

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y
METALÚRGICA



MODELO LITOLÓGICO/ALTERACIONES
HIDROTERMALES DEL PROYECTO VALERIANO

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO GEÓLOGO

ELABORADO POR:

JORGE GIOVANNI GONZALES TOMAYRO

ASESOR

Ing. JORGE HUMBERTO PAREDES ANGELES

Lima Perú

2013

INDICE

CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1. Introducción	11
1.2. Antecedentes de estudios realizados	12
1.3. Objetivos	15
1.4. Área de Estudio	15
1.4.1. Ubicación y Accesibilidad	15
1.4.2. Fauna y Flora	19
1.4.3. Clima	19

CAPITULO II: ENTORNO GEOLÓGICO REGIONAL

2.1. Introducción	21
2.2. Estratigrafía	23
2.3. Rocas Intrusivas	33
2.4. Marco Estructural Tectónico	36
2.5. Contexto Metalogenético Regional	39
2.6. Geología Económica	41

CAPITULO III: ENTORNO GEOLOGICO LOCAL

3.1. Introducción	43
3.2. Secuencias Estratigráfica	44
3.3. Rocas Intrusivas	47
3.4. Geología Estructural	51
3.5. Alteraciones	52

3.6. Mineralización...	55
------------------------	----

CAPITULO IV: MODELO LITOLÓGICO Y ALTERACIONES HIDROTERMALES

4.1. Metodología para la Elaboración del Modelo	57
4.2. Modelo Litológico	58
4.2.1. Secciones	72
4.2.2. Elección de Software de modelamiento	77
4.2.3. Modelo en 3D	80
4.3. Modelo de Alteración	93
4.3.1. Secciones	93
4.3.2. Esquema Generalizado	96
4.3.3. Modelo en 3D	97
CONCLUSIONES	106
RECOMENDACIONES	107
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapas de Ubicación y Accesibilidad	17
Figura 2: Concesión del Proyecto Valeriano	18
Figura 3: Mapa de Geología Regional	22
Figura 4: Franja de Depósitos E pitermiales	40
Figura 5: Esquema de la Secuencia Estratigráfica.....	48
Figura 6: Mapa Geológico Local	50
Figura 7: Mapa de Alteraciones Local	54
Figura 8: Muestra de Mano venillas de enargita - Pirita	56
Figura 9: Muestra de Mano calcantita enargita como relleno	56
Figura 10: Muestra de Mano Brecha Negra.	56
Figura 11: Muestra de Mano venillas de Cuarzo - Enargita	56
Figura 12: Resumen Gráfica de Sondaje	61
Figura 13: Muestra de Testigo de Perforación venilla de pirita- Enargita	63
Figura 14: Muestra de Testigo de Perforación Ignimbrita Riolítica Verde	64
Figura 15: Muestra de Testigo de Perforación Venillas de Cuarzo-Pirita	64
Figura 16: Muestra de Testigo de Perforación Ignimbrita Riolítica	66
Figura 17: Muestra de Testigo de Perforación Pórfido Dacítico	66
Figura 18: Muestra de Testigo de Perforación Pórfido Andesítico	66
Figura 19: Muestra de Testigo de Perforación Silicificación Intensa	67
Figura 20: Muestra de Testigo de Perforación Alteración Sericítica	68
Figura 21: Muestra de Testigo de Perforación Pórfido Cuarzo Feldespato	70
Figura 22: Muestra de Testigo de Perforación Pórfido Dacítico	70
Figura 23: Muestra de Testigo de Perforación Pórfido Andesítico	70
Figura 24: Muestra de Testigo de Perforación Brecha Hidrotermal... ..	71

Figura 25: Líneas de Sección.....	73
Figura 26: Sección Litológica AA”... ..	74
Figura 27: Sección Litológica BB”.....	75
Figura 28: Sección Litológica CC”.....	76
Figura 29: Modelamiento Implícito	79
Figura 30a, 30b, 30c: Confección Litológica de la Andesita	81
Figura 31a, 31b, 31c: Confección Litológica de Aglomerado Volcánico.....	82
Figura 32a, 32b, 32c: Confección Litológica de Brecha.....	83
Figura 33a, 33b, 33c: Confección Litológica Pórfido Andesítico.....	84
Figura 34a, 34b, 34c: Confección Litológica del Pórfido Cuarzo Feldespato	85
Figura 35a, 35b, 35c: Confección Litológica del Pórfido Dacítico... ..	86
Figura 36a, 36b, 36c: Confección Litológica de Toba Dacítica.....	87
Figura 37a, 37b, 37c: Confección de la falla principal.....	88
Figura 38a, 38b, 38c: Confección Litológica de Ignimbrita Riolítica.....	89
Figura 39: Sección 6780117.16 Norte.....	90
Figura 40: Modelo Litológico Resultante.....	91
Figura 41: Sección de Alteraciones AA”.....	93
Figura 42: Sección de Alteraciones BB ”.....	94
Figura 43: Sección de Alteraciones CC ”.....	95
Figura 44: Esquema Generalizado de Zonación Alteración.....	96
Figura 45: Confección de la Alteración Potásica.....	97
Figura 46a, 46b, 46c: Confección de la Alteración Silicificación 1.....	98
Figura 47a, 47b, 47c: Confección de la Alteración Silicificación 2.....	99
Figura 48a, 48b, 48c: Confección de la Alteración Silicificación 3	100

Figura 49a, 49b, 49c: Confección de la Alteración Argílica.....	101
Figura 50a, 50b, 50c: Confección de la Alteración Fílica.....	102
Figura 51: Confección de la Alteración Propilítica.....	103
Figura 52: Modelo de Alteración Resultante.....	104

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro resumen de Trabajo de Exploración en Campañas Pasadas.....	14
Tabla 2: Datos de ubicación de las Perforaciones Diamantinas.....	72

ANEXOS

Quick log VALDDH-3	111
Quick log VALDDH-4	117

RESUMEN

El Proyecto Valeriano se encuentra localizado en la cordillera de Los Andes de la III Región de Chile, aproximadamente a 30 km en línea recta al norte del proyecto Pascua Lama y 120 km al este de la ciudad de Vallenar, a una altitud comprendida entre los 3.700 y 4.500 m s.n.m y con una concesión de 3750 hectáreas (Figura 2).

El Proyecto se encuentra cubierta por tobas terciarias que constituyen un paquete variable. Son tobas líticas y/o de lapilli dacíticos e ignimbritas riolíticas mostrando una textura fluidal originado principalmente por fiammes orientados pertenecientes a la formación Tilito. Estas secuencias volcánicas son intruidas en el sector sur del proyecto por un pórfido dacítico perteneciente al Mioceno medio. La ocurrencia da origen a vetillas subparalelas de cuarzo, con mineralización de oro, asimismo el desarrollo hidrotermal es del tipo "centrado en intrusivo" y tiene una estrecha relación genética con el emplazamiento de pórfidos dacítico. Dos tipos de alteración han sido reconocidos: epitermal de Alta Sufuración expuesto como remanentes erosionales en la parte alta y mesotermal de afinidad de un Pórfido en la parte inferior.

Con los resultados de la campaña de perforación diamantina noviembre 2011 a marzo 2012, con 4881.90 metros perforados por la empresa minera HOCHSCHILD CHILE y con las informaciones de las campañas pasadas de perforación diamantina que se realizaron en el Proyecto por parte de las empresas Minera Phelps Dodge de Chile S.A. (1990, 1991) de 2903 metros perforados se llegó a elaborar un modelo preliminar litológico y de alteraciones con el objetivo de observar el comportamiento en 3 dimensiones, realizando previamente las secciones litológicas y de alteraciones,

asimismo se utilizó un software geológico para el modelamiento llamado “Leapfrog Mining” teniendo los resultados que se esperaba como el comportamiento de un pórfido de Cobre - Oro - Molibdeno que será validado con próximas perforaciones, así mismo el comportamiento litológico a profundidad.

ABSTRACT

The Valeriano Project is located in the Andes of Chile's Region III, approximately 30 km directly north of the Pascua Lama Project and 120 km east of the city of Vallenar, at an altitude of between 3,700 and 4,500 m above sea level and with a grant of 3750 acres (Figure 2).

The project is covered by Tertiary tuffs which are a variable packet. Are lytic and / or dacitic lapilli tuffs and rhyolitic ignimbrites are showing flow texture mainly due fiammes oriented belonging to Tilito formation. These volcanic sequences are intruded in the southern sector of the project by dacitic porphyry belonging to middle Miocene. The occurrence gives rise to subparallel veinlets of quartz, with gold mineralization, hydrothermal development also is of the "centered intrusive" and has a close genetic relationship to the site of dacitic porphyry. Two types of alteration have been recognized: High Sufuración epithermal exposed as erosional remnants in the upper mesothermal and porphyry affinity of at the bottom.

With the results of the campaign of diamond drilling in November 2011 to March 2012 with a total of 4881.90 meters drilled by the mining company HOCHSCHILD CHILE and information of past diamond drilling campaigns were conducted in the Valeriano Project by the Phelps Dodge Mining companies of Chile SA (1990, 1991) of 2903 meters drilled was reached to develop a lithologic and alteration preliminary model in order to observe the behavior in 3 dimensions , previously performing lithological and alteration sections , also a geological software was used for modeling called " Leapfrog

Mining" taking the results to be expected as the behavior of a porphyry copper - gold - molybdenum to be validated with future drilling likewise the lithological behavior depth.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Introducción

El Proyecto Valeriano se encuentra en la parte norte donde prolifera la clase mundial de los yacimientos de oro, plata y cobre de la provincia conocida como la Franja del Indio, donde encontramos depósitos de metales preciosos importantes como El Indio, Pascua-Lama y Veladero que están contenidos en esta franja, también se ubican depósitos como Tambo, Río del Medio, Sancarrón que se encuentran ubicados entre Chile y Argentina. Se realiza este trabajo con los datos de las perforaciones diamantinas realizadas en el Proyecto Valeriano para poder visualizar el comportamiento preliminar Litológico y de Alteraciones Hidrotermales.

En la campaña de exploración noviembre 2011 a marzo 2012 se realizó 8 perforaciones diamantinas llegando a una total de 4881.9 metros perforados en distintas zonas del área con sondajes profundos con el objetivo de encontrar el pórfido generador de la mineralización asimismo verificando, comprobando y obteniendo nueva información geológica de la zona ya estudiada anteriormente por otras empresas.

El presente trabajo que se realiza con el objetivo de diseñar un modelo preliminar de litología y de alteraciones en base a las secciones interpretadas de las últimas perforaciones realizadas en el periodo 2011-2012 debido a que las informaciones de las campañas pasadas no fueron entregadas en su totalidad que solo se contó con 2,903 metros de perforación diamantina realizada por la empresa minera Phelps Dodge.

1.2. Antecedentes de Estudios Realizados

La propiedad Valeriano es parte de la franja El Indio. El área ha sido explorada desde 1983 hasta 1997 para diferentes empresas. Las primeras actividades de exploración en la zona se llevaron a cabo para Exxon en el periodo de 1983-1984. Luego, en 1988, Rayrock hacen algunos trabajos geológicos detallados que incluyen mapeo geológico, muestreo de afloramientos y la construcción de trincheras. En 1990-1991, Phelps Dodge llevó a cabo un importante programa de exploración que considera 6403 metros de perforación (2,903 metros de perforación diamantina y 3,500 metros de perforación RC). En 1993 Newmont, hizo una evaluación de toda la información existente en la propiedad. Esto incluyó el re-ensayo de muestras seleccionadas de perforación, re-logueo de todos pozos de perforación diamantina y algunos pozos de RC, estudios de sección delgada y pulidas concluyendo que en el sector sur de Valeriano merecía seguir trabajando, en el verano de 1994, Newmont realiza trabajo de campo que incluye la realización de accesos y de trincheras en los sectores brecha (sur) y el sector central, mapeo geológico, un estudio magnético terrestre y muestras de sedimentos. Otras perforaciones se recomienda después de este estudio, pero Newmont no continuó con la exploración de esta propiedad.

Barrick comenzó a trabajar en el Proyecto Valeriano en noviembre de 1995 y llevó a cabo 2.073 metros de perforación RC en el verano de 1996. La exploración de Valeriano continuó en el primer semestre de 1997 con el mapeo geológico, toma de muestras adicionales, encuestas IP y magnéticos y la perforación RC de 4100 metros (Tabla 1).

Durante los años 80 la exploración en los Andes chilenos de la Región de Atacama y Coquimbo se ha centrado en el oro. El impacto del descubrimiento de la bonanza de mineralización de oro en la mina El Indio influenciado drásticamente la estrategia de exploración de las empresas. El interés por el área de Valeriano se basa en encontrar un potencial de yacimiento de oro similar al de El Indio. Los descubrimientos de depósitos económicos de oro - cobre y oro - plata como Pascua-Lama, Veladero y El Morro son muy tentativos de seguir explorando esta propiedad.

Tabla 1. Cuadro resumen de trabajos de exploración realizados en campañas pasadas.

TRABAJOS DE EXPLORACION REALIZADOS - PROYECTO VALERIANO								
ACTIVIDAD	1986	1988	1989-1990	1990-1991	1993-1994	1995-1996	1997	TOTAL
SONDAJES								
DDH m (N°)			2.902,5 (9)					2.902,5 (9)
RDH m (N°)				3.500 (18)		2.073 (7)	4.100 (13)	9.673 (38)
GEOQUIMICA (Multielemento)								
Talud (N°)	53	403					521	977
Roca (N°)						19	105	124
Sondajes (N°)						20	54	74
GEOFISICA								
IP (km)							15,3	15,3
Magnet. (km)					32		51,7	83,7
MUESTRAS (Au-Ag-Cu-As)								
Canal (N°)		720		961	450	534	130	2.795
Sondajes (N°)			1.709	2.309		2.073	4.100	10.191
Chips (N°)	54		27			48		129
GEOLOGIA								
1:500		x	x	x	x			
1:1.000						x		
1:2.000			x	x	x	x	x	
1:5.000						x		
1:10.000	x	x				x		
ESTUD. ESPEC.								
Petrografía		x			x	x		
Sulf. relictos					x			
Datación							x	
Incl. Fluidas							x	
COMPAÑIA	J. Ambrus	Rayrock	Minera Phelps Dodge S.A.	Newmont	Barrick Chile	Limitada		

1.3. Objetivos

Los objetivos del presente trabajo son los siguientes:

- Determinar el modelo litológico y de alteraciones preliminar en la zona de estudio en función a las secciones interpretadas de la campaña de perforación 2011-2012.
- Obtener el Título de Ingeniero Geólogo.

1.4 Área de Estudio

1.4.1. Ubicación y Accesibilidad

Geográficamente el Proyecto Valeriano se localiza en la III Región de Atacama, norte de Chile.

Como referencia se indica el punto del Campamento, cuyas coordenadas UTM son: 6781794 N y 412198E. (Fig.1)

La accesibilidad desde Santiago de Chile, es por la panamericana norte llegando hasta la ciudad de Vallenar de donde se continúa la vía pavimentada hasta la localidad de Chollay, siguiendo luego una vía afirmada que va hacia el poblado de Junta de Valeriano, en esta ruta a 13.00 Km de Chollay y a 2.5 km antes del poblado de Juntas de Valeriano, hay un desvío que llega al Proyecto.

Se accede al desvío donde encontramos un puente de ingreso hacia el camino que conduce al proyecto a través de un camino de tierra (Trocha), asimismo se recomienda usar camioneta de doble tracción. El tiempo de ascenso es de dos horas en camioneta.

También se presenta una alternativa de llegar al proyecto en menos tiempo:

Vía Aérea de Santiago de Chile Copiapó que dura 1 hora 30 minutos y luego Copiapó Vallenar en bus y/o Camioneta que dura 2 horas en una vía pavimentada (panamericana Norte) para luego seguir la ruta ya mencionada anteriormente.

Itinerario	Distancia (KM)	Tiempo	Tipo de Vía
Santiago de Chile - Vallenar	673	10 Horas	Pavimentado Panamericana Norte
Vallenar - Chollay	92	1 Hora 40 minutos	Pavimentado
Chollay - Desvío de Juntas de Valeriano	13	20 minutos	Afirmado
Desvío de Juntas de Valeriano - Proyecto	37	2 Horas	Trocha

En esta ruta hay un recorrido de 815 Km empleando 14 horas para llegar al proyecto.

Itinerario	Distancia (KM)	Tiempo	Tipo de Vía
Santiago de Chile - Copiapó	673	1 Hora 30 minutos	Aéreo
Copiapó - Vallenar	150	2 Horas	Pavimentado
Vallenar - Chollay	92	1 Hora 40 minutos	Pavimentado
Chollay - Desvío de Juntas de Valeriano	13	20 minutos	Afirmada
Desvío de Juntas de Valeriano - Proyecto	37	2 Horas	Trocha

En esta ruta se emplea un total de 7 horas 30 minutos en llegar al proyecto realizando la vía aérea de Santiago de Chile Copiapó y en bus desde Copiapó Vallenar para continuar con la ruta ya mencionada anteriormente.

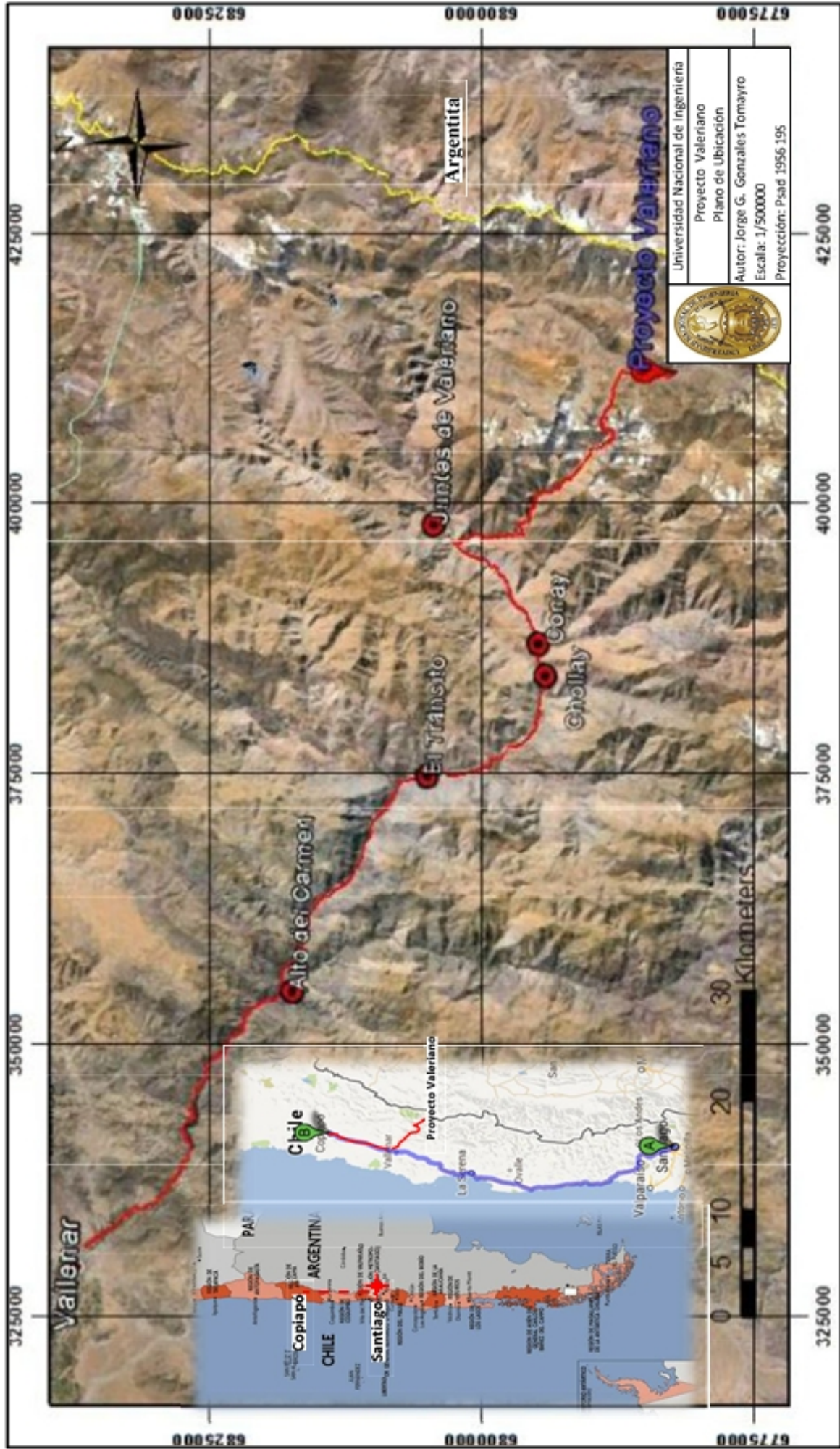


Figura 1. Mapa de Ubicación del Proyecto Valeriano

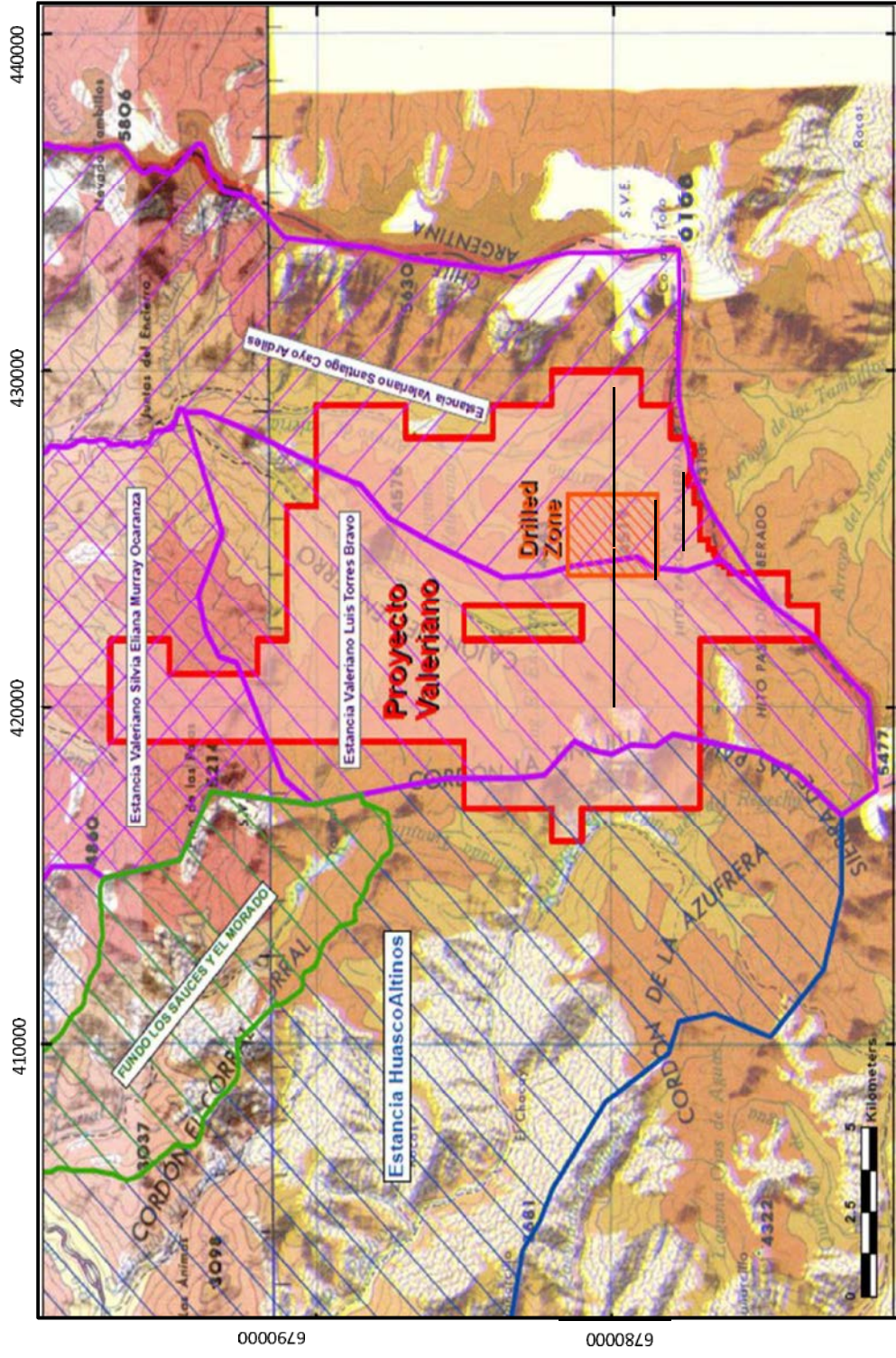


Figura 2. Concesión del Proyecto Valeriano

1.4.2. Fauna y Flora

La flora de la zona cordillerana sobre los 3.000 m.s.n.m. se encuentra cantidades menores de especies como: comochachacoma, yareta, pajonal, pata de lagarto y uña de gato, entre otras.

En las alturas, se encuentra aves rapaces de mayor envergadura como cóndores, águilas y aguiluchos y otros animales como roedores, lagartos y reptiles. Sin duda los mamíferos más sobresalientes están constituidos por los camélidos, existentes no sólo en la cordillera sino que en diversos sectores de la región, y vicuñas sólo ubicables en alturas sobre los 3.500 m.s.n.m.

1.4.3. Clima

El Proyecto Valeriano se ubica en la cordillera de la Región de Atacama lo cual en dichas zonas se desarrolla un clima de tundra de altura, con bajas temperaturas y precipitaciones en forma de nieve.

Bajo la denominación de clima de tundra de alta montaña, se engloba aquellos ambientes que debido a la altitud, presentan bajas temperaturas durante todo el año, con variaciones por debajo y sobre los 0°C, pero que ni en el verano alcanzan temperaturas mayores que 10°C. Se combinan aquí los rasgos características del clima desértico con los del clima polar, ambos intensos por la fuerte insolación y radiación que existe en el aire poco denso de las alturas.

Las precipitaciones que varían según la altitud, se producen por lo general en forma de nieve, incluso las que se producen escasamente durante las tormentas de verano, el límite de equilibrio glaciar son los 5000 metros aun cuando este valor puede variar por

condiciones locales de exposición. Este límite ha sido en las últimas décadas provocando la reducción de los cuerpos de hielo.

La insolación diaria de la temperatura puede alcanzar valores superiores a 15°C . La temperatura media anual es de $-1,7^{\circ}\text{C}$. La diferencia de temperatura entre los meses extremos es de casi 10°C , con la media de enero en $3,5^{\circ}\text{C}$ y de $-6,3^{\circ}\text{C}$ en julio. La máxima medias alcanzan a 0° y $-6,6^{\circ}\text{C}$ en enero y julio, respectivamente.

CAPITULO II

ENTORNO GEOLÓGICO REGIONAL

2.1. Introducción

El marco geológico-estructural de la Cordillera de los Andes entre los 28° y 30° S está definido por formaciones volcánicas y volcanoclásticas continentales meso-cenozoicas, dispuestas en franjas longitudinales N - S limitadas por fallas inversas de alto ángulo que las ponen en contacto con el basamento paleozoico constituido por granitoides, rocas metamórficas y volcánicos de carácter ácido. La distribución de las unidades estratificadas (Figura 3) definen un dominio occidental compuesto por secuencias volcánicas y sedimentarias elásticas continentales de edad Triásico Superior a Terciario Inferior (Fms. Algarrobal, Pucalume, cerrillos y Los Elquinos) y un dominio oriental integrado por unidades volcanoclásticas del Cenozoico Superior (Fms. Doña Ana, Cerro Las Tórtolas y Vallecito). Estructuralmente la región está caracterizada por un sistema de horsts y grabens limitados por fallas inversas de alto ángulo, afectando y controlando la distribución de rocas del basamento paleozoico y cobertura mesocenoica.

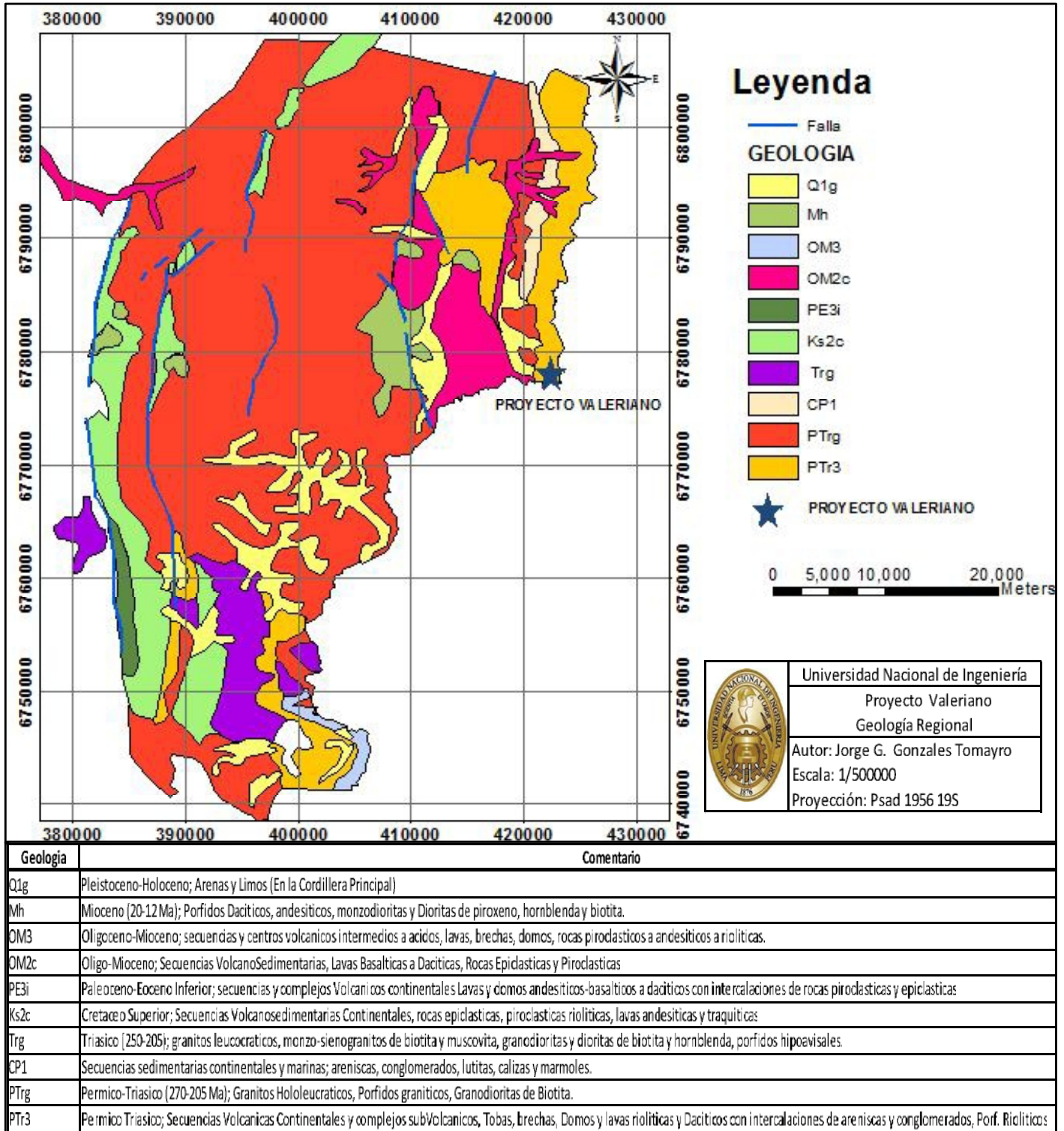


Figura 3. Mapa de Geología Regional

2.2. Estratigráfica

El Basamento

Las unidades geológicas más antiguas, atribuidas al basamento, corresponden a: Esquistos pelíticos arenosos, en parte con metamorfismo de contacto sobre impuesto (Complejo Metamórfico El Cepo); y una secuencia pelítica-arenosa denominada Formación Las Placetas. Ambas unidades están intruidas por granitoides del Paleozoico Superior-Triásico Inferior, pertenecientes a los Batolitos Elqui-Limarí y Chollay (Superunidad Elqui, Carbonífero y Superunidad Ingaguás, Permo-Triásico) y cubiertas por rocas volcánicas ácidas (Formación Pastos Blancos), que afloran principalmente en el flanco oriental de los batolitos Elqui-Limari y Chollay.

Complejo Metamórfico El Cepo (Paleozoico Inferior). El Complejo metamórfico El Cepo es un conjunto de rocas metamórficas de protolito sedimentario, constituido por esquistos pelítico-arenoso, pizarras y metareniscas, que afloran como "roof-pendants" dentro de los granitoides Paleozoicos y están cubiertos, en discordancia angular, bajo rocas volcánicas ácidas del Paleozoico Superior-Triásico Inferior (Formación Pastos Blancos).

Estas rocas se encuentran intruidas por tonalitas y granodioritas de la Superunidad Elqui, asignada al Carbonífero, por lo que se puede estimar una edad Pre-Carbonífera para la formación del protolito. Algunos antecedentes radiométricos indican que esta unidad fue afectada por dos eventos principales de metamorfismo; el primero, Carbonífero o PreCarbonífero, y el segundo, Permo Triásico. Debido a la falta de mayor información se le asigna una edad "Paleozoica Inferior" en sentido amplio.

Formación Placetas (Carbonífero Superior): Son una secuencia de "grauwacas, esquistos y areniscas verdes con intercalaciones calcáreas", que afloran en la para baja de la zona occidental del Cerro Las Placetas (Río Valeriano) inmediatamente al norte del área de estudio enmarcada. Estas rocas se encuentran, en continuidad areal con su localidad tipo, en la vertiente oriental del valle del Río Valeriano.

La Formación Las Placetas infrayace, en discordancia angular, a la Formación Pastos Blancos, mientras que su base no está expuesta ya que se encuentra intruida por granitoides del Paleozoico Superior.

Está constituida por areniscas cuarzo-feldespato de grano fino y pelitas en capas de 1-2 mm de espesor. La secuencia tiene un espesor mínimo estimado en 500 m y se encuentra afectada por un metamorfismo de contacto relacionado con el emplazamiento del Plutón Valeriano (Permo-Triásico), que la intruye.

Acerca de la edad de esta formación, REUTTER (op cit) recolectó restos de flora y fauna fósiles que indicarían una edad Carbonífera Superior. La presencia de invertebrados marinos junto a flora fósil, sugieren para esta formación un ambiente marino poco profundo a transicional (lagunar).

Formaciones Pastos Blancos (Paleozoico Superior Triásico Inferior): La formación aflora en la mayor parte del distrito. Está constituida por rocas volcánicas ácidas e intermedias, conformadas por gruesas acumulaciones de lavas riolíticas, flujos ignimbríticos y depósitos piroclásticos con intercalaciones sedimentarias derivadas de volcanismos subaéreo. Sus relaciones de contacto son de discordancia angular con las

rocas sedimentarias y metamórficas paleozoica y muestran relación espacial y temporal con granitos pérmicos y triásicos.

Los piroclástos y lavas que conforman la Formación Pastos Blancos documentan un episodio de gran actividad volcánica sub aérea, explosiva y efusiva, de carácter ácido, principalmente ignimbrítico, que forma parte de un extenso cinturón magmático, intrusivo y efusivo, desarrollado a partir del Paleozoico superior y activo hasta fines de Triásico Inferior.

GRANITOIDES (Paleozoico superior-Triásico): Las rocas intrusivas del Paleozoico superior-Triásico forman parte del Batolito Elqui-Limarí y el Batolito Chollay que en conjunto, constituyen el núcleo de la alta Cordillera entre Vallenar y Ovalle.

El Batolito Elqui-Limarí (MPODOZIS y RIVANO, 1976; PARADA, 1982; NASI et al., 1985; MPODOZIS et al., 1985) se extiende desde la quebrada El Tabaco en el Río Tránsito (Vallenar) hasta las nacientes del Río Grande (31°S) en la Cordillera de Ovalle.

El Batolito Chollay ocupa el sector nororiental, aflorando desde el Río Chollay hasta las nacientes de la Quebrada Cazadero, fuera de los límites del marco geológico.

Ambos batolitos están constituidos por un gran número de plutones formados por variados "tipos" de rocas intrusivas, con características propias tales como textura, composición mineralógica y química, edad, relaciones de contacto, tipos de xenolitos y diques asociados, que permiten reconocerlos y diferenciarlos. Cada uno de estos tipos de intrusivos se considera como constituyentes de una unidad intrusiva, y cada conjunto de unidades que representan o forman parte de un evento magmático mayor, fue definida como superunidad (NASI et al., 1990). De acuerdo a estos conceptos se tienen dos

superunidades: la superunidad Elqui (Carbonífero) y la superunidad Ingaguás (pérmico-Triásico).

Superunidad Elqui (Carbonífero): La Superunidad Elqui está formada por un conjunto de plutones de grandes dimensiones, expuestos en la zona occidental del área enmarcada, constituidos por granitoides de grano medio a grueso, surcados por "enjambres" de diques básicos y pegmatíticos.

Esta superunidad representa la asociación de rocas intrusivas más antiguas y agrupa a dos unidades: la Unidad Guanta y la Unidad Cochiguás.

La Unidad Guanta está formada por tonalitas y granodioritas de hornblenda y biotita, encontrándose los afloramientos más típicos en la localidad homónima, en el Río Turbio. Los plutones de esta unidad intruyen al Complejo Metamórfico El Cepo; en algunas zonas presentan contacto transicional con los plutones de la Unidad Cochiguás, mientras que en otras están intruidos por éstos así como por los granitoides de la Superunidad Incaguás.

La Unidad Cochiguás está constituida por plutones granodioríticos y monzograníticos de biotita, que intruyen o están en contacto transicional con la Unidad Guanta. Los cuerpos intrusivos presentan formas irregulares, normalmente elongadas en dirección norte-sur, un color gris claro a blanco característico y, en algunos sectores, presentan texturas orbiculares.

Superunidad Ingaguás (pérmico-Triásico): La Superunidad Ingaguás agrupa a un conjunto de plutones que afloran al este de la Superunidad Elqui, intruyendo a la

Formación Pastos Blancos. Cuerpos de menores dimensiones aparecen, también, intruyendo a la Superunidad Elqui.

Esta superunidad está formada por cuatro unidades de rocas intrusivas: la Unidad Los Carricitos, la Unidad Chollay, la Unidad El León y la Unidad Colorado.

La Unidad Los Carricitos está constituida exclusivamente por granodioritas leucocráticas de biotita y hornblenda, de grano medio y colores blancos a grisáceo, que las hace fácilmente diferenciables de los granitos rojos y rosados que forman el resto de las unidades de la Superunidad Ingaguás.

La Unidad El León agrupa a un conjunto de plutones constituidos por monzogranitos y sienogranitos, de grano medio y característico color rosado pálido que permite reconocerlos y diferenciarlos fácilmente.

La Unidad Chollay está formada por rocas de grano grueso a muy grueso, equigranulares, de característico color rosado y de composición monzogranítica, con facies granodioríticas y sieno graníticas subordinadas. Los afloramientos más típicos se encuentran a lo largo del Río Chollay.

En el sector de los Ríos Valeriano y del Medio, afloran otros plutones de menores dimensiones, intruyendo a las Formaciones Las Placetas y Pastos Blancos. La Unidad Chollay está intruida, a su vez, por plutones de la Unidad Colorado y se encuentra cubierta, en discordancia, por secuencias volcánicas y sedimentarias Meso - Cenozoicas.

La Unidad Colorado es un conjunto de plutones y stocks de sienogranitos y monzogranitos, equigranulares y porfídicos, de grano grueso, que tienen como característica principal un "marcado color rojo ladrillo" que los hace fácilmente

diferenciables del resto de las unidades intrusivas expuestas en el área. Estos cuerpos constituyen la asociación de rocas intrusivas más jóvenes dentro del basamento.

La Cobertura Mesozoica y Cenozoica.

Las unidades de rocas Mesozoicas y Cenozoicas corresponden, principalmente, a rocas estratificadas, con un rango de edad comprendido entre el Triásico Superior y el Pleistoceno y, en menor proporción, a rocas intrusivas terciarias. Las secuencias aflorantes están formadas por unidades volcánicas y sedimentarias continentales (Formación La Totorá, Estratos de Río Seco y Formaciones Algarrobal y Baños del Toro) en las cuales se intercalan rocas sedimentarias marinas (Formación Lautaro, Estratos de Quebrada El Tapado). Sobre estas unidades se disponen secuencias volcanoclásticas (Formaciones Doña Ana, Cerro de Las Tórtolas y Vallecito).

Formación La Totorá (Triásico superior-Hettangiano): En el sector norte del área, en el Cerro La Guitarra, aflora una secuencia de rocas volcánicas, dispuestas sobre granitoides Paleozoicos de las superunidades Elqui e Ingaguás y cubiertas, concordantemente, por depósitos calcáreos marinos de la Formación Lautaro.

En el área que conforma el marco geológico, la Formación La Totorá está constituida por brechas y lavas andesíticas amigdaloidales, en parte brechosas de aspecto macizo y color gris-verdoso, así como también por rocas piroclásticas, dacíticas riolíticas de color pardo amarillento y anaranjado. Por relaciones de contacto, REUTTER (op cit.) asignó a esta formación una edad Triásica Superior-Hettangiano.

Estratos de Río Seco (Triásico superior-Lías): Esta secuencia aflora, en forma continua, a lo largo del curso superior del Río Seco, donde se encuentra cubierta, en

discordancia de erosión, por la Formación Baños del Toro. Litológicamente corresponde a andesitas de textura afanítica o porfídica, de color gris oscuro a violáceo, ligeramente inclinada al oeste, con estratificación gruesa.

De acuerdo a sus relaciones estratigráficas (dentro y fuera del área enmarcada) los Estratos de Río Seco se han asignado, tentativamente, al intervalo Triásico superior-Lias (NASI et al., 1990).

Formación Lautaro (Sinemuriano-Bajociano): En el área enmarcada aflora una secuencia marina formada por calizas y areniscas calcáreas, que cubren a la Formación La Totorá y al basamento y que están cubiertas, en discordancia de erosión, por la Formación Algarrobal. Esta secuencia fue asignada por von HILLEBRANDT (1973) Y REUTTER (op cit.) a la Formación Lautaro.

La Formación Lautaro corresponde a una secuencia bien estratificada, cuyos afloramientos se disponen en franjas norte - sur, limitadas por fallas inversas.

De acuerdo con los antecedentes estratigráficos y a la abundancia de restos de fósiles marinos que contiene la Formación Lautaro, esta secuencia tendría una edad comprendida entre el Sinemuriano Superior y el Bajociano.

Estratos de Quebrada El Tapado (Lías-Dogger Inferior): Esta unidad aflora en las nacientes del Río Seco y está representada por una secuencia de aproximadamente 30 m de espesor, formada por areniscas, areniscas calcáreas y calcarenitas, bien estratificadas, apoyadas sobre los Estratos de Río Seco y bajo la Formación Baños del Toro.

Por correlación con la Formación Lautaro, y debido a la ausencia de fósiles con valor cronológico en el área, es posible sugerir una edad toarciana para los Estratos de Quebrada El Tapado (NASI et al., 1990).

Formación Algarrobal (Dogger-Malm): La Formación Algarrobal es una secuencia continental, formada por lavas y brechas andesíticas, conglomerados y areniscas, con intercalaciones de rocas piroclásticas. Esta unidad se dispone, en discordancia de erosión, sobre la Formación Lautaro, o bien, directamente sobre el basamento Paleozoico. Infrayace a rocas sedimentarias y volcánicas cretácicas (al oeste del área enmarcada) y terciarias (Formaciones Doña Ana y Cerro de las Tórtolas).

Los antecedentes para establecer la edad de la Formación Algarrobal, se limitan a sus relaciones estratigráficas, las cuales indicarían una edad Post-Bajociana a Pre-Berriasiana, por lo que se la asigna al Dogger-Malm indiferenciado (NASI et al., 1990).

Estratos de Barriquitas (Jurásico Superior): Los Estratos de Barriquitas afloran en una franja de 0,5 a 2.0 km de ancho, que se extiende por 11 km en dirección noreste, desde la falda noroccidental del Cerro Las Tórtolas hasta el Paso de las Vacas Heladas. Es una secuencia bien estratificada de areniscas volcánicas de color verde, con intercalaciones de lutitas, areniscas conglomerádicas y conglomerados. Esta unidad infrayace, concordantemente, a lavas y brechas de la Formación Baños del Toro; la base no aflora. Su espesor alcanza a 300 m.

Por sus características litológicas, esta secuencia es comparable a la Formación Algarrobal así como también a la Formación Baños del Toro. De acuerdo a su posición estratigráfica concordante bajo la Formación Baños del Toro, podrían los Estratos de

Barriquitas ser considerados como un miembro basal de ésta, y de este modo, y en ausencia de mayores antecedentes, se les asigna una edad Jurásica Superior.

Formación Baños del Toro (Jurásico Superior - Cretácico): La Formación Baños del Toro (redefinida por NASI et al., 1990) corresponde a una secuencia volcánica Andesítica, con intercalaciones de conglomerados, areniscas y lutitas, que cubre, concordantemente, a los Estratos de Barriquitas y, en discordancia, a los Estratos de Río Seco y a los Estratos de Quebrada El Tapado; infrayace, en marcada discordancia angular y de erosión, a las Formaciones Doña Ana, Cerro de Las Tórtolas y Vallecito.

Los afloramientos de la Formación Baños del Toro se extienden desde el Río del Toro hacia el este y hacia el sur, se prolongan fuera del área enmarcada. Los antecedentes disponibles para establecer la edad de esta formación se limitan, únicamente, a su posición estratigráfica, por lo cual se le asigna, tentativamente, una edad Jurásica Superior, sin descartar la extensión hacia una posible edad Cretácica Inferior.

Formación Doña Ana (Oligoceno Superior-Mioceno Inferior): La Formación Doña Ana (redefinida por MAKSAEV et al., 1984), corresponde a una secuencia volcánica, que aflora típicamente en la parte alta de la Cordillera Doña Ana, donde está constituida por dos miembros: el inferior (Miembro Tilito) formado por tobas ignimbríticas, riolitas y dacitas; y el superior (Miembro Escabroso), de lavas andesíticas y basálticas. En este sector la Formación Doña Ana se dispone, discordantemente, sobre las Formaciones Pastos Blancos, Lautaro y Algarrobal. Al este de la Falla Baños del Toro, la Formación Doña Ana aparece en una extensa franja que cubre, discordantemente, al basamento y a la Formación Baños del Toro, y se encuentra cubierta, en discordancia angular, por la

Formación Vallecito. Al norte del Río Apolinario la formación está constituida sólo por el Miembro Escabros. Más al sur, entre el Río Sancarrón y el Cerro Vacas Heladas, se reconocen ambos miembros.

La edad de la Formación Doña Ana se ha establecido en base a un conjunto de dataciones radiométricas K-Ar, las cual señalan que su edad se ubica entre el oligoceno Superior-Mioceno Inferior (entre 27 y 22 Ma).

Formación Cerro de Las Tórtolas (Mioceno Inferior-Medio): Secuencias de rocas volcánicas andesíticas, que aflora, desde Cerro de Las Tórtolas hacia el sur, formando el cordón limítrofe chileno-argentino, en donde se dispone, discordantemente sobre la Formación Baños del Toro; su techo corresponde a la superficie de erosión actual. Inmediatamente al sur, esta formación cubre, también en discordancia, a la Formación Doña Ana.

También se incluyen en esta formación afloramientos aislados, expuestos en Loma del Azufre (15 km al NW del Cerro de Las Tórtolas) y en sector limítrofe chileno-argentino, entre los pasos de potrerillos y del Soberado.

Los afloramientos del sector nororiental entre los pasos del Soberado y potrerillos, están constituidos por tobas andesíticas, que cubren al basamento, a la Formación Algarrobal y también a áreas con fuerte alteración hidrotermal (Prospecto Nevada).

La edad de la Formación Cerro de Las Tórtolas se ha establecido en base a dataciones radiométricas K-Ar, que señalan un rango de entre la parte alta del Mioceno Inferior (16 Ma) y el límite entre el Mioceno Medio-superior (11 Ma).

Formación Vallecito (Mioceno Superior): La Formación Vallecito (redefinida por MAKSAEV et al., 1984) corresponde a una secuencia de brechas mal consolidadas, sedimentitas lacustres, yeso e ignimbritas riolíticas, que aflora en el flanco norte de la quebrada Las Animas. Dentro de ella incluyeron, además, un domo riolítico intrusivo e ignimbritas asociadas, expuestas en el sector del El Tambo-Quebrada Vaquitas Heladas. La formación se dispone, con discordancia angular y de erosión, sobre las Formaciones Baños del Toro y Doña Ana y el techo lo constituye la superficie actual de erosión.

La edad de la Formación Vallecito se ha determinado en base a una datación radiométrica K-Ar de la ignimbrita de la sección superior de esta formación, al norte de la Quebrada de Las Ánimas. La edad obtenida ($5,9\pm 0,3$ Ma) corresponde a la parte alta del Mioceno Superior.

Las ignimbritas y el domo riolítico de la Formación Vallecito representan el último evento magmático registrado en la Alta Cordillera del Norte Chico.

2.3. Rocas Intrusivas

En el área enmarcada, las rocas intrusivas del Cenozoico están representadas por una serie de plutones de dimensiones reducidas, cuya composición varía desde dioritas a riolitas siendo las granodioritas y dioritas las litologías predominantes. La mayoría de ellos se encuentran en los márgenes occidental y oriental del área, formando dos franjas de afloramientos discontinuos cuyas edades corresponden al Terciario Inferior (franja occidental) y al Terciario Superior (franja oriental), las que sumadas a las características litológicas y relaciones de contacto han permitido asignarlas a la superunidad cogotí (franja occidental) y a la Unidad Infiernillo (franja oriental).

Superunidad Cogotí (Cretácico superior-Eoceno): El término superunidad Cogotí fue utilizado por RIVANO et.al. (1985) para caracterizar una franja de plutones (dioritas, monzodioritas cuarcíferas, tonalitas, granodioritas y sienogranitos subordinados) con edades que varían entre 67 y 35 Ma. Esta franja se extiende, en forma casi continua, por el flanco occidental de la Cordillera Principal desde los 29° hasta 32°30'S.

La superunidad Cogotí está representada por los plutones Las Moradas y La Ciénaga, así como por un conjunto de pequeños stocks de composición variable desde dioritas a granitos y pórfidos riolíticos. No se dispone de antecedentes para precisar la edad de estos intrusivos, en sectores adyacentes se han obtenido numerosas edades radiométricas concordantes con el rango de edad Cretácico Superior-Eoceno.

Unidad Infiernillo (Mioceno): En el sector oriental del área del marco geológico, aflora un conjunto de stocks, diques y pequeños intrusivos, dioritas y andesitas hasta granodioritas y granitos, que fueron incluidos por MAKSAEV et.al. (op cit.) dentro de la unidad Infiernillo. Son cuerpos que intruyen a la Formación Doña Ana y a las unidades de rocas estratificadas y plutones más antiguos, y son especialmente abundantes en las cercanías y/o dentro de grandes áreas con alteración hidrotermal, con las cuales están estrechamente ligadas.

Los plutones de la Unidad Infiernillo tienen una edad máxima Miocena Inferior, ya que intruyen a la Formación Doña Ana. La edad mínima está dada por una datación K-Ar de $16,7 \pm 0,6$ Ma en el Plutón Infiernillo correspondiente a la parte alta del Mioceno Inferior. Los intrusivos de esta unidad están estrechamente ligados a las zonas de alteración hidrotermal y éstas no afectan a la Formación Cerro de Las Tórtolas; tanto las zonas de

alteración como los intrusivos están cortados por una superficie de erosión sobre la cual se habría depositado la Formación Cerro de Las Tórtolas. En consecuencia, las rocas de la Unidad Infiernillo se emplazaron con anterioridad a la Formación Cerro de Las Tórtolas y están relacionadas, temporalmente, con el evento de alteración hidrotermal ocurrido a fines del Mioceno Inferior.

Depósitos no Consolidados (Cuaternario): Atendiendo a sus características genéticas y geomorfológicas, se han agrupado en dos conjuntos: los depósitos de origen glacial y fluvio-glacial, y los depósitos aluviales y coluviales.

Los depósitos glaciales y fluvio-glaciales se encuentran restringidos al sector nororiental del área enmarcada, desde las nacientes del Río Tres Quebradas hacia el norte. Constituyen el relleno de anchos valles de diseño glacial, ubicados por sobre los 3.500 msnm, en las cabeceras de las hoyas hidrográficas de los Ríos Chollay y Tres Quebradas, así como en el Cajón del Encierro y en el valle del Río Valeriano. Corresponden a depósitos morrénicos, en parte aterrizados y, en parte también, re TRABAJADOS por agentes fluviales y/o removilizados por corrientes torrenciales.

Los depósitos aluviales y coluviales están distribuidos a través de toda la región formando conos de deyección, abanicos aluviales, derrumbes en masa, escombros de falda y relleno de los principales valles fluviales.

2.4. Marco Estructural Tectónico

La Alta Cordillera del Norte Chico presenta un estilo estructural "thick skinned" (MOSCOSO y MPODOZIS, 1988) caracterizado por la deformación del basamento en grandes abombamientos antiformes y sinformes; la cobertura Meso-Cenozoica que se amolda a éste; y por la presencia de grandes fallas inversas.

Este estilo se manifiesta en una serie de pilares (horst) de basamento y depresiones (graben) ocupadas por las secuencias Meso-Cenozoicas que, localmente, presentan pliegues de arrastre.

Algunas de estas depresiones revisten gran importancia económica (Graben de El Indio) pues en ellas se preservó de la erosión una serie de yacimientos con mineralización de metales preciosos (El Indio, Tambo y Sancarrón).

Dominios Estructurales.

El Núcleo Paleozoico.

Ocupa el sector occidental del área, y se encuentra limitado, entre los 28° y 30°S, por dos fallas inversas de rumbo norte-sur y manteos convergentes entre sí: La Falla San Félix-Vicuña al oeste, y el sistema de Fallas Baños del Toro y cajón del Encierro por el este.

La Falla San Félix (REUTTER, op cit.), y su probable prolongación hacia el sur, la Falla Vicuña (DEDIOS, 1967) constituyen una estructura regional que se reconoce por más de 180 km entre Vallenar y Ovalle. En el sector de vicuña, esta falla, con manteo de 45°E, tiene un salto relativo de aproximadamente 2.0 km, que se amortigua, hasta desaparecer al sur del Río Tránsito.

El límite oriental del gran horst de basamento corresponde a la Falla Baños del Toro. Esta estructura, con manteos de 60-80°W y rumbo NNE-NS, se reconoce por aproximadamente 100 km en territorio chileno, desde las nacientes del Río Ingaguás, hasta el Río Potrerillos por el norte. Esta falla pone en contacto a granitoides y volcánicas paleozoicas (Superunidad Ingaguás y Formación Pastos Blancos), con rocas volcánicas Meso-Cenozoicas de las Formaciones Baños del Toro y Doña Ana; en el sector sur (Juntas del Toro) tiene un desplazamiento relativo, en la vertical, del orden de 2.0 km, que decrece progresivamente hasta desaparecer al norte del Río Potrerillos.

En el extremo nororiental del área, el bloque del basamento está limitado por la Falla del Encierro que se extiende, con rumbo NS y manteos de 50-90°W, desde el Paso del Soberado hacia el norte, por aproximadamente 50 km, hasta el Río de la Laguna Chica. Esta estructura cabalga, hacia el este, a granitoides paleozoicos de la superunidad Ingaguás sobre rocas volcánicas de la Formación Doña Ana y afecta, también, a un cuerpo intrusivo Terciario de la Unidad Infiernillo. El desplazamiento vertical (mínimo) estimado para estas fallas es del orden de 1.000 m.

Entre estos dos sistemas de fallas mayores, el basamento está cortado por una serie de fallas inversas, de rumbo norte-sur y manteos al oeste. Grandes estructuras de arrastre, pliegues volcados y las discordancias de la Formación Doña Ana sobre las unidades preexistentes, afectan a la cobertura en esta región. Esta deformación, asociada al fallamiento inverso, se manifiesta especialmente, en los márgenes de los bloques y al interior de los grabens en compresión.

Este conjunto de elementos estructurales permite definir, para el área, un estilo de deformación del tipo "thick skinned", de bloques limitados por fallas inversas, a los cuales se amolda la cobertura (MOSCOSO y MPODOZIS, 1988).

La Zona Oriental

Al este del bloque de basamento central, limitado por la Falla Baños del Toro, se encuentra el Graben de El Indio, en el cual se disponen los afloramientos de las Formaciones neógenas Doña Ana, Cerro de Las Tórtolas y Vallecito, junto con la Formación Baños del Toro. Al interior de esta depresión tectónica relativa, se encuentran extensas zonas de alteración hidrotermal y los yacimientos auríferos más importantes, conocidos en esta región.

El graben de El Indio tiene un ancho variable entre 10 y 2.0 km, extendiéndose hacia Argentina en donde está limitado por el bloque Paleozoico de las Cordilleras de La Brea y Colanguil. Este graben desaparece como tal al sur de los 30°S, dando paso a un sistema de angostos horst y graben de basamento, limitados por fallas inversas. Hacia el norte de los 29°30', también desaparece por el amortiguamiento de la Falla Baños del Toro.

El Graben del Cajón del Encierro, al igual que el graben de El Indio, corresponde a una cubeta de rocas Terciarias entre bloques del basamento, limitada por las Fallas del Encierro (al oeste) y La Coipa (al este). Esta última eleva, hacia el oeste, el bloque Paleozoico de los Cerros El Toro y Las Placetas en el cordón fronterizo de las nacientes del Río Valeriano. Al norte de los 29°S el graben del Encierro, se encuentra cortado por

una serie de fallas inversas, que generan un sistema de angostos horst y graben, tal como ocurre en el extremo sur del graben de El Indio.

Las estructuras de la zona oriental corresponden a un sector parcial inserto en el estilo de deformación del núcleo de la Alta Cordillera ("thick skinned").

2.5. Contexto Metalogénico Regional

El Proyecto Valeriano se encuentra en la parte norte de la Franja del Indio, este cinturón está situado en la frontera entre Chile y Argentina (Figura 4), a casi 200 kilómetros de largo y unos 10-20 kilómetros de ancho. Es una zona tectónica de la historia geológica compleja con múltiples sistemas intrusivos, volcanismo generalizado y numerosos centros de alteración hidrotermal.

Depósitos de metales preciosos importantes como El Indio, Pascua-Lama y Veladero están contenidos en esta franja, también depósitos como Tambo, Río del Medio, Sancarrón y numerosos prospectos en Chile y Argentina son parte de esta franja donde un total de más de 40 millones de onzas de oro se ha encontrado. Todos los depósitos de oro significativos están espacialmente asociados a rocas volcánicas e intrusivas del Terciario finales con las rocas volcánicas que varía de composición riolítica a andesítica.



Figura 4. Depósitos de Epitermales de Au - Cu - Ag en la franja el Indio.

2.6. Geología Económica

En la Franja del Indio en algunas de las áreas de alteración hidrotermal existen sectores con mineralización de oro-plata-cobre (Pascua - Lama, Sancarrón, El Indio, El Tambo) y de cobre (Las Hediondas), así como depósitos de plata, fuera de las áreas alteradas (Mina de Nueva Elqui). Estos depósitos corresponden a yacimientos epitermales típicos, en los cuales la mineralización se dispone en vetas y/o sistemas de vetas, "clavos" y brechas hidrotermales, encajadas principalmente en rocas con alteración argílica avanzada y cuarzo-sericita.

En la Franja del Indio la mineralización esta entre 6.2 y 9.4 Ma. Los principales sistemas de vetas en el Indio pertenecen de alta a intermedia sulfuración. Los recursos minados y probados en las minas el Indio y Tambo son 5 M oz de Au, mientras que los recursos de Pascua Lama son de 20 M oz de Au y 600 M oz de Ag y de Velaredo son de 14M oz y 270 M oz de Ag (Bissig et al., 2002).

Geológicamente en el Proyecto Valeriano, el ambiente epitermal está débilmente desarrollado o profundamente erosionado y se expresa como: 1) escaso desarrollo vertical de la alteración ácido-sulfato; 2) vetillas delgadas de enargita- piritita que, aparentemente, gradan a piritita > enargita en profundidad; 3) escasas a nulas evidencias de brechización hidrotermal y vetillas de alunita magmática, indicativos de múltiples procesos de intrusión y mineralización; 4) ambiente estructural extensional poco favorable o débil para la creación de espacios abiertos apropiados para el emplazamiento de mineralización de sulfosales de cobre-oro, brechas hidrotermales o cuerpos de sílice residual.

En el caso del ambiente mesotermal relacionado al ambiente porfirítico, fue influenciado desfavorablemente por el régimen tectónico imperante durante los procesos de intrusión y mineralización, ya sea con un ambiente extensional poco favorable y/o rápido alzamiento que originó la sobreimposición del ambiente epitermal. Así, las manifestaciones mineralizadas se restringen a débiles pulsos de vetillas de cuarzo con oro asociadas a la intrusión de magma dacítico.

CAPITULO III

ENTORNO GEOLOGICO LOCAL

3.1. Introducción

El Proyecto Valeriano se localiza, aproximadamente a los 29° S, en un sector de la cordillera de Los Andes de la III Región caracterizado por extensos afloramientos del basamento Paleozoico-Triásico y distribución restringida de rocas Terciarias (Nasi et.al. 1990; Martín et.al. 1995; Rodríguez y Vega, 1995; Travisany, 1996). El basamento está compuesto por rocas volcánicas de la formación Pastos Blancos e intrusivas de la Unidad Chollay, dispuestas en franjas longitudinales controladas estructuralmente por fallas inversas de alto ángulo (fallas El Encierro-La Coipa); mientras que el magmatismo terciario está representado por intrusivos equigranulares diorítico-granodioríticos y pórfidos dacíticos de la Unidad Bocatoma (Eoceno-Oligoceno) o Infiernillo y tobas ignimbríticas dacítico-riolíticas de las formaciones Tilito (Oligoceno Superior-Mioceno Inferior) y/o Cerro de Las Tórtolas (Mioceno Inferior-Medio). Las rocas sedimentarias epiclásticas son subordinadas y se encuentran como remanentes erosionales, depositadas sobre las unidades del basamento Paleozoico-Triásico y cubiertas discordantemente por las tobas terciarias.

3.2. Secuencia Estratigráfica

La secuencia estratigráfica local se presenta de los más recientes a lo más antiguo (Figura 5) donde se podrá apreciar con el plano geológico local (Figura 6).

Coluvial: Se presentan en las zonas altas cubriendo a las rocas volcánicas se formaron por la presencia anteriores nevados que produjeron este tipo de material morrénico de tipo tillita.

Andesita Volcánica: Se presenta en la parte noreste y sur. Esta roca se presenta de diversas tonalidades desde un gris pálido hasta un color pardo rojizo, su textura se presenta en forma fluidal en las zonas grises y en las zonas pardas se puede notar una aglomeración de cristales dando la apariencia de una textura glomero - porfirítica. El desarrollo de su alteración es muy incipiente hay algunas zonas que presenta clorita con epidota acompañado de $OxFe$. No presenta mayor desarrollo de mineralización solo algunas patinas de manganeso (psilomelano) y uno que otro óxido.

Aglomerado Volcánico: Se presenta en la zona norte y sur de la propiedad, el cual consta de material de relleno posterior a unas fallas que generaron esta depresión, son materiales retrabajados sin continuidad lateral y vertical, son rocas coherente monomítica constituía por abundantes clastos redondeados de riolita, cortadas por venillas de cuarzo- enargita +/- pirita, muchas veces se las puede encontrar como areniscas que pasan abruptamente a un aglomerado grueso en posición horizontal, lo que hace suponer que ha sido una acumulación caótica de rápida sedimentación.,

Presenta una alteración de silicificación débil que cementa a los fragmentos redondeados lo que hace suponer que la actividad hidrotermal continuó durante la sedimentación, los

óxidos que presentan al parecer son de tipo alóctono ya que son manchas alrededor de la sílice y en oquedades.

Toba Dacítica: Se puede ver en las zonas altas hacia el norte y al sur de la propiedad se encuentran como remanentes de un paquete posiblemente más grande erosionado, algunas veces se le puede notar interdigitado con la Ignimbrita riolita que pueden ser subniveles de diversos eventos anteriores a la acumulación de esta. Esta roca se caracteriza por tener un color blanquesino por la alteración de las plagioclasas por un evento muy ácido, su textura es característico de una toba con algunos ojos de cuarzo lo que la caracterizan. La alteración que se puede encontrar son de dos tipos, la de mayor predominancia es una silicificación fuerte en la zona de la brecha negra y en la parte norte se nota una argilización moderada posiblemente en la caolinita. La mineralización se puede notar en la brecha negra donde la textura de la toba ha sido obliterada por una sílice hidrotermal fuerte acompañado muchas veces de enargita. Hacia la zona norte se puede ver una brecha con abundante calcantita y enargita asociado a una brecha de fugacidad de gases que ha mineralizado la roca en su totalidad.

Ignimbrita Riolítica: Es la más extensa después de la andesita que cubre la parte central de la propiedad, presenta un color gris rosáceo y sus fragmentos son polimícticos. Su textura afanítica con presencia de ojos de cuarzo de baja temperatura la diferencia de las demás rocas. Su alteración se presenta en dos formas, la más abundante que es una argilización débil a moderada que altera a algunos fiammes y a la pumita, la segunda alteración pero menos predominante es la silicificación que se encuentra en zonas donde ocurre la mineralización como en la parte central mirando al oeste hay una

brecha de rompecabezas que se genera con abundante enargita y azufre nativo. Se puede notar algunos subniveles de toba dacítica en algunas zonas pero al parecer son variaciones composicionales laterales que sufren estas tobas al momento de su deposición esta presentan una alteración argílica moderada, asociado a una silicificación débil.

Ignimbrita Riolítica morada Superior: Se encuentra en la parte oeste de la propiedad se caracteriza por ser polimíctica (andesita, riolita, dacita), se encuentra a manera de un estrato más o menos continuo cortado por falla normales y posiblemente inversas.

Su color es un morado rojizo no presenta mayor desarrollo de alteración ni mineralización. Hay algunas zonas que presentan oxidación pero no hay mayor continuidad lateral. Su dirección es N41°/30°SE.

Ignimbrita Riolítica Verde: Se presenta en la parte inferior del valle hacia el oeste, su ocurrencia está ligada a un estrato más o menos regular que está afectado por fallas normales, su textura esferulítica es particular ya que presenta sílice residual (calcedónica) de color verde. Presenta una alteración del tipo silicificación débil.

Ignimbrita Riolítica morada Inferior: Se encuentra en la parte oeste de la propiedad presenta la misma característica de la Ignimbrita riolítica Superior.

Basamento: Aparentemente corresponden a granitoides los cuales están sub aflorando en el flanco W y al NE.

3.3. Rocas Intrusivas

Intrusivo Pórfido Dacita: Se presenta en la parte sur de la propiedad, es un pequeño afloramiento que compuesto por fenocristales de plagioclasa, anfíbola y cuarzo, en una masa fundamental félsica. Intruye a los tres niveles en forma de un cuerpo de dique ramificado, perdiéndose hacia el noreste bajo el material cuaternario en forma de un cuerpo principal, presentando una alteración fílica (Cuarzo -Sericita) de tipo pórfido ya que presenta venillas de cuarzo gris con una apariencia de tipo StockWork clásico en este tipo de sistemas.

Posiblemente este sea el generador de varias zonas de mineralización que se pueden ver en toda la propiedad.

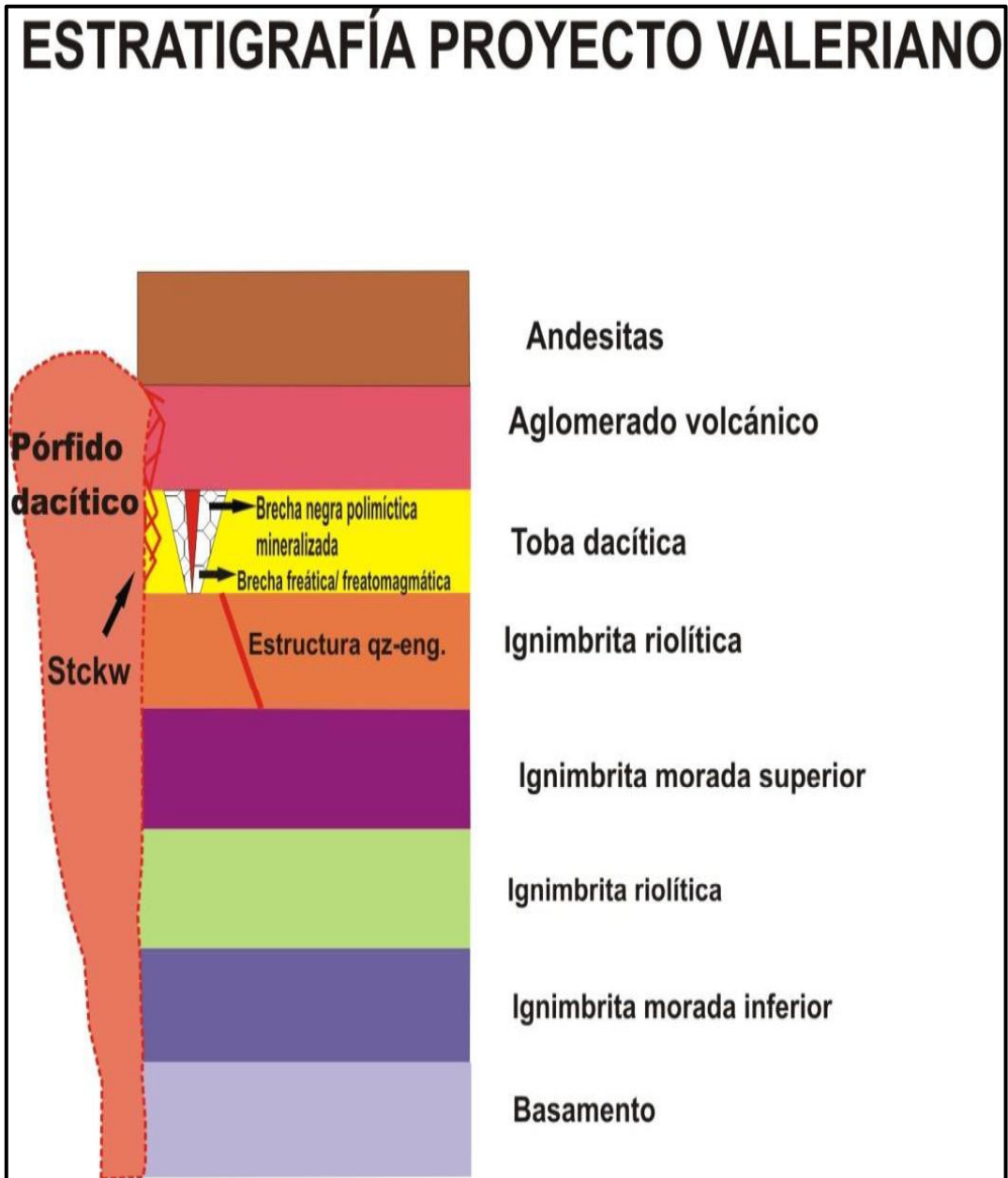


Figura 5. Esquema local de la Seccuencia Estratigráfica.

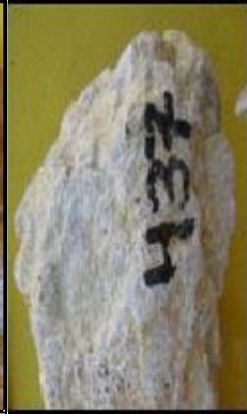
Muestra de Mano del esquema local de la secuencia estratigráfica



Andesita



Aglomerado Volcánico



Toba Dacítica



Ignimbrita Riolíftica



Ignimbrita Riolíftica Morada Superior



Ignimbrita Riolíftica Verde



Ignimbrita Riolíftica Morada Inferior



Granitoide

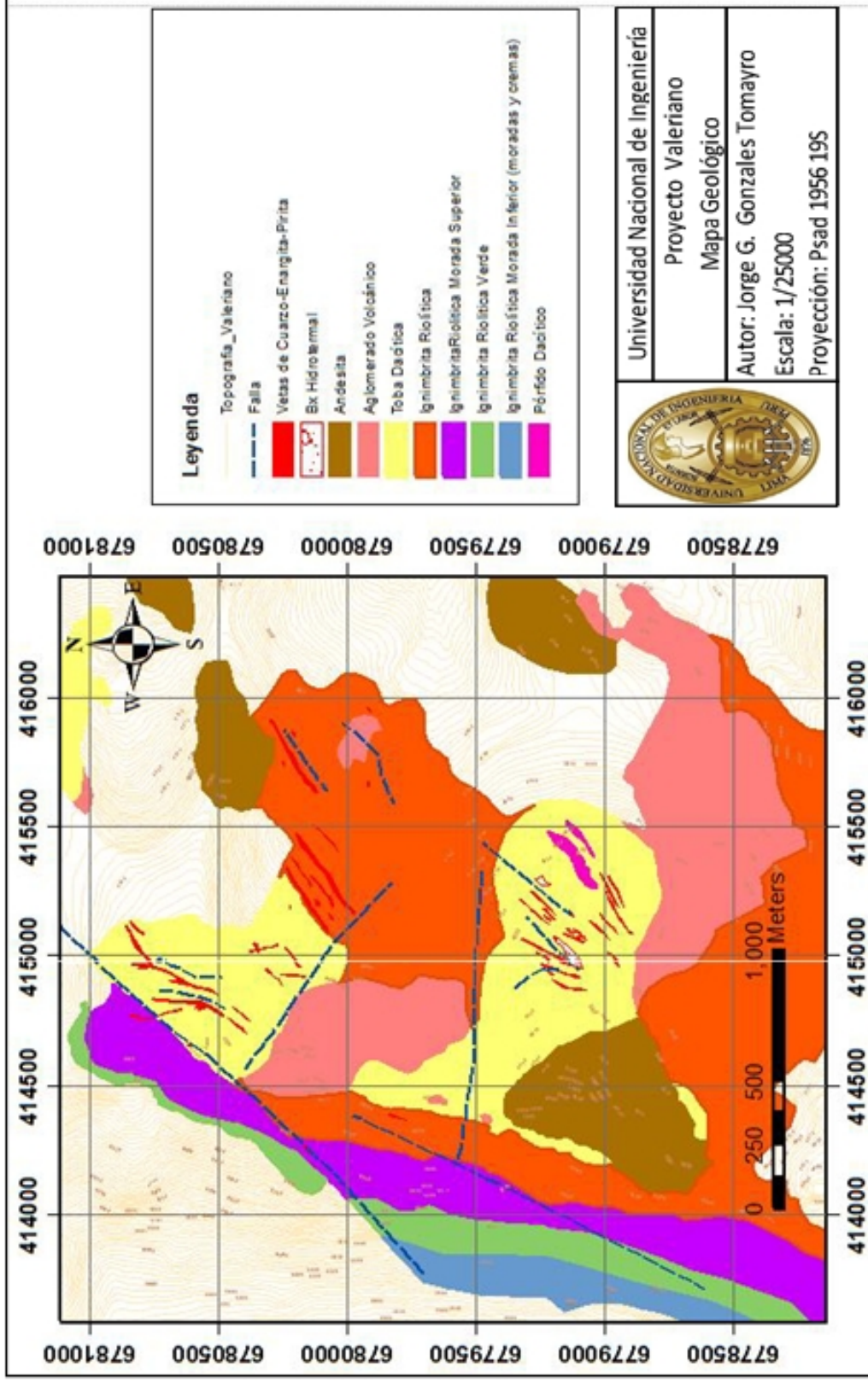


Figura 6. Mapa Geológico del Proyecto Valeriano.

3.4. Geología Estructural

Al parecer las estructuras en el proyecto Valeriano jugaron un papel importante en el desarrollo de la mineralización. Se pueden notar estructuras locales muy fuertes (Figura

6). La primera y la más importante se presenta en el inicio norte de la propiedad donde se puede ver una gran falla de rumbo normal el cual causa un movimiento hacia el Este de todo el paquete de tobas asimismo un desplazamiento de rumbo de más o menos 500 a 600m, esta falla causa una dislocación hacia la zona sur de tipo normal que al parecer es el inicio de la formación del graben central en la propiedad, se pueden notar sus fallas de reajustes hacia el sur donde hay pequeñas estructuras normales apretando la continuidad de los estratos.

La segunda falla de importancia es la que ocurren en la parte central de la propiedad que delimita en graben central, esta estructura forma como una cubeta la cual no deja pasar intensamente los fluidos que mineralizan hacia la parte sur de depósito, lo que hace pensar que es una estructura de sello posiblemente inversa al inicio y posteriormente normal como se presenta en terreno. Esta misma falla también delimita al sector brecha negra porque al parecer los fluidos pasaron ligeramente por esta estructura. Esta falla tiene un hundimiento aproximado de entre 30 a 40 metros dependiendo de sus escamas paralelas.

Las fallas menores son las que causan en el sector brecha la mineralización en esta zona, estas son fallas normales que formaron pequeños canales en donde se originaron las brechas, con abundante sílice hidrotermal, por su carácter de fallas pequeñas pero

profundas cabe la posibilidad que llegaran hasta donde se encuentra el alimentador de estos fluidos mineralizadores.

Los diaclasamientos se presentan en forma N-S y E-W los cuales no marcan un patrón que guíen la mineralización, es posible que sean producto de las pequeñas estructuras cercanas a intrusivos tardíos en la propiedad.

3.3. Alteraciones

Las alteraciones en la propiedad de Valeriano (Figura 7), las cuales son típicas de sistemas de alta sulfuración. A continuación se detallan cada una de ellas:

Propílitica: Esta alteración se presenta a los bordes de la propiedad tanto al sur como al norte de ella, su litología consta de rocas andesíticas de color gris a pardo rojizo, son alteradas ligeramente y presenta como minerales principales a la: epidota+clorita en fracturas la primera y la segunda reemplazando a la biotita. Se puede concluir que esta alteración es marginal y que los fluidos mineralizadores no alcanzaron este nivel superior.

Argílica: Se presenta hacia los márgenes y en la parte central de la propiedad se presentan argilizando algunas pumitas produciendo fiammes alargados de estos, en otras zonas esta argilizando a la matriz de la toba generando una posible argilización débil.

Argílica intermedia-Avanzada: Se presenta en zonas centrales de la propiedad cercanas a las zonas silicificadas, consta de alunita-cuarzo, con presencia de enargita se pueden ver en la zona de la brecha calcantita-enargita. Su desarrollo produce halos hacia los bordes de estas estructuras.

Silicificación débil: o llamada de sílice residual que se presenta hacia las partes norte y sur de la propiedad, se pueden ver como pequeños domos presencia de cuarzo en vetillas de baja temperatura, sin ocurrencia de mineral.

Silicificación moderada-fuerte: Se presenta como un anillo que bordea tanto al graben y al valle central, la cual posiblemente este delimitando un cuerpo. Esta silicificación oblitera la roca, destruyendo su textura original y en otros casos como cemento de una brecha pipe como en el sector brecha negra. Hay otras zonas que presentan una silicificación moderada selectiva en la roca como son sectores como la brecha de óxidos craquelada en la parte inferior del valle.

Alteración Fílica: Ocurre bajo la alteración cuarzo-alunita, entre Valeriano Norte y Sur, como una asociación mineralógica de carácter penetrativa y texturalmente destructiva. Está representada por cuarzo-sericita-pirita con presencia variable, pero común, de turmalina en rosetas y/o matriz de microbrechas.

Oxidación: Se presenta en la parte central, producido por la sedimentación del graben estos OxFe son alóctonos ya que la gran mayoría son como pátinas entre las fracturas y no generándose como materiales autóctonos. Posiblemente estos óxidos hayan podido acarrear mineralización aurífera no continua en toda la zona. Lo que sí cabe mencionar es que este sedimento tiene una ligera silicificación la cual está cementando los fragmentos que son redondeados lo que significa transporte de los materiales y también durante la sedimentación los fluidos mineralizantes aún continuaban activos produciendo una compactación moderada a fuerte de estos materiales.

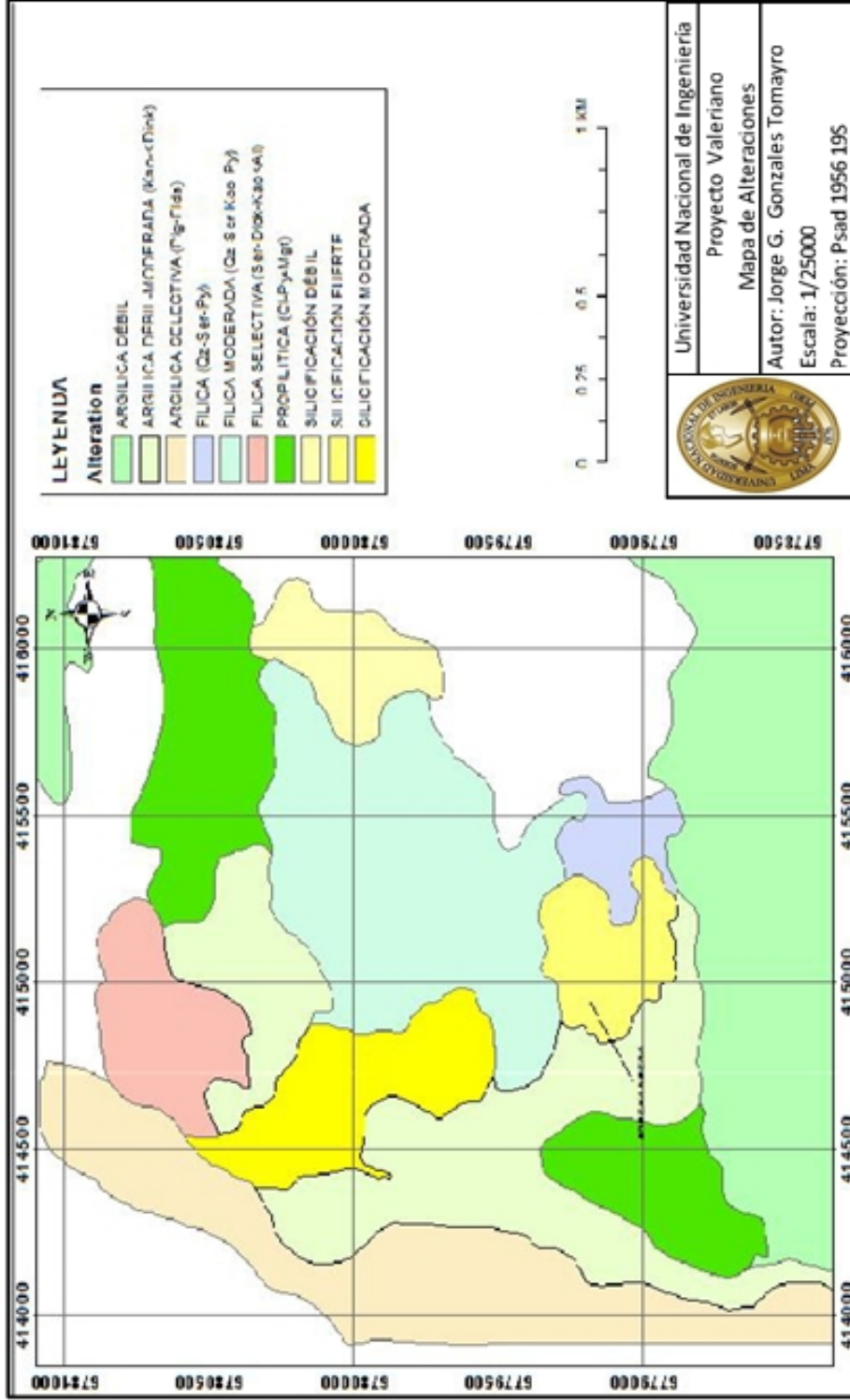


Figura 7 Plano de Alteraciones de Superficie del Proyecto Valeriano

3.4. Mineralización

Dos estilos y ocurrencias de mineralización han sido descritos en el área, cada uno con diferentes expresiones geoquímicas y asociaciones mineralógicas, pero posiblemente relacionado al mismo evento magmático-hidrotermal.

El estilo epitermal de Alta Sulfuración está representado principalmente por enargita-pirita (Figura 8) como relleno en fracturas, rellanando cavidades en la sílice residual y matriz de brechas hidrotermales estructuralmente controladas. Diseminación en la roca de caja es una ocurrencia subordinada y está asociada al halo de vetas y vetillas. Las estructuras mineralizadas son de anchos centimétricos, tienen escasa continuidad y han sido reconocidas en todas las unidades litológicas, en un intervalo vertical de a lo menos 200 m y arealmente entre la zona Norte y Central del Proyecto. Escorodita y menor calcantita (Figura 9) son los principales productos de la oxidación de enargita.

Asimismo, la oxidación de pirita diseminada y asociada a las alteraciones alunítica y sericítica ha permitido la formación de abundante goethita-jarosita, que le impone al área de alteración el característico color amarillo-rojizo.

La ocurrencia de afinidad porphyry está representada por vetillas de cuarzo milimétricas dispuestas en arreglos sub paralelos y subordinadamente polidireccionales (Figura 10), cortando al Pórfido Cuarzo Feldespático con alteración cuarzo-sericita con presencia de turmalina en Valeriano Sur (Figura 11). Estas estructuras muestran una estrecha relación espacial y genética con la apófisis de Pórfido Dacítico. Tienen límites rectilíneos, son de color gris oscuro, bandeado con sutura central y sus relaciones de contacto indican más de un evento de vetillas.



Figura 8. Venillas de enargita y pirita



Figura 9. Calcantita - Enargita relleno fracturas.



Figura 10. Venillas de cuarzo-enargita



Figura 11. Brecha polimíctica con matriz de turmalina

CAPITULO IV

MODELO LITOLÓGICO Y ALTERACIONES HIDROTERMALES

4.1. Metodología para la Elaboración del Modelo.

La elaboración del presente trabajo fue realizado con los datos de la campaña de Perforación Diamantina Noviembre 2011 a Marzo 2012 por parte de la empresa Minera Hochschild Chile y con datos de la campaña de perforación diamantina de la Minera Phelps Dodge Chile S.A (1990- 1991) ya que se contaba con datos más completos de información.

A partir de la información que se tenía se realizaron secciones litológicas y de alteraciones hidrotermales, con las que se elaboró un modelo preliminar en 3D utilizando el software Leapfrog Mining, el cual fue conveniente para mi persona manejarlo.

Se revisó informaciones de los trabajos de las anteriores campañas como logueos geológicos, secciones geológicas interpretadas, planos geológicos y de alteraciones que luego fueron validadas y correlacionadas con la información actual y así se fue construyendo un modelo preliminar del comportamiento litológico y de alteraciones.

En esta realización del informe se llegó a interpretar con los estudios de campo a nivel macroscópicos de las muestras obtenidas de las perforaciones diamantinas, debidas a que no se contó con la información de los estudios petrográficos y de alteraciones que fueron realizadas en las campañas pasadas.

4.2. Modelo Litológico

Para la realización del modelo litológico se procedió primero con las descripciones del logueo detallado siguiendo ciertos procedimientos y protocolos que se describirán a continuación asimismo presentaremos un resumen de los 8 sondajes realizados por la compañía Minera Hochschild Chile (Figura 12).

Descripción del Formato de Logueo:

En el formato de logueo se deberá introducir la información de manera clara, respetando las convenciones, normas, códigos, simbologías, medidas y todos aquellos datos que permitan reproducir fielmente las características físicas, geológicas, mineralógicas, etc., de los testigos analizados. Este registro se hará usando códigos alfanuméricos que nos van a permitir la elaboración de una base de datos, la que a su vez servirá para la reproducción haciendo uso del SIG (Sistema de Información Geográfico) u otro medio informático, con el propósito de generar planos, secciones, modelos tridimensionales y geológicos, entre otros:

- Se anotará el intervalo del testigo que se viene describiendo, la última anotación corresponderá a la profundidad final del taladro.
- Se describirán los diferentes tipos de estructuras identificadas (fallas, sistemas predominantes de fracturas, venillas, foliación, estratificación, etc.), colocando

en la columna correspondiente sus respectivas características (profundidad, ángulo y densidad).

- En el logueo gráfico se graficarán los rasgos estructurales, litológicos y de alteración- mineralización del testigo usando las convenciones establecidas.
- Las columnas comprendidas en la sección de litología deben reflejar la roca original (protolito) y sus rasgos físicos más importantes (color, textura, fenocristales, matriz y fragmentos líticos).
- Para la descripción del color de la roca se usará la clasificación de los colores.
- En relación de fenocristales/Matriz y Clastos/Matriz, el cálculo de estas relaciones esta expresada en porcentaje. En este caso, como se trata de una estimación macroscópica será suficiente aproximar a las décimas: 7/3, significará que tenemos 70% de fenos y 30% de matriz. Para el caso de las brechas se usará de manera genérica el término de matriz, sabiendo que en algunos casos no se trate sensu stricto de ella, sino de un cemento.
- En campo de alteración en general se procede a llenar indicando el porcentaje de cada uno de los minerales presentes en su respectiva columna y una descripción de los estilos y ensambles de alteración en el campo de “Observaciones”
- Los minerales se encuentran agrupados en sulfuros y óxidos. Lo sulfuros no están separados por su origen, es decir no se distingue si estos son hipógenos o supérgenos (secundarios). Los minerales oxidados han sido separados por su contenido metálico, así tenemos los óxidos de Fe y Mn, luego los óxidos verdes

y oscuros (negros) de Cu (donde están incluidos todos aquellos minerales que se han formado por un proceso de oxidación supérgeno).

- Dentro del campo gráficos en la columna de Mineralización se gráfica el porcentaje de minerales de óxidos y sulfuros, según el estilo de mineralización (diseminado, venillas y mixto).
- Cuando sea posible se determinará la temporalidad de las venillas reconocidas y esta resulta de observar las relaciones geométricas entre cada una de ellas, esto permite establecer la relación con la mineralización y alteración en el prospecto. Se describirán
- características geológicas, de alteración, mineralización, etc. que no se han considerado en las columnas del presente formato.
- En el campo de las observaciones se describirán características geológicas, de alteración, mineralización, etc. que no se han considerado en las columnas del formato. Una vez concluido el logeo definitivo de los testigos, las muestras serán trasladadas al depósito (“core shack”) y entregadas al responsable para su archivamiento.

Descripción gráfica de los Sondajes 2011 2012

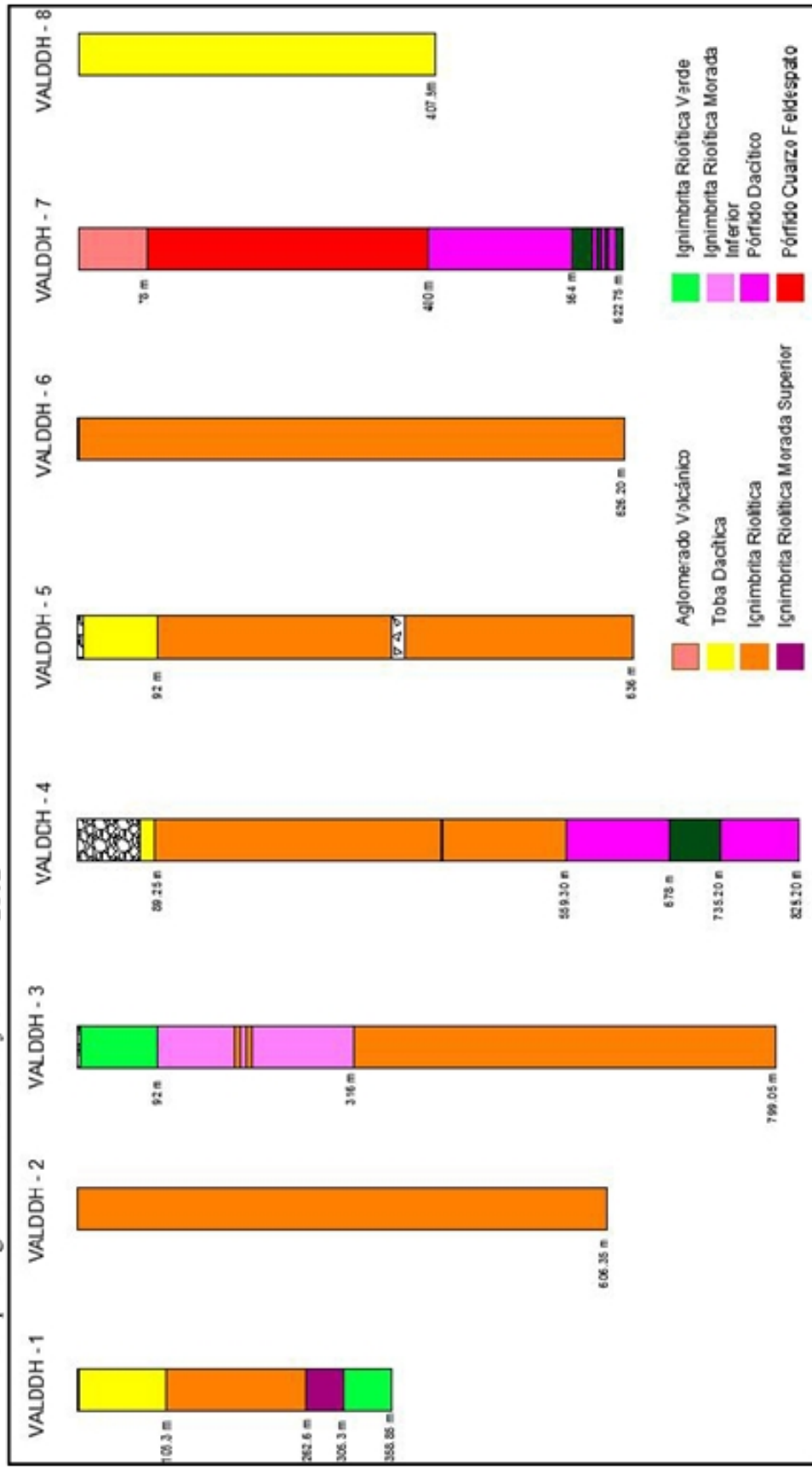


Figura 12. Sondaje de perforación de Diamantina 2011-2012

Descripción de los sondeos:

VALDDH-1:

De 0 - 103 metros: Toba Dacítica con presencia de fiammes, líticos subredondeados riolíticos y dacíticos, presencia de piratas oxidadas y venillas de pirita fina, alteración argílica leve a moderada.

De 103 - 262.6 metros: Ignimbrita Riolítica con presencia de líticos subangulosos argilizados, venillas de pirita enargita de 1 cm y en zonas de fracturas presencia de cristales de enargita en finales del tramo, presenta una alteración Fílica Débil (Dickita Sericita).

De 262.6 - 306.3 metros: Ignimbrita Riolítica Morada Superior con presencia de fiammes alargados con 40° de inclinación generalmente argilizados, débil presencia de pirita fina diseminada, presenta una silicificación débil.

De 306.3 - 358.85 metros: Ignimbrita Riolítica Verde con presencia de fiammes alargados argilizados, débil presencia de mineralización de pirita-enargita, débil silicificación.

VALDDH-2:

De 0.00 606.35 metros: Ignimbritas Riolíticas comenzando con una alteración Argílica Avanzada (cuarzo-alunita) en los primeros 280 mts con OxFe en fracturas. A partir de 280 mts hasta los 550mts aparece una alteración Fílica (cuarzo -sericita-pirita) con gran cantidad de Sulfuros de Cu en vetillas, relleno en fracturas y diseminados, venillas de pirita enargita milimétricas (Figura 13). A partir de los 550 metros se aprecia una disminución del venilleo, coincidiendo con la transición de una alteración propilítica (clorita-epídota-dickita, en parches y en algunas venillas) hasta finales del pozo.



Figura 13. Ignimbrita Riolítica con venilla de pirita-enargita milimétrica.

VALDDH-3:

De 0.00 – 316 metros: Los primeros metros se presenta la secuencia de Ignimbrita Verde (Figura 14) subprayacente a la Ignimbrita Morada Inferior con una alteración propilítica hasta los 94 metros seguida con una silicificación moderada sin presentar ninguna mineralización importante.

De 316 – 799.05 metros: Ignimbrita Rioltica con diseminación de pirita calcopiritaenargita y venilleo/parches esporádicos de la misma composición, y con una silicificación moderada a fuerte. A partir de los 360 metros, se da inicio a un venilleo muy fino de cuarzo-pirita (Figura 15) que va adquiriendo grosor hacia los 390 m, coincidiendo con el paso de la alteración argílica avanzada (cuarzo-alunita en parches y fracturas) incipiente. A partir de los 700 metros aparece venillas de cuarzo-pirita-molibdeno, cuarzo-pirita y relleno en fracturas de pirita, la intensidad de la mineralización va de débil a moderada.



Figura 14. Ignimbrita Rioltica Verde de matriz cloritizada con fiammes argilizados.



Figura 15. Ignimbrita Rioltica silicificada con venilla de cuarzo-pirita-enargita.

VALDDH-4:

De 0.00 89.25 metros: En los primeros metros presencia de sobre carga seguida de tobas dacíticas con clastos líticos (riolíticos, andesíticos) con alteración argílica débil y pirita oxidada diseminada.

De 89.25 599.30 metros: Ignimbrita Riolítica (Figura 16) con presencia de clastos líticos riolíticos y tobáceos, con una alteración de que va de argílica débil a fílica (sericita diseminada y dickita en parches), venillas de pirita enargita milimétrica.

De 599.30 825.20 metros: Pórfido Dacítico (Figura 17) con fenocristales de cuarzo - feldespato con abundante venilleo (stockwork) con alteración Cuarzo Sericita hasta los 678 metros seguida de una Andesita de textura Porfirítica (Figura 18) con una alteración de Potásica presencia de biotita secundaria, clorita y magnetita como matriz hasta los 735.20 metros. El pozo finaliza con el pórfido Dacítico de cuarzo - feldespato. La mineralización es moderada y está compuesta de Pirita-Molibdeno de varios episodios de vetillas: cuarzo+ pirita, cuarzo + pirita + molibdenita y pirita relleno de fracturas.



Figura 16. Ignimbrita Riolítica con clastos líticos. Figura 17. Pórfido Dacítico con venilleo de cuarzo pirita.



Figura 18. Pórfido Andesítico con fenocristales de plagioclasa, venillas de clorita magnetita.

VALDDH-5:

De 0.00 92.00 metros: Toba Dacítica con líticos de composición andesítica, con una alteración predominante argílica intermedia, presentando pirita fina diseminada.

De 92.00 - 636 metros: Ignimbrita Riolítica con presencia de líticos esporádicamente, presenta una alteración argílica intermedia y a profundidad una silicificación moderada es cortada por venillas esporádicas de Enargita- pirita < 3mm de espesor. De 340 a 470 metros sigue la misma roca pero cambia la alteración a fílica (Cuarzo-Sericita), terminando con una zona de silicificación intensa (Figura 19). La mineralización sigue siendo débil (Goetita-Limonita), con ausencia de sulfuros. De 470 a 636 metros continuando con la alteración fílica (Cuarzo - Sericita – Dickita), presencia de pirita (generalmente como pátina de Calcosina), diseminada, en venillas esporádicas y especialmente en fracturas. La mineralización va en aumento hacia el final del tramo.



Figura 19. Ignimbrita Riolítica (460.80m Venilla de Pirita Enargita)

VALDDH-6:

De 0.00 626.20 metros: Ignimbrita Riolítica con alteración Argílica avanzada (Cuarzo

Alunita), alunita en parches y en matriz, presencia de oquedades debido a la lixiviación de líticos y no presenta mineralización hasta los 310 mts. De 310-500 metros sigue la misma roca pero con una alteración fílica (Cuarzo– Sericita) (Figura 20). La mineralización es muy débil componiéndose de Pirita (generalmente con pátina de calcosina) diseminada y en fracturas, algunas trazas de enargita, con un leve aumento hacia el final del tramo, presentando venillas pirita en zonas donde el fallamiento forma pequeñas brechas. De 500-530 metros la alteración pasa a ser argílica (Caolín Dickita). La mineralización no es significativa, Pirita diseminada y especularita relleno de fracturas, aunque se observan trazas de Molibdeno hacia el final del tramo. De 530-607 metros la alteración pasa progresivamente a argílica avanzada (Cuarzo - Alunita Caolín) sin cambios en la mineralización. De 607-626.20 metros la alteración vuelve a pasar a argílica (Caolín - Dickita), sin cambios en la mineralización.



Figura 20. Zonas Sericíticas, totalmente alteradas la Ignimbrita Riolítica.

VALDDH-7:

De 0.00 78.00 metros: Aglomerado volcánico gris violáceo polimíctico (AndesitaDacita-Riolita) con fragmentos sub redondeados que va hasta 80cm, donde no ocurre desarrollo de mineralización, más por el contrario es una roca con algo de alteración incipiente, pero no lleva mineralización.

De 78.00 400 metros: Pórfido Cuarzo Feldespato gris de grano medio (Figura 21), se presenta sin sulfuros, notan fantasma de Feldespato, en otras ocasiones su textura del intrusivo se nota más fina presentando una alteración tipo silicificación débil hasta los 216 metros seguida de una argílica avanzada con Alunita Sericita Dickita hasta los 296 metros finalmente pasa a una alteración de Fílica moderada con Dickita Sericita Caolín.

De 400 564 metros: Pórfido Dacítico fuertemente obliterado por sílice casi al 100%, ocasionalmente presenta una textura sílice bandeada, esta zona contiene pirita fina en venillas y diseminada de color oscuro (Figura 22).

De 564 622.75 metros: Intercalación del Pórfido Dacítico con un Pórfido Andesítico (Figura 23) de color verde con alteración potásica. Presencia de biotita secundaria y especularita. Mineralización de Pirita en vetillas (mms) con el 1% de intensidad. Parece aumentar ligeramente la mineralización en comparación con el intrusivo pórfido dacítico.



Figura 21. Pórfido Cuarzo Feldespato con fantasma de fenocristales de feldespato.



Figura 22. Pórfido Dacítico con venillas de sílice-Pirita Enargita.

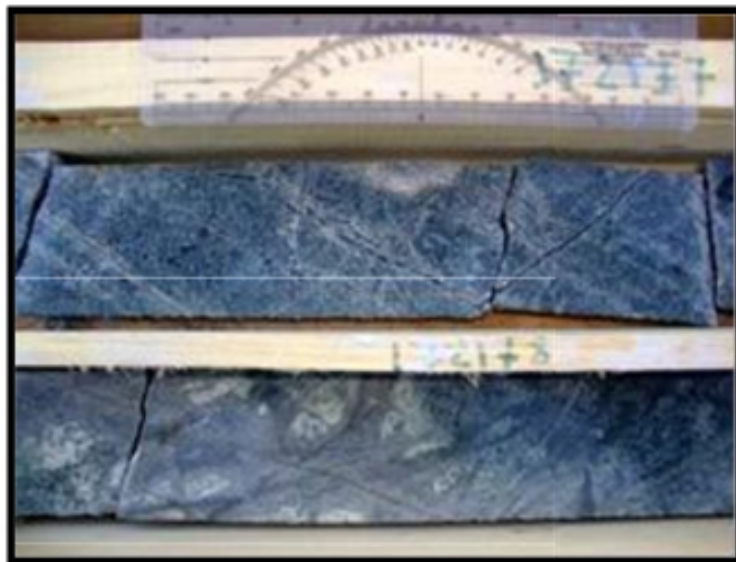


Figura 23. Pórfido Andesítico con venillas de pirita.

VALDDH-8:

De 0.00 – 222 metros: Toba Dacítica de composición polimíctica (Dacita>Andesita) con canales de brecha hidrotermal (Figura 24) lixiviados con abundantes óxidos de hierro (limonita-goetita-jarosita). La Alteración Argílica débil Dickita - Caolín, mineralización mixta O_xFe y pirita.

De 222 – 388.60 metros: Toba Dacítica gris blanquecina, monomíctica, alteración sílice fuerte zona de O_xFe, trazas de pirita fina diseminada y lixiviadas. Toba de 100% de sílice en matriz. Escasa mineralización. La mineralización de Pirita comienza a los 310 metros y es diseminada. Muy débil.

De 388.60 – 407.50 metros: Toba dacítica con textura esferulítica sílicea con alunita reemplazando cristales y rellenando fracturas. O_xFe en fracturas y pirita diseminada. Fracturas rellenas de cuarzo - alunita.



Figura 24. Canal de Brecha craquelada, con abundante OxFe a los 13.50 mts.

4.2.1. Secciones

Se eligió las líneas de secciones (Figura 25) donde se trató de albergar la mayor información de las perforaciones diamantinas, una vez seleccionada las líneas de sección se empezó a realizar las secciones geológicas interpretadas.

Cargadas las informaciones se inicia a interpretar las secciones litológicas con ayuda del plano geológico de superficie y los sondajes cargadas con sus respectivas informaciones, eso sirvió para empezar a construir los sólidos y darle la forma con la información que se tiene.

Se mostrará a continuación la Tabla 2, donde se muestra los datos de las ubicaciones de las perforaciones diamantinas así mismo se utilizará para realizar el modelo litológico y de alteraciones.

Tabla 2. Datos de ubicación de las perforaciones diamantinas

Pozos	Este	Norte	Cota	Azimuth	Dip	Profundidad Realizada	Programa de Taladro	Compañía
DDH-V1	415214	6779991	4231	325	-60	300.42	DDH	Phelps Dodge
DDH-V2	415540	6780009	4154	325	-50	339.46	DDH	Phelps Dodge
DDH-V3	415298	6779884	4160	325	-50	360.51	DDH	Phelps Dodge
DDH-V4	415634	6779888	4090	325	-50	269.01	DDH	Phelps Dodge
DDH-V5	415952	6779893	4090	325	-50	212	DDH	Phelps Dodge
DDH-V6	414931	6780225	4310	320	-80	294.63	DDH	Phelps Dodge
DDH-V7	415065	6779127	4373	325	-50	218.07	DDH	Phelps Dodge
DDH-V8	414877	6780299	4347	139	-55	502.64	DDH	Phelps Dodge
DDH-V9	415165	6779004	4372	325	-50	405.95	DDH	Phelps Dodge
VALDDH-1	414780	6780713	4420	135	-70	358.85	DDH	Hochschild
VALDDH-2	415400	6779750	4129	270	-60	606.35	DDH	Hochschild
VALDDH-3	414100	6780250	4169	90	-60	799.05	DDH	Hochschild
VALDDH-4	416000	6779100	4093	270	-60	825.2	DDH	Hochschild
VALDDH-5	414850	6780254	4325	90	-80	636	DDH	Hochschild
VALDDH-6	415198	6779726	4205	270	-60	626.2	DDH	Hochschild
VALDDH-7	415700	6778880	4159	270	-60	622.75	DDH	Hochschild
VALDDH-8	415195	6779095	4323	270	-60	407.5	DDH	Hochschild
						Profundidad Total	7784.59	

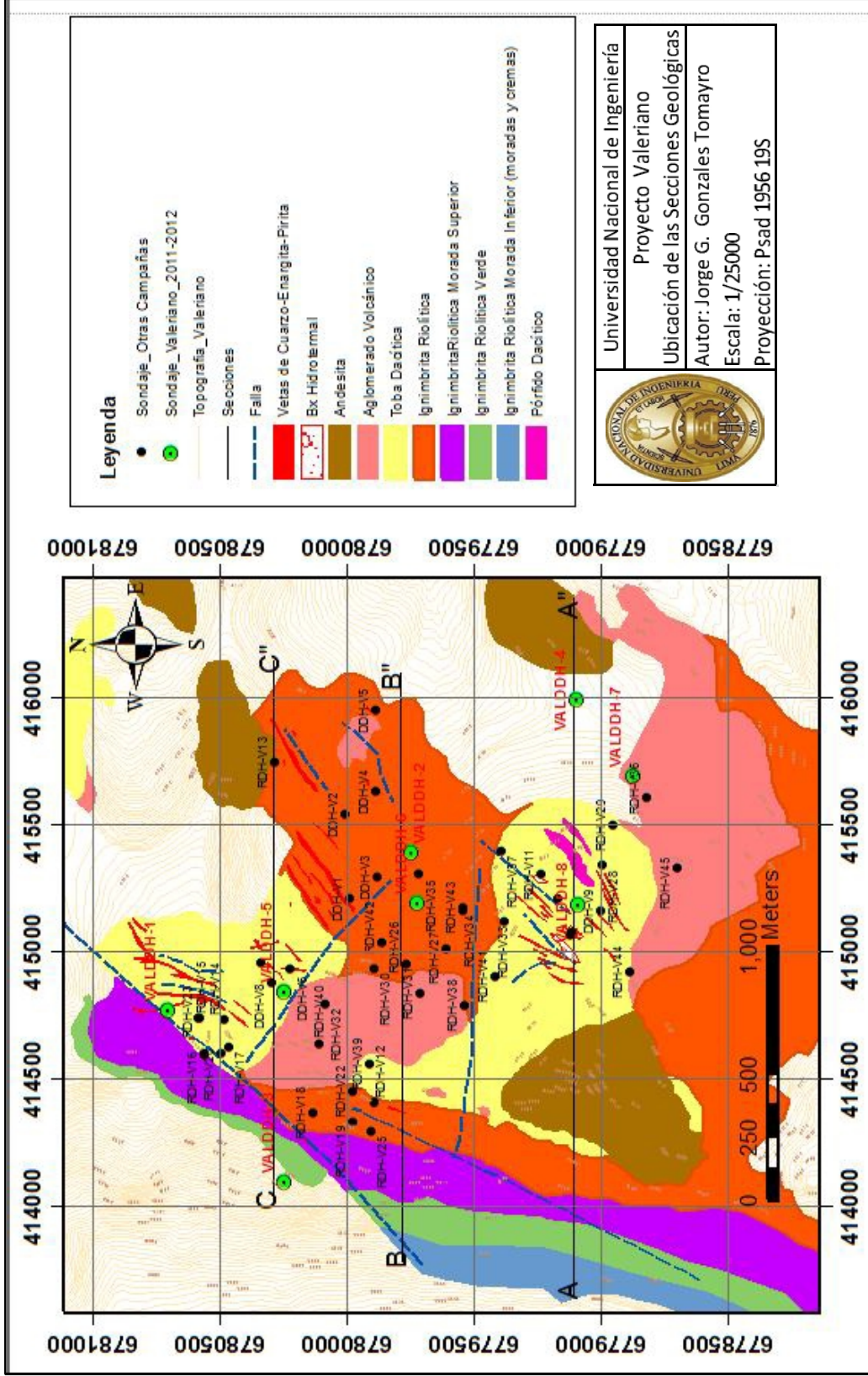


Figura 25. Ubicación de las Secciones Geológicas.

Sección AA''

Mirando al Norte

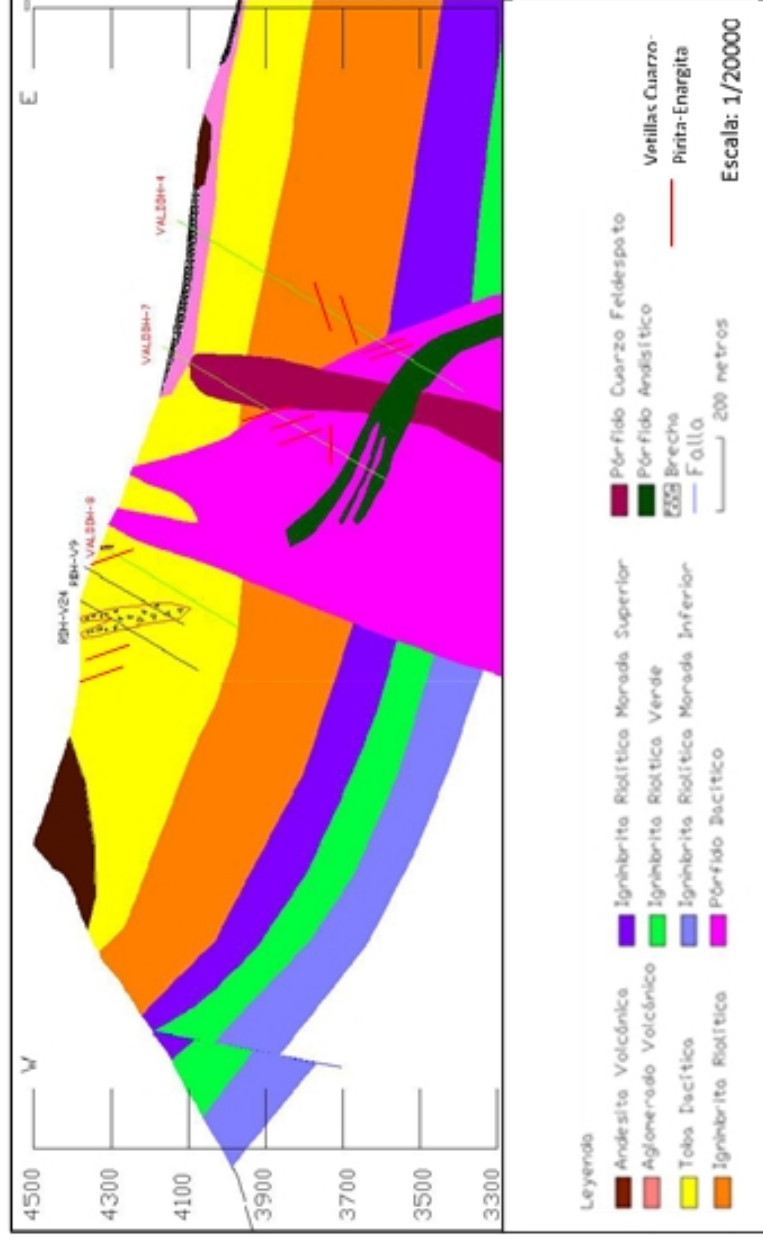


Figura 26. Sección AA''

Sección BB''

Mirando al Norte

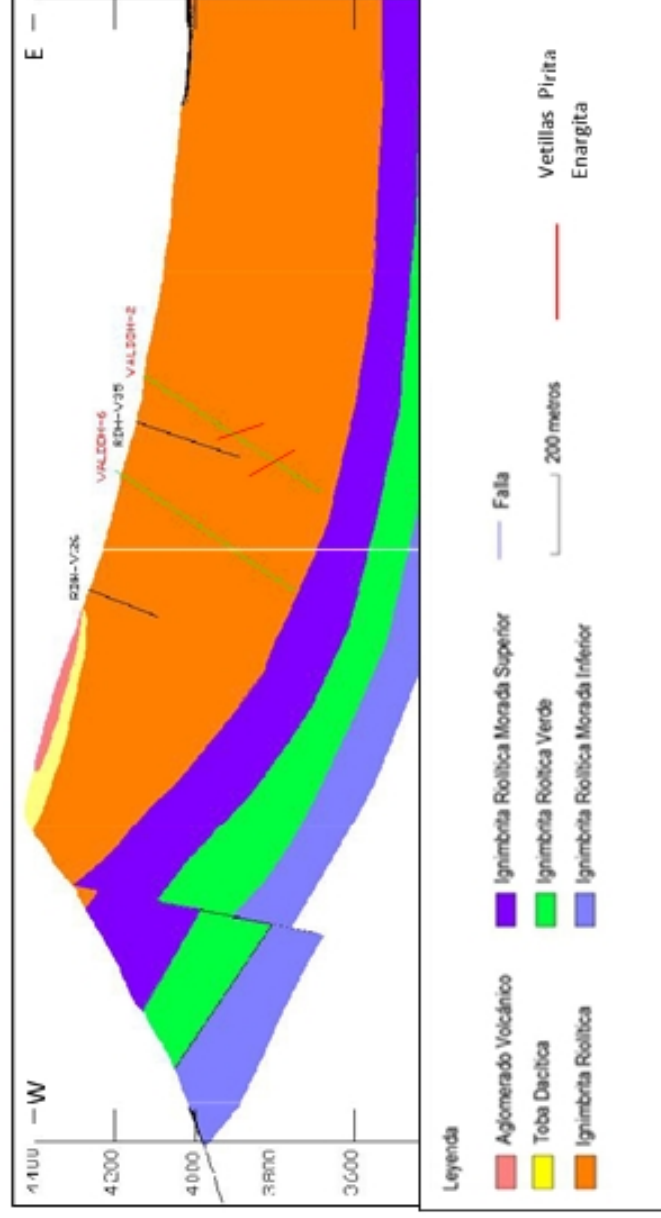


Figura 27. Sección BB''

Sección CC''

Mirando al Norte

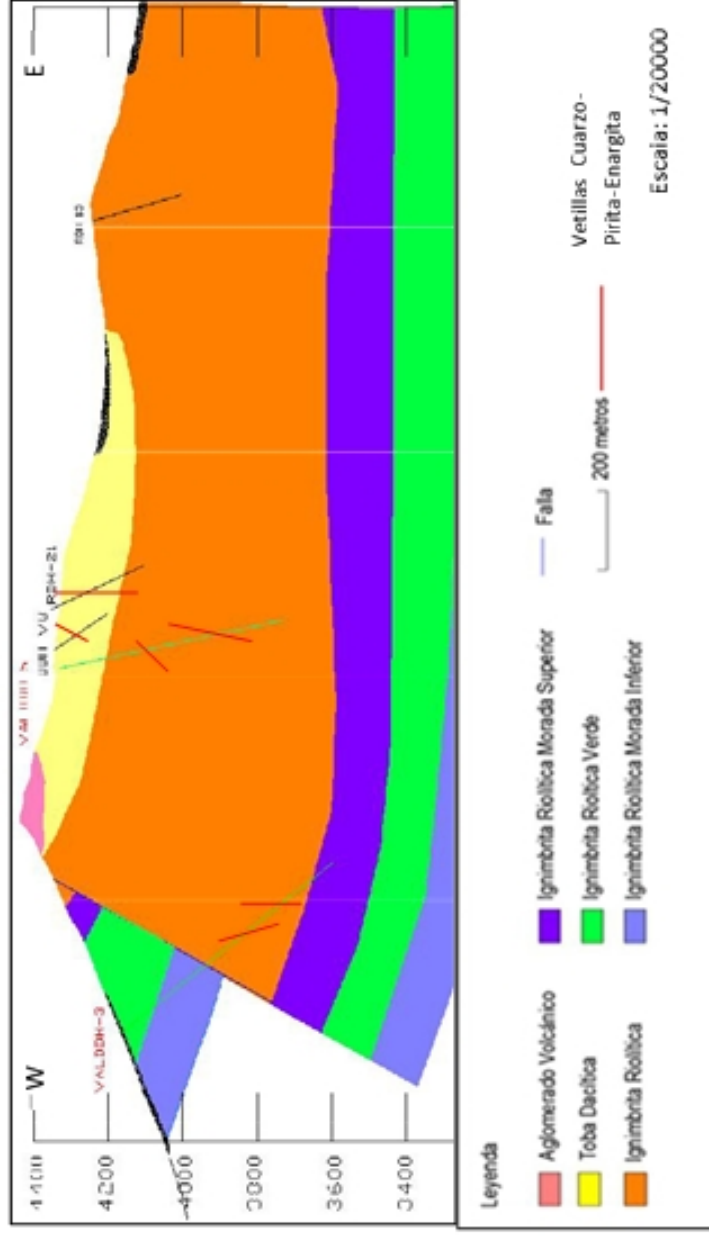


Figura 28. Sección CC''

4.2.2. Elección de Software de modelamiento

Al contar con la información de las descripciones litológicas y de alteraciones de la campaña de perforación Diamantina 2011-2012 de las empresas Minera Hochschild Chile y de Phelps Dodge Chile en la temporada 1990-1991 en el Proyecto Valeriano, elaboré en Noviembre de 2013 las secciones geológicas interpretadas con el objetivo de dar un aporte en información de la construcción del modelo preliminar Litológico y de alteraciones utilizando un software denominado Leapfrog Mining que se describirá a continuación las características de la metodología que se realizó:

Esta metodología consiste en utilizar datos numéricos y parámetros definidos por el usuario, para calcular funciones matemáticas de volumen, a partir de las cuales es posible triangular isosuperficies implícitas en la función. De esta manera, se puede eliminar o minimizar la digitalización 2D en plantas y secciones.

Los datos de entrada para esta función pueden ser cualquier valor georreferenciado, en particular intervalos de sondajes con valores de leyes, intensidades o propiedades geofísicas. En el caso de información geológica como litología, alteración o zona mineral, los datos son transformados en el software a valores de distancia, tomando como punto de referencia el contacto geológico más cercano, y teniendo en cuenta factores de composición, dilución, temporalidad y relaciones de corte. Por tanto, la función tiene un valor de 0 en los puntos de espacio correspondientes a los contactos de cada unidad, y será por estos puntos por los que pasará la superficie de contacto interpolada.

Los criterios geológicos y componentes críticos del depósito, tales como distribución, variabilidad, continuidad y controles estructurales, son definidos por el geólogo e ingresados en forma de parámetros numéricos que son aplicados a los datos de entrada para construir la función de volumen. El modelo puede ser dividido en diferentes dominios sobre los cuales distintos parámetros pueden ser definidos. Los dominios usualmente son construidos a partir del modelo estructural, que puede ser generado a partir de los datos de entrada, importado desde otro software, o interpolado a partir de puntos o polilíneas digitalizadas directamente en Leapfrog Mining.

Finalmente, las triangulaciones o wireframes son construidas a partir de la función de volumen. Los parámetros de ajuste a los puntos de contacto y la resolución de las triangulaciones son definidos por el usuario. El modelo final se construye haciendo operaciones booleanas sobre los sólidos (unión, resta e intersección), de acuerdo a las relaciones geológicas de corte y temporalidad.

Cowan et al. (2004), proveen una descripción más detallada de las técnicas de Modelamiento Geológico Implícito y sus principios fundamentales. Un ejemplo de construcción de sólidos es mostrado en la figura 29:

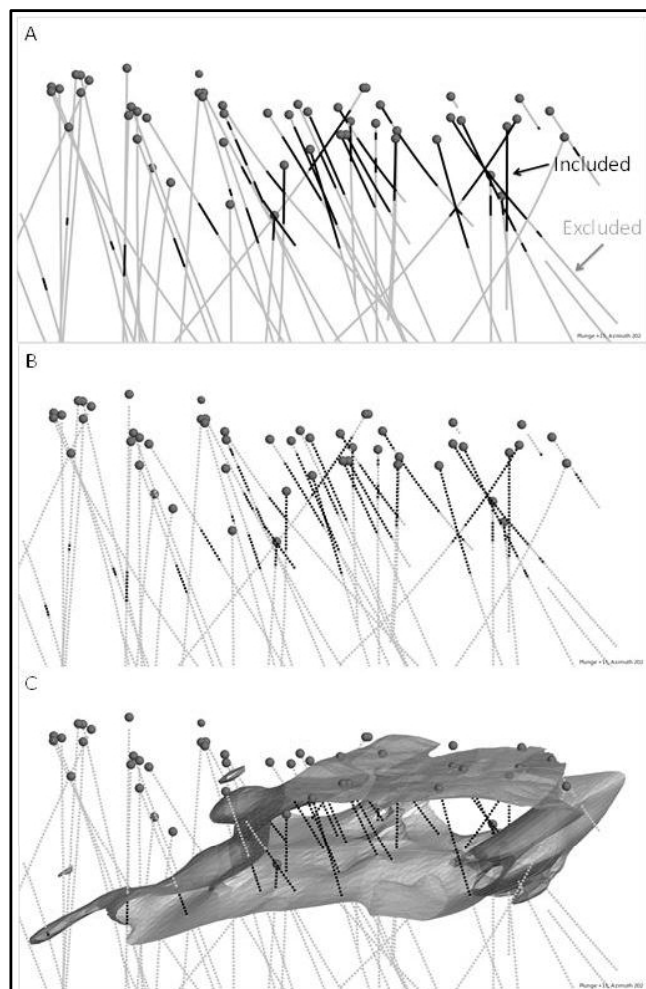


Figura 29. Modelamiento implícito, ejemplo de generación de puntos de volúmen. A. Datos de sondajes compositados a regiones incluidas (código litológico a modelar) y excluidas (otras litologías). B. Puntos de volumen generados a partir de las regiones compositadas. C. Sólido generado según interpolación que incluye puntos de litología a modelar y excluye puntos de las otras litologías. En este caso se usa una anisotropía regional para la interpolación de la superficie. El sólido está cortado por la topografía y ajustado a los puntos de contacto en los sondajes.

4.2.3. Modelo en 3D

A continuación se detallará la construcción del modelo litológico:

Procesamiento de datos de entrada

De acuerdo a la interpretación de eventos y a la disponibilidad de datos, fue necesario la agrupación de algunos códigos de mapeo en los sondajes (caso IgR), así como la omisión de una unidad Cuaternaria, quedando las siguientes unidades geológicas.

1. ANDESITA VOLCANICA: sin código de mapeo (modelada a partir de secciones y plano)
2. AGLOMERADO VOLCÁNICO: código de mapeo AgVol
3. BRECHA: código de mapeo BX
4. PÓRFIDO ANDESÍTICO: código de mapeo PAND
5. PÓRFIDO CUARZO FELSPATO: código de mapeo PQFD
6. PÓRFIDO DACÍTICO: código de mapeo PDac
7. TOBA DACÍTICA: código de mapeo TbDac
8. IGNIMBRITA RIOLÍTICA: código de mapeo IgR (unidad caja). Se subdivide, en orden de edad, en: IgR, IgRM, IgRV, IgRMI.

Confección de la unidad litológica Andesita Volcánica:

Esta unidad se ubica principalmente en zonas de altos topográficos. Al no contar con información de sondajes para la misma, su construcción se basa en la digitalización del mapeo de superficie y la interpretación de secciones (Figuras 30a, 30b, 30c).

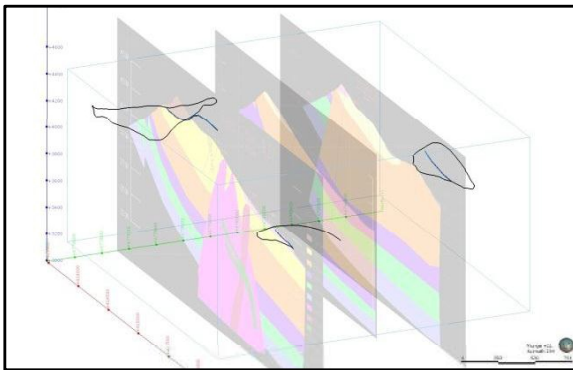


Figura 30a: Polilíneas de mapeo digitalizadas.

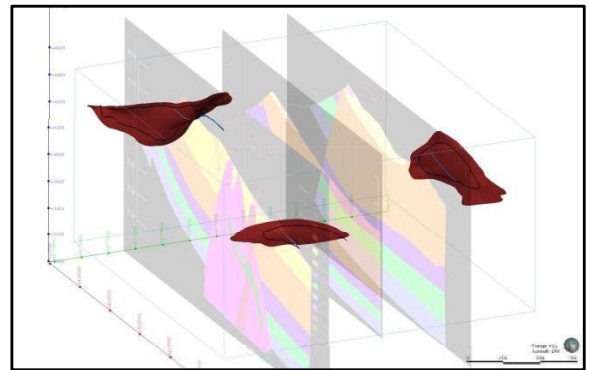


Figura 30b: Superficie interpolada desde las polilíneas.

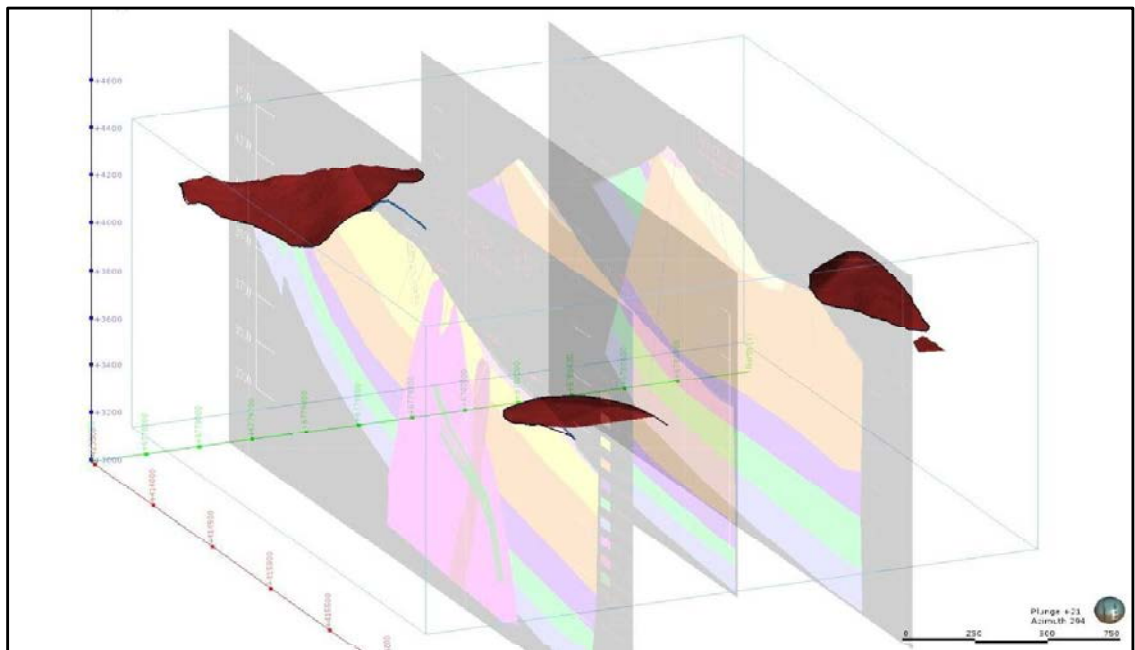


Figura 30c: Sólido resultante luego de intersectarlo con la topografía y aplicación de las relaciones de corte.

Confección de la unidad litológica Aglomerado Volcánico:

Esta unidad se encuentra depositada indistintamente sobre las unidades de TbDac e IgR, sin una tendencia aparente. Su construcción se realizó a partir de la extracción de valores de distancia de los sondeos (puntos rojos, correspondientes a la unidad modelada, y azules, correspondientes a las unidades más antiguas), la digitalización del mapeo de superficie, y la interpretación de secciones (Figura 31a, 31b, 31c).

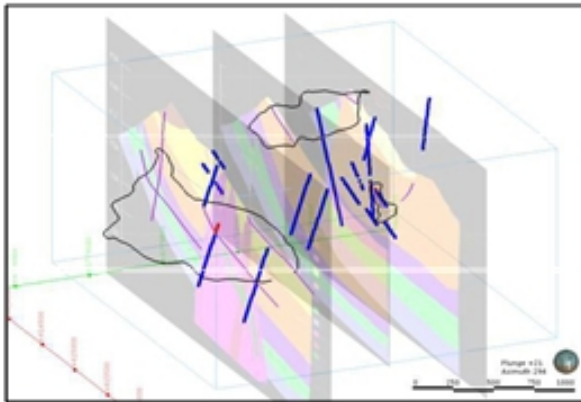


Figura 31a: Polilíneas de mapeo y secciones digitalizadas, líneas auxiliares y valores de distancia de

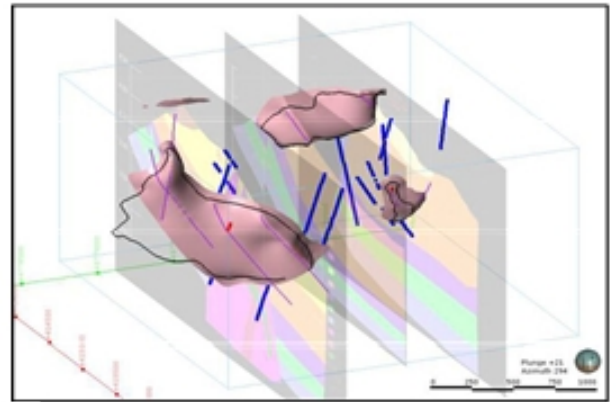


Figura 31b: Superficie interpolada a partir de los valores de distancia de AgVol y polilíneas.

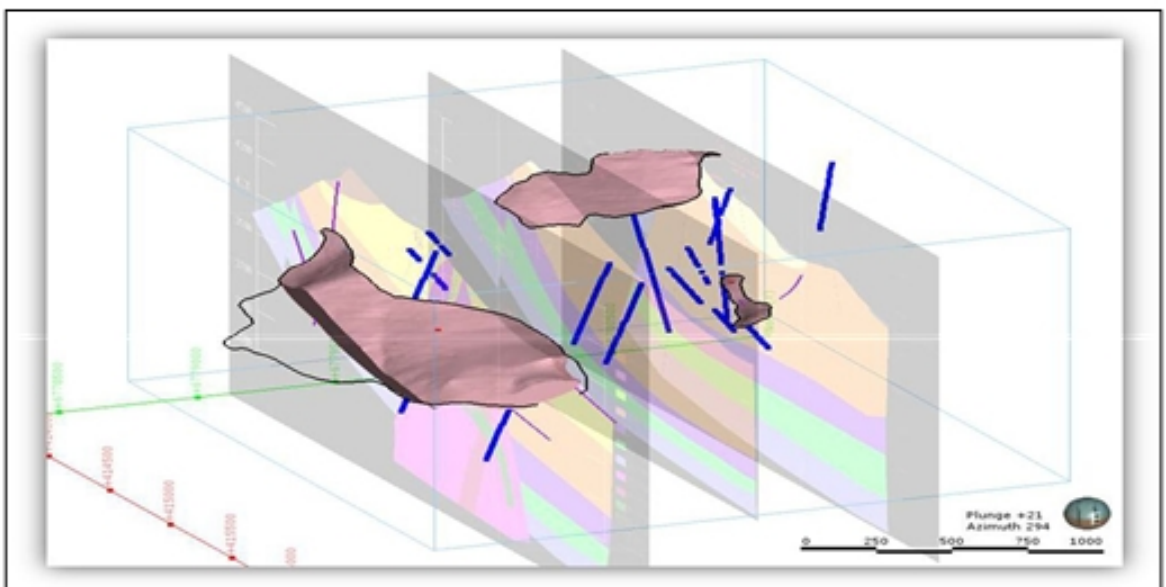


Figura 31c: Sólido resultante luego de intersectarlo con la topografía y aplicación de las relaciones de corte.

Confección de la unidad litológica Brecha:

Esta unidad cuenta con un cuerpo principal ubicado en el sector centro sur, y cuerpos menores, no apreciables a la escala del modelo. Su construcción se realizó a partir de la extracción de valores de distancia de los sondeos (puntos rojos, correspondientes a la unidad modelada, y azules, correspondientes a las unidades más antiguas), interpolados con un plano de tendencia de dip 63.7° y azimuth 112.4° , y según un elipsoide de anisotropía de ratio 20:20:1 (Figura 32a, 32b, 32c).

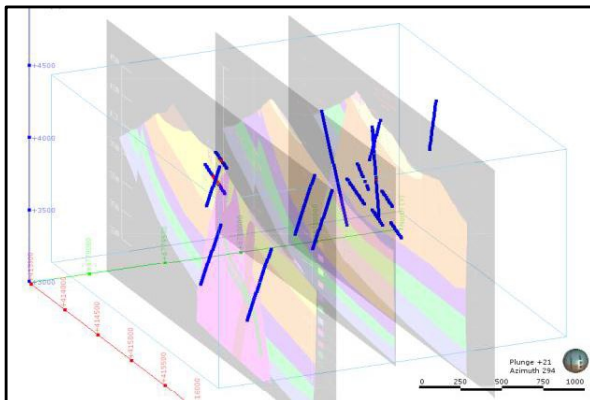


Figura 32a: Valores de distancia de BX.

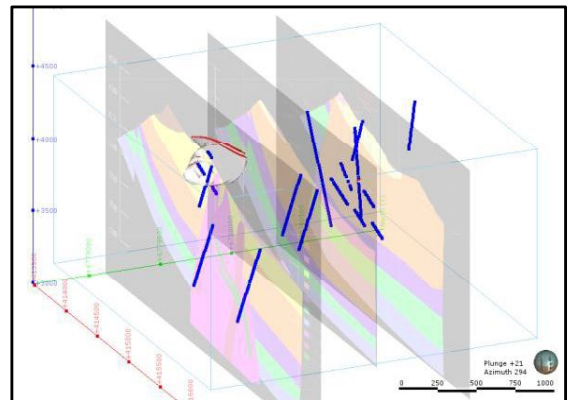


Figura 32b: Superficie interpolada a partir de los valores de distancia de BX.

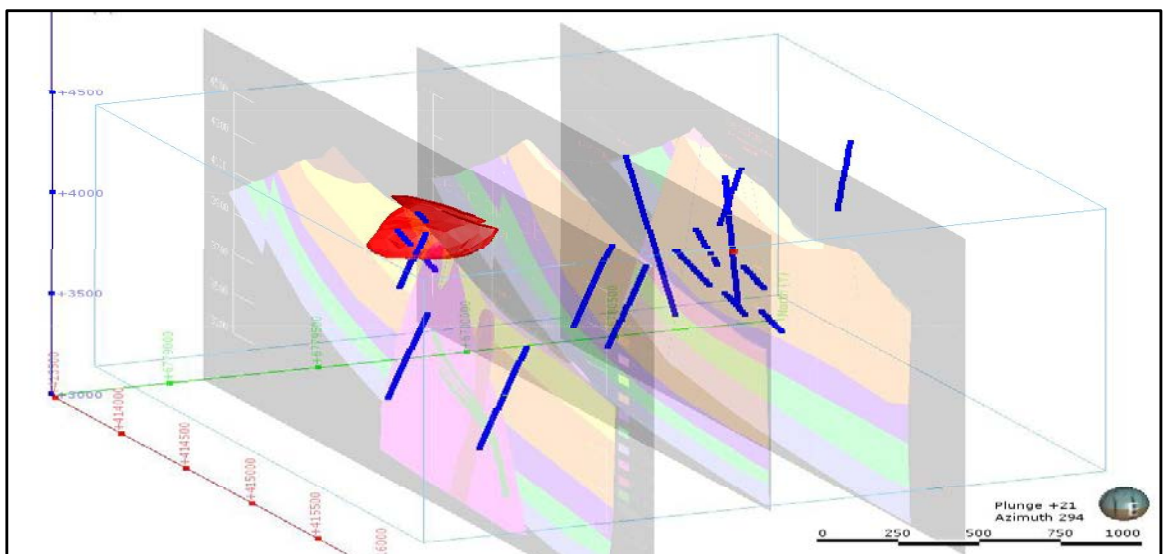


Figura 32c: Sólido resultante luego de intersectarlo con la topografía y aplicación de las relaciones de corte.

Confección de la unidad litológica Pórfido Andesítico:

Esta unidad se encuentra solo en 2 sondajes en profundidad. Debido a esto, su construcción se basa principalmente en líneas auxiliares, en conjunto con los valores de distancia extraídos de los sondajes (puntos rojos, correspondientes a la unidad modelada, y azules, correspondientes a las unidades más antiguas), interpolados con un plano de tendencia de dip 17.6° y azimut 47.85° , y según un elipsoide de anisotropía de ratio 2:2:1 (Figura 33a, 33b, 33c).

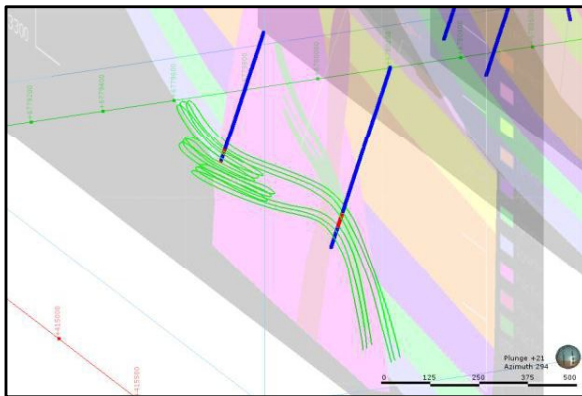


Figura 33a: Valores de distancia de PAND y líneas auxiliares.

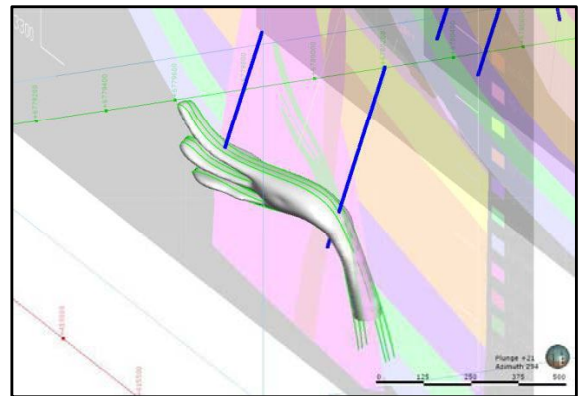


Figura 33b: Superficie interpolada a partir de los valores de distancia de PAND y líneas.

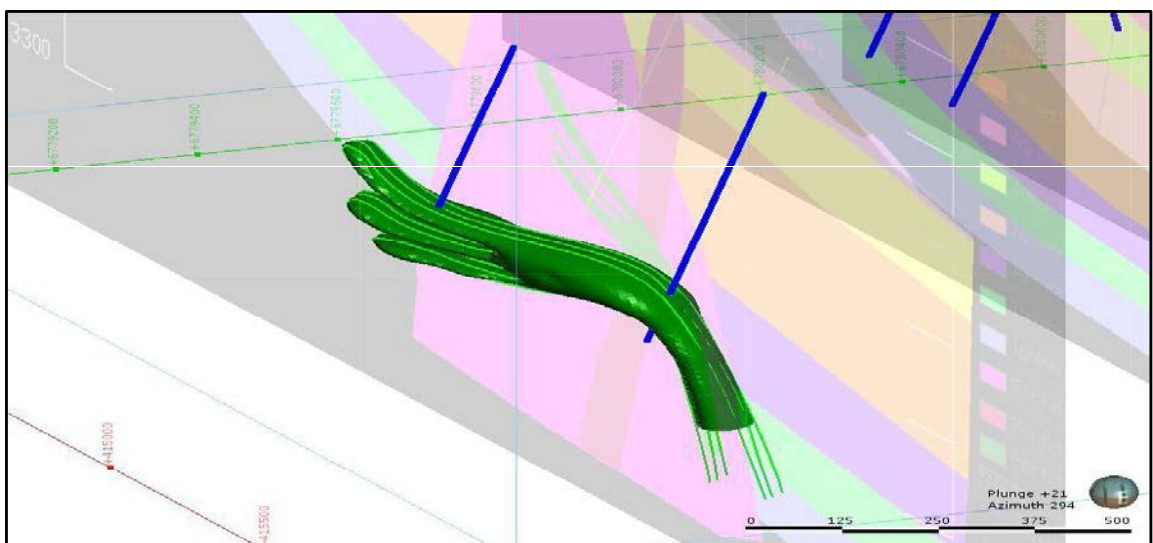


Figura 33c: Sólido resultante luego de intersectarlo con la topografía y aplicación de las relaciones de corte.

Confección de la unidad litológica Pórfido Cuarzo Feldespato:

Esta unidad se encuentra solo en 1 sondaje en profundidad. Debido a esto, al igual que la unidad anterior, su construcción se basa principalmente en líneas auxiliares, en conjunto con los valores de distancia extraídos de los sondajes (puntos rojos, correspondientes a la unidad modelada, y azules, correspondientes a las unidades más antiguas), interpolados con un plano de tendencia de dip 78.06° y azimut 274.68° , y según un elipsoide de anisotropía de ratio 2:2:1 (Figura 34a, 34b, 34c).

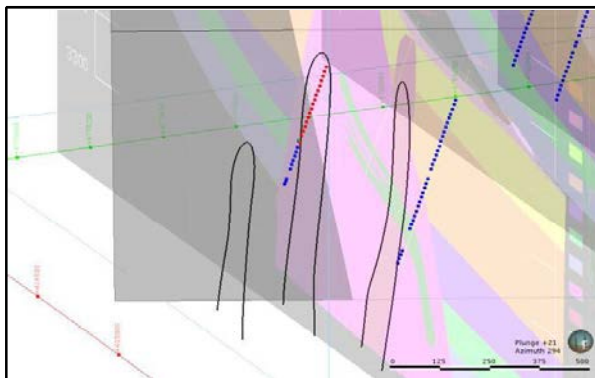


Figura 34a: Valores de distancia de PQFD y líneas auxiliares.

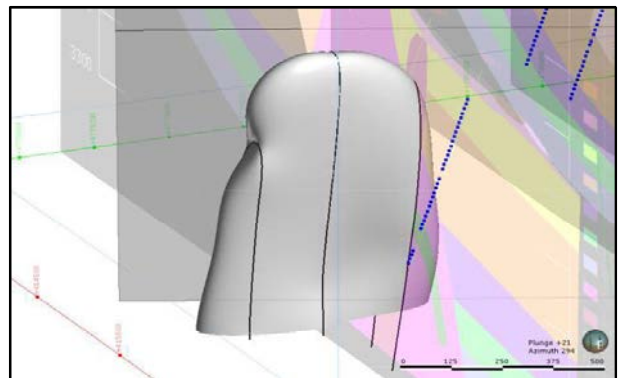


Figura 34b: Superficie interpolada a partir de los valores de distancia de PQFD polilíneas.

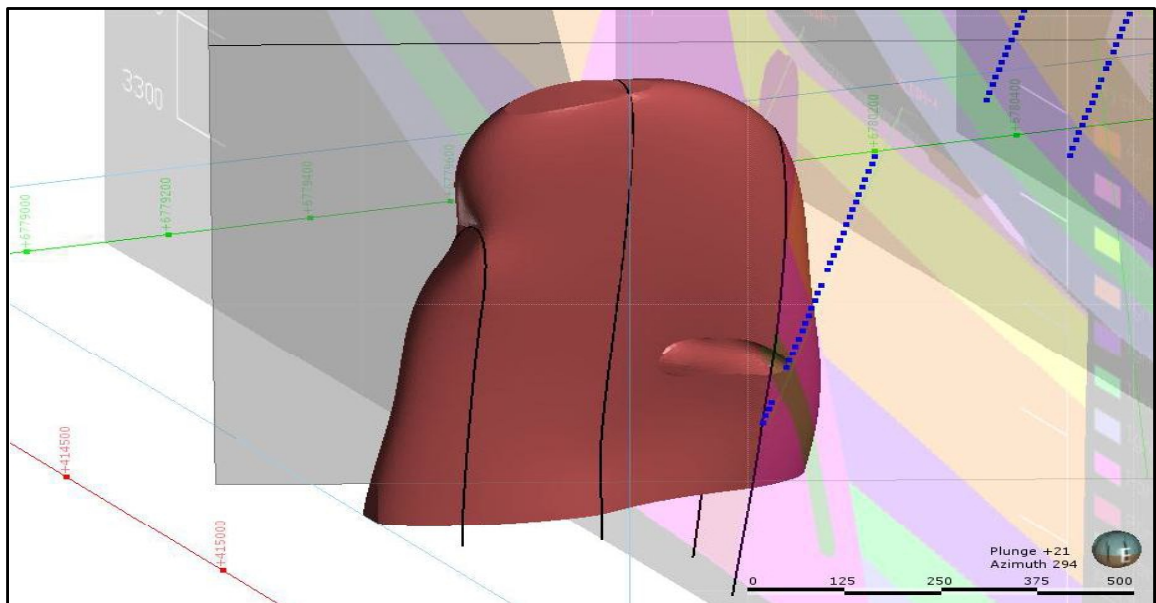


Figura 34c: Sólido resultante luego de intersectarlo con la topografía y aplicación de las relaciones de corte.

Confección de la unidad litológica Pórfido Dacítico:

Esta unidad se encuentra solo en 2 sondajes en profundidad. Debido a esto, tal como en las unidades anteriores, su construcción se basa principalmente en líneas auxiliares, en conjunto con los valores de distancia extraídos de los sondajes (puntos rojos, correspondientes a la unidad modelada, y azules, correspondientes a las unidades más antiguas), interpolados con un plano de tendencia de dip 81.06° y azimut 290.63° , y según un elipsoide de anisotropía de ratio 1:1:0,75 (Figura 35a, 35b, 35c).

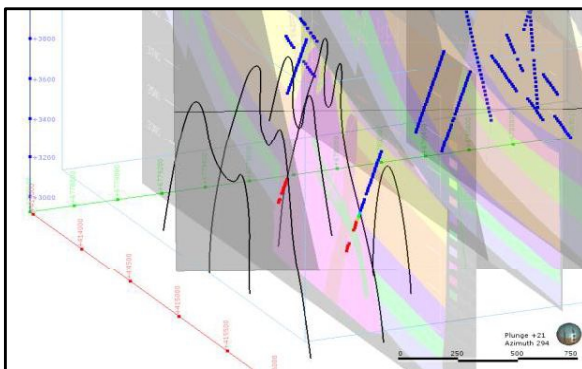


Figura 35a: Valores de distancia de PDac y líneas auxiliares.

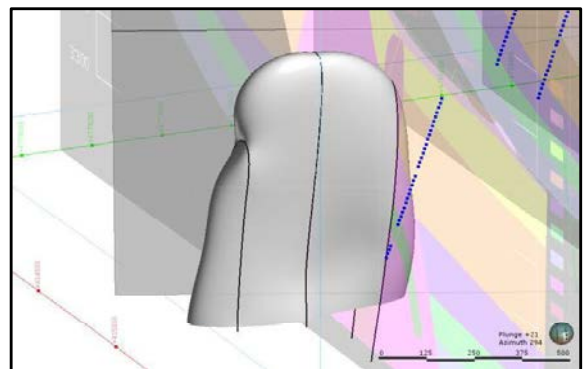


Figura 35b: Superficie interpolada a partir de los valores de distancia de PDac y polilíneas.

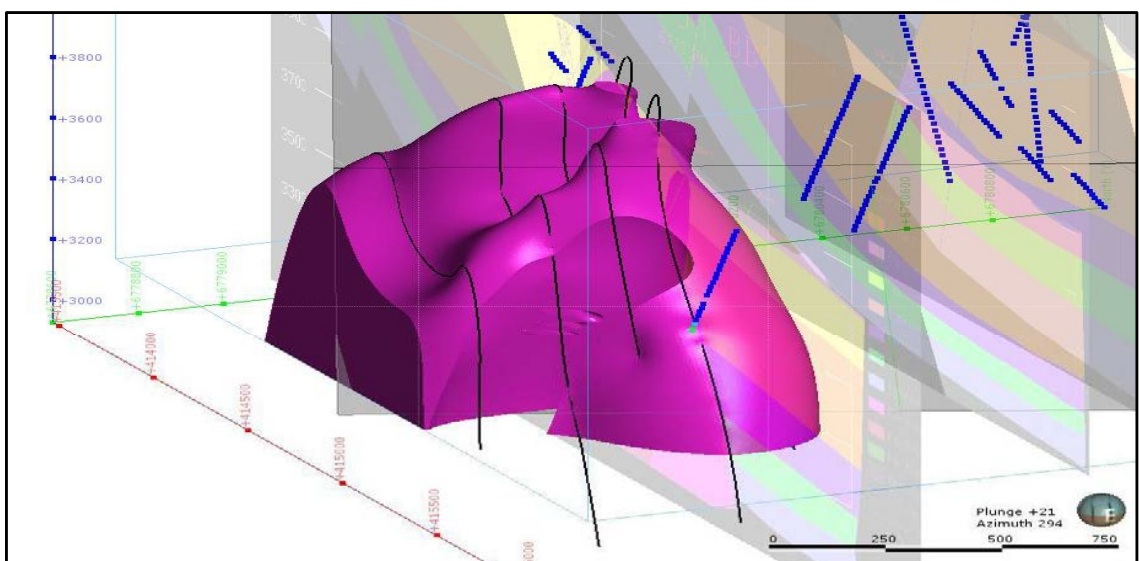


Figura 35c: Sólido resultante luego de intersectarlo con la topografía y aplicación de las relaciones de corte.

Confección de la unidad litológica Toba Dacítica:

Esta unidad parece haberse depositado en bajos topográficos (¿quebradas?) de la unidad IgR. Su construcción se realizó a partir de la extracción de valores de distancia de los sondajes (puntos rojos, correspondientes a la unidad modelada, y azules, correspondientes a las unidades más antiguas), la digitalización del mapeo de superficie, y la interpretación de secciones (Figura 36a, 36b, 36c).

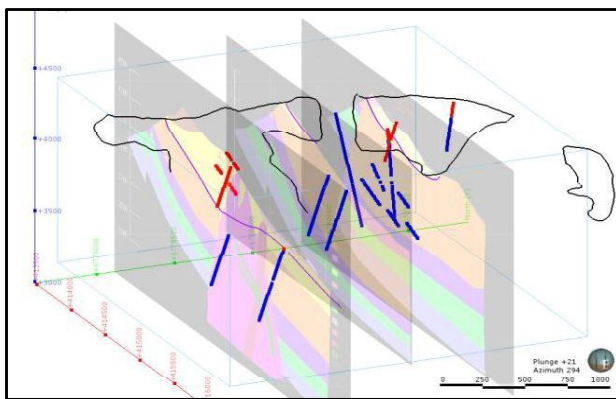


Figura 36a: Polilíneas de mapeo y secciones digitalizadas, y valores de distancia de Tb Dac.

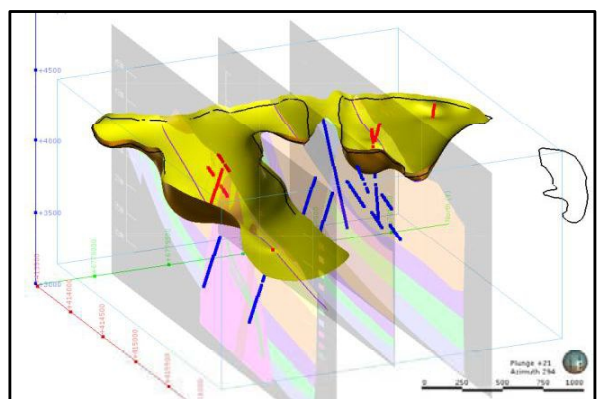


Figura 36b: Superficie interpolada a partir de los valores de distancia de Tb Dac y polilíneas.

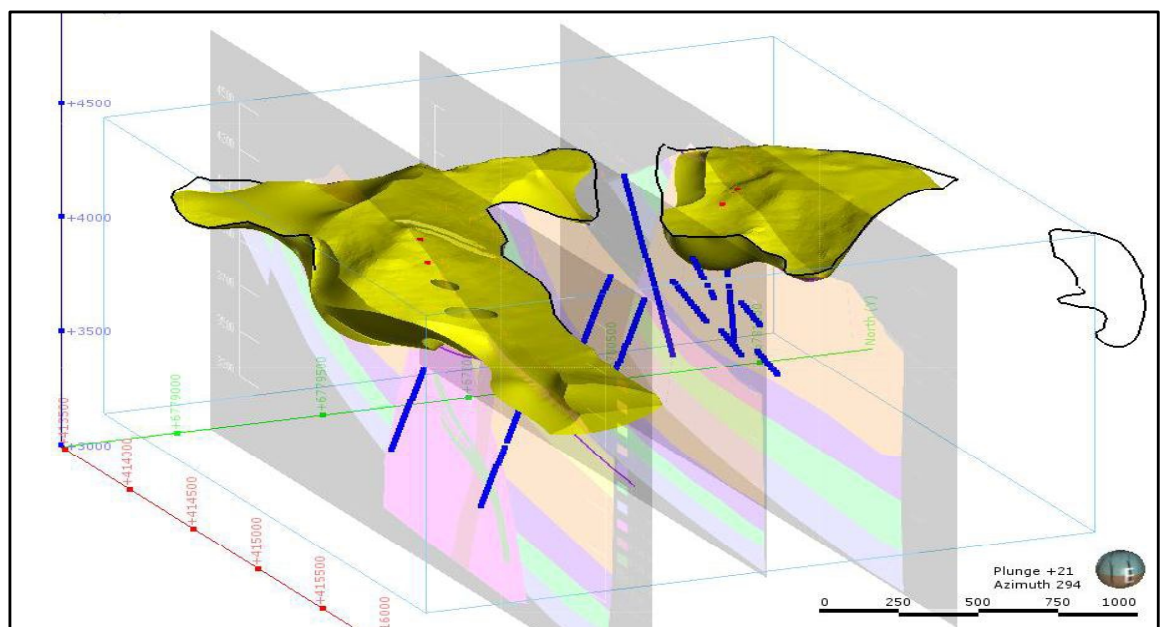


Figura 36c: Sólido resultante luego de intersectarlo con la topografía y aplicación de las relaciones de corte.

Confección de la unidad litológica Ignimbrita Riolítica:

Esta es la unidad caja, y se obtiene por simple extracción de todas las unidades anteriores al sólido del box de trabajo. Hecho esto, se dividió el sólido en 2 dominios utilizando una superficie de falla, la cual se infiere dado el apreciable desnivel entre los intervalos de IgR logueados a ambos lados de la misma. Esta falla fue interpolada a partir de la digitalización del mapeo de superficie y la interpretación de secciones, y cuenta con aproximadamente 55° NE de azimuth y 85° NW de dip (Figura 37a, 37b, 37c).

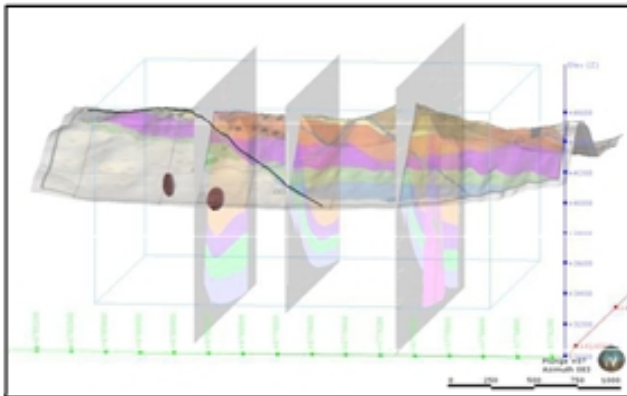


Figura 37a: Polilíneas de mapeo y discos que representan el trend estructural de la falla.

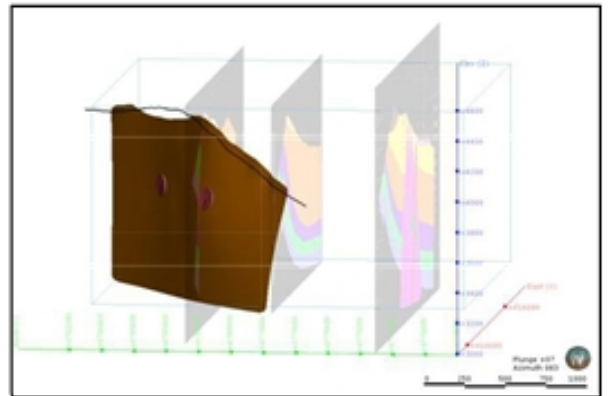


Figura 37b: Superficie interpolada a partir de las polilíneas y los discos.

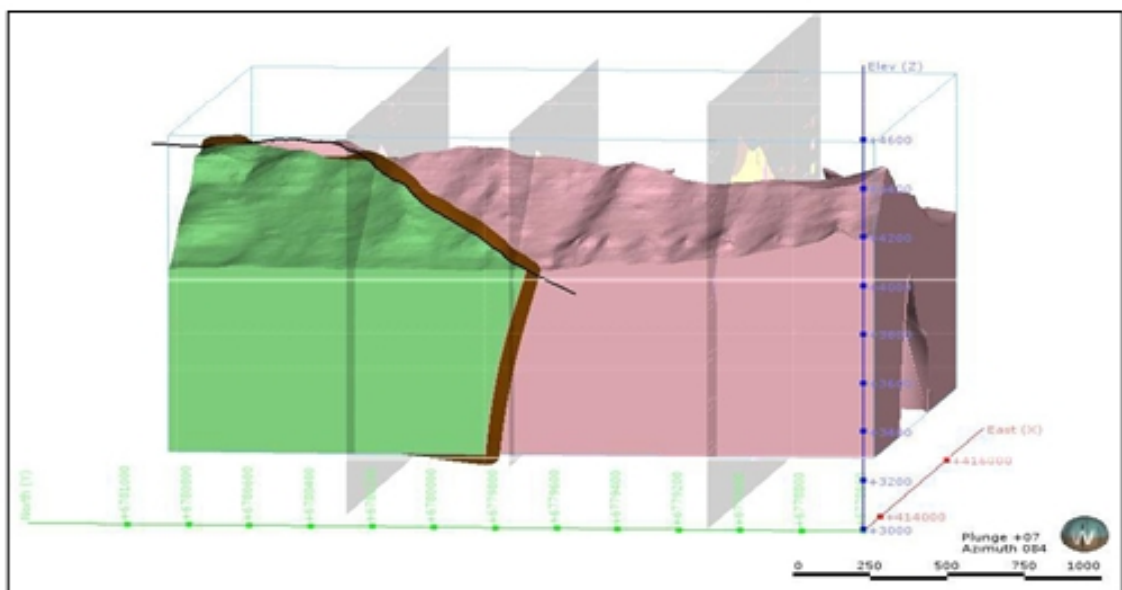


Figura 37c: Sólidos (dominios) resultantes divididos con la falla.

A continuación, se procedió a diferenciar la unidad de IgR en sus 4 eventos identificados en campo (IgR, IgRM, IgRV, IgRMI), por separado para cada dominio, apoyados principalmente en la digitalización del mapeo de superficie y la interpretación de secciones, además de los puntos de contacto entre eventos, extraídos de los sondajes (Figura 38a, 38b,38c).

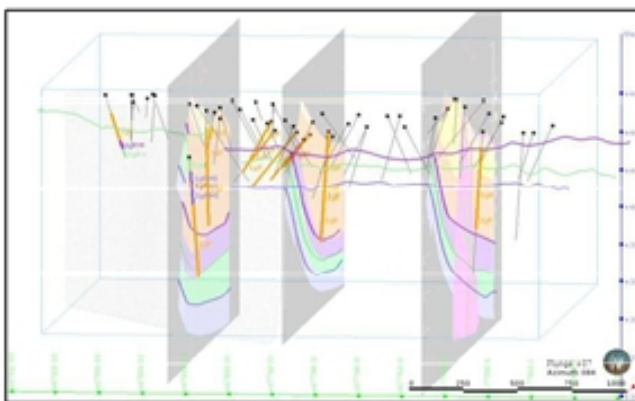


Figura 38a: Polilíneas de mapeo y secciones digitalizadas, e intervalos diferenciados de IgR.

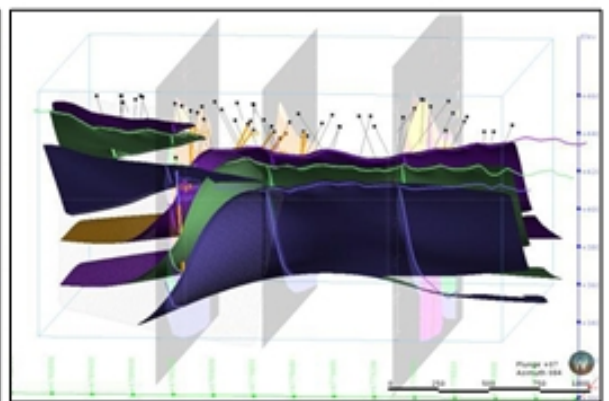


Figura 38b: Superficies interpoladas a partir de los puntos de contacto entre eventos y

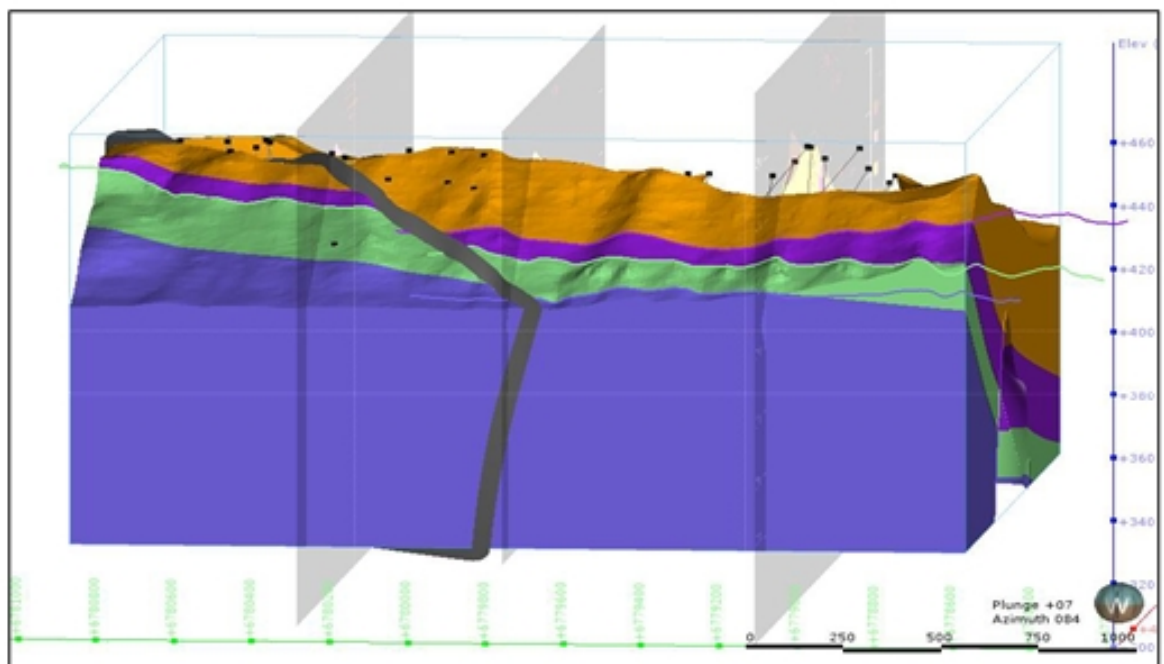


Figura 38c: Sólidos resultantes luego de intersectarlos con la topografía y aplicación de las relaciones de

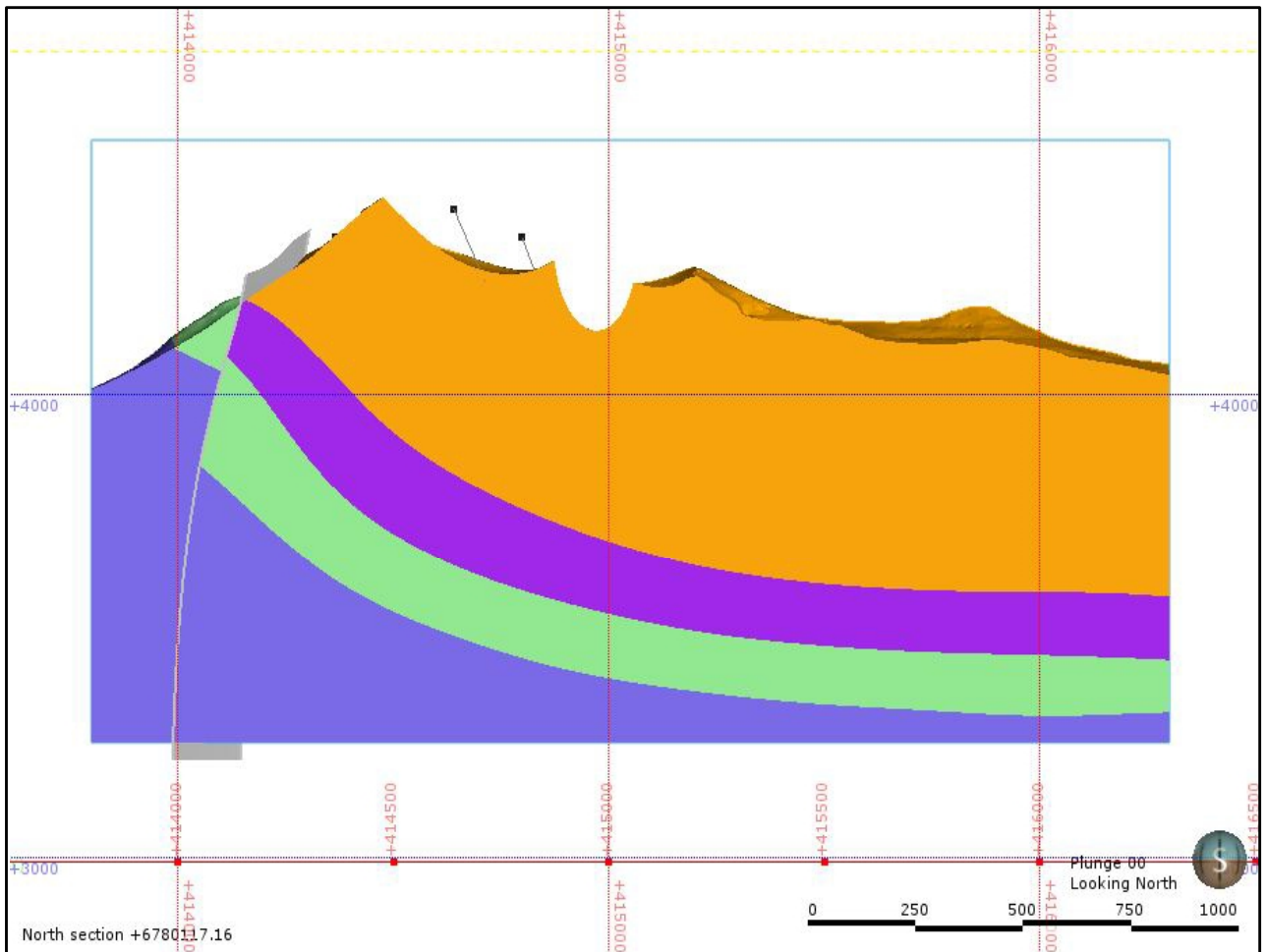


Figura 39: Sección 6780117.16 Norte, con los sólidos resultantes y la superficie de falla.

Modelo Litológico

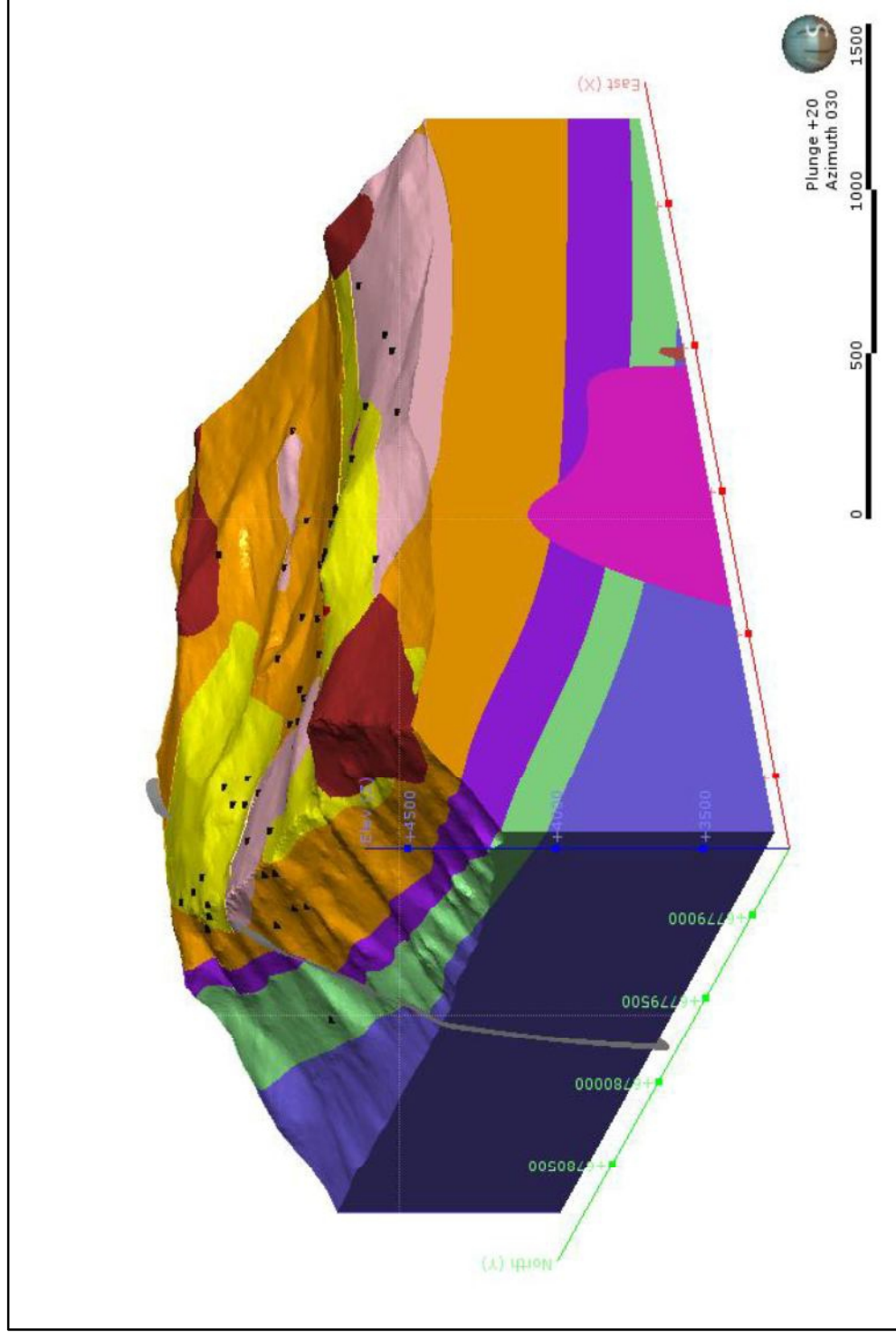


Figura 40. Modelo Litológico resultante con los sondeos y la superficie de falla.

RELACIONES DE CORTE

De acuerdo a la metodología de modelamiento implícito, en general los sólidos y superficies son generados sin ser restringidos a las unidades más jóvenes, y los contactos finales se obtienen de las relaciones de corte (operaciones booleanas) de acuerdo a una secuencia geológicamente determinada. En general, esto se logra intersectando el complemento (la parte externa) de una unidad más joven, con la superficie, o envolvente, de la unidad que le sigue en antigüedad.

4.3. Modelo de Alteración

Para realizar e interpretar el comportamiento de alteraciones se tuvo que realizar el logeo Geológico al detalle de las muestras obtenidas de los testigos de perforación y correlacionar con sondajes existentes de anteriores campañas, las descripciones de los sondajes en base al logeo geológico de la campaña 2011- 2012 fueran previamente descritas en el ítem IV.2 Modelo Litológico.

4.3.1. Secciones

Sección AA”

Mirando hacia el Norte

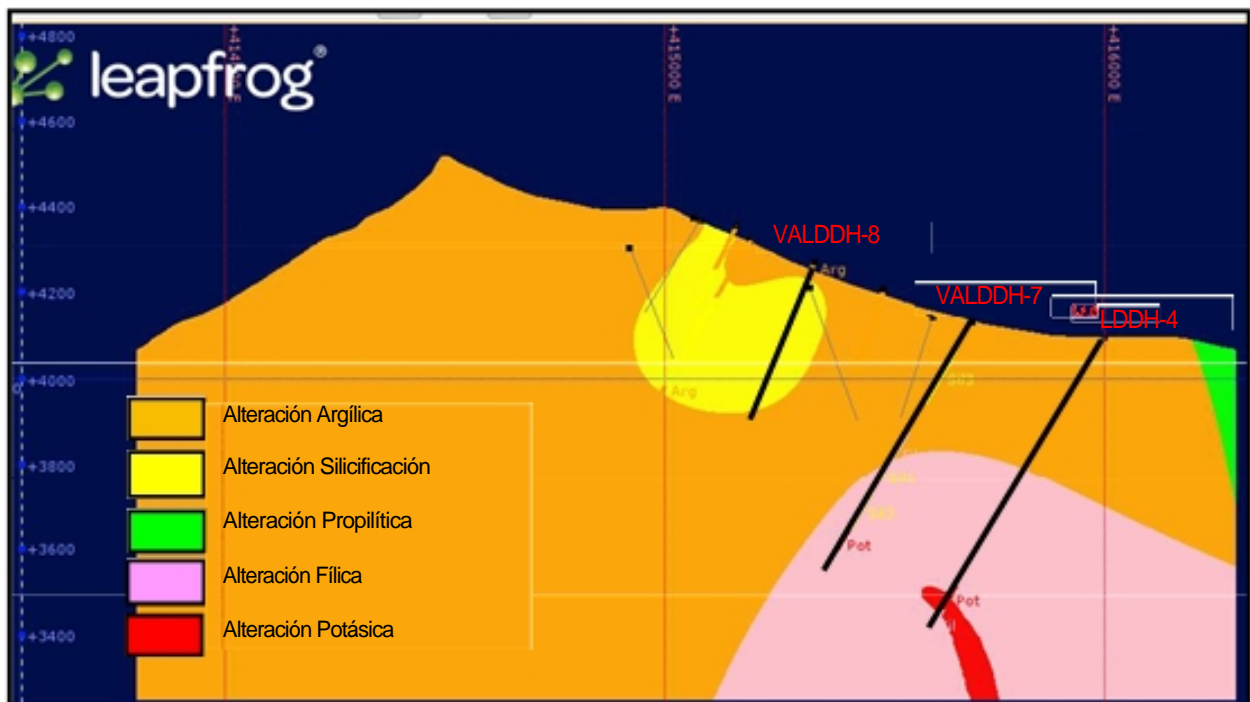


Figura 41. Sección AA”

Sección BB''

Mirando hacia el Norte

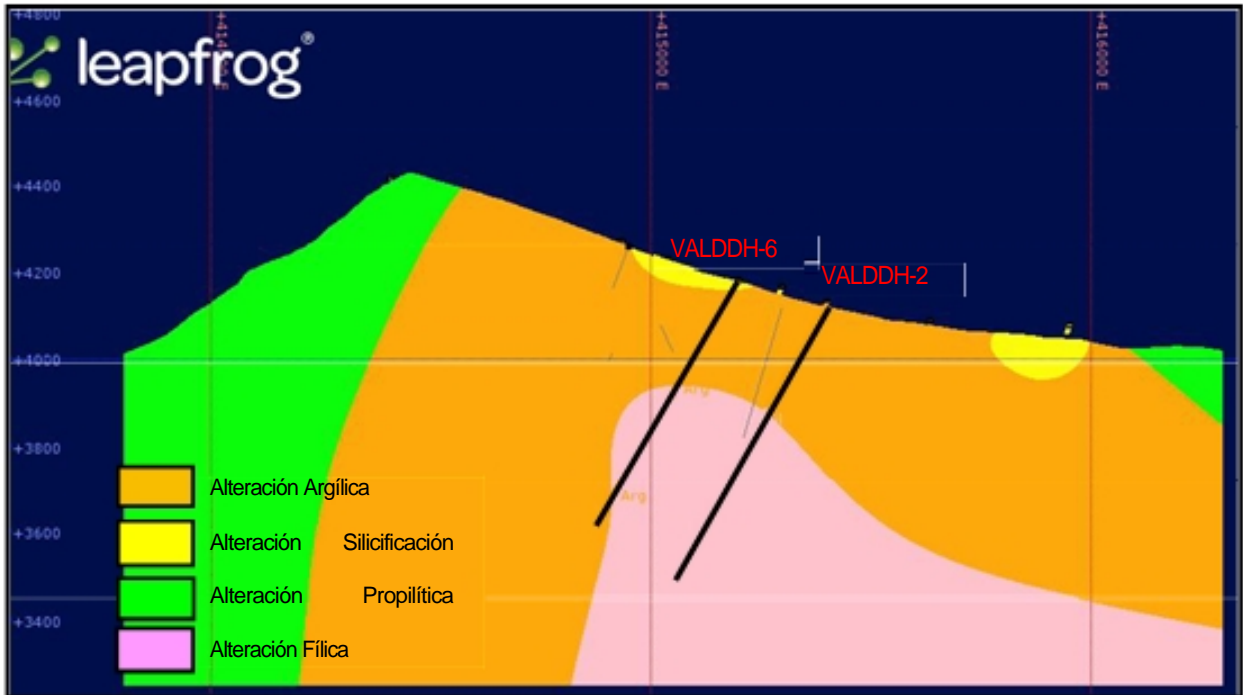


Figura 42 . Sección BB''

Sección CC''

Mirando hacia el Norte

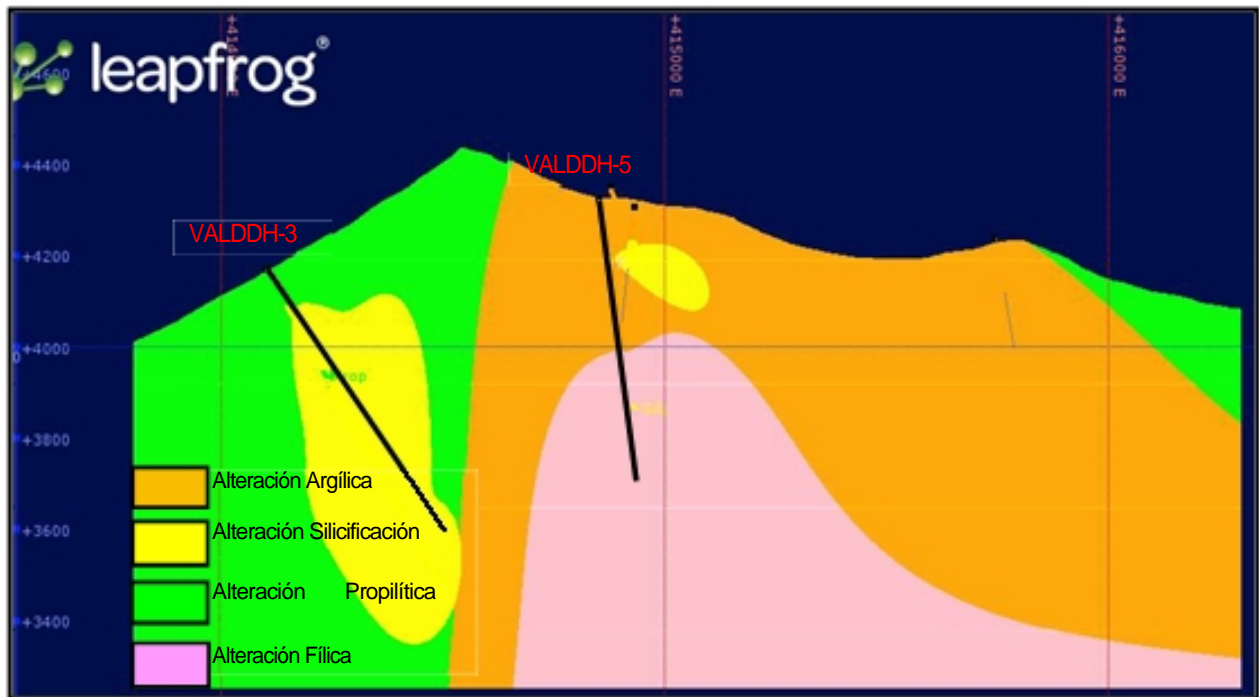


Figura 43. Sección CC ''

4.3.2. Esquema Generalizado

Se realiza comparaciones con el esquema del modelo realizado por R. Sillitoe de Pórfidos Cu-Au-Mo (Figura 44), se concluye que estaríamos ubicados, por un lado en el sector Norte del Proyecto más en una zona de alteración Cuarzo-Pirofilita (ambiente epitermal) y en la zona de la Brecha Magmática matriz negra (ambiente mesotermal) en una zona de transición entre Clorita-Sericita y Sericita.

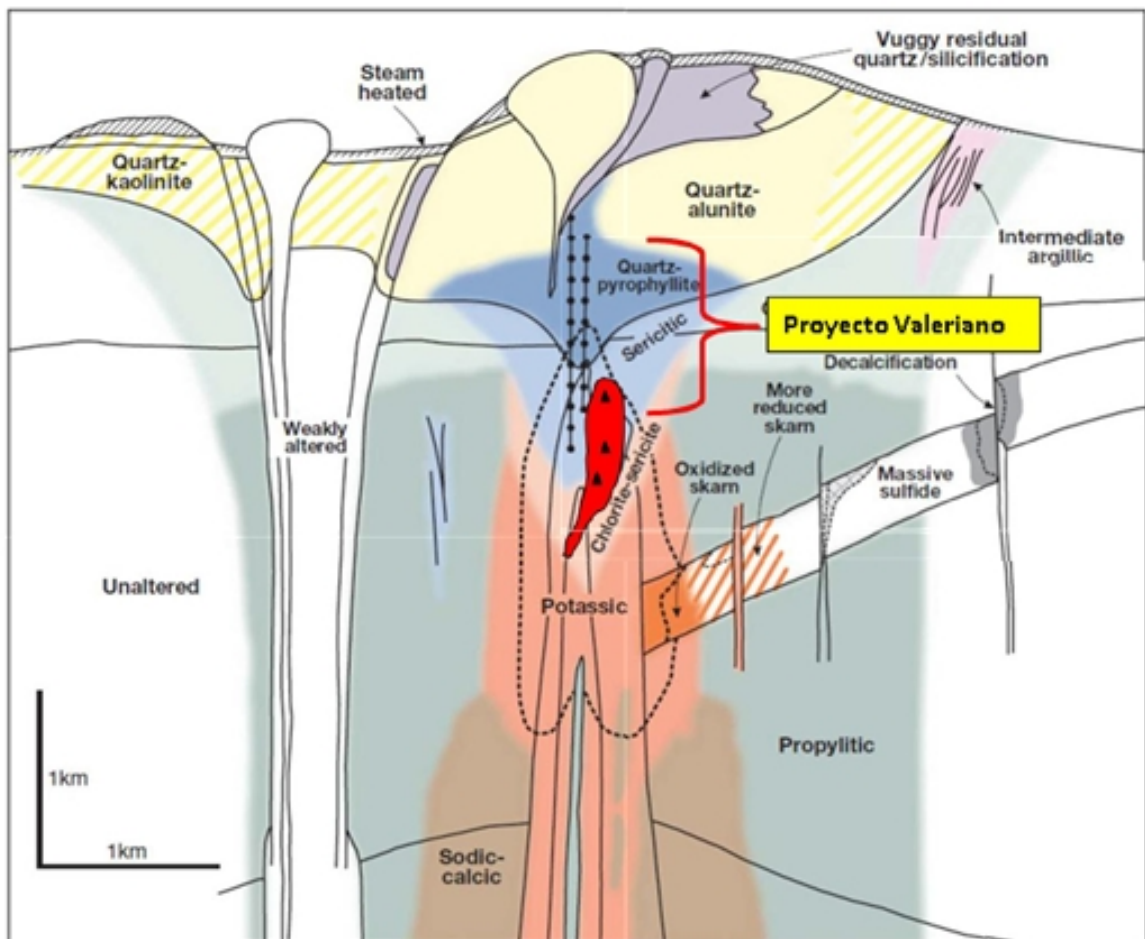


Figura 44. Esquema Generalizado de Zonación Alteración Mineralización en un Pórfido de Cu-Mo-Au.

4.3.3. Modelo en 3D

El proceso de construcción del modelo se detalla a continuación:

Procesamiento de datos de entrada

De acuerdo a la interpretación de eventos y a la disponibilidad de datos, fue necesario la agrupación de algunos códigos de mapeo en los sondeos, quedando las siguientes unidades de alteración, en probable orden de ocurrencia de los eventos:

1. POTÁSICA: código de mapeo Potas
2. SILICIFICACIÓN 1: código de mapeo SilM
3. SILICIFICACIÓN 2: códigos de mapeo SilF
4. SILICIFICACIÓN 3: código de mapeo SilD
5. ARGÍLICA: códigos de mapeo ArgA, ArgD y ArgM, agrupados en el código Arg
6. FÍLICA: códigos de mapeo FilD, FilM y FilS, agrupados en el código Fil
7. PROPILÍTICA: código de mapeo Propi

Confección de la unidad de alteración Potásica:

Esta unidad se generó a partir del sólido correspondiente a la litología PAND (pórfido andesítico), dado que es la única que muestra una alteración de este tipo (Figura 45)

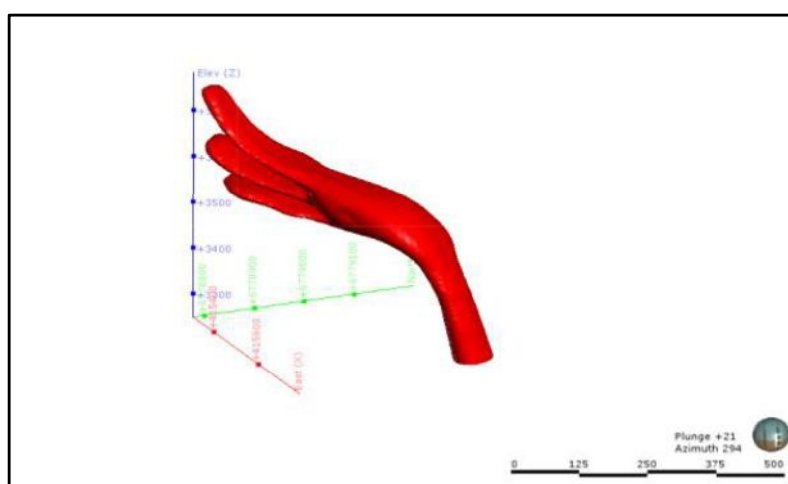


Figura 45: Sólido de alteración potásica, correspondiente a la litología PAND.

Confección de la unidad de alteración Silicificación 1:

Esta unidad parece corresponder, por su distribución y composición, a un lithocap de alteración argílica avanzada. Su construcción se realizó a partir de la extracción de valores de distancia de los sondajes (puntos rojos, correspondientes a la unidad modelada, y azules, correspondientes a las unidades más antiguas), y algunas líneas auxiliares para extenderlo hacia el NE (Figura 46a, 46b, 46c).

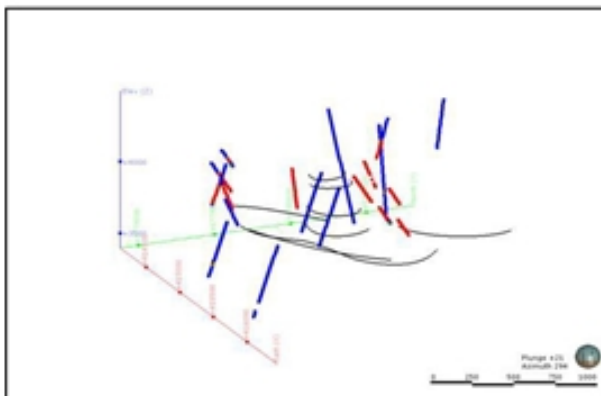


Figura 46a: Líneas auxiliares y valores de distancia de SiIM.

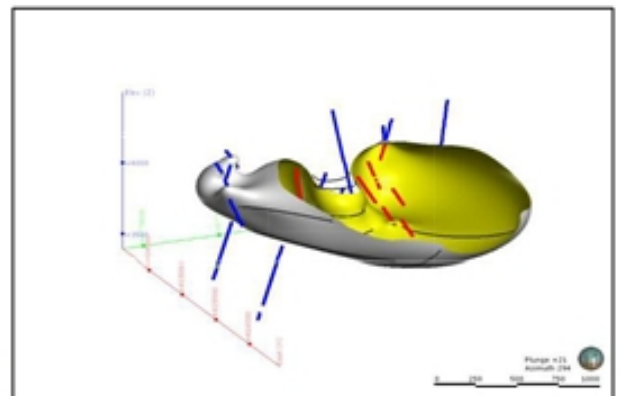


Figura 46b: Superficie interpolada a partir de los valores de distancia de SiIM y polilíneas.

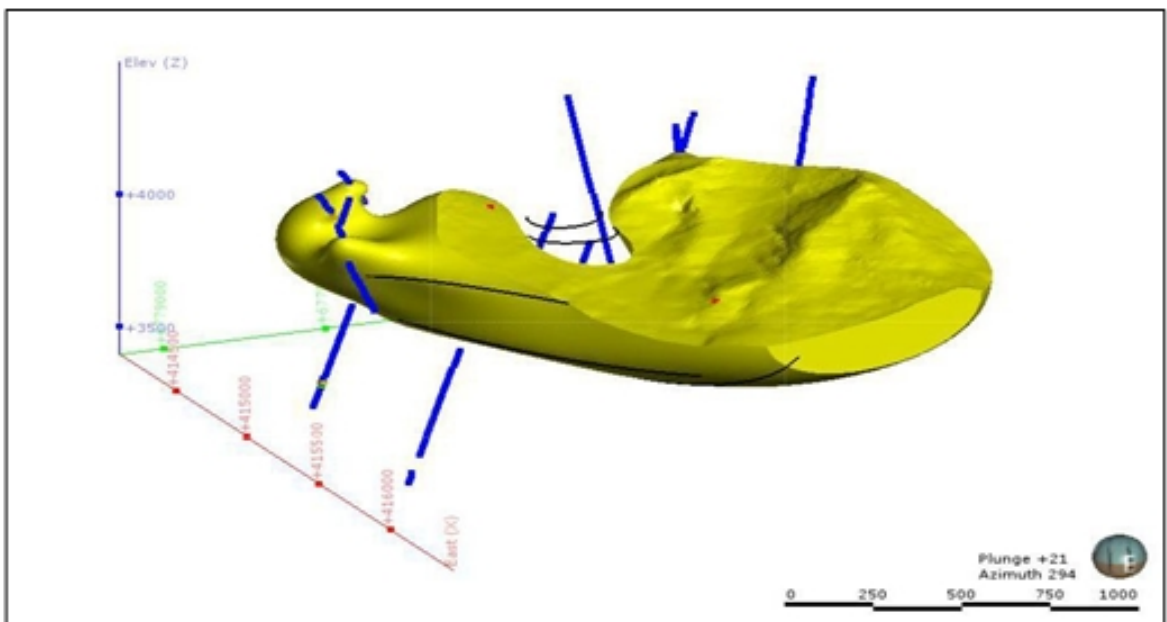


Figura 46c: Sólido resultante luego de intersectarlo con la topografía y aplicación de las relaciones de corte.

Confección de la unidad de alteración Silicificación 2:

Esta unidad corresponde a un proceso de silicificación asociado a una falla, la misma que se creó en el modelo litológico para separar la unidad IgR. Se encuentra en dos sondajes alineados con la falla. Su construcción se realizó a partir de líneas auxiliares y la extracción de valores de distancia de los sondajes (puntos rojos, correspondientes a la unidad modelada, y azules, correspondientes a las unidades más antiguas), interpolados utilizando la superficie de falla como plano de tendencia, y según un elipsoide de anisotropía de ratio 5:5:1 (Figura 47, 47b, 47c).

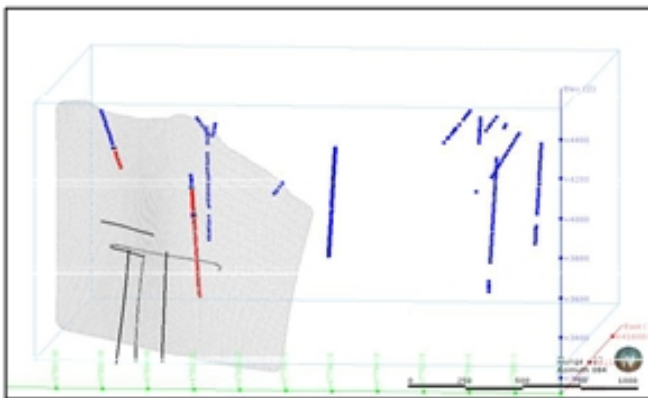


Figura 47a: Valores de distancia de SilF y líneas auxiliares.

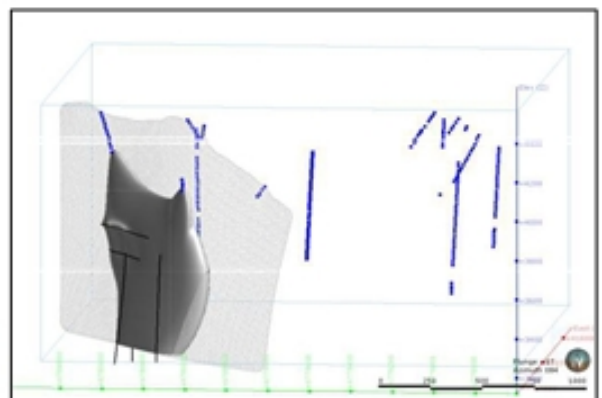


Figura 47b: Superficie interpolada a partir de los valores de distancia de SilF y polilíneas.

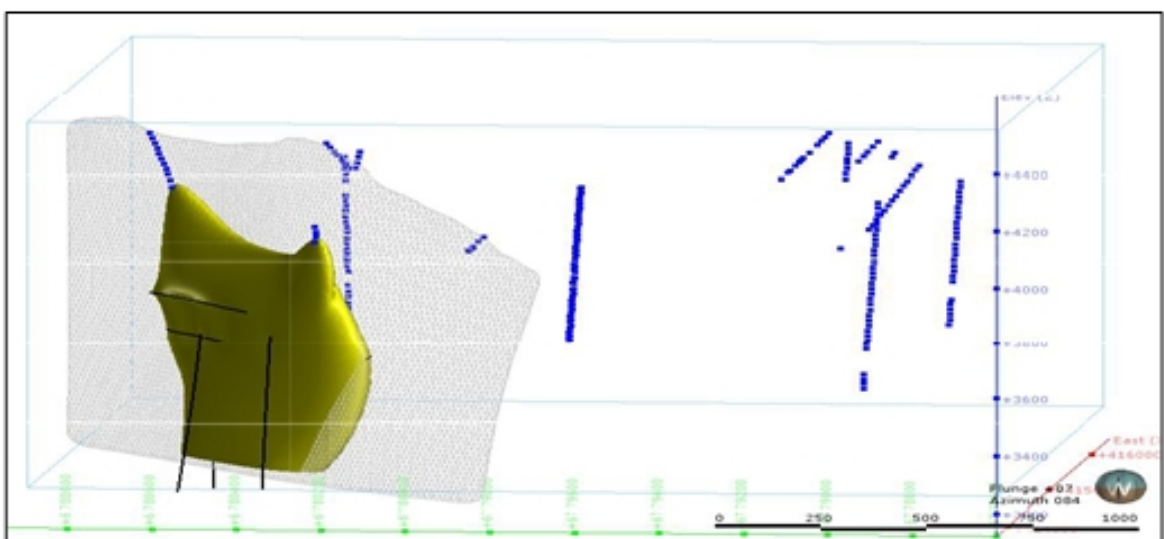


Figura 47c: Sólido resultante luego de intersectarlo con la topografía y aplicación de las relaciones de corte.

Confección de la unidad de alteración Silicificación 3:

Esta unidad se encuentra solo en 1 sondaje en profundidad, y correspondería a un proceso de silicificación asociado a la unidad PQFD, y posiblemente a la unidad PDac. Su construcción se basa principalmente en líneas auxiliares que siguen el borde de la unidad PQFD, en conjunto con los valores de distancia extraídos de los sondajes (puntos rojos, correspondientes a la unidad modelada, y azules, correspondientes a las unidades más antiguas), interpolados con una tendencia vertical, y según un elipsoide de anisotropía de ratio 1:1:2 (Figura 48a, 48b, 48c).

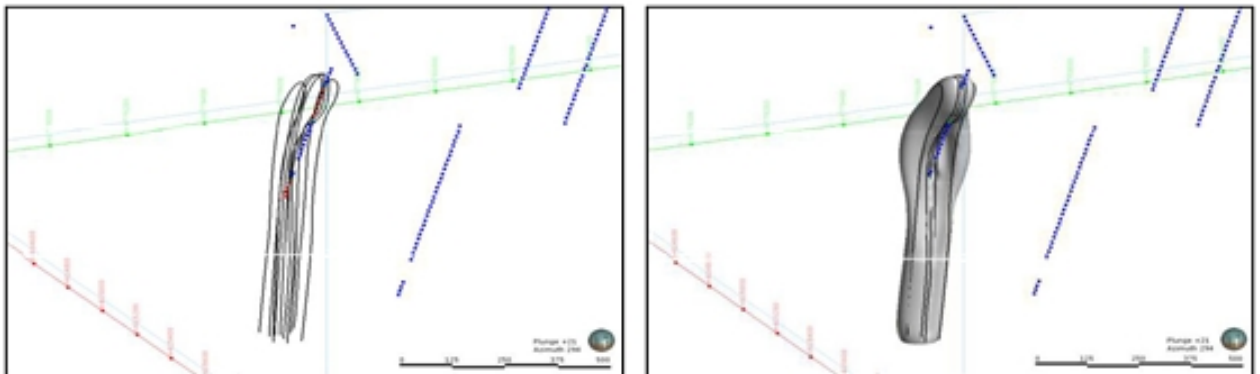


Figura 48a: Valores de distancia de SiID y líneas auxiliares.

Figura 48b: Superficie interpolada a partir de los valores de distancia de SiID y polilíneas.

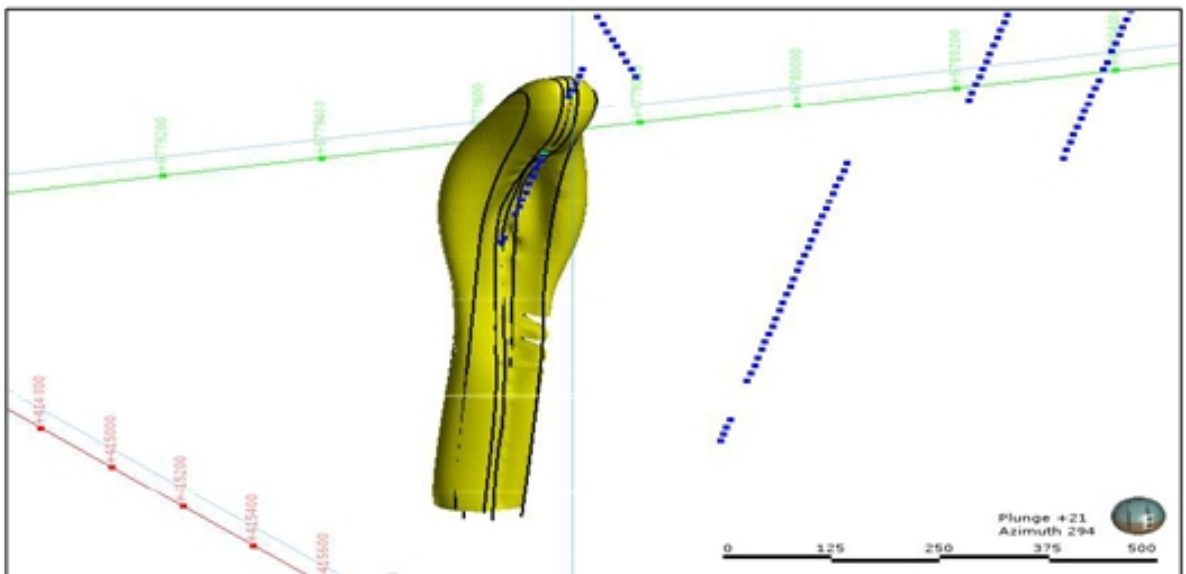


Figura 48c: Sólido resultante luego de intersectarlo con la topografía y aplicación de las relaciones de corte.

Confección de la unidad de alteración Argílica:

Esta unidad parece ser la predominante en el sector, por su amplia distribución. Su construcción se basa principalmente en líneas auxiliares, en conjunto con los valores de distancia extraídos de los sondajes (puntos rojos, correspondientes a la unidad modelada, y azules, correspondientes a las unidades más antiguas), interpolados con un plano de tendencia horizontal, y según un elipsoide de anisotropía de ratio 1:1:3 (Figura 49a, 49b, 49c).

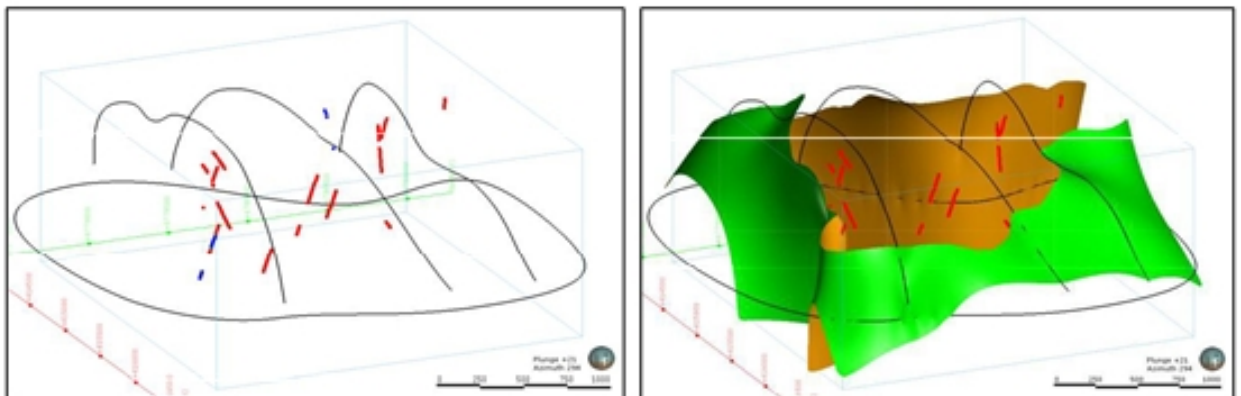


Figura 49a: Valores de distancia de Arg y líneas auxiliares. Figura 49b: Superficie interpolada a partir de los valores de distancia de Arg y polilíneas.

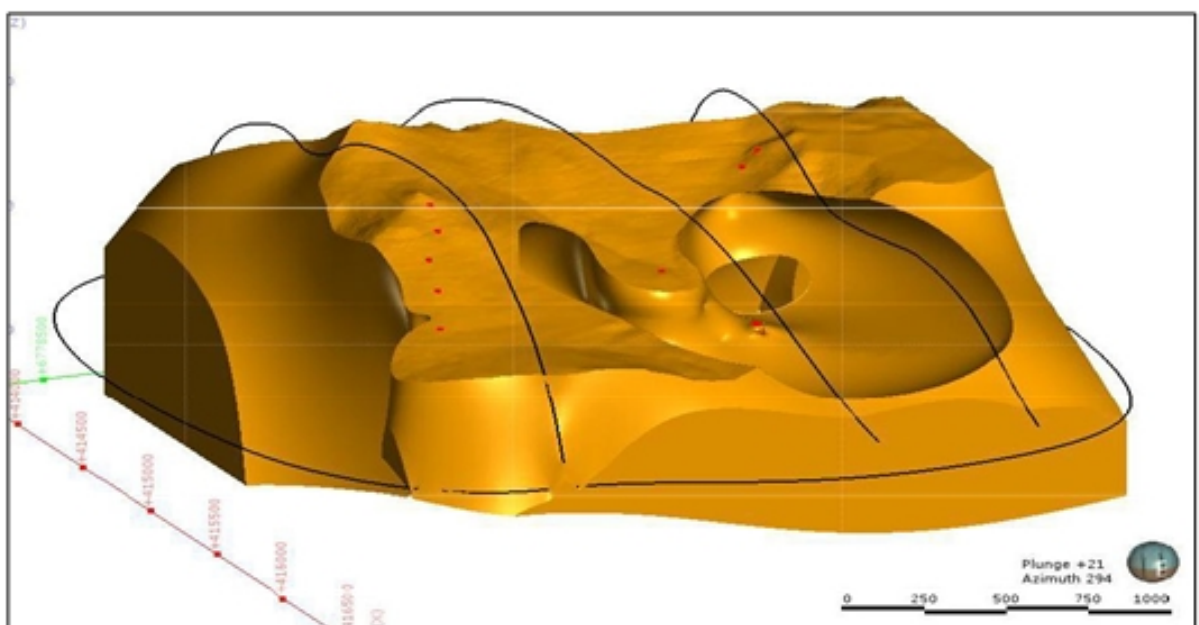


Figura 49c: Sólido resultante luego de intersectarlo con la topografía y aplicación de las relaciones de corte.

Confección de la unidad de alteración Fílica:

Esta unidad se encuentra solo en profundidad, por debajo de los intervalos de alteración argílica. Su construcción se basa únicamente en los valores de distancia extraídos de los sondeos (puntos rojos, correspondientes a la unidad modelada, y azules, correspondientes a las unidades más antiguas), interpolados con un plano de tendencia de dip 80° y azimut 72.5° , y según un elipsoide de anisotropía de ratio 1:1:0,75 (Figura 50a, 50b,50c).

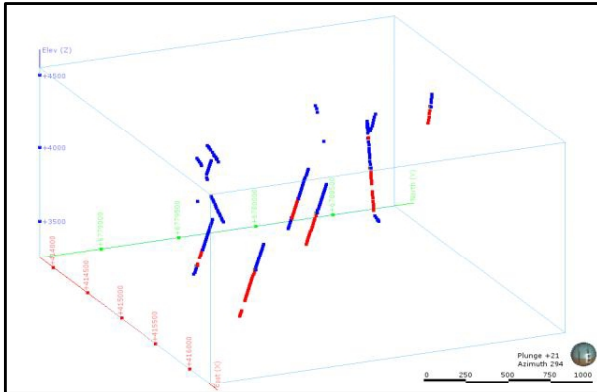


Figura 50a: Valores de distancia de Fil.

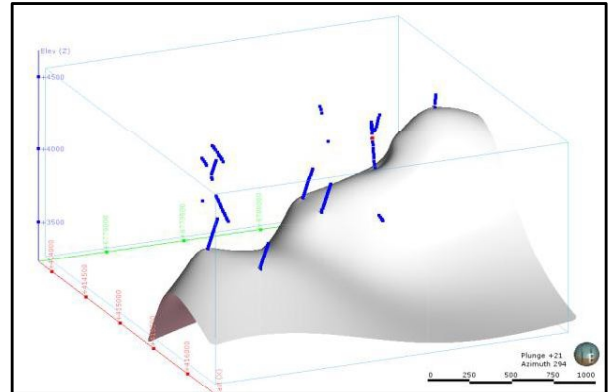


Figura 50b: Superficie interpolada a partir de los valores de distancia de Fil.

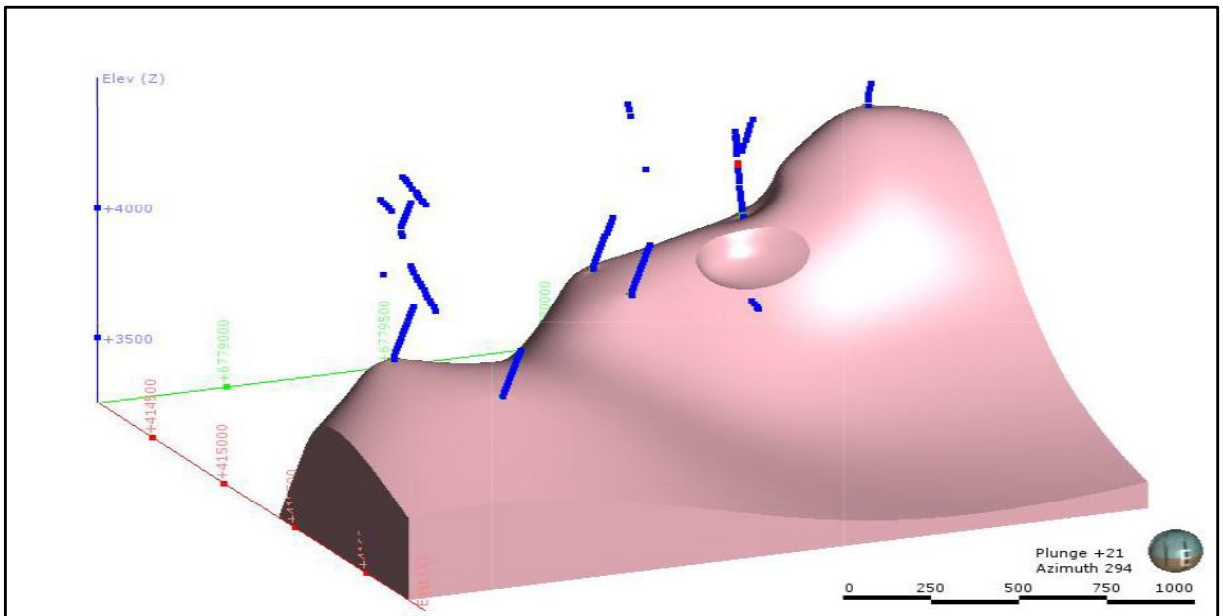


Figura 50c: Sólido resultante luego de intersectarlo con la topografía y aplicación de las relaciones de corte.

Confección de la unidad de alteración Propilítica:

Esta es la unidad caja, y se obtiene por simple extracción de todas las unidades anteriores al sólido del box de trabajo. Se encuentra solo en un sondaje, ubicado en la periferia del proyecto (Figura 51).

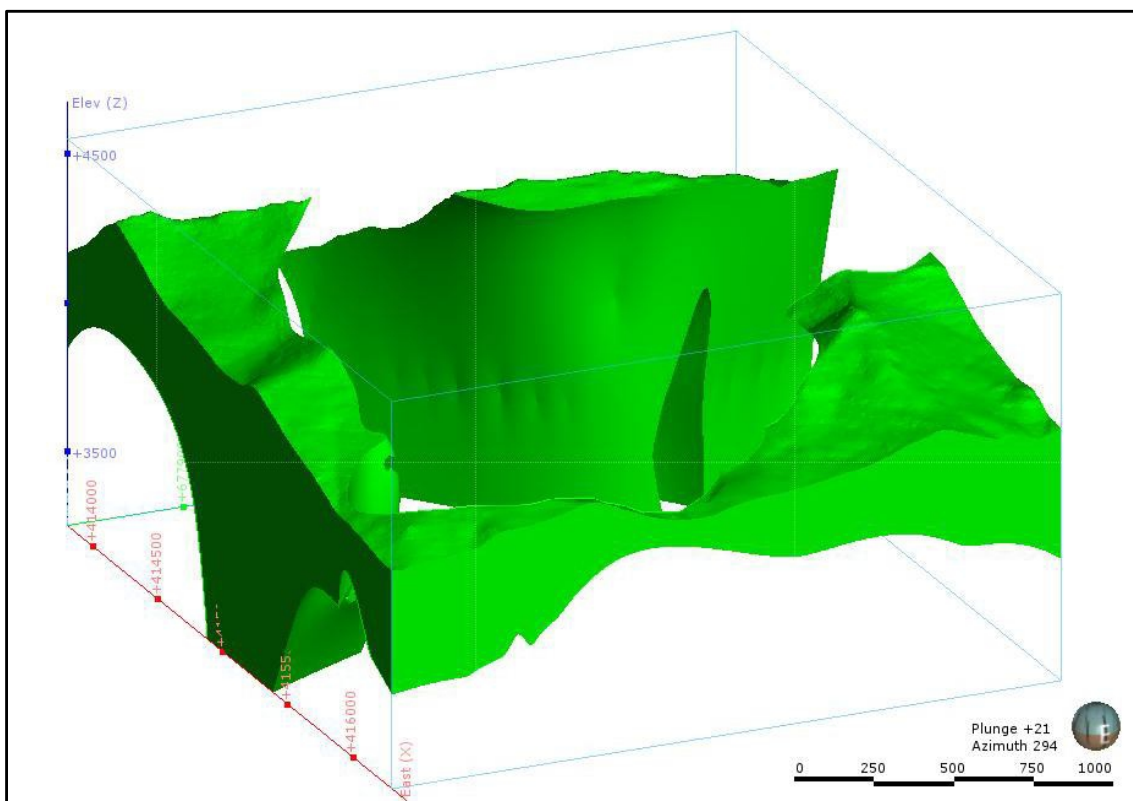


Figura 51: Sólido resultante luego extraer todas las unidades anteriores al box de trabajo.

Modelo de Alteraciones

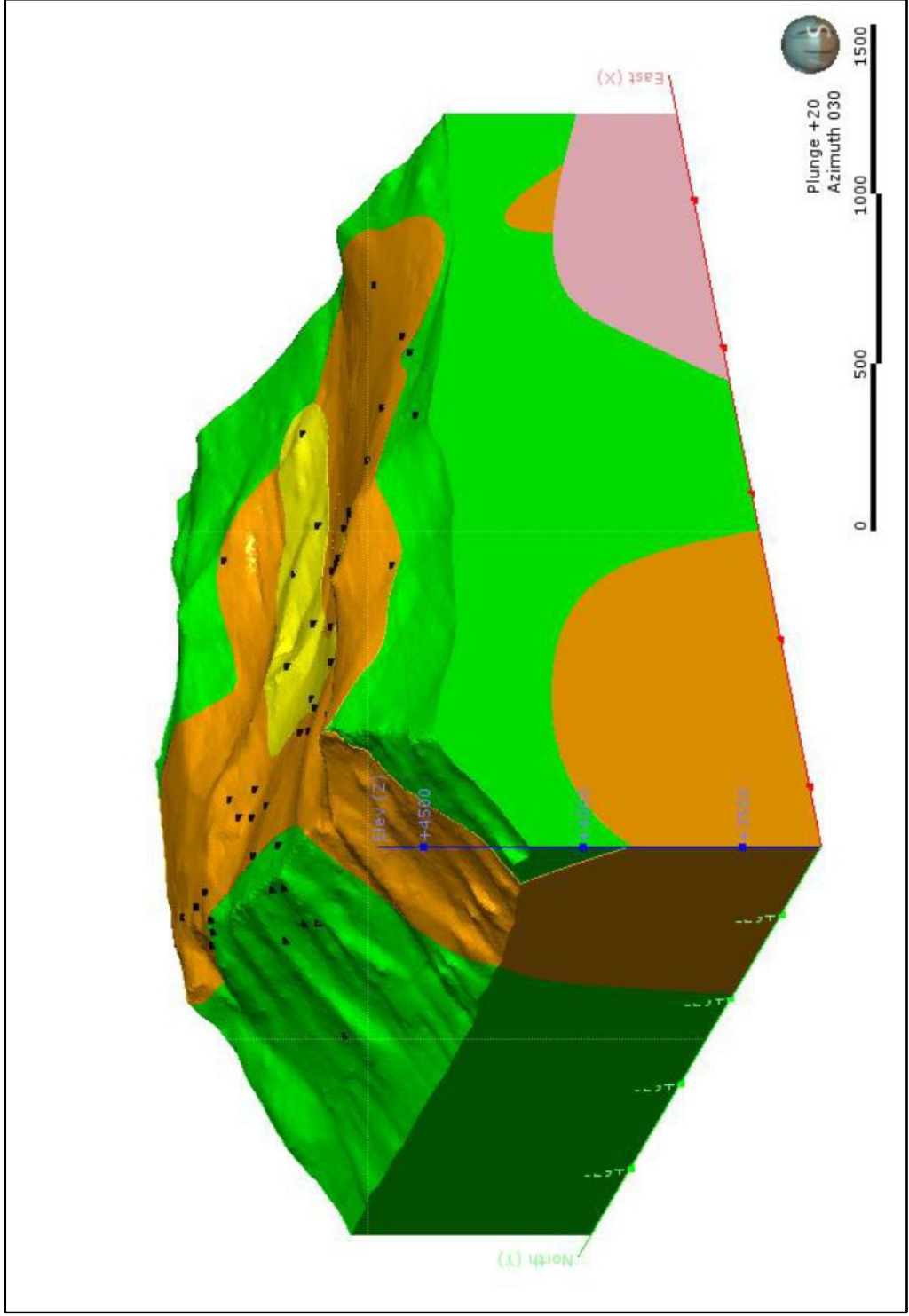


Figura 52. Modelo de Alteraciones Resultante con distribución de los sondajes.

RELACIONES DE CORTE

De acuerdo a la metodología de modelamiento implícito, en general los sólidos y superficies son generados sin ser restringidos a las unidades más jóvenes, y los contactos finales se obtienen de las relaciones de corte (operaciones booleanas) de acuerdo a una secuencia geológicamente determinada. En general, esto se logra intersectando el complemento (la parte externa) de una unidad más joven, con la superficie, o envolvente, de la unidad que le sigue en antigüedad.

CONCLUSIONES

- Se concluye que tiene una buena correlación litológica del mapeo de superficie con los sondajes realizados.
- El Pórfido Dacítico posiblemente es el generador las mineralización en forma de estructuras que aflora en superficie así mismo a profundidad se continúa la mineralización en forma de vetillas de Cuarzo-pirita-enargita como se evidencia en los sondajes descritos en el presente trabajo.
- Con las descripciones macroscópicas de las muestras de testigos de perforación nos encontramos en un sistema de pórfido Cobre-Oro-Molibdeno como se puede apreciar en la figura 44.
- La realización de modelo preliminar en 3D de Litología y de Alteraciones nos muestra comportamiento del depósito que se tendrá que validar con más perforaciones a mayor profundidad.
- La utilización del Software para realizar el modelo preliminar fue muy útil con ayuda de las secciones interpretadas debido a que el software se ajusta a lo que uno intenta interpretar.

RECOMENDACIONES

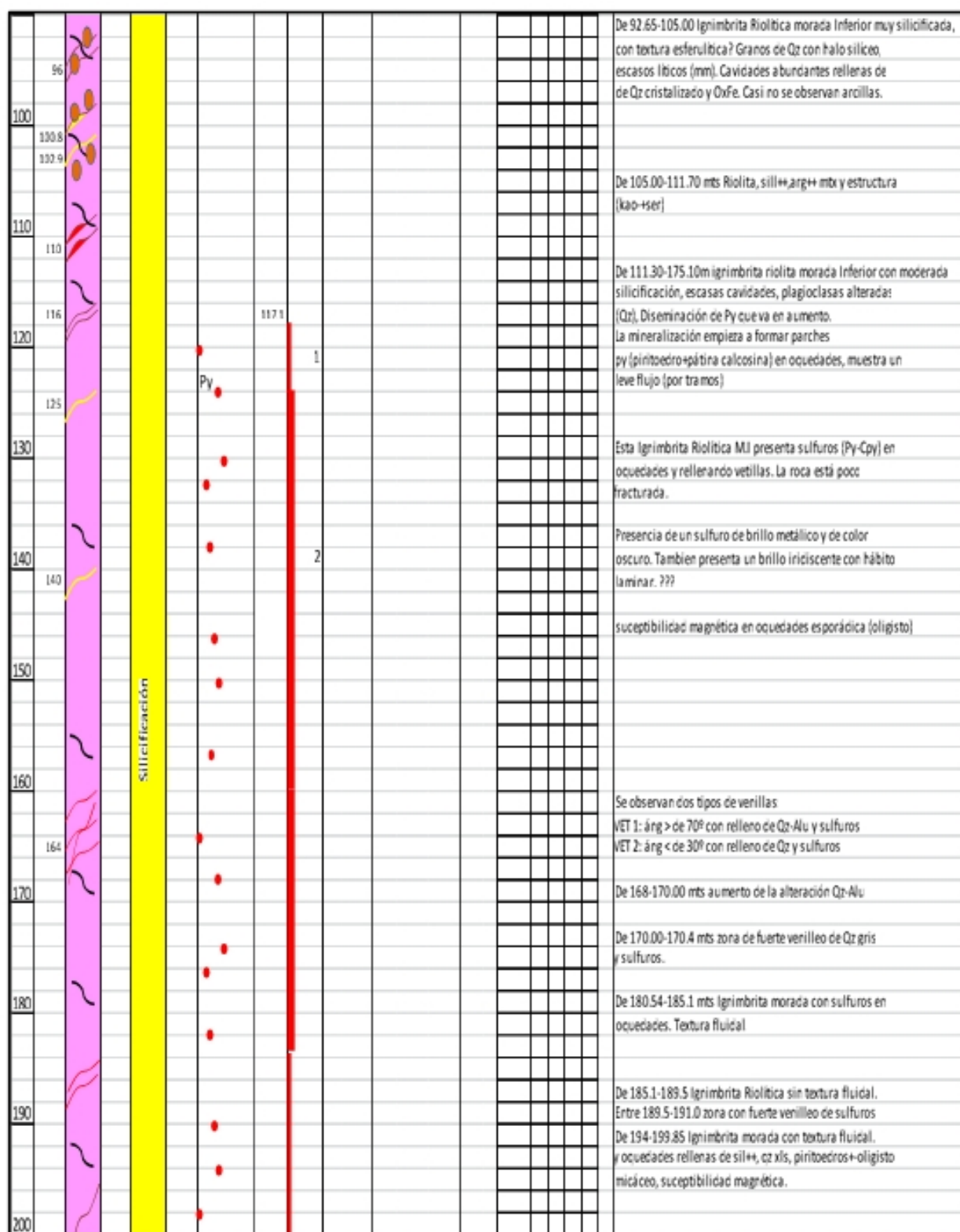
- Se recomienda realizar los sondeos de cota menor para poder tener mayor alcance y llegar a la zona del Pórfido.
- Validar información de las campañas pasadas y/o recuperar información de las mismas para ajustar mejor el modelo litológico y de alteraciones.
- Se recomienda realizar análisis de petrografía para definir mejor los paquetes litológicos presentes en el Proyecto.
- Se recomienda realizar sondeos para validar el modelo preliminar realizado en el presente informe.
- Como se menciona en el Capítulo IV el software funciona muy bien para esta clase de modelamiento ya que es amigable con la información geológica además de su fácil uso y su rapidez para el modelamiento.

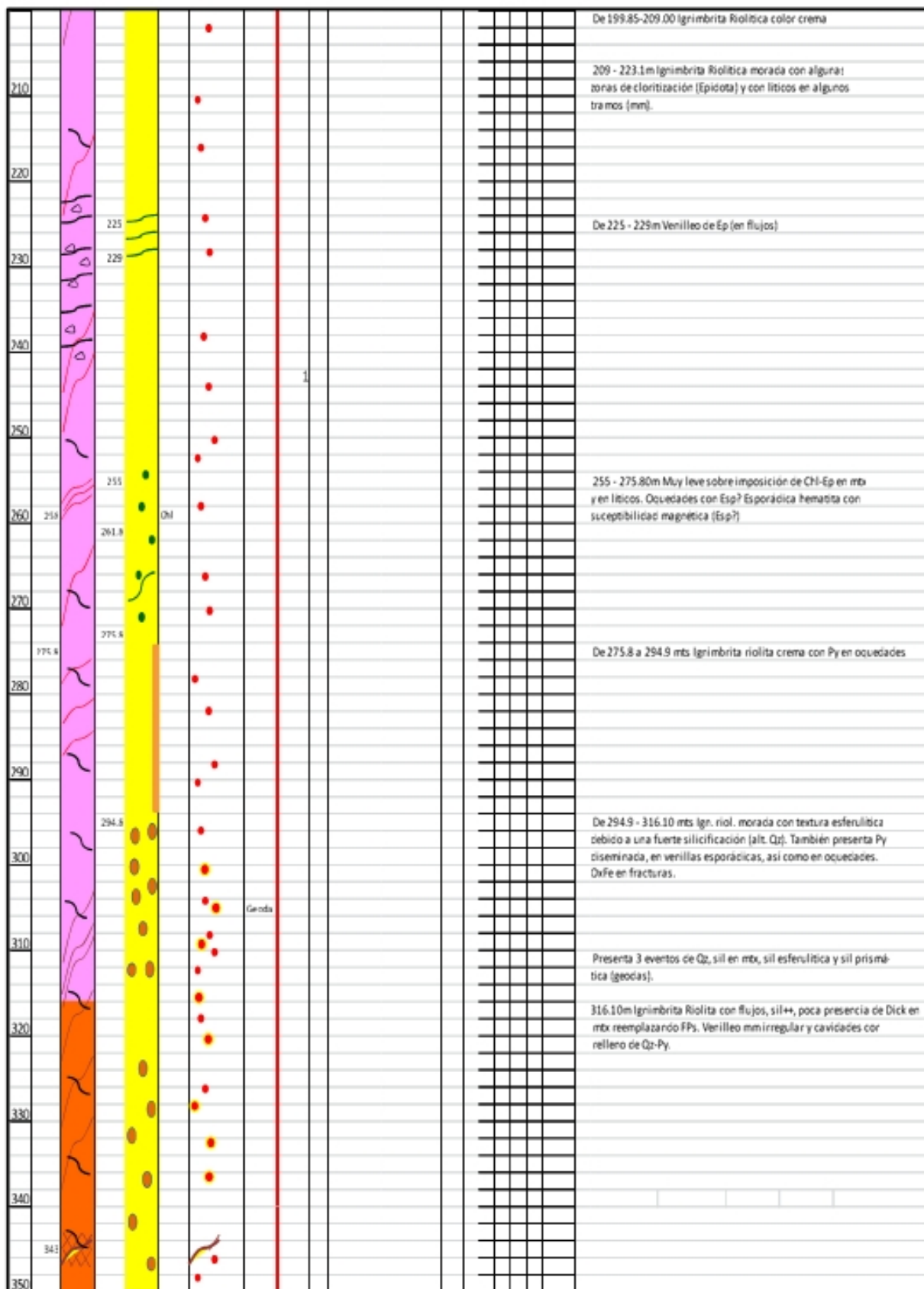
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

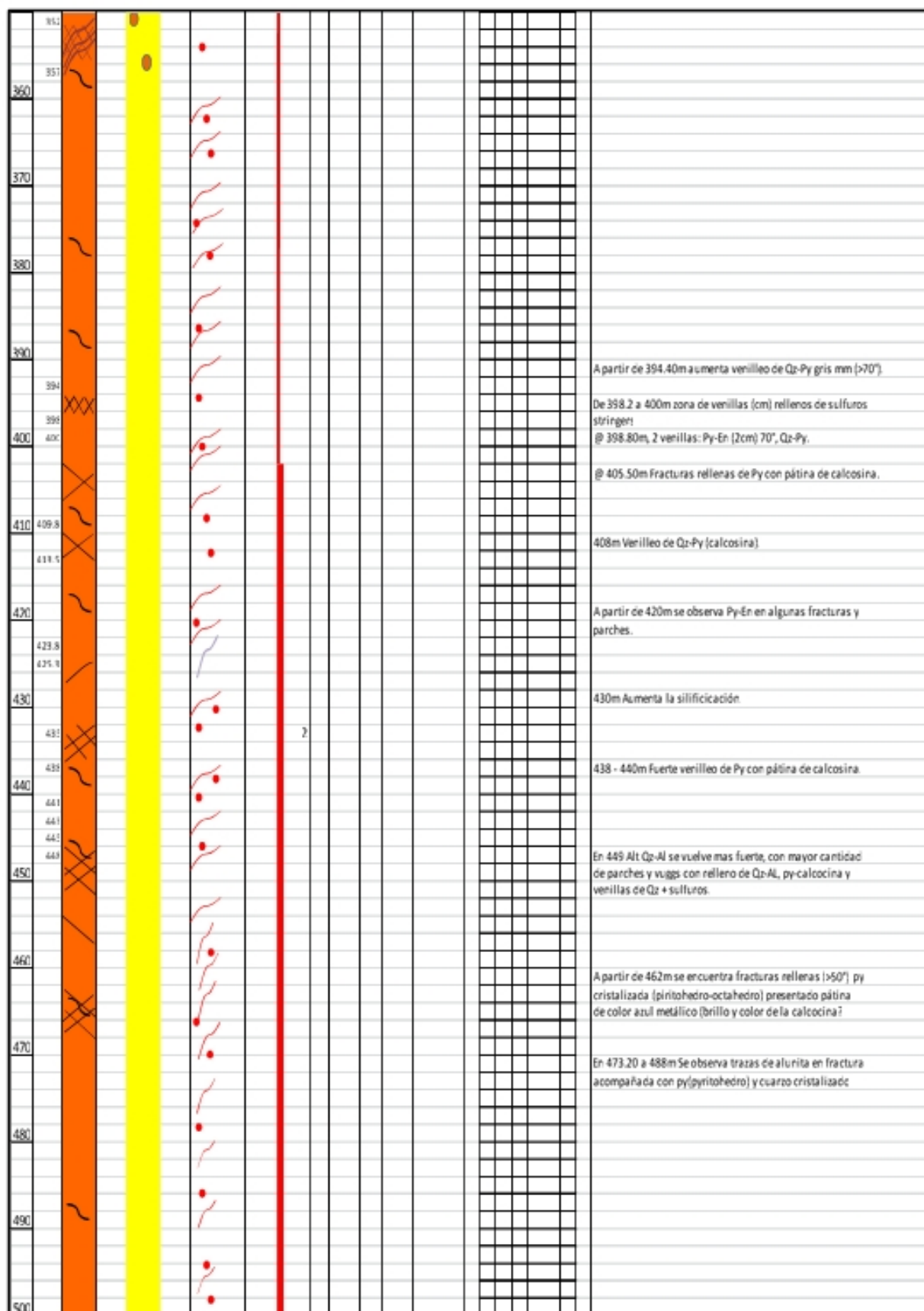
- BISSIG et al., (2002). Miocene Landscape Evolution and Geomorphologic Control on Epithermal Processes in the El Indio Pascua Au-Ag-Ag Belt, Chile and Argentina. *Economic Geology*. Vol 97, pp. 971-996.
- DEDIOS, P. (1967). Cuadrangulo Vicuña, Provincia de Coquimbo. Instituto de Investigaciones Geológicas, Carta Geológicas de Chile, N° 16, 65 p.
- HILLEBRANDT, A.VON. (1973). *Forschung für Geologie und Paleontologie*, N°131-32, p. 167-199.
- HORACIO GASQUE
- Z. (2010). Informe de Validación de Información del Proyecto Valeriano. (Informe inédito del Proyecto). Hochschild Mining Chile.
- JHONNY PEÑARANDA. (2011). Reporte Geológico, Estructural, Alteración y Mineralógico del Proyecto Valeriano. (Informe inédito del Proyecto). Hochschild Mining Chile.
- JHONNY PEÑARANDA. (2012). Reporte Mensual de la Campaña de Perforación Diamantina. (Informe inédito del Proyecto). Hochschild Mining Chile.
- JUN COWAN. (2004). Leapfrog's implicit drawing tool: a new way of drawing geological objects of any shape rapidly in 3D. (*Mining Geology 2004 Workshop*), Australian institute of Geoscientists Bulletin 41, pp. 23-25.

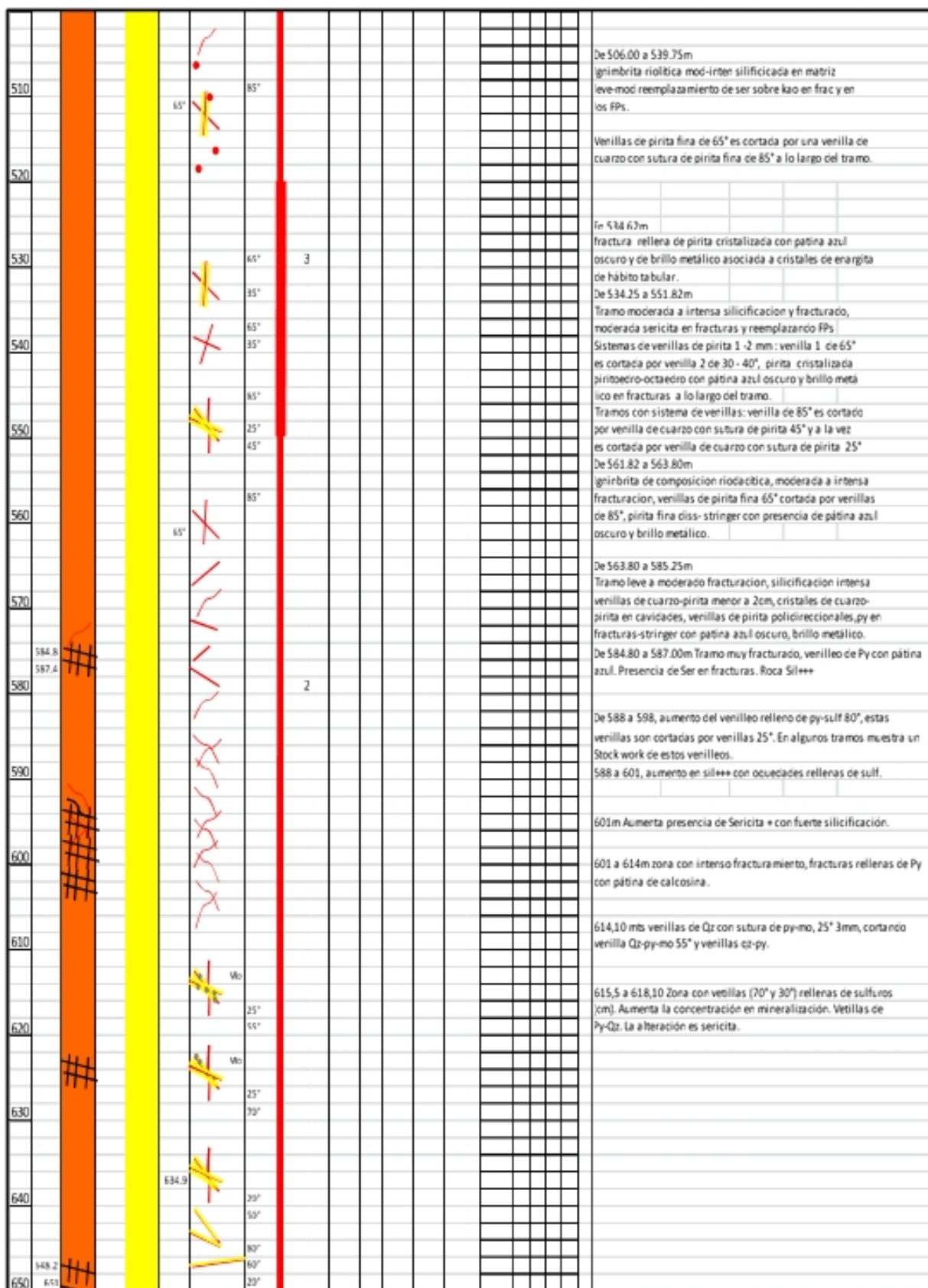
- MAKSAEV, V.; MOSCOSO, R.; MPODOZIS, C.; NASI, C. (1984). Las unidades volcánicas y plutónicas del Cenozoico Superior en la Alta Cordillera del Norte Chico (29-31°S). Geología, alteración hidrotermal y mineralización. Revista Geológica de Chile, N° 121, p. 11-51.
- NASI, C.; MPODOZIS, c.; Cornejo, P.; Moscoso, R.; Maksaev, V. (1985). Características petrográficas, geoquímicas y significado tectónico. Rev. Geológica de Chile, N°25-26, p. 77-111.
- NASI, C.; MOSCOSO, R.; MAKSAEV, V. (1990). Hoja Guanta. Región de Coquimbo. Carta Geológica de Chile N°67. Servicio Nacional de Geología y Minería. 140 p.
- REUTTER, K.J. (1974). Neues Jahrbuch der Geologie and Paleontologie, Abhandlung, Vol. 146, N°2, p.153-178.
- RIVANO, S.; SEPÚLVEDA, P.; HERVÉ, M.; PUIG, A. (1985). Geocronología K-Ar de las rocas intrusivas entre los 31° y 32°S, Chile. Revista Geológica de Chile, N°24, p. 63-74.

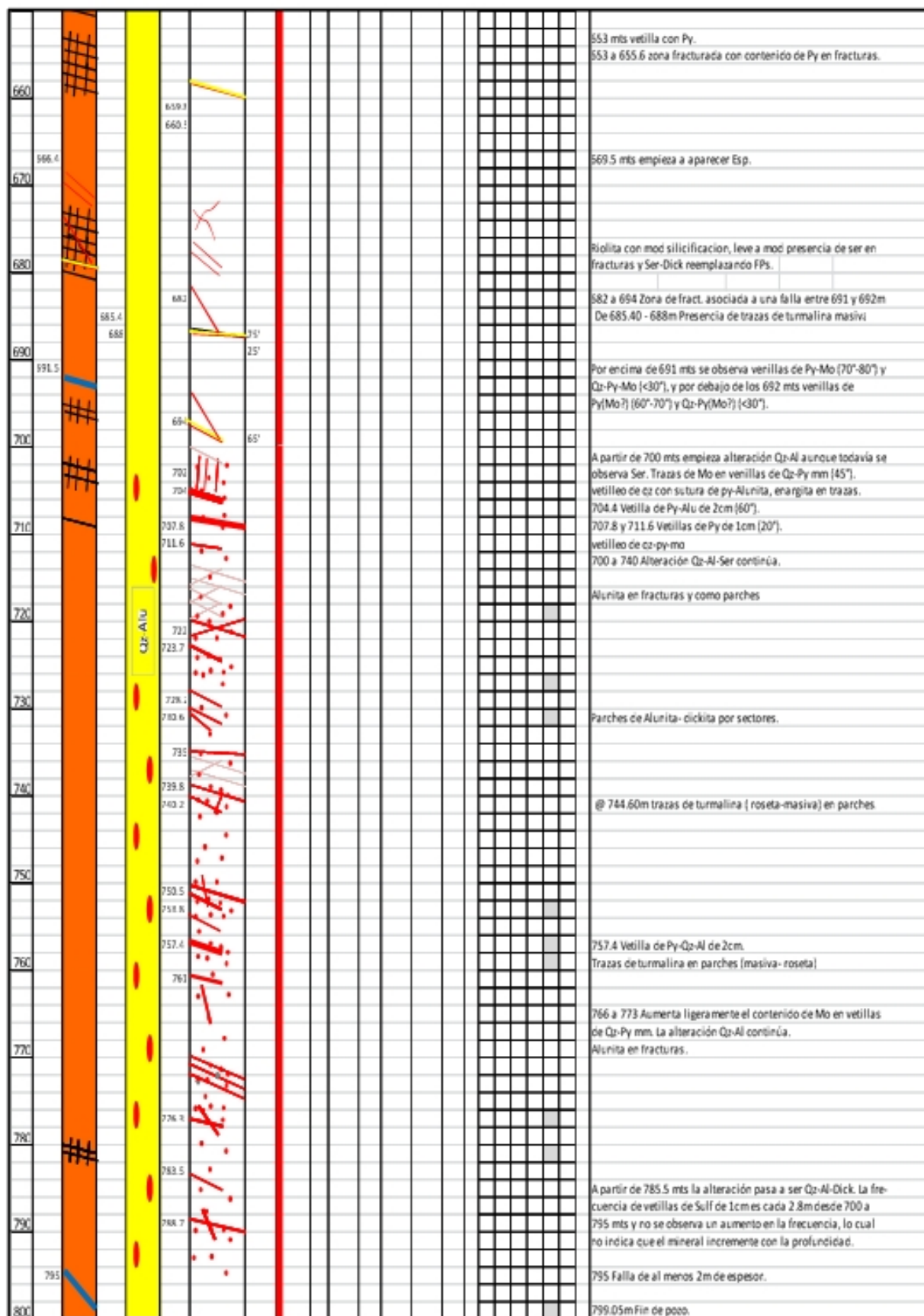
ANEXOS

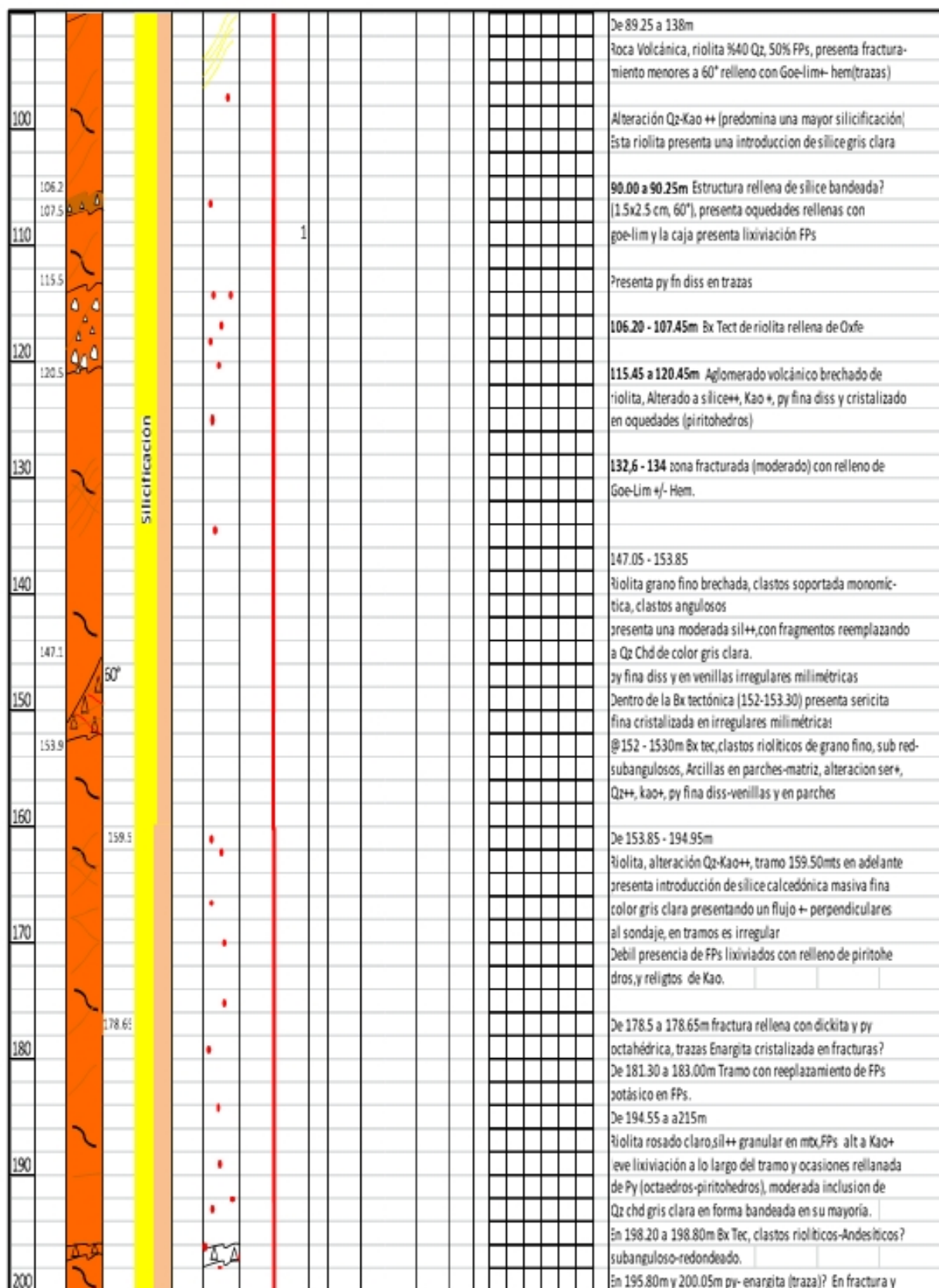












210											<p>quedades,py fina en forma de venillas(mm) 75' -diss y stringer ,apartir de 207.14m moderada sobre imposicion de py fin en PFs</p>
220											<p>De 215 a 226m Disminucion de Qzchd. En 221.90m venilla de py (octahédrica) asociada a dickita en fractura(65'), sil ++ in mbr, leve- mod FPs alt a Kao De 224 en adelante un ligera apericion de sericita en fracturas asociada con kao,py (octahedro-piritohedro) 65' en fractura - stringer</p>
230											<p>De 229.24 a 242m Leve lixiviacion de FPs relleno de Arcillas y py en algunas sectores. De 226 a 264m Ignimbrita riolítica con presencia de de líticos riolíticos (silicificado) y tobáceos (argilizados) sub redondeados-sub angulosos</p>
240											
250											
260											
270											<p>De 264 a 280.68m Incremento de líticos 30 a 40% riolíticos silicificados y tobas argilizadas sub redondeados a sub angulosos menores a 15cm, debil lixiviacion de FPs</p>
280											2
290											<p>Disminucion de clastos riolíticos (silicificado)- tobáceos (argilizados) py fin muy pobre diss ,leve sobre imposicion de sericita a kao y en fracturas, leve dick en fracturas y en reemplazamiento de los FPs.</p>
300											<p>De 291.40 a 304.m Zona fallada con presencia de panizc (sericita-kao-dick), clastos de riolíticos-tobáceos, subanguloso, sub redondeados , heterométricos. En 291.40 presencia de Slikenside con pirita fina</p>

