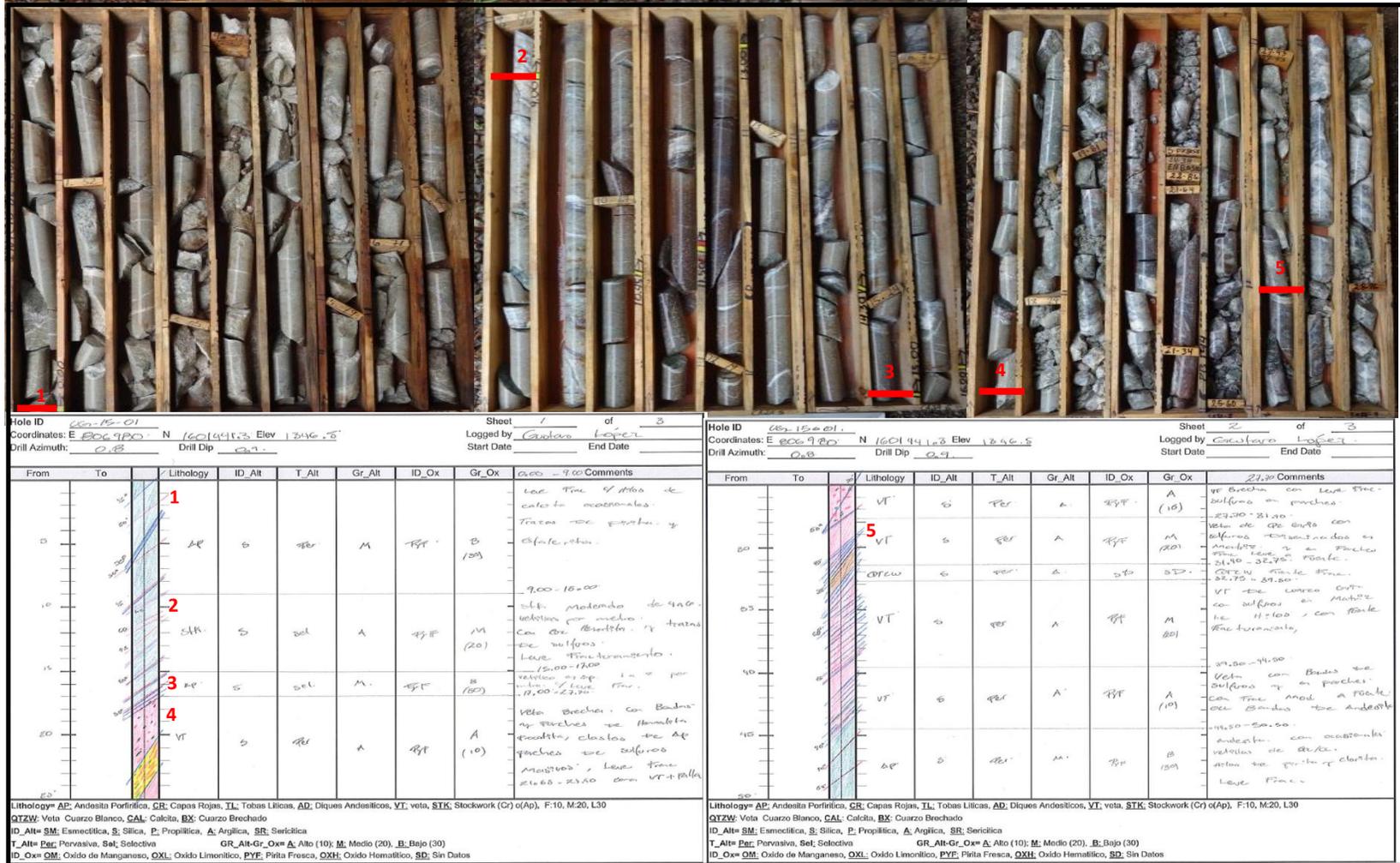


V.ºB.º
Adán García Véliz

Adán García Véliz
Lic. en Pedagogía e Investigación Educativa
Biblioteca

ANEXOS

ANEXO 1 LOGUEO LITOLÓGICO POZO UG-15-01



Hole ID: UG-15-01 Sheet 1 of 3
 Coordinates: E 806980 N 1601941.3 Elev 1246.5
 Drill Azimuth: 0.8 Drill Dip 0.1
 Logged by: Carolina Lopez
 Start Date: _____ End Date: _____

From	To	Lithology	ID_Alt	T_Alt	Gr_Alt	ID_Ox	Gr_Ox	Comments
0	1.00	AP	6	PER	M	PER	B (10)	Lea. fina y media de calcita macromala. Traces de cuarzo y calcificación.
1.00	9.00	SH	5	SOL	A	PER	M (20)	9.00-15.00 slts. moderada de 400-600 micras por medio. con gr. de calcita y traces de sulfuro. Leve fracturamiento.
15.00	17.00	AP	5	SOL	M	PER	B (10)	15.00-17.00 ventosa y op. 1 a 2 por medio de calc. fina.
17.00	21.00	VT	5	PER	A	PER	A (10)	Veles brechas con bandos y pedregos de tamaño variable, clasos de AP, pedregos de sulfuro masivos, lea. fina 21.00-23.00 con VT+Palla.

Lithology: AP: Andesita Porfírica, GR: Capas Rojas, IL: Tobsas Líticas, AD: Diques Andesíticos, VT: veta, STK: Stockwork (Cr) (Ap), F:10, M:20, L:30
 QTZW: Veta Cuarzo Blanco, CAL: Calcita, BX: Cuarzo Brechado
 ID_Alt: SM: Esmerectítica, S: Sílica, P: Propilítica, A: Argilica, SR: Sericitica
 T_Alt: Per: Pervasiva, Sol: Selectiva GR_Alt-Gr_Ox: A: Alto (10); M: Medio (20), B: Bajo (30)
 ID_Ox: OM: Óxido de Manganeso, OX: Óxido Limonítico, PYE: Pirita Fresca, OXH: Óxido Hematítico, SD: Sin Datos

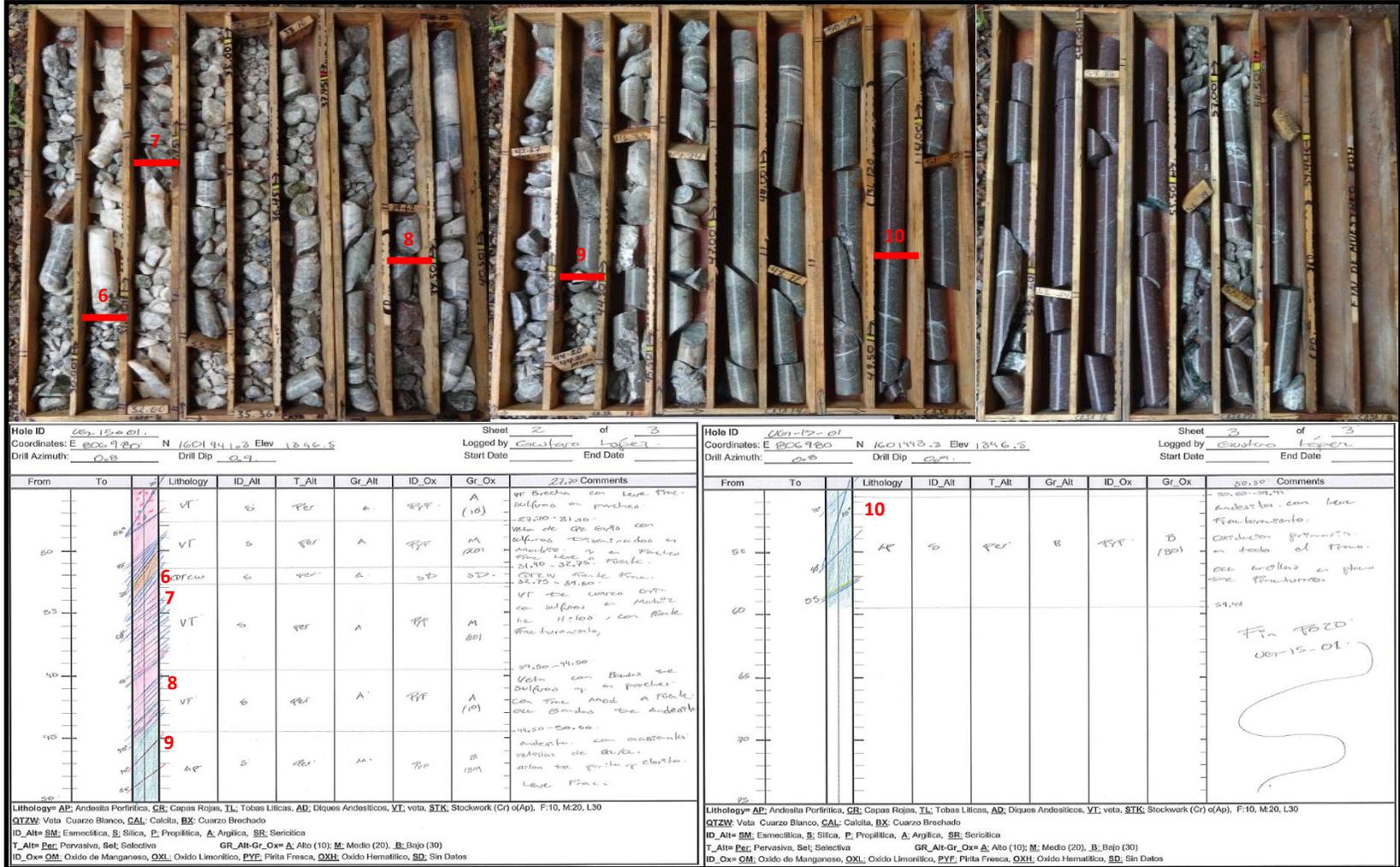
Hole ID: UG-15-01 Sheet 2 of 3
 Coordinates: E 806980 N 1601941.3 Elev 1246.5
 Drill Azimuth: 0.8 Drill Dip 0.1
 Logged by: Carolina Lopez
 Start Date: _____ End Date: _____

From	To	Lithology	ID_Alt	T_Alt	Gr_Alt	ID_Ox	Gr_Ox	Comments
21.00	27.00	VT	5	PER	A	PER	A (10)	vt brecha con lea. fina sulfuro en pedregos 27.00-31.00
31.00	32.00	VT	5	PER	A	PER	M (20)	veles de gr. entre con sulfuro resqueñados y masivos de 1 a 2 por medio de calc. fina.
32.00	37.00	VT	5	PER	A	PER	SD	32.00-37.00 VT de lea. fina con sulfuro en pedregos de 1 a 2 por medio de calc. fina.
37.00	40.00	VT	5	PER	A	PER	M (20)	vt brecha con bandos y pedregos de tamaño variable.
40.00	45.00	VT	5	PER	A	PER	A (10)	37.00-40.00 veles con bandos de sulfuro y pedregos con lea. mod. a rock. con bandos de andesita.
45.00	50.00	AP	5	PER	M	PER	B (10)	45.00-50.00 moderada con ocasionales pedregos de calc. fina y traces de calcificación.

Lithology: AP: Andesita Porfírica, GR: Capas Rojas, IL: Tobsas Líticas, AD: Diques Andesíticos, VT: veta, STK: Stockwork (Cr) (Ap), F:10, M:20, L:30
 QTZW: Veta Cuarzo Blanco, CAL: Calcita, BX: Cuarzo Brechado
 ID_Alt: SM: Esmerectítica, S: Sílica, P: Propilítica, A: Argilica, SR: Sericitica
 T_Alt: Per: Pervasiva, Sol: Selectiva GR_Alt-Gr_Ox: A: Alto (10); M: Medio (20), B: Bajo (30)
 ID_Ox: OM: Óxido de Manganeso, OX: Óxido Limonítico, PYE: Pirita Fresca, OXH: Óxido Hematítico, SD: Sin Datos

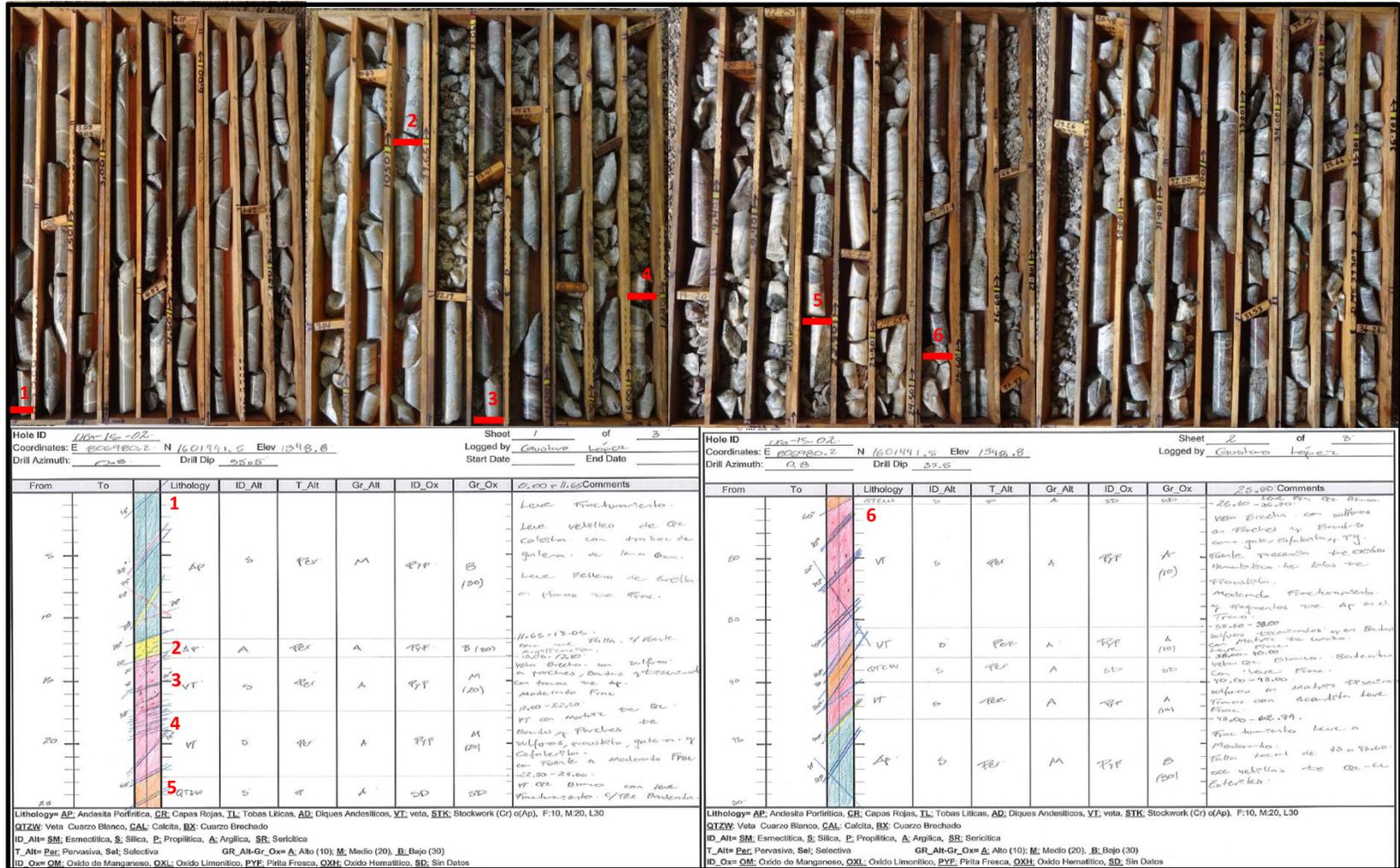
Fuente: investigación campo 2015.

ANEXO 2 LOGUEO LITOLÓGICO POZO UG-15-01



Fuente: investigación campo 2015

ANEXO 3 LOGUEO LITOLÓGICO POZO UG-15-02



Fuente: investigación campo 2015

ANEXO 4 LOGUEO LITOLÓGICO POZO UG-15-02



Fuente: investigación campo 2015

ANEXO 5 LOGUEO LITOLÓGICO POZO UG-15-03



Fuente: investigación campo 2015

ANEXO 6 LOGUEO LITOLÓGICO POZO UG-15-03



Hole ID		Coordinates		Sheet		Logged by		Date	
UG-15-03		E 802482 N 120416 Elev 1249.01		2 of 3		García López		2015	
Drill Azimuth: 327.52		Drill Dip: 0.5							
From	To	Lithology	ID_Alt	T_Alt	Gr_Alt	ID_Ox	Gr_Ox	Comments	
0	10	AT	B	38°	M	350	M	2.50-2.55: Pizarra, coloración amarilla, estructura laminar.	
10	20	VT	B	38°	A	350	M	2.55-2.60: Pizarra, coloración amarilla, estructura laminar.	
20	30	4	B	38°	A	350	M	2.60-2.65: Pizarra, coloración amarilla, estructura laminar.	
30	40	5	B	38°	A	350	M	2.65-2.70: Pizarra, coloración amarilla, estructura laminar.	
40	50	6	A	38°	M	350	B	2.70-2.75: Pizarra, coloración amarilla, estructura laminar.	
50	60	7	B	38°	M	350	D	2.75-2.80: Pizarra, coloración amarilla, estructura laminar.	
60	70	8	B	38°	M	350	D	2.80-2.85: Pizarra, coloración amarilla, estructura laminar.	
70	80							2.85-2.90: Pizarra, coloración amarilla, estructura laminar.	
80	90							2.90-2.95: Pizarra, coloración amarilla, estructura laminar.	
90	100							2.95-3.00: Pizarra, coloración amarilla, estructura laminar.	

Hole ID		Coordinates		Sheet		Logged by		Date	
UG-15-03		E 802482 N 120416 Elev 1249.01		2 of 3		García López		2015	
Drill Azimuth: 327.52		Drill Dip: 0.5							
From	To	Lithology	ID_Alt	T_Alt	Gr_Alt	ID_Ox	Gr_Ox	Comments	
0	10	8	B	38°	M	350	B	2.85-2.90: Pizarra, coloración amarilla, estructura laminar.	
10	20	8	B	38°	M	350	M	2.90-2.95: Pizarra, coloración amarilla, estructura laminar.	
20	30	8	B	38°	M	350	M	2.95-3.00: Pizarra, coloración amarilla, estructura laminar.	
30	40							3.00-3.05: Pizarra, coloración amarilla, estructura laminar.	
40	50							3.05-3.10: Pizarra, coloración amarilla, estructura laminar.	
50	60							3.10-3.15: Pizarra, coloración amarilla, estructura laminar.	
60	70							3.15-3.20: Pizarra, coloración amarilla, estructura laminar.	
70	80							3.20-3.25: Pizarra, coloración amarilla, estructura laminar.	
80	90							3.25-3.30: Pizarra, coloración amarilla, estructura laminar.	
90	100							3.30-3.35: Pizarra, coloración amarilla, estructura laminar.	

Lithology: AE, Andesita Porfírica; SE, Capas Rojas; IL, Tobsas Líticas; AD, Diques Andesíticos; VT, veta; STK, Stockwork (Gr) (Ap); F:10, M:20, L:30
 ID_Alt: SM, Esmeralda; S, Silica; E, Propilítica; A, Arzúlica; SR, Sericítica
 T_Alt: Per, Pervasiva; Sel, Selectiva; GR_Alt-Gr_Ox: A, Alto (10); M, Medio (20); B, Bajo (30)
 ID_Ox: OM, Óxido de Manganeso; OX, Óxido Limonítico; PYF, Pirita Fresca; OXH, Óxido Hematítico; SD, Sin Datos

Fuente: investigación campo 2015

ANEXO 7 LOGUEO LITOLÓGICO POZO UG-15-04



Hole ID: <u>UG-15-04</u>					Sheet: <u>1</u> of <u>3</u>					Hole ID: <u>UG-15-04</u>					Sheet: <u>2</u> of <u>3</u>				
Coordinates: E <u>899982</u> N <u>16041600</u> Elev <u>1520.00</u>					Logged by: <u>Guillermo Lopez</u>					Coordinates: E <u>899982</u> N <u>16041600</u> Elev <u>1520.00</u>					Logged by: <u>Guillermo Lopez</u>				
Drill Azimuth: <u>357.00</u>					Drill Dip: <u>21.50</u>					Drill Azimuth: <u>357.00</u>					Drill Dip: <u>21.50</u>				
From	To	Lithology	ID_Alt	T_Alt	Gr_Alt	ID_Ox	Gr_Ox	Comments	From	To	Lithology	ID_Alt	T_Alt	Gr_Alt	ID_Ox	Gr_Ox	Comments		
5	10	VT	B	EP	M	SP	SO	Lave fina con scoria en plan y en matriz. con vetillas de ca con minerales claros fina vt. Fina fina con arena. 15.20-24.00 Veta con matriz de Fe con abundante sulfu Feo brechada. Fina lav sulfuro de zinc y a brechas y sulfu. 20.00-25.00 brechas y sulfu.	5	10	VT	B	EP	A	SP	B	Veta con matriz de cuarzo, con Fe brechada sulfuro con yule-sulfu con laves fina Fe con clastos de Fe 35.00-50.00 Veta de brecha matriz matriz de cuarzo y sulfu 30.00-40.00 Veta brecha con yule-sulfu y sulfu de galena con matriz 40.00-50.00 Fragmentos de sulfu con brechas brechas de brecha. calcita en brecha sulfu.		

Lithology: AP: Andesita Porfírica, CR: Capas Rojas, TL: Tobs Líticas, AD: Diques Andesíticos, VI: veta, STK: Stockwork (Cr) o(Ap), F:10, M:20, L:30
 ID_Alt: SBL: Esmeralda, S: Sílica, P: Propilítica, A: Anclita, SB: Sericitita
 T_Alt: Pgr: Pervasiiva, Sel: Selectiva GR_Alt-Gr_Ox= A: Alto (10); M: Medio (20), B: Bajo (30)
 ID_Ox= QM: Oxido de Manganeso, QXL: Oxido Limonítico, PVE: Pirita Fresca, OXH: Oxido Hematítico, SD: Sin Datos

Fuente: investigación campo 2015

ANEXO 9 LOGUEO LITOLÓGICO POZO UG-15-05



				Minera San Rafael S.A. GUATEMALA					
Hoto ID: <u>UG-15-05</u>		Coordinates: E <u>88°00'41" N</u>		Elev <u>1342.70</u>		Sheet <u>1</u> of <u>1</u>		Logged by <u>Justo Lopez</u>	
Drill Azimuth: <u>000°</u>		Drill Dip: <u>0°</u>							
From	To	Lithology	ID_Alt	T_Alt	Gr_Alt	ID_Ox	Gr_Ox	Comments	
0	5	Lc	S	FEF	A	EST	B (50)	Lava fragmentada. Bica compacta. Lava vesiculosa de R/Cc con 12cm. 1 por metro con 70 cm. de altura...	
5	15	VT	S	FEF	A	OXH	B (50)	Lava fragmentada brechada con Ap y Cc. a 10cm contacto de Ap Banda de sulfuro con gubia y capilata.	
15	24	VT	S	FEF	A	EST	B (50)	Lava fragmentada. Oxido de Sulfuro de Hierro 2000-2500 Lava con mucha Fe cuarzo con lava fragmentada, con pedruzcos de sulfuro y gubia etc...	

Lithology: AP, Andesita Porfírica, CR, Capas Rojas, TL, Tobs Líticas, AD, Diques Andesíticos, VT, veta, STK, Stockwork (Cr) e(Ap), F:10, M:20, L:30
 QIZW: Veta Cuarzo Blanco, CA, Calota, BX, Cuarzo Brechado
 ID_Alt= SM, Esmeralda, S, Sílica, P, Propilítico, A, Argílica, SB, Sericitosa
 T_Alt= Pz, Pírculva, Sol, Solociva GR_Alt-Gr_Ox= A: Alto (10); M: Medio (20), B: Bajo (30)
 ID_Ox= OM, Oxido de Manganeso, OXI, Oxido Limonítico, PYE, Pirita Fresca, OXH, Oxido Hemático, SD, Sin Datos

Fuente: investigación campo 2015

ANEXO 10 LOGUEO LITOLÓGICO POZO UG-15-05



Minera San Rafael S.A.
GUATEMALA

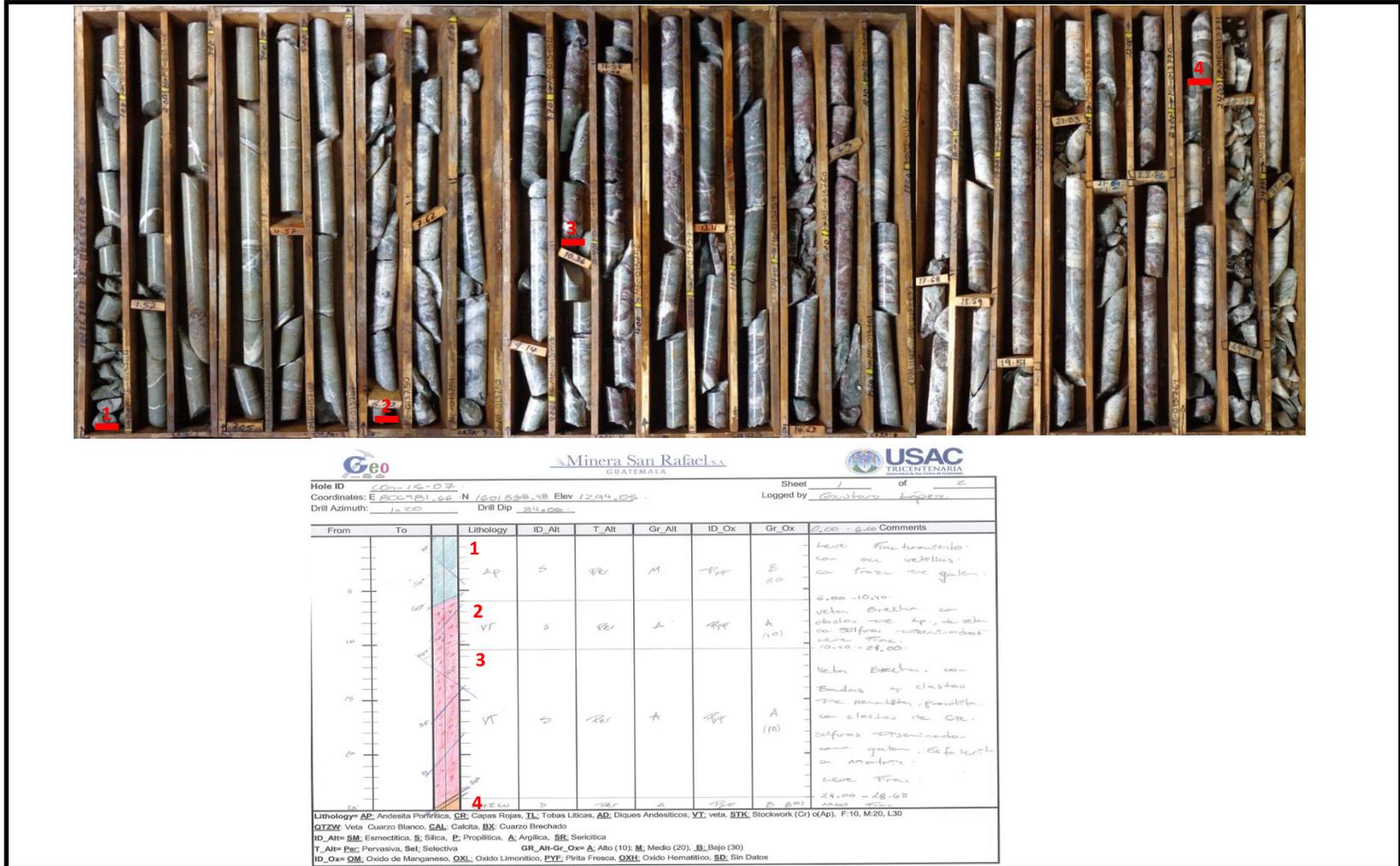
USAC
TRICENTENARIA

Hole ID		Coordinates		Drill Azimuth		Drill Dip		Sheet		Logged by	
UG-15-05		E 80° 46' 17" N 16° 01' 55" 9 Elev 12923'		0.900		0.200		2 of 2		Cristiano Lopez	
From	To	Lithology	ID_Alt	T_Alt	Gr_Alt	ID_Ox	Gr_Ox	2000 Comments			
30	35	VT	D	FE	A	FEF	B	Veta - 4' 100' de lava de 20 m x 2000 en clastos de fragmentos fragmentados.			
35	40	4 5 6 7 8	S	FE	M	FEF	M	28.00 - 30.00 Toda zona con sulfuros de Fe y Zn. 20.00 - 21.50 Veta - 4' 100' de lava de 20 m x 2000 en clastos de fragmentos fragmentados.			
40	45	CE	S	FE	A	FEF	B	Toda zona con sulfuros de Fe y Zn. 30.00 - 40.50 Veta - 4' 100' de lava de 20 m x 2000 en clastos de fragmentos fragmentados.			
45	50	CE	S	FE	A	FEF	B	Toda zona con sulfuros de Fe y Zn. 40.00 - 46.33 Veta - 4' 100' de lava de 20 m x 2000 en clastos de fragmentos fragmentados.			
50	55	CE	S	FE	M	FEF	B	Toda zona con sulfuros de Fe y Zn. 46.33 - 46.33 Veta - 4' 100' de lava de 20 m x 2000 en clastos de fragmentos fragmentados.			

Lithology: AP, Andesita Porfírica, CR, Capas Rojas, TL, Tobsas Líticas, AD, Diques Andesíticos, VT, veta, STK, Stockwork (Cr) o(Ap), F:10, M:20, L:30
QTZM: Veta Cuarzo Blanco, GAL, Caliche, BX, Cuarzo Brechado
ID_Alt: SM, Esmeralda, S, Siles, P, Propilítica, A, Anglica, SR, Sericítica
T_Alt: Prg, Porfírica, Sel, Selectiva **Gr_Alt-Gr_Ox:** A, Alto (10), M, Medio (20), B, Bajo (30)
ID_Ox: OM, Óxido de Manganeso, OX1, Óxido Limonítico, PVE, Pirita Fresca, OX11, Óxido Hematítico, SD, Sin Datos

Fuente: investigación campo 2015

ANEXO 13 LOGUEO LITOLÓGICO POZO UG-15-07



Fuente: investigación campo 2015

ANEXO 15 LOGUEO LITOLÓGICO POZO UG-15-08



From		To	Lithology	ID	Alt	T	Gr	Alt	ID	Gr	Ox	100-120	Comments
0	5	10	6R	6	78	M	Fr						Leve Fracturado - con Hojas y acastorlas vellicas de 20-30 ciferitas / etc. TE con granos.
10	15	20	6R	6	78	M	Fr						Leve Fracturado. acastorlas vellicas de ca 1.50 a 1.55 con vel. broda en parte de matriz - ca 0.20-0.50
20	25	30	VT	5	78	A	Fr						VT broda con de branca a matriz. vel. de 20-30 y fracturas con granos.

Hole ID: UG-15-08
 Coordinates: E 202980.00 N 120490.00 Elev 1267.50
 Drill Azimuth: 030 Drill Dip: 237
 Sheet: 1 of 2
 Logged by: Gustavo Lopez

Lithology: AP, Andesita Porfírica, GR, Capas Rojas, TL, Tobas Líticas, AD, Diques Andesíticos, VI, veta, STK, Stockwork (Cr) o(Ap), F:10, M:20, L:30
 QIZM: Veta Cuarzo Blanco, CAL, Calota, BX, Cuarzo Brochado
 ID_Alt: SM, Esmerectica, S, Silica, P, Propilítica, A, Argilica, SR, Sericitica
 T_Alt: Pgr, Pervasiva, Sel, Selectiva
 GR_Alt-Gr_Ox: A, Alto (10); M, Medio (20); B, Bajo (30)
 ID_Ox: OM, Oxido de Manganeso, OXl, Oxido Limonítico, PYE, Pirita Fresca, OXH, Oxido Hematítico, SD, Sin Datos

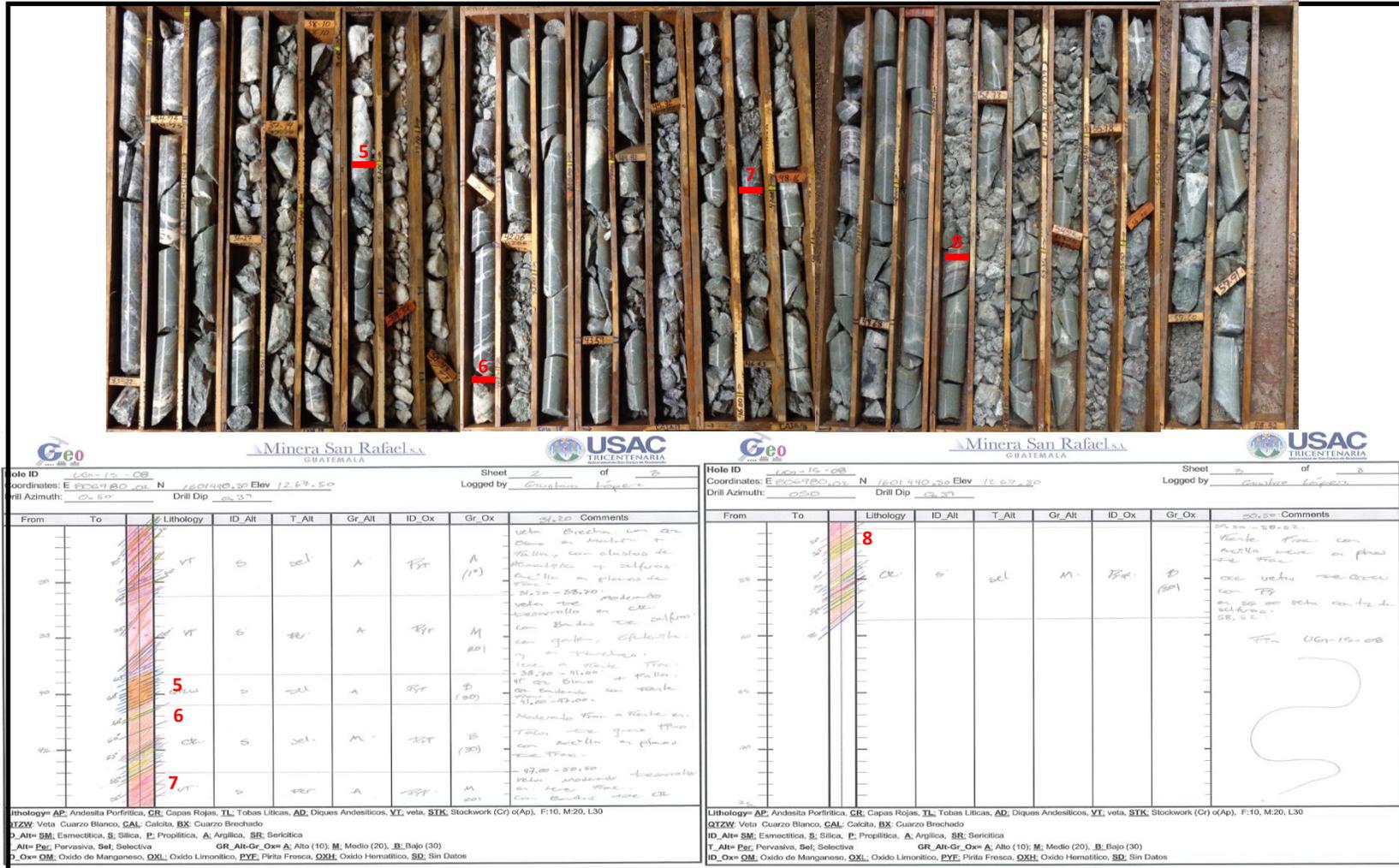
From		To	Lithology	ID	Alt	T	Gr	Alt	ID	Gr	Ox	100-120	Comments
0	5	10	6R	6	78	M	Fr						Leve Fracturado - con Hojas y acastorlas vellicas de 20-30 ciferitas / etc. TE con granos.
10	15	20	6R	6	78	M	Fr						Leve Fracturado. acastorlas vellicas de ca 1.50 a 1.55 con vel. broda en parte de matriz - ca 0.20-0.50
20	25	30	VT	5	78	A	Fr						VT broda con de branca a matriz. vel. de 20-30 y fracturas con granos.
30	35	40	6R	6	78	M	Fr						Leve Fracturado. acastorlas vellicas de ca 1.50 a 1.55 con vel. broda en parte de matriz - ca 0.20-0.50
40	45	45	6R	6	78	M	Fr						Leve Fracturado. acastorlas vellicas de ca 1.50 a 1.55 con vel. broda en parte de matriz - ca 0.20-0.50

Hole ID: UG-15-08
 Coordinates: E 202980.00 N 120490.00 Elev 1267.50
 Drill Azimuth: 030 Drill Dip: 237
 Sheet: 2 of 2
 Logged by: Gustavo Lopez

Lithology: AP, Andesita Porfírica, GR, Capas Rojas, TL, Tobas Líticas, AD, Diques Andesíticos, VI, veta, STK, Stockwork (Cr) o(Ap), F:10, M:20, L:30
 QIZM: Veta Cuarzo Blanco, CAL, Calota, BX, Cuarzo Brochado
 ID_Alt: SM, Esmerectica, S, Silica, P, Propilítica, A, Argilica, SR, Sericitica
 T_Alt: Pgr, Pervasiva, Sel, Selectiva
 GR_Alt-Gr_Ox: A, Alto (10); M, Medio (20); B, Bajo (30)
 ID_Ox: OM, Oxido de Manganeso, OXl, Oxido Limonítico, PYE, Pirita Fresca, OXH, Oxido Hematítico, SD, Sin Datos

Fuente: investigación campo 2015

ANEXO 16 LOGUEO LITOLÓGICO POZO UG-15-08



Minera San Rafael S.A.
GUATEMALA
 USAC
TRICENTENARIA

Hole ID: UG-15-08 Sheet 2 of 2
 Coordinates: E 90°18'0.00" N 16°01'40.20" Elev 1267.50 Logged by Guillermo López
 Drill Azimuth: 050 Drill Dip: 037

From	To	Lithology	ID_Alt	T_Alt	Gr_Alt	ID_Ox	Gr_Ox	Comments
20	25	VT	S	sel	A	SP	A (10)	vela Brecha con or Dena a menudo y pequeños con cristales de Alumina y sulfuro Azul en algunas partes. 42.00-55.00 vela de Andesita desmenuada en con bandas de sulfuro con grates, sulfato y en brechas con a menudo 55.00-60.00 de or blanco y de sulfuro en partes. 60.00-65.00 Andesita fina a gruesa en vela con grates con azules en partes. 65.00-70.00 70.00-80.00 vela andesita en partes con grates y con sulfuro en partes.
25	30	VT	S	sel	A	SP	M (20)	
30	35	5	S	sel	A	SP	B (30)	
35	40	6	S	sel	M	SP	B (30)	
40	45	7	S	sel	A	SP	M (20)	

Lithology: **AP**: Andesita Porfírica, **CR**: Capas Rojas, **TL**: Tobsas Líticas, **AD**: Diques Andesíticos, **VT**: vela, **STK**: Stockwork (Cr) c(Ap), F:10, M:20, L:30
QZW: Veta Cuarzo Blanco, **CAL**: Calcita, **BX**: Cuarzo Brochado
ID_Alt: **SM**: Esmerectita, **S**: Silica, **P**: Propilitica, **A**: Argilica, **SR**: Sericitica
T_Alt: **Per**: Pervasiva, **Sel**: Selectiva **GR_Alt-Gr_Ox**: **A**: Alto (10); **M**: Medio (20); **B**: Bajo (30)
ID_Ox: **OM**: Óxido de Manganeso, **OXL**: Óxido Limonítico, **PYE**: Pirita Fresca, **QXH**: Óxido Hematítico, **SD**: Sin Datos

Minera San Rafael S.A.
GUATEMALA
 USAC
TRICENTENARIA

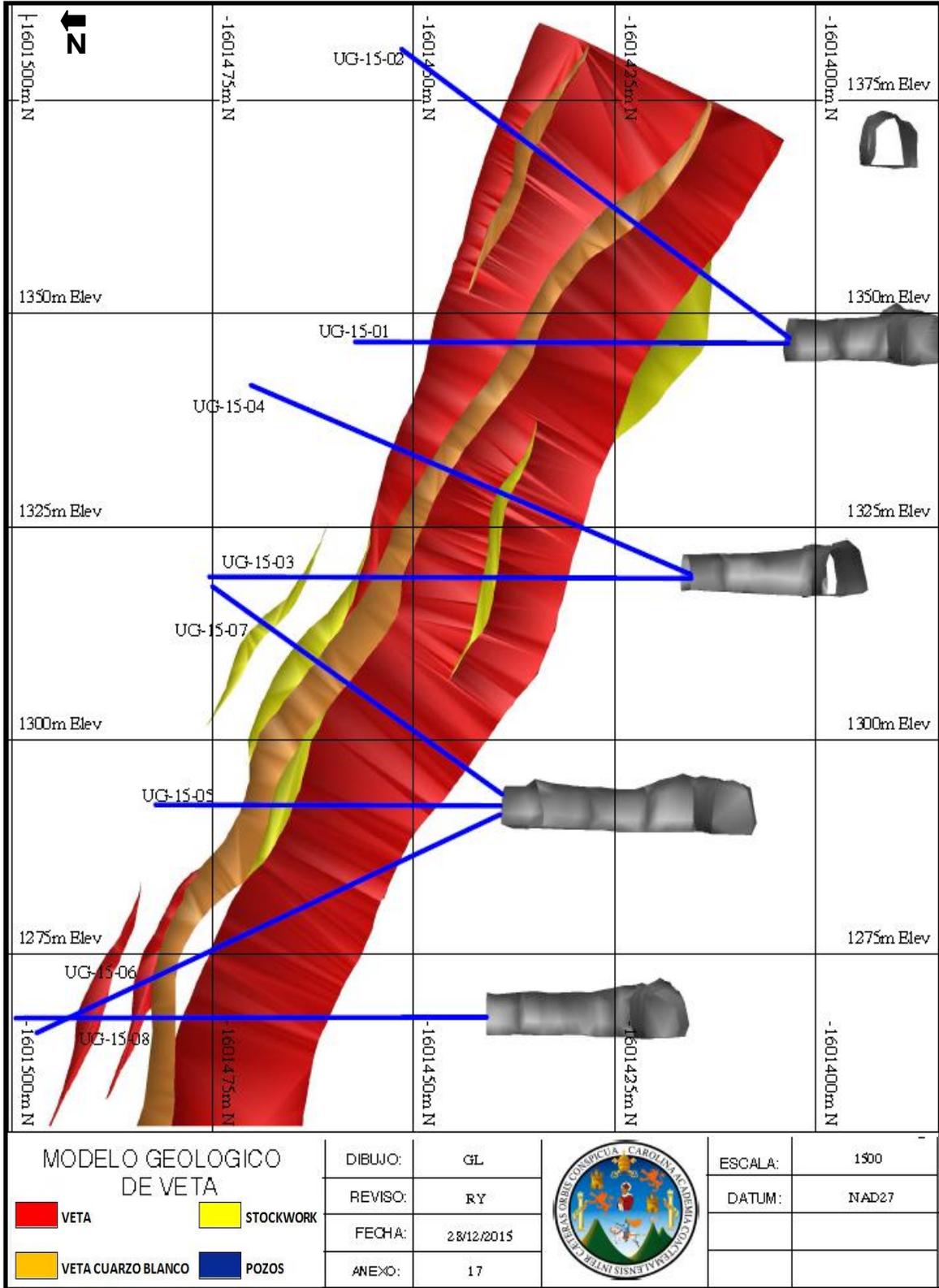
Hole ID: UG-15-08 Sheet 2 of 2
 Coordinates: E 90°18'0.00" N 16°01'40.20" Elev 1267.50 Logged by Guillermo López
 Drill Azimuth: 050 Drill Dip: 037

From	To	Lithology	ID_Alt	T_Alt	Gr_Alt	ID_Ox	Gr_Ox	Comments
20	25	8	S	sel	M	SP	B (30)	20.00-25.00 vela fina con actita en partes de vela. 25.00-30.00 vela 30.00-35.00 vela 35.00-40.00 vela 40.00-45.00 vela 45.00-50.00 vela 50.00-55.00 vela 55.00-60.00 vela 60.00-65.00 vela 65.00-70.00 vela 70.00-75.00 vela 75.00-80.00 vela 80.00-85.00 vela 85.00-90.00 vela 90.00-95.00 vela 95.00-100.00 vela 100.00-105.00 vela 105.00-110.00 vela 110.00-115.00 vela 115.00-120.00 vela 120.00-125.00 vela 125.00-130.00 vela 130.00-135.00 vela 135.00-140.00 vela 140.00-145.00 vela 145.00-150.00 vela 150.00-155.00 vela 155.00-160.00 vela 160.00-165.00 vela 165.00-170.00 vela 170.00-175.00 vela 175.00-180.00 vela 180.00-185.00 vela 185.00-190.00 vela 190.00-195.00 vela 195.00-200.00 vela 200.00-205.00 vela 205.00-210.00 vela 210.00-215.00 vela 215.00-220.00 vela 220.00-225.00 vela 225.00-230.00 vela 230.00-235.00 vela 235.00-240.00 vela 240.00-245.00 vela 245.00-250.00 vela 250.00-255.00 vela 255.00-260.00 vela 260.00-265.00 vela 265.00-270.00 vela 270.00-275.00 vela 275.00-280.00 vela 280.00-285.00 vela 285.00-290.00 vela 290.00-295.00 vela 295.00-300.00 vela 300.00-305.00 vela 305.00-310.00 vela 310.00-315.00 vela 315.00-320.00 vela 320.00-325.00 vela 325.00-330.00 vela 330.00-335.00 vela 335.00-340.00 vela 340.00-345.00 vela 345.00-350.00 vela 350.00-355.00 vela 355.00-360.00 vela 360.00-365.00 vela 365.00-370.00 vela 370.00-375.00 vela 375.00-380.00 vela 380.00-385.00 vela 385.00-390.00 vela 390.00-395.00 vela 395.00-400.00 vela 400.00-405.00 vela 405.00-410.00 vela 410.00-415.00 vela 415.00-420.00 vela 420.00-425.00 vela 425.00-430.00 vela 430.00-435.00 vela 435.00-440.00 vela 440.00-445.00 vela 445.00-450.00 vela 450.00-455.00 vela 455.00-460.00 vela 460.00-465.00 vela 465.00-470.00 vela 470.00-475.00 vela 475.00-480.00 vela 480.00-485.00 vela 485.00-490.00 vela 490.00-495.00 vela 495.00-500.00 vela 500.00-505.00 vela 505.00-510.00 vela 510.00-515.00 vela 515.00-520.00 vela 520.00-525.00 vela 525.00-530.00 vela 530.00-535.00 vela 535.00-540.00 vela 540.00-545.00 vela 545.00-550.00 vela 550.00-555.00 vela 555.00-560.00 vela 560.00-565.00 vela 565.00-570.00 vela 570.00-575.00 vela 575.00-580.00 vela 580.00-585.00 vela 585.00-590.00 vela 590.00-595.00 vela 595.00-600.00 vela 600.00-605.00 vela 605.00-610.00 vela 610.00-615.00 vela 615.00-620.00 vela 620.00-625.00 vela 625.00-630.00 vela 630.00-635.00 vela 635.00-640.00 vela 640.00-645.00 vela 645.00-650.00 vela 650.00-655.00 vela 655.00-660.00 vela 660.00-665.00 vela 665.00-670.00 vela 670.00-675.00 vela 675.00-680.00 vela 680.00-685.00 vela 685.00-690.00 vela 690.00-695.00 vela 695.00-700.00 vela 700.00-705.00 vela 705.00-710.00 vela 710.00-715.00 vela 715.00-720.00 vela 720.00-725.00 vela 725.00-730.00 vela 730.00-735.00 vela 735.00-740.00 vela 740.00-745.00 vela 745.00-750.00 vela 750.00-755.00 vela 755.00-760.00 vela 760.00-765.00 vela 765.00-770.00 vela 770.00-775.00 vela 775.00-780.00 vela 780.00-785.00 vela 785.00-790.00 vela 790.00-795.00 vela 795.00-800.00 vela 800.00-805.00 vela 805.00-810.00 vela 810.00-815.00 vela 815.00-820.00 vela 820.00-825.00 vela 825.00-830.00 vela 830.00-835.00 vela 835.00-840.00 vela 840.00-845.00 vela 845.00-850.00 vela 850.00-855.00 vela 855.00-860.00 vela 860.00-865.00 vela 865.00-870.00 vela 870.00-875.00 vela 875.00-880.00 vela 880.00-885.00 vela 885.00-890.00 vela 890.00-895.00 vela 895.00-900.00 vela 900.00-905.00 vela 905.00-910.00 vela 910.00-915.00 vela 915.00-920.00 vela 920.00-925.00 vela 925.00-930.00 vela 930.00-935.00 vela 935.00-940.00 vela 940.00-945.00 vela 945.00-950.00 vela 950.00-955.00 vela 955.00-960.00 vela 960.00-965.00 vela 965.00-970.00 vela 970.00-975.00 vela 975.00-980.00 vela 980.00-985.00 vela 985.00-990.00 vela 990.00-995.00 vela 995.00-1000.00 vela

Lithology: **AP**: Andesita Porfírica, **CR**: Capas Rojas, **TL**: Tobsas Líticas, **AD**: Diques Andesíticos, **VT**: vela, **STK**: Stockwork (Cr) c(Ap), F:10, M:20, L:30
QZW: Veta Cuarzo Blanco, **CAL**: Calcita, **BX**: Cuarzo Brochado
ID_Alt: **SM**: Esmerectita, **S**: Silica, **P**: Propilitica, **A**: Argilica, **SR**: Sericitica
T_Alt: **Per**: Pervasiva, **Sel**: Selectiva **GR_Alt-Gr_Ox**: **A**: Alto (10); **M**: Medio (20); **B**: Bajo (30)
ID_Ox: **OM**: Óxido de Manganeso, **OXL**: Óxido Limonítico, **PYE**: Pirita Fresca, **QXH**: Óxido Hematítico, **SD**: Sin Datos

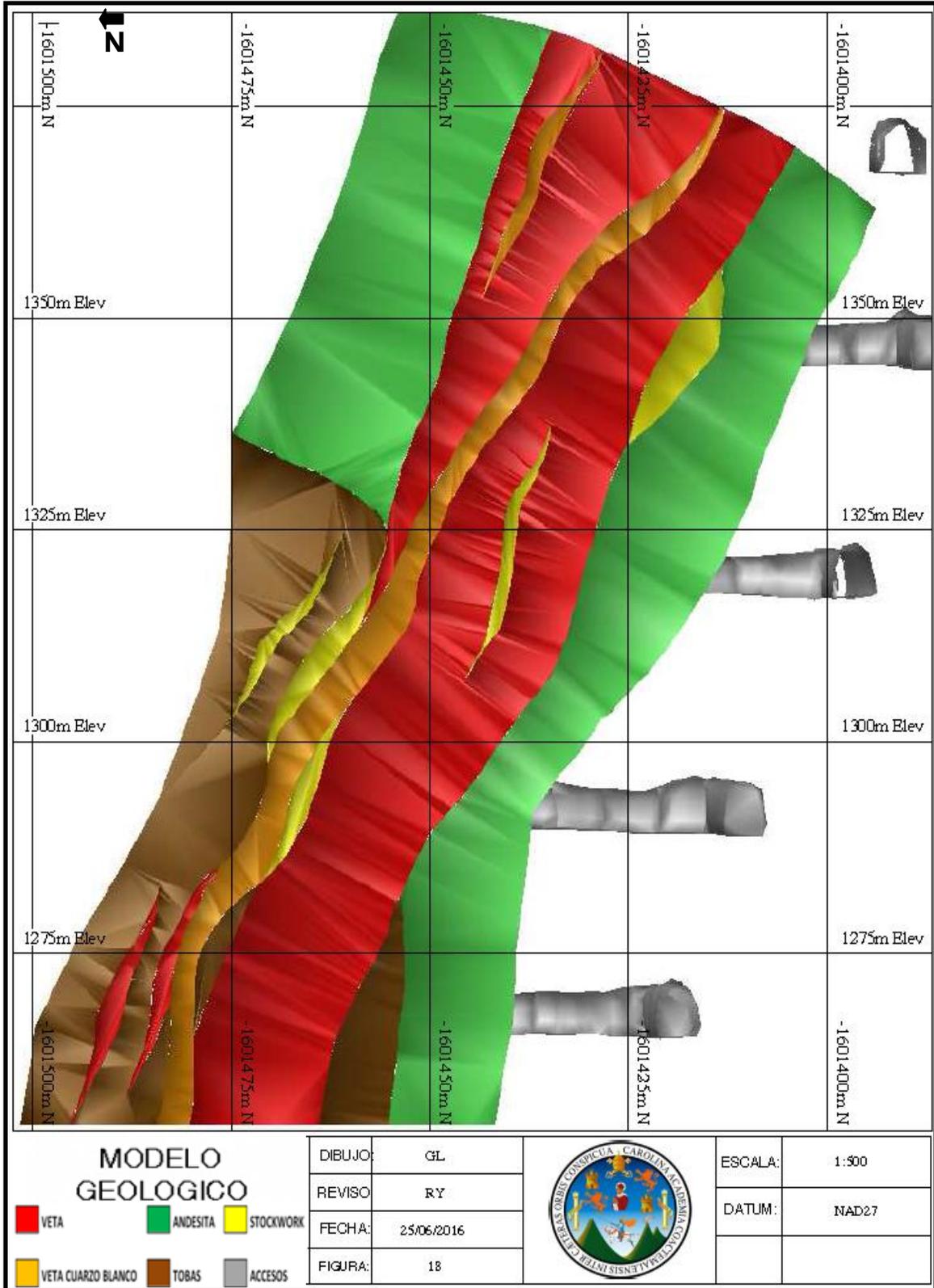
Fuente: investigación campo 2015

**ANEXO 17
PLANES DE BARRENACIÓN EN SECCIÓN NORTE 806980**



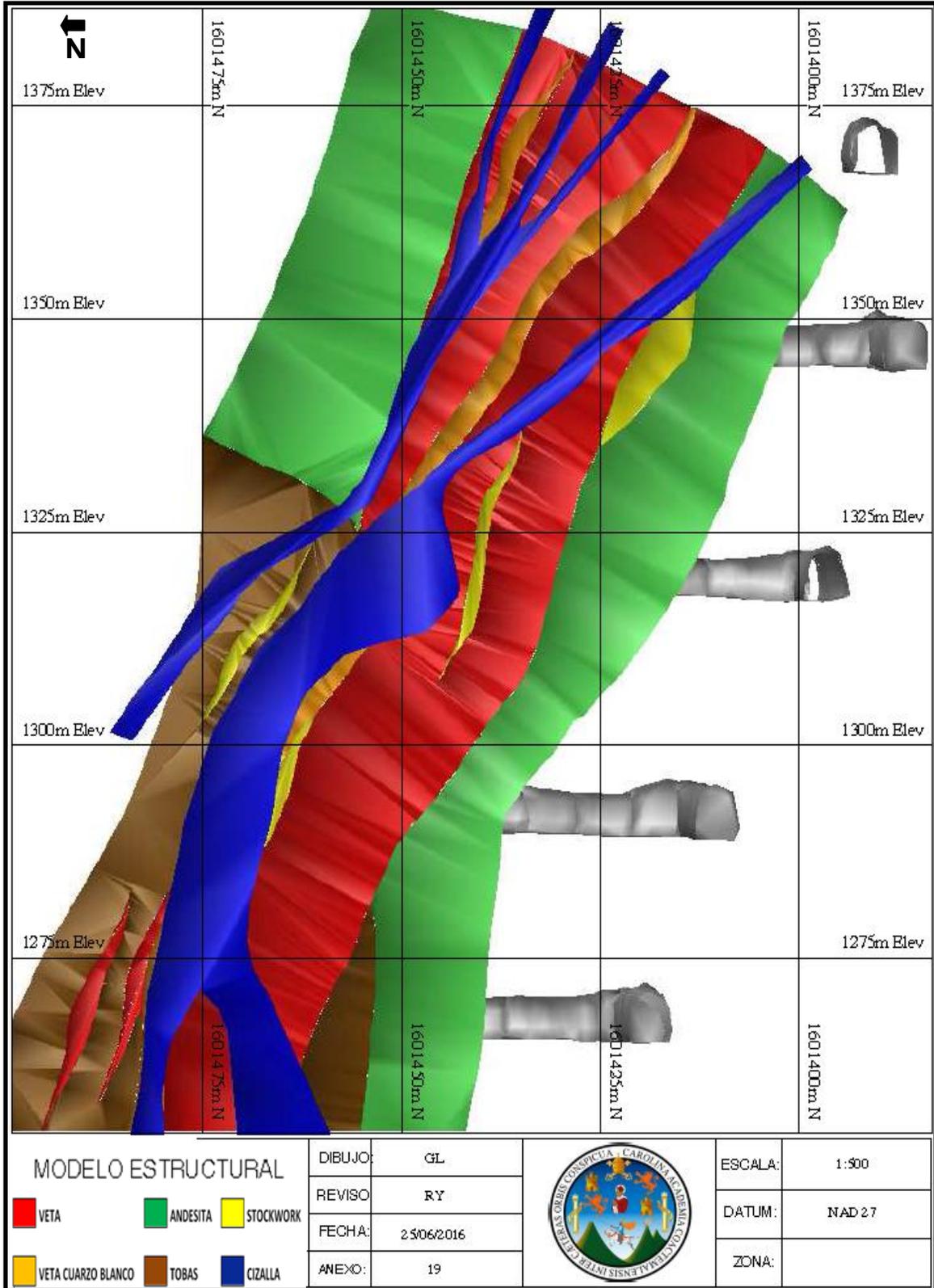
Fuente: investigación campo 2015

ANEXO 18
MODELO LITOLÓGICO DE LA SECCIÓN NORTE 806980



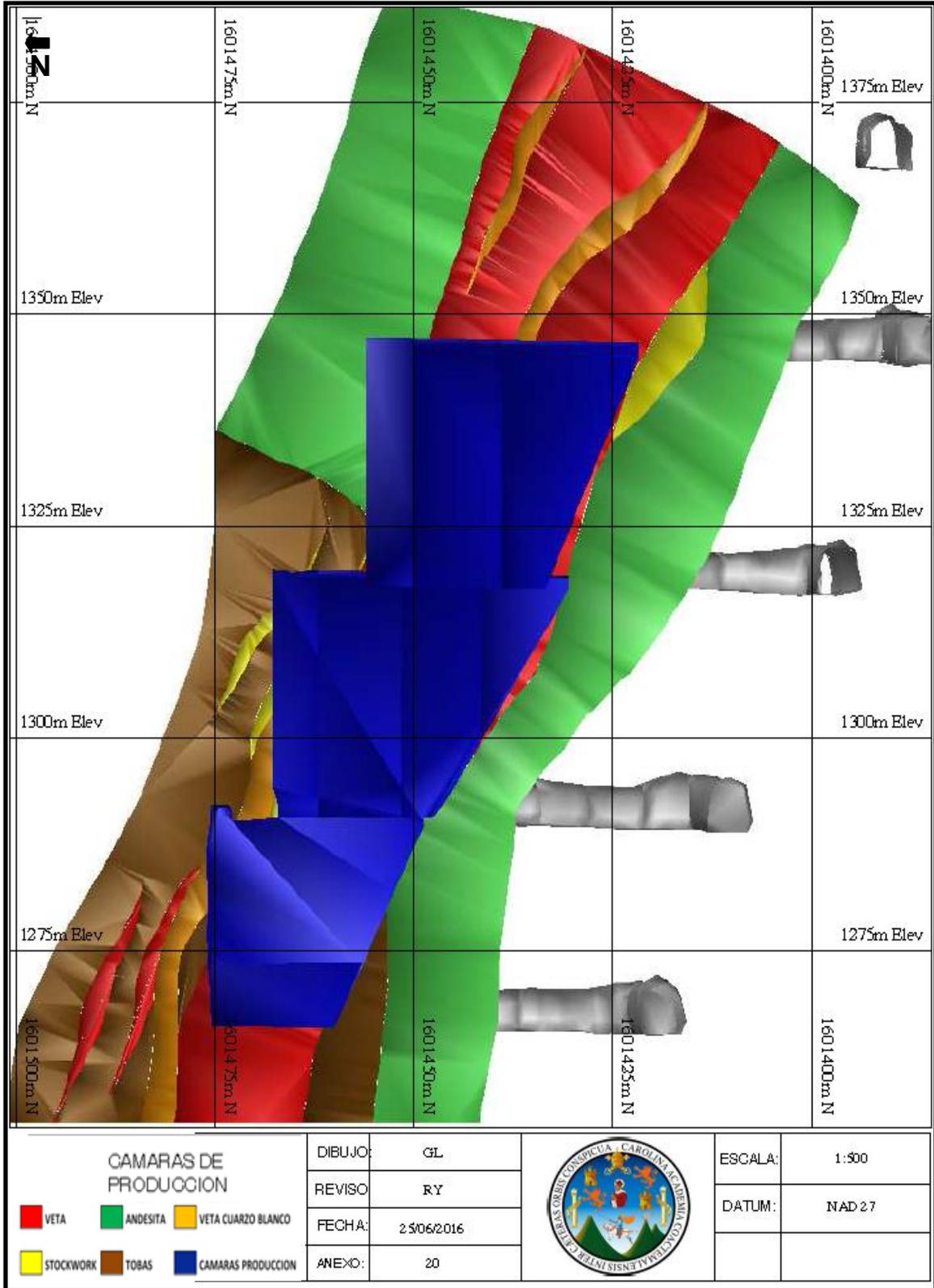
Fuente: investigación campo 2015

ANEXO 19
MODELO ESTRUCTURAL DE LA SECCIÓN NORTE 806980



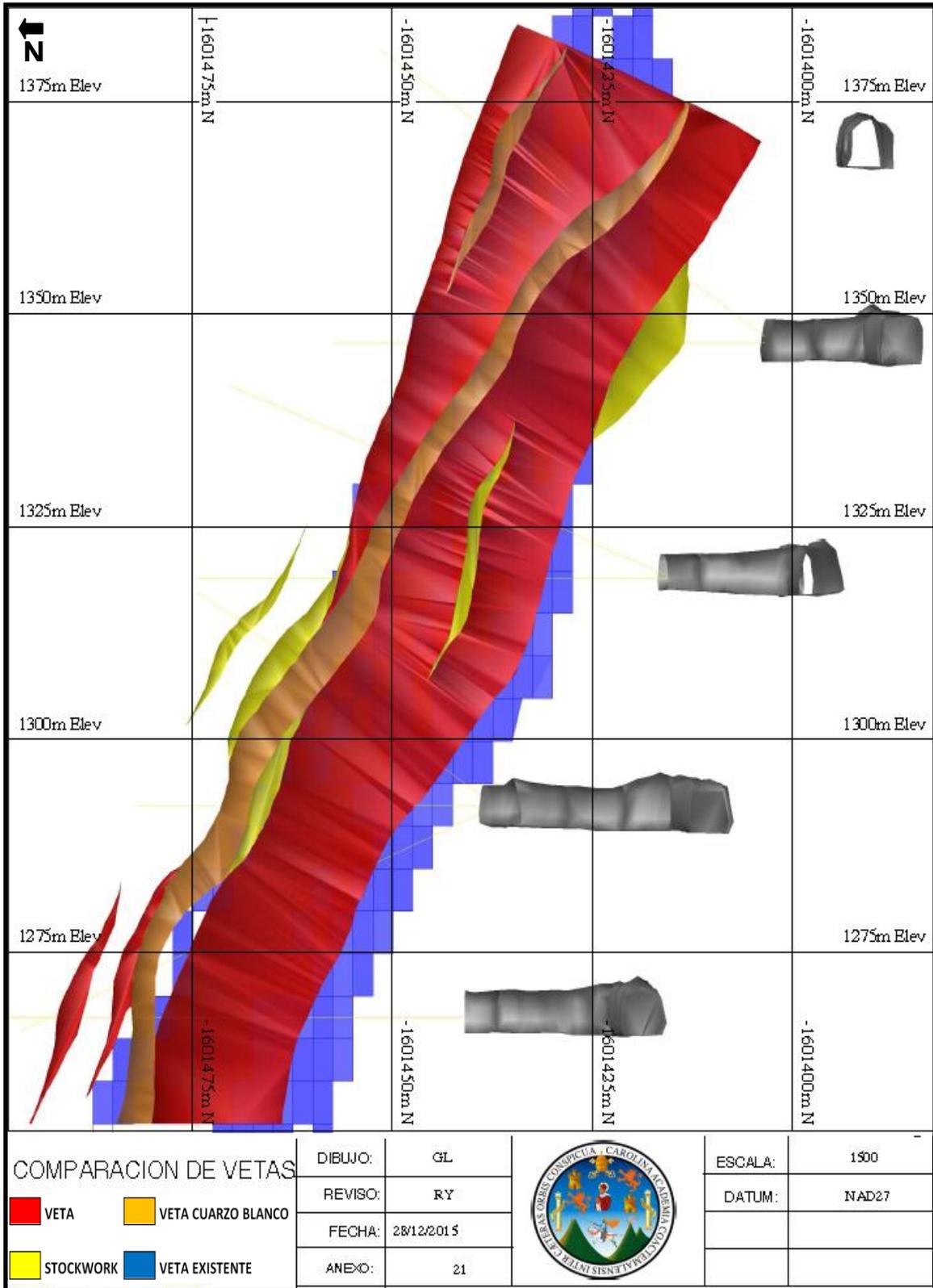
Fuente: investigación campo 2015

ANEXO 20 CÁMARAS DE PRODUCCIÓN DE LA SECCIÓN NORTE 806980



Fuente: investigación campo 2015

ANEXO 21 COMPARACIÓN DE VETAS



Fuente: investigación campo 2015



CUNOR | **CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE**
Universidad de San Carlos de Guatemala

El director del Centro Universitario del Norte de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer los dictámenes de la Comisión de Trabajos de Graduación de la carrera de:

INGENIERO GEÓLOGO

Al trabajo titulado:

**DETERMINACIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LA VETA ESCOBAL EN LA SECCIÓN NORTE 806 980
PARA EL DISEÑO DE LA CÁMARA DE PRODUCCIÓN, MINA EL ESCOBAL**

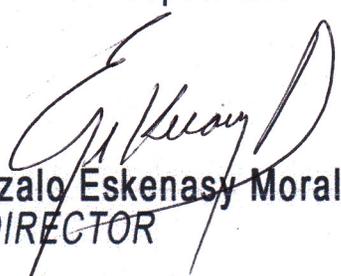
Presentado por el (la) estudiante:

GUSTAVO ADOLFO LÓPEZ KRESS

Autoriza el

IMPRIMASE

Cobán Alta Verapaz 12 de Septiembre de 2016.


Lic. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
DIRECTOR

