



“GEOLOGÍA DEL SISTEMA DE VETAS AURÍFERAS EN LA MINA PHOENIX-5, HUARMEY, ANCASH - PERÚ”

BACH. FRANBERNI SÁNCHEZ QUISPE

CUSCO – PERÚ

17 de setiembre 2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL
CUSCO**

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



**“GEOLOGÍA DEL SISTEMA DE VETAS AURÍFERAS EN LA
MINA PHOENIX-5, HUARMHEY, ANCASH - PERÚ”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO GEÓLOGO**

**PRESENTADO POR:
BACH. FRANBERNI SÁNCHEZ QUISPE**

**ASESOR:
ING. JORGE HENRY CUENCA SÁNCHEZ**

**CUSCO - PERÚ
17 DE SETIEMBRE 2018**

AGRADECIMIENTOS

“GRACIAS A DIOS”, por darme la vida y haberme puesto en el camino de la geología. Mi más sincero agradecimiento a la empresa “Future Gold Mining S.A” siendo mi escuelita que me dió la oportunidad de inicio y de desempeñarme como geólogo de mina – exploraciones y que los resultados obtenidos en los 2 años de función son los que presento en este trabajo.

Mi mayor muestra de gratitud al Ing. Fernando Bayona y al Ing. Denny Bayona. A todos los profesionales que pasaron por el área de geología de la mina PHOENIX-05: Ing. Roberto Supo (que en paz descanse), Cristian Méndez, Cesar Cárdenas, Pedro Reyes, Ganesh Kurkurul y compañeros de trabajo: Saúl Torres, José Victorio, Guillermo Hermoza y Franklin Paredes por el apoyo, ideas, recomendaciones y consejos en campo. A mis asesores externos Ing. Victor G. Rivasplata y Luis A. Ayala. Los ingenieros mineros Ing. Guillermo Castillo G., José Vega H. y Ángel Mayhua M.

“MANTENED LA VERDAD EN VUESTRO CORAZÓN Y DEJADLA QUE HABLE A TRAVÉS DE VUESTRO TRABAJO. EL CONOCIMIENTO ENTONCES SERÁ VUESTRA FUERZA; LA FE VUESTRA ESPADA Y EL SILENCIO VUESTRA ARMADURA QUE NO PUEDE SER QUEBRADA. ASÍ OS CONVERTIREIS EN EL CONQUISTADOR DE TODAS LAS COSAS”.

M.H.

DEDICATORIAS

En especial, a mis padres Bernabé y Maximiliana por el constante apoyo incondicional por haber sembrado en mí la semilla del desarrollo continuo.

A mis hermanas Ingrid, Milagros y a todos mis familiares por los sabios consejos.

A mis docentes de la escuela profesional de Ingeniería Geológica

A los amigos GX, en especial a Elvis Díaz, Pavel Gárate(el tengo problemas), Frank Vargas (me ganó), Carlos Mariscal (el que no habla), Jaime Huamán (Elvisito) y a todos mis compañeros y compañeras con quienes compartimos las aulas geo y “grandes experiencias inolvidables”

A todas las futuras generaciones de geólogos apasionados por la geología económica.

Y como olvidarme de la ortiga.

Atte: Franberni (mi orgullito)

ÍNDICE

RESUMEN	11
ABSTRACT	13

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. INTRODUCCIÓN	15
1.2. UBICACIÓN Y ACCESO	15
1.3. METODOLOGÍA	18
1.3.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.3.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	18
1.3.3. OBJETIVOS DE ESTUDIO.....	18
1.3.4. METODOLOGÍA DE TRABAJO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	19
1.3.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	19
1.3.6. ANTECEDENTES.....	19
1.3.7. HIPÓTESIS	20
1.3.8. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	20
1.4. PROPIEDAD SUPERFICIAL Y EXTENSIÓN.....	23
1.5. CONDICIONES CLIMÁTICAS.....	25

CAPÍTULO II

GEOMORFOLOGÍA

2.1. INTRODUCCIÓN.....	26
2.2. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL.....	26
2.2.1. LLANURA PRE-ANDINA	26
2.3. GEOMORFOLOGÍA LOCAL	28
2.3.1. VALLE DEL RÍO CULEBRAS.....	28
2.3.2. QUEBRADAS.....	29
2.3.3. DOMOS.....	29
2.3.4. LADERAS EMPINADAS.....	30
2.3.5. CERROS	31

CAPÍTULO III

ESTRATIGRAFÍA Y MAGMATISMO

3.1. INTRODUCCIÓN.....	33
3.2. ESTRATIGRAFÍA REGIONAL	33
3.2.1. EVOLUCIÓN ESTRATIGRÁFICA	33
3.3. MAGMATISMO REGIONAL.....	37
3.3.1. MESOZOICO (CRETÁCICO INFERIOR - SUPERIOR).....	37
3.4. BASAMENTO DE LA LLANURA PRE-ANDINA Y LA CORDILLERA OCCIDENTAL.....	44
3.5. LA CUENCA DE HUARMEY.....	47
3.6. ESTRATIGRAFÍA LOCAL.....	49
3.6.1. ROCAS VOLCÁNICAS Y VOLCANO-SEDIMENTARIAS	49
3.6.2. DEPÓSITOS RECIENTES	53
3.7. MAGMATISMO LOCAL	55
3.7.1. GABRO PHOENIX-5	55
3.7.2. DIORITA PHOENIX-5.....	56
3.7.3. GRANODIORITA PHOENIX-5	58
3.8. ROCAS METAMÓRFICAS LOCAL	59
3.8.1. HORNFELS SILICIFICADO	59
3.8.2. HORNFELS BANDEADO	60
3.9. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS MAPAS LOCALES	61
3.9.1. MAPA LOCAL SUPERFICIAL	61
3.9.2. MAPA LOCAL SUBTERRÁNEO NIVEL NV-230	64
3.9.3. MAPA LOCAL SUBTERRÁNEO SUBNIVEL SN-243	66
3.9.4. MAPA LOCAL SUBTERRÁNEO NIVEL NV-255	68
3.9.5. MAPA LOCAL SUBTERRÁNEO SUBNIVEL SN-267	70
3.9.6. MAPA LOCAL SUBTERRÁNEO NIVEL NV-279	72

CAPÍTULO IV

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

4.1. INTRODUCCIÓN.....	74
4.2. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	74
4.2.1. RELACIÓN GEOMÉTRICA DE FALLAS EN EL MODELO DE CIZALLAMIENTO.....	74
4.2.2. PLANOS NODALES.....	76
4.2.3. INDICADORES CINEMÁTICOS.....	77
4.3. CONTEXTO TECTÓNICO-ESTRUCTURAL REGIONAL.....	80

4.3.1.	CONTEXTO TECTÓNICO REGIONAL.....	80
4.3.2.	CONTEXTO ESTRUCTURAL REGIONAL	82
4.3.3.	LINEAMIENTOS REGIONALES FOTOINTERPRETADOS.....	84
4.4.	CONTEXTO TECTÓNICO-ESTRUCTURAL LOCAL	86
4.4.1.	CONTEXTO TECTÓNICO LOCAL	86
4.4.2.	CONTEXTO ESTRUCTURAL LOCAL.....	90
4.4.3.	ESTRUCTURAS MINERALIZADAS	96
4.4.4.	FALLAS PRINCIPALES.....	129
4.4.5.	FALLAS MENORES	138
4.5.	EVOLUCIÓN TECTÓNICO-ESTRUCTURAL PRELIMINAR DEL SISTEMA DE VETAS AURÍFERAS Y FALLAS PRINCIPALES EN LA MINA PHOENIX-5	138
4.6.	MODELO ESTRUCTURAL PRELIMINAR DEL SISTEMA DE VETAS EN LA MINA PHOENIX-5	142

CAPÍTULO V

PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

5.1.	INTRODUCCIÓN.....	143
5.2.	OBJETIVO Y ALCANCE.....	143
5.3.	FUNDAMENTO TEÓRICO DE LOS MÉTODOS.....	143
5.3.1.	POLARIZACIÓN INDUCIDA (IP) Y RESISTIVIDAD	143
5.3.2.	MAGNETOMETRÍA	145
5.4.	LÍNEAS GEOFÍSICAS	146
5.5.	CARGABILIDAD Y RESISTIVIDAD EN EL ÁREA DE ESTUDIO	148
5.6.	MAGNETOMETRÍA EN EL ÁREA DE ESTUDIO	151

CAPÍTULO VI

GEOLOGÍA ECONÓMICA

6.1.	INTRODUCCIÓN.....	153
6.2.	METALOGÉNIA DE LA ZONA DE ESTUDIO	153
6.3.	ORIGEN Y OCURRENCIA DEL YACIMIENTO	153
6.4.	ALTERACIONES	155
6.4.1.	ACTINOLIZACIÓN	155
6.4.2.	SILICIFICACIÓN.....	155
6.4.3.	CLORITIZACIÓN	157
6.4.4.	CALCITIZACIÓN	157
6.4.5.	SERITIZACIÓN.....	158
6.4.6.	ARGILIZACIÓN.....	159

6.4.7. OXIDACIÓN	159
6.5. MINERALIZACIÓN	161
6.5.1. MIGRACIÓN DE LOS FLUIDOS MINERALIZANTES.....	163
6.5.2. MINERALES SULFUROS DE MENA.....	163
6.5.3. MINERALES SULFUROS DE GANGA.....	165
6.6. PARAGÉNESIS.....	167
6.7. MAPA ISOVALÓRICO DEL ORO.....	168
6.8. TARGETS DE INTERÉS	170
6.8.1. ESCALA REGIONAL	170
6.8.2. ESCALA DISTRITAL.....	172
6.8.3. ESCALA LOCAL.....	175
CONCLUSIONES	178
RECOMENDACIONES	181
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	182
ANEXOS	184

RESUMEN

La mina PHOENIX-5, morfo-estructuralmente está ubicada al Este de la franja Costera del Perú central. Políticamente, en la localidad de Oyos, distrito de Culebras, provincia de Huarvey, departamento de Ancash – Perú.

Los controles litológicos de acuerdo a sus características texturales, su grado de fragilidad y su composición química de la roca, predominantemente la andesita porfirítica perteneciente a la formación Junco del grupo Casma es la roca hospedante más favorable para la mineralización, seguido de la diorita phx-5 y gabro phx-5 pertenecientes al segmento Lima del batolito de la Costa y en menor proporción los hornfels silicificado con protolito de composición andesítica, producto de un metamorfismo de contacto local. Además se observa el emplazamiento posterior de un principal sistema de diques andesíticos de coloración verdosa de dirección ENE-OSO en todo el área de estudio cortando litologías pre-existentes y a la mineralización aurífera.

Respecto a la geología estructural, se han reconocido 8 estructuras mineralizadas y 9 fallas principales haciendo un total de 17 estructuras. Se define 3 principales sistemas estructurales: 1. ONO-ESE es el más importante representado por la “veta-falla Virginia” (N285°/30°), Éxito (N250°/55°), Asombro (N290°/50°), Natasha ore body (no tiene un azimut ni buzamiento definido), veta Linita (N105°/25°) y tan sólo por la falla Confusio (N300°/55°); 2. ENE-OSO por la veta-falla Victoria (N240°/40°), veta Zulema (N220°/40°), Candelaria (N230°/25°) y las fallas San Jerónimo (N80°/70°), Linito (N80°/85°), Caleta (N80°/75°) y San Fernando (N75°/70°); 3. NO-SE de dirección andina representado sólo por las fallas post-mineralización como San Cipriano (N320°/65°), Zeus (N330°/75°), Bernabé (N305°/75°) y Rompedor (N330°/75°). Los sistemas anti-andinos ONO-ESE y ENE-OSO son los controles estructurales más favorables para albergar la mineralización y tienen mejor definidos su control estructural techo que su piso.

De acuerdo a los datos tomados en campo e interpretaciones estructurales, se determinaron 5 eventos tectónicos: El evento – I, definido como pre-mineral, presenta movimientos predominantemente dextral-normal lo cual generó pre-estructuras como: Virginia, Confusio, Éxito y San Cipriano. El evento – II, definido también como pre-mineral, presenta movimientos predominantemente inverso-dextral lo cual definió mejor y generó pre-estructuras adicionales como: Virginia, Victoria, Caleta, Linito, Asombro, San Cipriano, Rompedor, Bernabé y Zeus. El evento – III, definido como syn-mineral, es el más importante, presenta movimientos predominantemente sinistral-inverso lo cual definió bien las trampas estructurales como: Virginia, Éxito, Confusio, Linita, Zulema, Candelaria, Victoria, Linito, Caleta, Zeus y Bernabé. Probablemente también esté relacionado al emplazamiento de los fluidos hidrotermales mineralizantes. El evento – IV, definido como post-mineral, presenta movimientos dextral-normal lo cual generó desplazamientos de las estructuras mineralizadas como: Virginia, Candelaria, San Jerónimo, San Fernando, Bernabé y Rompedor. El evento – V, definido también como post-

mineral, presenta movimientos predominantemente normal-dextral lo cual generó mayor deformación que desplazamientos en las estructuras como: Virginia, Éxito y Candelaria.

Gran parte de las estructuras mineralizadas presentan una serie de inflexiones a lo largo de toda su longitud explorada tanto horizontal y vertical generando direcciones cambiantes. El bajo ángulo que oscila entre 25°- 55° se relaciona a las estructuras pre y syn-mineral que han tenido localmente movimientos predominantes transcurrentes-inversos que han sido favorables para albergar la mineralización y que posteriormente las fallas post-mineral del tipo normal de buzamiento entre 70° - 90° han desplazado a las vetas mineralizadas y diques andesíticos.

El sistema de vetas en la mina PHOENIX-5 presenta un modelo estructural tipo sigmoide simple. La apertura mayor esta relacionado con el cuerpo mineralizado Natasha y esta ligado a sus sistemas estructurales conjugados tanto al techo y piso de la veta-falla Virginia. Actualmente se observa un sistema estructural complejo, deformado y fallado pero que al inicio solo fue “un solo sistema estructural”.

La zona de estudio se encuentra dentro de un ambiente geotectónico de cuencas cretácicas denominado la cuenca Huarmey, presenta características geológicas peculiares como la depositación del Grupo Casma, los controles mineralógicos - alteración, temperatura de formación y su modo de ocurrencia. Son vetas filoneanas mesotermales de bajo ángulo con promedio de 30° representada por la “veta-falla Virginia”. Filoneano debido a que todas las estructuras mineralizadas interceptan a todas las rocas encajonantes suprayacentes. Mesotermales por su mineralogía y temperaturas de formación. Presenta una mineralogía de calcopiritita⁺⁺⁺, pirita⁺⁺, pirrotita⁺ y marcasita asociado a una alteración hidratada de calcosilicato principalmente actinolización (actinolita) con temperaturas de formación que oscilan de 200° a 300°C y a profundidades entre 1 y 5 km según Lindgren. Económicamente son sulfuros de calcopirita y en menor parte la pirita fina aurífera asociado casi siempre a la alteración “Actinolización” que el principal vector guía de la mineralización. Presenta un modo de ocurrencia variado desde sulfuro masivo, semi-masivo, lentes, brechado, en patch y diseminado. De acuerdo a las características descritas, probablemente pertenecería a la franja metalogenética VIII de depósitos Cu-Fe-Au (IOCG) del cretácico inferior.

Se tiene 2 anomalías geofísicas: La Anomalía IP de cargabilidad con dirección N-S está relacionado al contacto litológico entre la andesita porfirítica y los volcano-sedimentarios con una posible diseminación de calcopirita, pirita y marcasita. Las susceptibilidades magnéticas N-S, están relacionados a las rocas diorita-phx-5 y gabro phx-5. Ambas anomalías en la cota 200 m.

Finalmente, de acuerdo a las interpretaciones geológicas finales, se han definido 5 targets regionales (targets 1,2,3,4 y 5), 2 targets ditritales al Sur y Norte de la actual zona de operación (sondajes diamantinos PS-PH5-19, PS-PH5-20, PS-PH5-21) y 8 targets locales en los niveles NV-230, NV-255, NV279 y subniveles SN-243 y SN-267 (laboreos interior mina XC-506, RP-380, XC-356, GA-316, CH-336, GA-406, GA-326 y GA-450).

ABSTRACT

Morphostructurally, the PHOENIX-5 mine is located in the East Coastal belt of Central Peru. Politically, in the Oyos locality, Culebras district, Huarney province, Ancash department – Peru.

The predominant lithological controls is the porphyritic andesite belongs Junco formation of Casma Group. It is the main host rock to the mineralization by its textural characteristics, fragility degree and chemical composition of the rock, followed by phx-5 diorite and phx-5 Gabro of the Coastal Batholith and in minor proportion the silicified hornfels with andesite composition protolith, product of local contact metamorphism. Also observed, the later emplazement of a main greenish andesite dikes ENE-OSO in the study cutting pre-existing lithologies and gold mineralization.

Respecting to structural geology, It has been recognized 8 mineralized structures and 9 main faults, in total 17 structures. Three main structural systems are defined: 1. ONO-ESE, is the most important constituted by “Virginia fault-vein” (N285°/30°), Exito (N250°/55°), Asombro (N290°/50°), Natasha ore body (it doesn't has defined strike and dip), Linita vein (N105°/25°) and just by Confusio fault (N300°/55°); 2. ENE-OSO by Victoria fault-vein (N240°/40°), Zulema vein (N220°/40°), Candelaria (N230°/25°) and San Jerónimo (N80°/70°), Linito (N80°/85°), Caleta (N80°/75°) and San Fernando faults (N75°/70°); 3. NO-SE andean direction constitute just post-mineralization faults as San Cipriano (N320°/65°), Zeus (N330°/75°), Bernabe (N305°/75°) and Rompedor (N330°/75°). The anti-andean systems like ONO-ESE and ENE-OSO are the most favourable structural controls for mineralization deposition and have defined better their hang than foot structural control.

Acording, data field recolected and structural interpretations. There were determinated 5 tectonic events: The event – I, it's defined as pre-mineral, predominantly presents dextral-normal movements wich generated pre-structures as: Virginia, Confusio, Exito and San Cipriano. The event – II, it's defined also as pre-mineral, predominantly presents thrust-dextral movements wich defined better and generated additional pre-structures as: Virginia, Victoria, Caleta, Linito, Asombro, San Cipriano, Rompedor, Bernabé and Zeus. The event – III, it's the most important, defined as syn-mineral, predominantly presents sinistral- thrust movements wich defined very well the structural traps as: Virginia, Éxito, Confusio, Linita, Zulema, Candelaria, Victoria, Linito, Caleta, Zeus and Bernabe. Probably, also this is related to mineralization hidrotermal fluids emplazaments. The event – IV, it's defined post-mineral, predominantly presents dextral-normal movements wich generated mineralized structures displacements as: Virginia, Candelaria, San Jerónimo, San Fernando, Bernabé and Rompedor. The event – V, it's defined also as post-mineral, predominantly presents normal-dextral movements wich generated deformations mainly than displacements into mineralized structures as: Virginia, Éxito y Candelaria.

Great part of mineralized structures have many inflections along all their length explored so much horizontal and vertical generating changing ditections. The low dip between 25° and 55° is related

to pre and syn-mineral structures, locally that have been have predominately transcurrent-thrust movements which have been favourable to mineralization and post-mineral normal faults with dip between 70° - 90°, they have displaced to mineralized veins and andesite dikes.

In the PHOENIX-5 mine, the vein systems has a simple sigmoid structural model. The most dilational fault bend is related with Natasha ore body and linked to their conjugate structural systems so much to hang and foot of the Virginia fault vein. Currently, we can see a complex structural system, deformed, and faulted but than starting just was "a just structural system".

The study area is located into a cretaceous basins geotectonic environment called Huarmey basin. This has peculiar geological characteristics as deposition of Casma Group, mineralogy-alteration controls, formation temperature and mineralization occurrence. They are mesothermal filonous veins of low dip in average 30°, represented by "Virginia fault-vein". It is called filonous due to all mineralized structures cut to all recent wall rocks. Mesothermal called by the mineralogy and temperature formation. It has a mineralogy like chalcopyrite⁺⁺⁺, pyrite⁺⁺, pyrrhotite⁺ and marcasite associated to calcosilicate hydrous alteration, actinolite mainly with 200° C to 300° C formation temperature and to depth between 1 and 5 km by Lindgren. Economically, the chalcopyrite and fine pyrite in minor proportion are gold mineralizations sulphides associated almost always to actinolite alteration that is the mineralization guide. Mineralization occurrence mode varies as massive sulphide, semi-massive, lens, breccia, patch and disseminated. According, characteristics described, probably belong to VIII metallogenic belt called Cu-Fe-Au (IOCG) deposits of lower cretaceous.

We have 2 geophysical anomalies: The chargeability IP anomaly with N-S direction is related to lithological contact between porphyritic andesite and volcano-sedimentary rocks with possible chalcopyrite, pyrite and marcasite disseminations. The magnetic susceptibilities N-S are related to diorite-phx-5 and gabbro-phx-5. Both anomalies in level 200 m.

Finally, according final geological interpretations, have been defined 5 regional targets (targets 1,2,3,4 and 5), 2 distal targets to South and North of current operation zone (diamond drill holes PS-PH5-19, PS-PH5-20, PS-PH5-21) and 8 local targets in NV-230, NV-255, NV279 levels and SN-243 y SN-267 sub-levels (underground labors XC-506, RP-380, XC-356, GA-316, CH-336, GA-406, GA-326 and GA-450).

CAPÍTULO I**ASPECTOS GENERALES****1.1. INTRODUCCIÓN**

Los primeros hallazgos con presencia de vetas en la mina PHOENIX-5, ubicada al pie del cerro Barrerra, con indicios de mineralización aurífera fueron realizados por los pobladores de la zona.

En el año 2014, la empresa crea el área de geología en la concesión Phoenix-5 reclutando una brigada de geólogos, para así realizar los primeros trabajos y estudios geológicos propiamente dicho en la zona. Hasta la fecha no se cuenta con estudios avanzados ni detallados de carácter geocientífico que comprueben acertadamente sobre su geología; sin embargo, de acuerdo a las observaciones vistas en campo, revisión bibliográfica profunda y la experiencia del geólogo, la mina PHOENIX-5 presenta características geológicas muy peculiares y especiales que hasta la fecha no se ha registrado en ningún otro lugar siendo así un yacimiento nuevo en su tipo. Además, presenta un gran potencial geo-económico aurífero cuya ley llega a tener hasta 3 Onz/Tm Au albergado en los sulfuros de calcopirita y en menor proporción en la pirita fina. Estas características geológicas muy peculiares conllevan a realizar con mucha convicción éste trabajo de investigación de tesis recolectando y organizando la información obtenida en campo, tomando en cuenta las interpretaciones de los geólogos consultores externos y las visitas técnicas.

Sus operaciones inició formalmente en marzo del 2013 con la empresa MAPSA EXPLORATION INTERNATIONAL .S.A debidamente registrado y que actualmente está con la razón social FUTURE GOLD MINING S.A., teniendo solamente 4 años de producción. De acuerdo a su extracción aún sigue siendo una mina de escala pequeña pero según su potencial geoeconómico observado llegaría a ser una mina de gran escala en las próximos años.

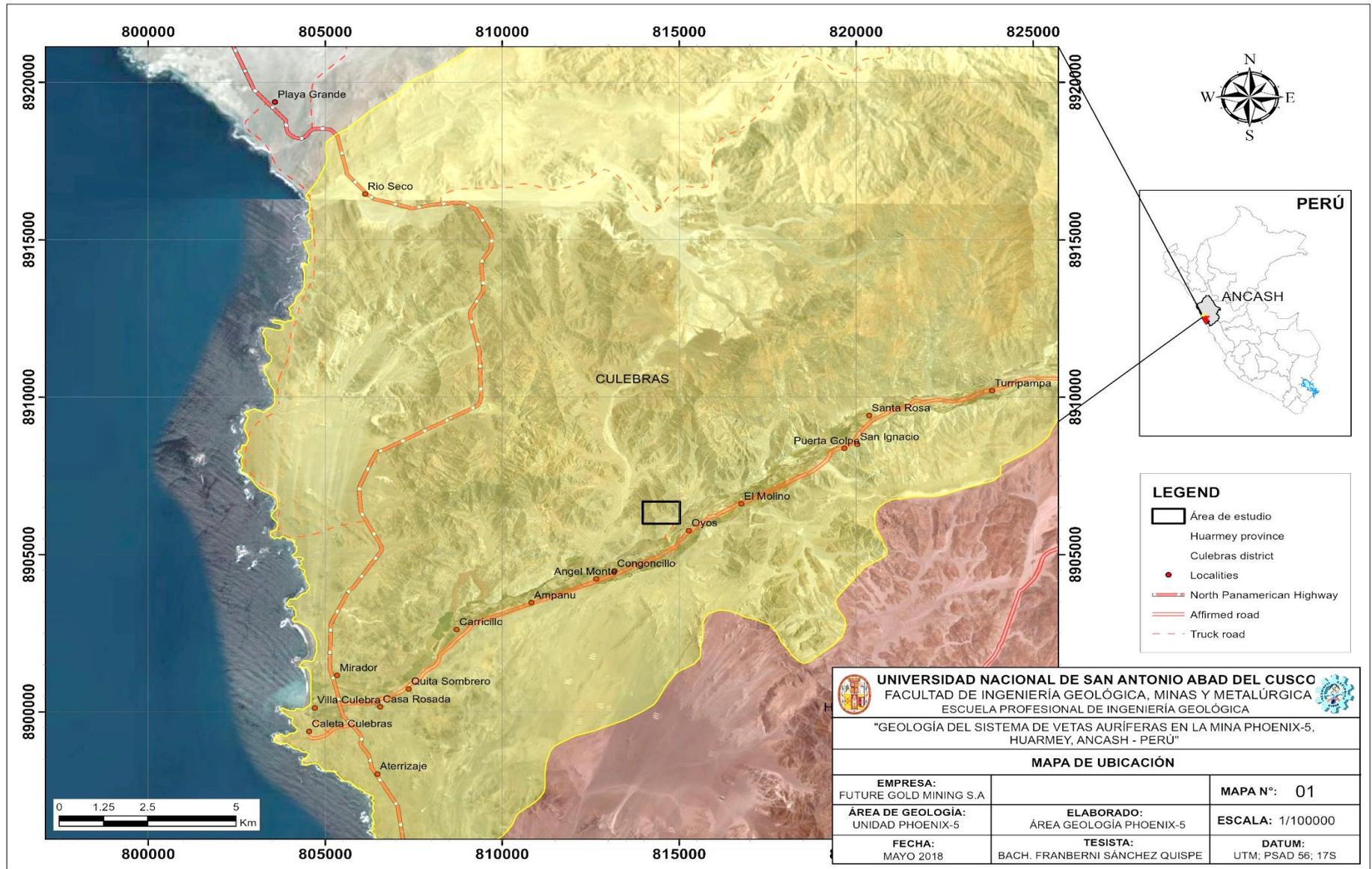
1.2. UBICACIÓN Y ACCESO

La mina PHOENIX-5 morfo-estructuralmente está ubicada al Este de la franja costera del Perú Central, en 78°07' 00'' longitud Oeste y 09° 54' 03'' latitud Sur.

Políticamente, está ubicada al pie y Sur del cerro Barrera perteneciente a la localidad de Oyos, distrito de Culebras, provincia de Huarney, departamento de Ancash - Perú. La coordenada UTM de la mina PHOENIX-5 es:

Este	: 814532
Norte	: 8906260
Altitud promedio	: 250 m.s.n.m.
Zona	: 17S
Datum	: PSAD 56

El acceso es por vía terrestre desde la ciudad de Lima hasta el Km 312,200 de la nueva autopista Panamericana Norte. De allí se ingresa al valle Culebras en dirección Este por una vía carrozable, una distancia aproximada de 12 km, carretera que une la ciudad de Huarmey con el poblado Molino y Huanchay. Luego se cruza el río Culebras hasta la mina (Mapa 01). El trayecto desde la ciudad de Lima toma aproximadamente 4 horas de viaje en camioneta.



Mapa 01: Mapa de ubicación y accesibilidad a la mina PHOENIX-5.

1.3. METODOLÓGIA

1.3.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La mina PHOENIX-5 que es objeto de estudio, en la costa peruana, es una de las nuevas áreas con gran interés prospectivo-exploratorio por presentar un gran potencial de vetas auríferas y que a la fecha no cuenta con ningún tipo de estudio completo ni detallado que esté relacionado estrictamente con su contexto geológico y su sistema complejo de vetas auríferas en la cual explique: como su relación con las rocas hospedantes más favorables para la mineralización, su sistema estructural, la paragénesis, la interpretación geológica correspondiente de las vetas, el posible tipo de yacimiento a la que pertenece y entre otros.

1.3.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la geología del sistema de vetas auríferas en la mina PHOENIX-5, Huarmey, Ancash - Perú?

1.3.3. OBJETIVOS DE ESTUDIO

1.3.3.1. GENERAL

Realizar el estudio geológico completo y detallado correspondiente al sistema de vetas auríferas en la mina PHOENIX-5 aplicando todos los criterios, experiencias e interpretaciones geológicas necesarias.

1.3.3.2. ESPECÍFICOS

- Realizar el cartografiado geológico a escala local, distrital y regional. Principalmente ayudará a entender detalladamente el contexto geológico y a definir su sistema estructural de las vetas auríferas.
- Recolectar datos estructurales como strike, dip, trend, plunge, rake y determinar el tipo de movimiento de todas las estructuras reconocidas para plantear el modelo estructural y la evolución tectónico-estructural preliminar para el sistema de vetas auríferas.
- Realizar estudios petrológicos, petrográficos y mineragráficos con el fin de determinar los controles litológicos, mineralógicos, paragénesis y los ensambles de alteración hidrotermal.
- Determinar nuevos targets estrictamente enfocados a estructuras mineralizadas con contenido aurífero a escala local, distrital, regional dentro y fuera de las propiedades de la empresa minera FUTURE GOLD MINING. S.A.

1.3.4. METODOLOGÍA DE TRABAJO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

A partir de los datos recolectados, se procederá con la descripción y el análisis sistemático de dichos datos, obtenidos en campo, para luego interpretar. Por tanto será Descriptivo e Interpretativo.

La recopilación de información de la realidad permitirá enriquecer el conocimiento teórico-científico y luego orientar a la aplicación para la solución del problema. Por tanto haremos un tipo de investigación Básico-Aplicativo

1.3.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El estudio ayudará a entender de manera sistemática y detallada el contexto geológico sobre el emplazamiento del sistema de vetas auríferas en la mina PHOENIX-5. Esto contribuirá en el incremento de reservas, reducción de costos en programas de exploración y mejora de su margen de beneficio económico de la empresa. Además será un aporte a la geología económica.

1.3.6. ANTECEDENTES

Existen algunos trabajos previos realizados que están relacionados con nuestro tema de investigación a escala local y regional. Entre ellos se destacan los siguientes:

- Koreanos Consultora (Julio 2014), Introducción al trabajo de exploración de Phoenix-5, donde realizan los primeros trabajos y evaluaciones sobre topografía en 3D, geología económica, prospección geofísica (Magnetometría), modelamiento del yacimiento en 3D y cálculo de reservas con su respectiva ley promedio de Au.
- Mapsa Exploration International S.A, Plan de minado 2015, menciona las características geológicas regionales, locales, económicas y estructurales del yacimiento relacionando con la mineralización. Además, reconocen tendencias de alteración y mineralización de la veta-falla Virginia.
- Cristian Méndez C. (Octubre 2015), Informe del área de trabajo, donde señala que el factor estructural juega un papel definitivo en la ubicación de estructuras y posibles targets mineralizados. También define 2 sistemas de fallamiento principal de alto ángulo de características E-O y NO-SE, este último es el más importante, pues genera un sistema de fallamientos normales de bloques en dirección NE y pareciera controlar el emplazamiento de la mineralización económica.
- Ing. Pedro Reyes V. (Junio 2016), Geólogo consultor, Evaluación geológica de la mina PHOENIX-5, FUTURE GOLD MINING S.A. Indica que la continuidad de la mineralización se extiende al NO y al N en mayores profundidades. Los afloramientos vistos en Virginia 2 pertenecen a la misma estructura principal denominada Veta-falla Virginia.

- Ingemmet, (Diciembre 1995), Geología del Cuadrángulo de Culebras 20-G, indica que la región está cubierta por el grupo Casma de edad cretáceo inferior, el resultado de la actividad volcánica es de ambiente submarino caracterizado por flujos de lavas almohadilladas y tobas. El complejo batolito de la costa está representado por una serie de intrusivos de composición variada que van desde gabro hasta granodiorita. Para el caso de nuestra zona de estudio se denomina plutones Santa Rosa que tiene una extensión de 825 km². Estructuralmente a nivel de la costa del Perú la cuenca de Huarmey está delimitada al Oeste por el eugeoanticlinal de Paracas y hacia el Este por el eje de Tapacocha.
- Mike Haederle, Michael P. Atherton, Shape and intrusion style of the Coastal Batholith, Peru. El batolito de la Costa del Perú se extiende alrededor de 1600 km a lo largo de la costa de los andes cuya geometría es tipo flat slab con un promedio de espesor de 2.0 a 3.2 km.

1.3.7. HIPÓTESIS

Por las correlaciones geológicas a lo largo de la franja costera del Perú y las características geológicas peculiares que presenta el área de estudio, así como el ambiente geotectónico, la depositación del Grupo Casma, el emplazamiento del batolito de la costa, las alteraciones hidrotermales y el contexto estructural generarían las condiciones mas favorables para albergar la mineralización aurífera de alta ley del sistemas de vetas en la mina PHOENIX-5 que estarían relacionadas a cuencas cretácicas.

1.3.8. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

1.3.8.1. ETAPAS DE CAMPO Y GABINETE

El trabajo se ha realizado en 5 etapas: I trabajo de gabinete, II trabajo de campo, III trabajo de gabinete, IV trabajo campo-revisiones, V trabajo de campo y gabinete (observaciones finales), ver tabla 1.

1.3.8.2. EQUIPOS Y MATERIALES

Los materiales y equipos necesarios para poder realizar satisfactoriamente éste trabajo se adquirieron de manera directa por cuenta propia y por intermedio de su almacén de la empresa FUTURE GOLD MINING S.A. Consta de los siguientes:

- EPP'S (Chaleco de geólogo, mameluco, casco, lámpara minera, guantes, zapatos con punta de acero, tapones auditivos y lentes de seguridad)
- GPS, marca GARMIN 62S.
- Brújula azimutal, marca BRUNTOM.
- Lupas de 10x, 14x y 20x, marca CODINGTON, HASTING e IWAMOTO.

- Picota, comba y cinceles, marca ESTWING.
- Bolsas de muestreo de 30x40cmx200 micras, precintos y sacos.
- Libreta de campo, tablero metálico, protactor multiescala, rayadores de durezas, magnetos, juego de colores, lápices, borradores, plumones indelebles y ácido clorhídrico al 10%.
- Mapas topográficos a diferentes escalas y tarjetas de muestreo.

ETAPAS		DESCRIPCIÓN	MESES - 2017							
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
ETAPA I	GABINETE	Recopilación y selección de información bibliográfica existente del área de investigación.	■							
		Interpretación de imágenes satelitales Landsat bandas 424 y Google earth.								
		Interpretaciones estructurales regionales. Organización y estudio de los mapas existentes.		■						
		Elaboración de mapas topográficos y de ubicación.		■						
		Elaboración de mapas geomorfológicos.			■					
		Elaboración de programa de trabajo en campo.			■					
ETAPA II	CAMPO	Reconocimiento del área de investigación.				■				
		Cartografiado geológico-estructural a escala 1/250 y 1/1000 en interior mina y superficie respectivamente.				■				
		Identificación y recolección de data estructural: Strike, dip, trend, plunge, rake, indicadores cinemáticos y geometría.				■				
		Muestreo de rocas y menas en interior mina y superficie con fines de estudios petrográficos, minerográficos.				■				
		Toma de fotografías para la elaboración de tesis.				■				
ETAPA III	GABINETE	Organización y procesamiento digital de la data recolectada del campo usando software como Autocad, Gis, Target, etc.					■			
		Elaboración e interpretación de mapas geológicos a escala regional, distrital y local (en niveles y sub-niveles).					■			
		Elaboración e interpretación de secciones geológicas transversales N-S y longitudinales E-O.					■			
		Análisis estructural y cinemáticos de las estructuras mineralizadas y las fallas.						■		
		Determinación de los eventos tectónicos en la mina PHOENIX-5 para así orientar nuevos target de exploración.						■		
		Elaboración de mapas isovalóricos para el Oro.						■		
		Realizar estudios petrológicos, petrográficos y minerográficos.						■		
ETAPA IV	CAMPO REVISION	Levantamiento de las observaciones geológicas en campo de la data procesada preliminarmente.							■	
		Interpretaciones en campo con la data procesada preliminar.							■	
		Visita con nuestro respectivo asesor y recopilación de la data faltante y/o corrección.							■	
ETAPA V	CAMPO - GABINETE	Reinterpretación de los datos del campo							■	
		Redacción del informe final y entrega de borradores.							■	
		Sustentación de tesis.							■	

Tabla 01: Cuadro del procedimiento de trabajo. Etapas de campo y gabinete.

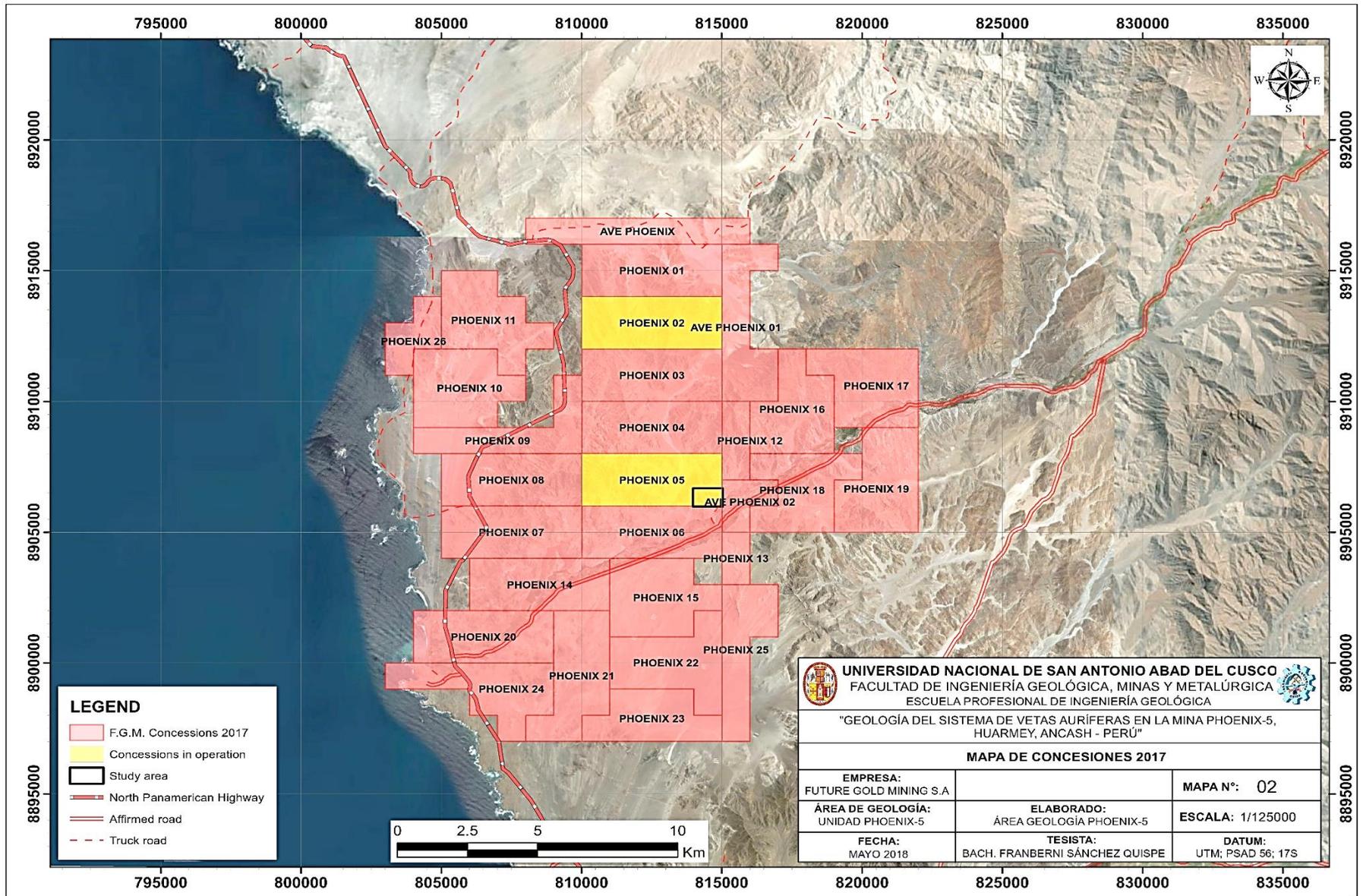
1.4. PROPIEDAD SUPERFICIAL Y EXTENSIÓN

Las concesiones de FUTURE GOLD MINING S.A totalizan un área de 25700 hectáreas en 29 propiedades mineras, debidamente registradas y vigentes que se encuentran íntegramente dentro de los terrenos del distrito de Culebras y Huarmey (mapa 02).

En la actualidad sólo se tiene en operación inicial 2 de ellas: PHOENIX-05 y PHOENIX-02. La primera es objeto de estudio. Se adjunta las concesiones en la siguiente tabla 02.

CONCESIÓN	DISTRITO	HECTAREAS (Has)	ZONA
AVE PHOENIX	CULEBRAS	800	17S
AVE PHOENIX 01	CULEBRAS	900	17S
AVE PHOENIX 02	CULEBRAS	300	17S
PHOENIX 01	CULEBRAS	1000	17S
PHOENIX 02	CULEBRAS	1000	17S
PHOENIX 03	CULEBRAS	1000	17S
PHOENIX 04	CULEBRAS	1000	17S
PHOENIX 05	CULEBRAS	1000	17S
PHOENIX 06	CULEBRAS	1000	17S
PHOENIX 07	CULEBRAS	1000	17S
PHOENIX 08	CULEBRAS	1000	17S
PHOENIX 09	CULEBRAS	800	17S
PHOENIX 10	CULEBRAS	1000	17S
PHOENIX 11	CULEBRAS	1000	17S
PHOENIX 12	CULEBRAS	600	17S
PHOENIX 13	CULEBRAS / HUARMEY	200	17S
PHOENIX 14	CULEBRAS	1000	17S
PHOENIX 15	CULEBRAS	1000	17S
PHOENIX 16	CULEBRAS	1000	17S
PHOENIX 17	CULEBRAS	1000	17S
PHOENIX 18	CULEBRAS	1000	17S
PHOENIX 19	CULEBRAS	1000	17S
PHOENIX 20	CULEBRAS	1000	17S
PHOENIX 21	CULEBRAS	1000	17S
PHOENIX 22	CULEBRAS	1000	17S
PHOENIX 23	CULEBRAS	800	17S
PHOENIX 24	CULEBRAS	1000	17S
PHOENIX 25	CULEBRAS	800	17S
PHOENIX 26	CULEBRAS	500	17S

Tabla 02: Las 29 concesiones debidamente registradas, pertenecientes a la empresa FUTURE GOLD MINING.S.A.



Mapa 02: Las 29 concesiones debidamente registradas, pertenecientes a la empresa FUTURE GOLD MINING.S.A.

1.5. CONDICIONES CLIMÁTICAS

La mina PHOENIX-5 presenta un clima templado cálido, sin extremo frío (10°C) o calor sofocante (30°C), con temperatura media anual de 20°C.

Podemos afirmar que prácticamente sólo existen 2 estaciones: el verano que se produce de diciembre a abril con temperaturas de 15°C a 30°C, los meses de febrero a abril los más calurosos; y el invierno que comprende los meses del resto del año, con temperaturas de 10°C a 15°C; los meses de julio a setiembre los de más baja temperatura. Las densas neblinas producen una intensa sensación de frío en invierno.

Además presenta corto periodo de lluvias ligeras a moderada intensidad, con humedad de hasta 70% y una alta nubosidad en la zona.

MESES	DESCRIPCIÓN	TEMPERATURA(°C)
DICIEMBRE A ABRIL	Verano	15 - 30
MAYO A NOVIEMBRE	Invierno	10 - 15

Tabla 03: Cuadro resumen de las condiciones climáticas en el área de estudio, mina PHOENIX-5.

CAPÍTULO II**GEOMORFOLOGÍA****2.1. INTRODUCCIÓN**

Los procesos geomórficos son todos los fenómenos físicos y químicos que han modelado la parte superficial de la tierra durante largos periodos geo-cronológicos en geoformas positivas y negativas a escala local y regional. Estos están divididos en procesos exógenos como la degradación, agradación y acción de organismos. Endógenos como la orogenia, epirogenia; donde juega un rol muy importante los agentes geomórficos que son: los vientos, ríos, glaciares, condiciones climáticas extremas de calor – frío y las características litológicas - tectónicas en el modelado.

La mina PHOENIX-5 se encuentra dentro de la unidad geomorfológica regional denominada llanura pre-andina y de manera local se ha definido 5 unidades geomorfológicas.

2.2. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL**2.2.1. LLANURA PRE-ANDINA**

Denominada también como franja costera y/o costanera, está ubicada entre la cordillera de la Costa y la cordillera Occidental. Comprende de una estrecha franja de dirección NO-SE, de 15 a 100 km de ancho y con elevaciones que varían entre 50 a 1500 m.s.n.m. La mina PHOENIX-5 se encuentra dentro de esta unidad geomorfológica regional con elevaciones que varían entre 140 a 500 m.s.n.m.

En esta unidad, en el sector del Perú central afloran principalmente secuencias volcano-sedimentarias del Grupo Casma y los intrusivos pertenecientes al batolito de la costa.

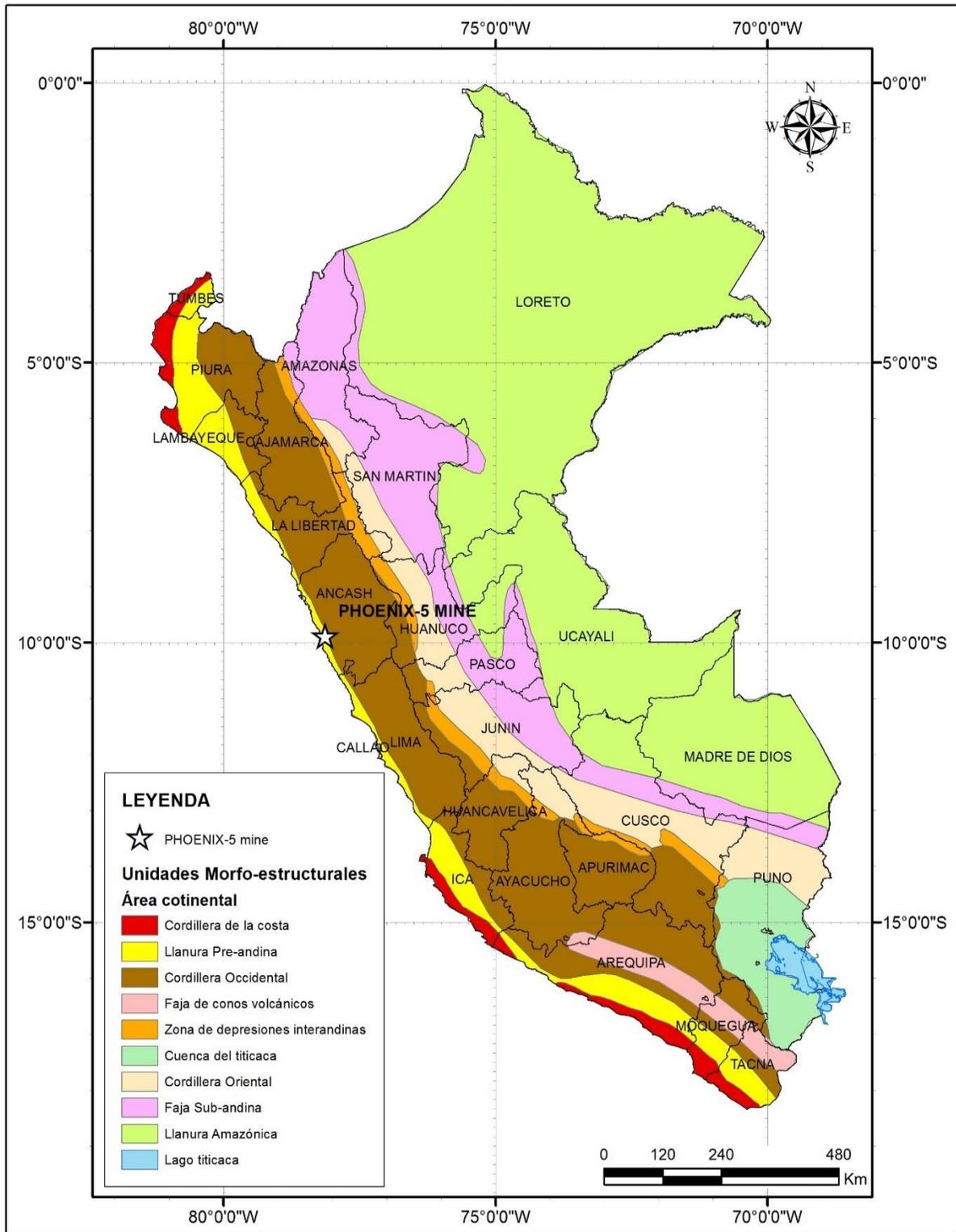


Imagen 01: Mapa de las unidades geomorfológicas regionales. La mina PHOENIX-5 está ubicado en la Llanura Pre-andina del Perú Central. Tomado del INGEMMET (Chacón, N. – 1996).

2.3. GEOMORFOLOGÍA LOCAL

Dentro de la llanura pre-andina se ha definido 5 unidades geomorfológicas locales (Mapa 03), que se sitúan entre los 140 y 500 m.s.n.m. Las cuales se describen a continuación.

2.3.1. VALLE DEL RÍO CULEBRAS

Esta unidad geomorfológica se encuentra en la parte más baja y al SE de la zona de estudio con una dirección ENE-OSO, a una altura promedio de 130 m.s.n.m., controlado por laderas empinadas en ambos flancos.

Hidrográficamente, el río Culebras discurre temporalmente, solo en estaciones de verano, donde las precipitaciones son intensas en zonas altas de la cordillera Occidental, desembocando en el océano Pacífico. Además, afecta el acceso peatonal y vehicular del mina por crecida del río. Éste valle presenta una anchura que alcanza los 800 m, que están depositados por sedimentos limo-arenosos a arenas fluviales de granulometría variada, lo cual es aprovechada como áreas agrícolas por los pobladores de la zona.

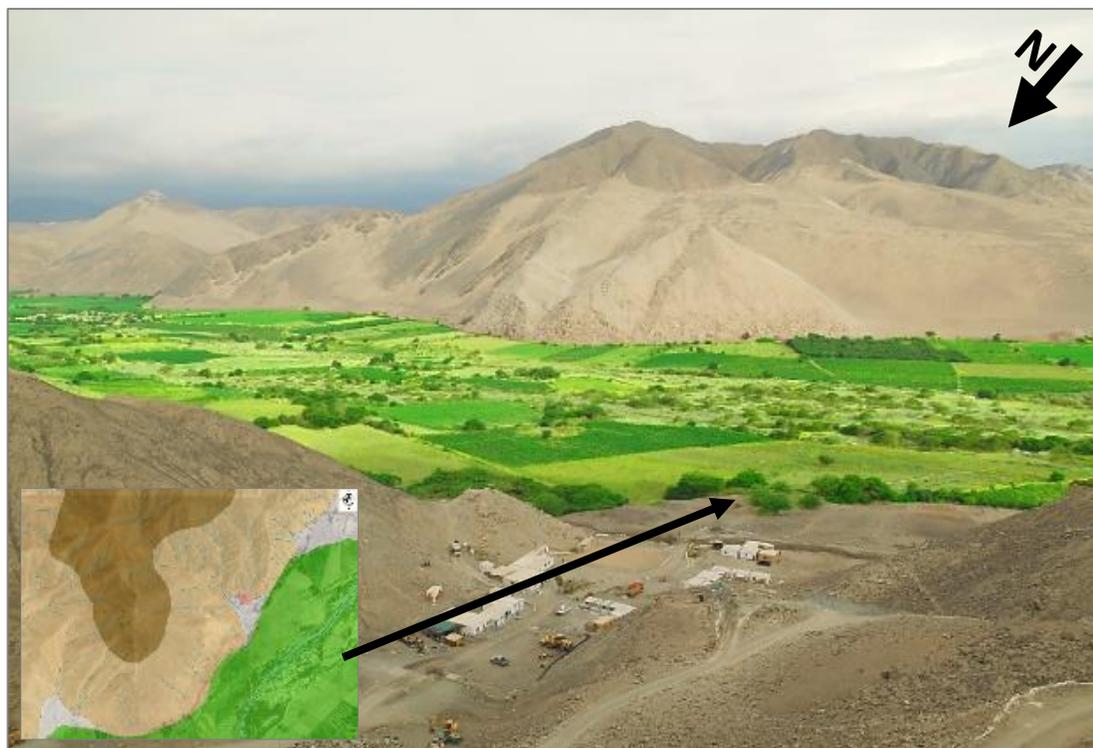


Foto 01: Vista al SE del valle Culebras donde ambas márgenes del río Culebras son aprovechadas para la agricultura. Los productos más cultivables son: Esparrago, sandía, uva y maracuyá.

2.3.2. QUEBRADAS

Las quebradas principales se localizan al SO y E del área de estudio con direcciones variadas: N-S, NO-SE y NE-SO; siendo quebradas colectoras principales de aguas pluviales estacionales.

Estas quebradas se caracterizan por ser sub-horizontales y/o de pendientes suaves que se sitúan entre los 150 y 270 m.s.n.m. que están rellenos por depósitos cuaternarios aluviales y coluviales.



Foto 02: Vista al NO, quebradas de pendientes suaves depositadas de sedimentos coluviales y aluviales, constituidas de rocas intrusivas y volcánicas de clastos angulosos a sub-angulosos, guijarros y limo-arenas.

2.3.3. DOMOS

Están constituidos por promontorios individuales, en algunas partes contiguos que sobresalen del terreno plano de las quebradas más importantes. Se desarrollan generalmente al pie de la unidad geomorfológica denominada laderas empinadas, tienen superficies de geformas suaves, ondulados y elongados con altitudes que varían entre 150 y 275 m.s.n.m., gran parte están constituidos por afloramientos intrusivos, volcánicos y volca-sedimentarios.



Foto 03: Vista al NE de un domo individual de composición granodiorita cerca del campamento Phoenix-5, vigilancia garita PV-2.

2.3.4. LADERAS EMPINADAS

Ésta unidad está formada entre los cerros y quebradas, presentan pendientes que van desde los 40° a 80° y con alturas que oscilan entre los 130 a 300 m.s.n.m. Están constituidos por andesita porfirítica, diorita phx-5, gabro phx-5 y volcano-sedimentarios.

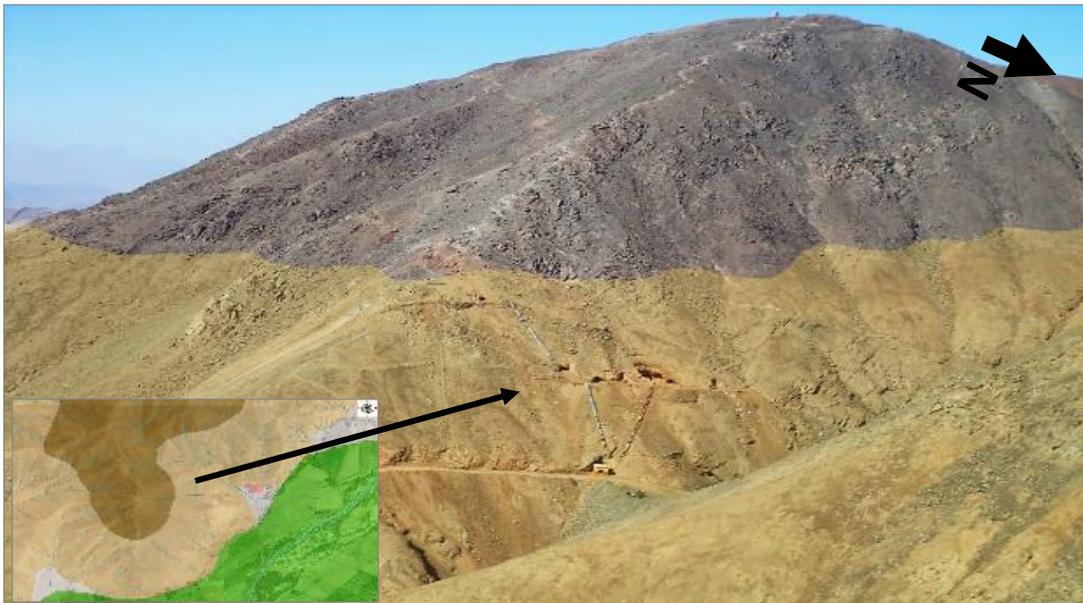


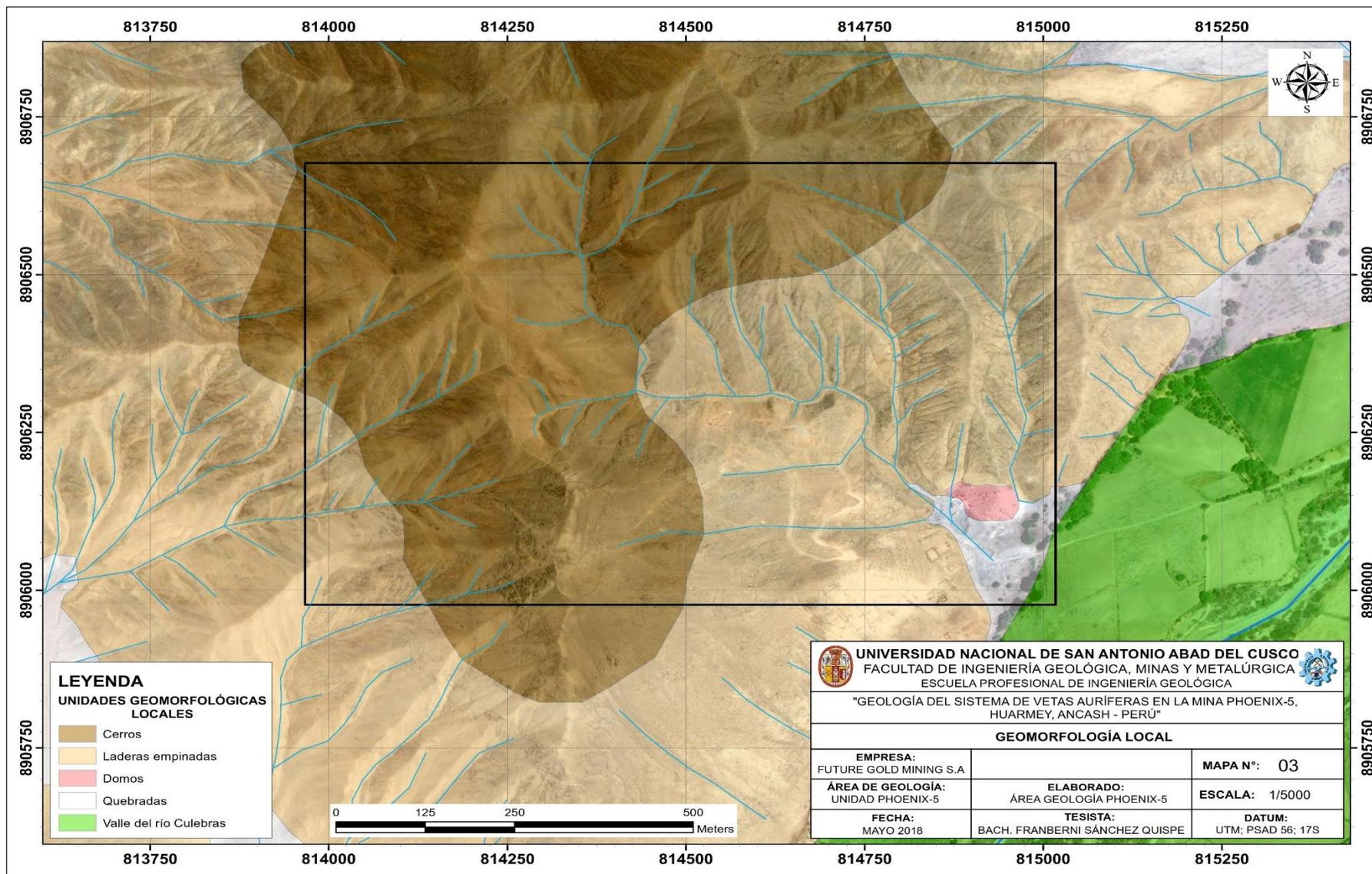
Foto 04: Vista al O, dentro de esta unidad geomorfológica se observa la bocamina del Nivel-2, la zona de óxidos de la veta-falla Virginia.

2.3.5. CERROS

Estas geoformas se encuentran en las zonas más altas del área de estudio, con una dirección SSO-NNE y forma parte de las estribaciones altas de la llanura Pre-andina. Se sitúan con alturas que van desde los 300 a 500 m.s.n.m. Gran parte de estas geoformas están constituidas por roca andesítica porfirítica. Se tiene al cerro principal, Barrera.



Foto 05: Vista al N, donde se observa al cerro barrera caracterizado por tener 2 crestas de dirección E-O. Constituido por afloramientos de andesita porfirítica.



Mapa 03: Geomorfología local.

CAPÍTULO III**ESTRATIGRAFÍA Y MAGMATISMO****3.1. INTRODUCCIÓN**

Presenta una geología regional de rocas volcánicas, volcano-sedimentarias, intrusivos, sistemas de diques volcánicos posteriores, rocas metamórficas producto del metamorfismo de contacto y depósitos cuaternarios. Van desde el mesozoico al cuaternario.

Regionalmente se tomaron como base los estudios realizados por el INGEMMET. Boletín N° 59, Serie A, 1995, Hoja 20-g Culebras y Boletín N° 55, Serie A, 1995, Geología del Perú. También algunos trabajos de investigación (papers) relacionados con el área de estudio. Localmente, se realizaron los estudios geológicos a partir de observaciones, recopilación de data e interpretación de los mismos realizados netamente en campo.

Se consideró a escala regional un radio de influencia en promedio de 10 km a partir de la mina PHOENIX-5 y localmente sólo el área de operación actual.

3.2. ESTRATIGRAFÍA REGIONAL**3.2.1. EVOLUCIÓN ESTRATIGRÁFICA****3.2.1.1. MESOZOICO (Cretácico Inferior – Superior)****3.2.1.1.1. GRUPO CASMA (Albiano – Cenomaniano) (112 - 93 Ma)**

Está representado por una importante secuencia volcano-sedimentaria de facies marinas tholeíticas y calcosilicatadas, posteriormente intruidas por el batolito de la Costa. Los volcánicos del Grupo Casma representan la facie del eugeosinclinal, en el lado Occidental se mantuvo el vulcanismo muy activo, sobre todo en la región central, depositando lavas y piroclastos en un medio submarino y marginal al continente las mismas que por cambios laterales pasan al Oriente a una sedimentación carbonatada.

Según Jacay et al., 2003, el Grupo Casma consiste en derrames de andesita, dacita, riolita, piroclastos intercalado con areniscas (greywackes) y pelitas que totalizan ~3000 m de espesor.

Las formaciones Junco y la Zorra constituyen el Grupo Casma del cuadrángulo Culebras 20-g.

3.2.1.1.1. FORMACIÓN JUNCO (Albiano inferior – Albiano medio)

A lo largo del flanco derecho del valle de Culebras entre los cerros Junco Chico y Tenten se encuentran una secuencia de lavas almohadilladas, flujos y brechas. Penetrados por diversos plutones del batolito sufriendo diversos grados de metamorfismo.

Litología y espesor.- Se distinguen claramente lavas almohadilladas, flujos lávicos (lavas andesíticas masivas) intercaladas con algunos aglomerados, lavas brechadas, areniscas volcanoclásticas, hialoclastitas y en algunos casos horizontes tobáceos. La mayoría de las rocas son de grano fino, gris oscuras a verdosas. El tamaño de las almohadillas en promedio oscila entre 50 cm y 1 m.

Los aglomerados que se encuentran son grises, con coloraciones marrones (meteorización irregular), también pueden observarse texturas porfiríticas y afaníticas. Las lavas autobrechadas consisten de clastos de lavas porfiríticas con material de grano fino de composición similar. Las hialoclastitas están parcialmente compuestas de flujos de lava y se encuentran entre estas las almohadillas a modo de cuerpos lenticulares, las constituyen fragmentos angulosos de lavas y fragmentos vítreos así como cortezas vítreas correspondientes a almohadillas.

El espesor promedio de las lavas almohadillas es de 20 m, mientras que el grosor total es muy variable, según la proximidad o lejanía de la zona de emisión. E. Cobbing asume un espesor de 1500 a 2000 m, valor que permite dar una idea del volumen del material lávico que conforman los paleo-volcanes por donde fue expedido el magma.

Metamorfismo.- Los factores del metamorfismo que han actuado sobre la formación Junco son la temperatura, quien incrementó notablemente debido al emplazamiento de cuerpos intrusivos mayores y menores y la presión, en nuestra zona de estudio ha tenido efecto en las rocas generando un clivaje y una esquistosidad incipiente.

Las lavas almohadilladas han sido endurecidas formando hornfels donde la epidota los ha reemplazado notoriamente y especialmente en la proximidad del batolito.

3.2.1.1.1.2. FORMACIÓN LA ZORRA (Albiano medio a Cenomaniano)

Es más sedimentaria y se compone de una intercalación de areniscas volcanoclásticas, areniscas limosas, piroclastos, flujos de andesita en capas delgadas, microconglomerados y conglomerados tipo *debris flow*. La formación La Zorra característicamente está bien estratificada y presenta mayor grado de plegamiento que otras unidades del Grupo Casma, muestra un buen desarrollo en la quebrada del río Culebras, con muy buenas

exposiciones en el tramo inferior de la quebrada río Seco y a lo largo de la autopista Panamericana Norte.

Litología y espesor.- Reúne una variedad de sedimentitas y rocas volcánicas especialmente piroclásticas, que se encuentran bien estratificadas; se observa claramente las estructuras de deformación tipo pliegues, los que son fácilmente distinguibles en las fotografías aéreas.

La unidad sedimentaria consiste en andesitas porfíricas intercaladas con limolitas marrón amarillentas, tobas riolíticas, lavas, aglomerados, areniscas y limolitas marrón a gris, con algunas limolitas laminadas. Esta unidad forma un anticlinal debajo de los aglomerados verdes y tobas de lapilli. No se expone la base de esta secuencia. La unidad ha sido afectada por 2 cuerpos de dolerita a modo de cuello que pueden ser las raíces de la zona de erupción volcánica. En algunos casos se observa disyunción columnar a modo de domo, lavas que tienen diámetros menores de 500m.

La unidad de aglomerados verdes yacen sobre la unidad sedimentaria e infrayace a las tobas de lapilli. Consiste de flujos andesíticos amigdaloides y porfíricos asociados con aglomerados, con un miembro tobáceo en la parte superior. Hacia el Este ha sido cortado por gabros. La base de los aglomerados es de color naranja-rojizo (por meteorización) y está fracturada intensamente. Sobre las lavas los aglomerados tienen estratificación maciza, los fragmentos son sub-redondeados y sobre los aglomerados existen capas de limolitas laminadas de 3 a 4 m y estratos gradados con espesores de 7 m a 30 cm.

La unidad de tobas de lapilli afloran al Norte de la punta El Castillo en el litoral, sobreyace en discordancia a las unidades anteriores, mostrando pliegues; la capa más inferior consiste de flujos con intercalaciones de tobas y aglomerados a los cuales se yuxtaponen aglomerados y tobas de lapilli color marrón, indicando que las condiciones durante su acumulación pudieron ser subaéreas. Un flujo de lava que sobreyace a las tobas y a los aglomerados, tiene una base brechada y bandas vesiculares en la parte superior, la lava es de color gris verdoso con fenocristales de feldespatos hasta de 8 mm y amígdalas alargadas de 2.5 cm tienen textura pilotaxítica a intersertal.

Sobre las lavas se observa aglomerados masivos, marinos las cuales pasan a aglomerados finos y tobas de lapilli, también pueden gradar a tobas laminadas con grosores de 20 cm. Las tobas de lapilli son tobas de cristal fino con estructuras lenticulares y deformes. Desde la punta El Castillo hacia el Sur pasando por Culebras hasta el cuadrángulo de Huarmey, a lo largo de la franja litoral se encuentra una mezcla caótica de volcánicos, que se caracteriza por la presencia de lavas andesíticas, porfíricas y tobas estratificadas de vidrio y cristales con coloraciones marrón amarillentas los

que forman una brecha enorme de bloques plegados dispuestos en forma desordenada asociados con la brecha se encuentran aglomerados y tobas. Las brechas consisten en grandes bloques hasta de 40 m de largo.

Los espesores promedio de la unidad de tobas de lapilli color marrón es de 358 m presentando una discordancia con la unidad de aglomerados verdes de 442 m y una no conformidad con la unidad sedimentaria con 300 m, esta última siendo la más antigua.

Metamorfismo.- Las tobas y aglomerados están silicificados parcialmente, cuando se encuentra en contacto con el batolito. El proceso de metamorfismo de contacto no ha alterado las texturas originales y tampoco se observan estructuras de deformación.

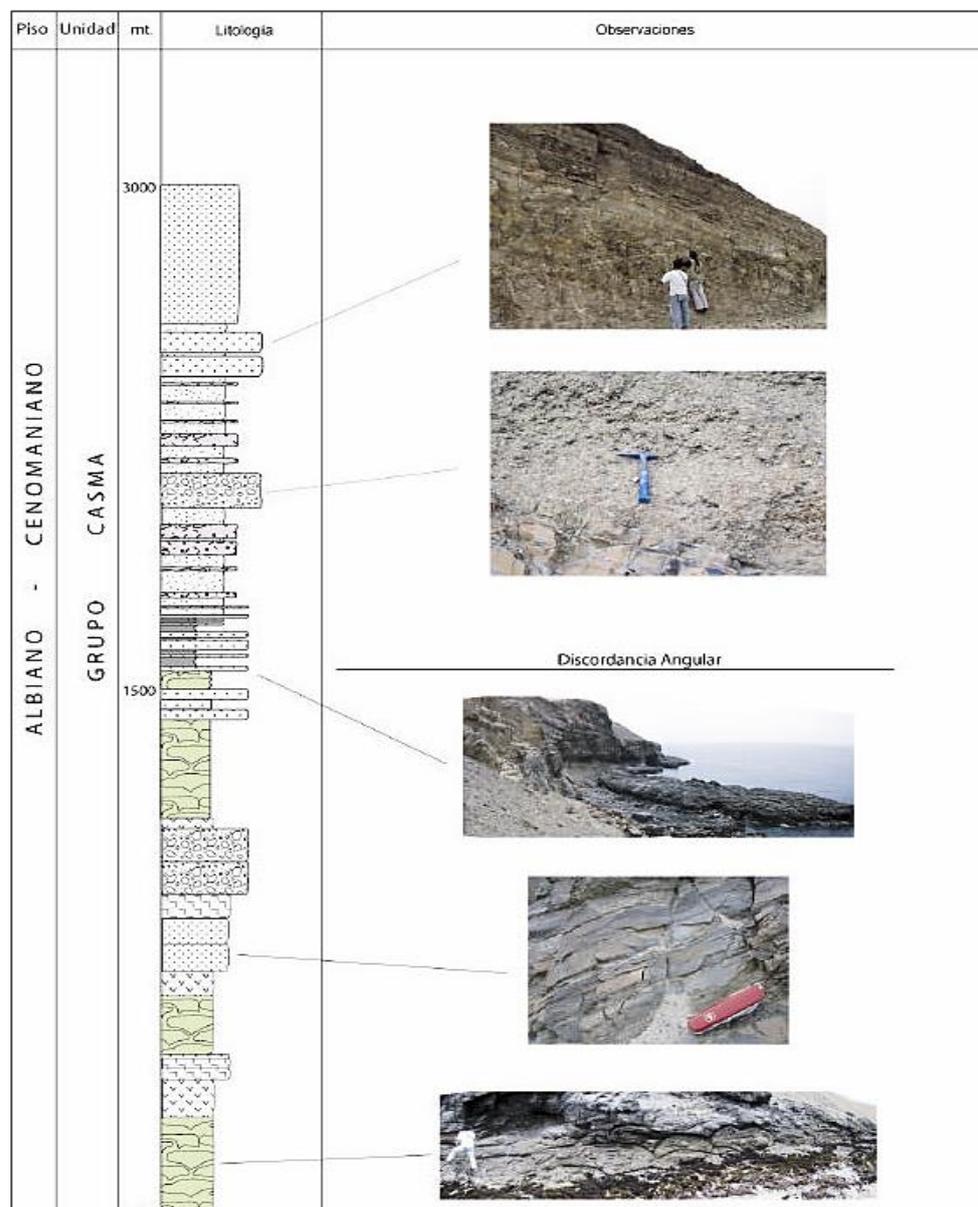


Imagen 02: Columna estratigráfica del grupo Casma. Tomado de Romero et al, 2006.

3.2.1.2. CENOZOICO (Cuaternario)

3.2.1.2.1. DEPÓSITOS RECIENTES (Pleistoceno - Holoceno)

Las acumulaciones recientes e inconsolidados (producto de los procesos de meteorización, erosión y transporte) están conformados por depósitos aluviales, eólicos y marinos.

3.2.1.2.1.1. ALUVIALES (Pleistoceno- Holoceno)

Estos son muy comunes, pues se presentan a lo largo de los valles, en la desembocadura de los ríos y en el mar donde forman abanicos de gran espesor. Están constituidos por un complejo de fragmentos angulosos y sub-redondeados provenientes de rocas intrusivas, volcánicas, conglomerados, areniscas, lutitas y limolitas; mayormente en estratos lenticulares. Los depósitos de pie de monte se localizan a lo largo de los contrafuertes de la cordillera.

3.2.1.2.1.2. EÓLICOS (Pleistoceno- Holoceno)

Están compuestos por arenas inconsolidadas, se presentan a manera de amplias franjas alineadas según la dirección del viento, formando en zonas llanas corredores de dunas (barcanas). Cubren grandes extensiones en la llanura costanera y en las partes bajas del flanco andino.

3.2.1.2.1.3. MARINOS (Pleistoceno- Holoceno)

Dentro de estos depósitos incluyen tablazos y tierras marinas a lo largo de la costa. Son conglomerados, areniscas, coquinas y limolitas, con abundante fauna marina. Los depósitos de arenas de la playa a lo largo del borde litoral constituyen depósitos marinos recientes.

3.3. MAGMATISMO REGIONAL

La franja costanera y las estribaciones occidentales de la cordillera Occidental del Perú central, de acuerdo a la disposición espacial y evolución magmática, presentan cuerpos plutónicos pertenecientes al batolito de la costa.

3.3.1. MESOZOICO (CRETÁCICO INFERIOR - SUPERIOR)

3.3.1.1. BATOLITO DE LA COSTA (Albiano medio – Paleoceno) (105 – 60 Ma)

Corresponde a uno de los ensambles plutónicos más extensos e importantes de los Andes (Soler, 1991). Este ensamble plutónico calco–alcalino estructuralmente forma una franja de dirección NO-SE que se extiende de manera “continua” sobre toda la costa peruana, posee entre 30 y 80 Km de ancho y aproximadamente 2000 Km de largo, aunque sumando los plutones aislados que se extienden en el

alineamiento plutónico desde Chile al Ecuador, la longitud alcanza 2600 Km (INGEMMET; Romero, 2007). Los primeros estudios y los más completos del batolito de la Costa fueron realizados por Pitcher et. al. (1985) quienes dividieron toda la franja del batolito en 5 segmentos. De Norte a Sur se tiene el segmentos: Piura, segmento Trujillo, segmento Lima, segmento Arequipa y segmento Toquepala (Mapa 04). Posteriormente, Soler (1991) realiza una reinterpretación de esta franja de intrusivos y propone una subdivisión de episodios de emplazamiento en base a las edades radiocronológicas. En base a dataciones realizadas, principalmente por el método U–Pb y relaciones estratigráficas con rocas volcánicas infrayacientes y suprayacientes, los intrusivos del batolito de la Costa fueron divididos en 3 etapas de intrusión:

Primera etapa de intrusión: Entre 105 y 90 Ma; relacionada con los depósitos volcano-sedimentarios del grupo Casma.

Segunda etapa de intrusión: Entre 90 y 70 Ma; no tiene depósitos volcánicos contemporáneos.

Tercera etapa de intrusión: Entre 70 y 60 Ma, relacionada con depósitos volcano-sedimentarios del Cretácico superior – Paleoceno (Romero, 2007).

Los Intrusivos entre 105 y 90 Ma forman parte de los plutones ubicados en el extremo Oeste del batolito de la costa. Corresponden a las superunidades Patap, Santa Rosa (facies Huaricanga y Corralillo), Jecuan y Tiabaya (Pitcher et al., 1985); así como también a unidades no asignadas como Lachay. Estos intrusivos tienen composiciones que van de gabros, tonalitas, granodioritas hasta monzogranitos. Los intrusivos son de pequeñas dimensiones e intruyen a rocas del Cretácico inferior Grupo Casma. Los intrusivos entre 90 y 70 Ma, corresponden a plutones ubicados en la parte Centro-Occidental de los afloramientos del batolito de la costa, comprenden las superunidades de Patap, Santa Rosa (facies Huaricanga y Corralillo) y Humaya (Pitcher et al., 1985). Presentan dimensiones medianas. La composición de estos intrusivos varían de gabros, tonalitas, granodioritas hasta monzogranitos e intruyen a rocas del Cretácico inferior (grupo Casma). No se han determinado los productos volcánicos equivalentes a estos intrusivos. Finalmente, la etapa de las intrusiones entre 70 y 60 Ma, corresponde a los mayores volúmenes del batolito de la Costa, estos plutones abarcan toda la parte oriental del batolito. Comprenden las súperunidades de Patap, Paccho, Santa Rosa (facies Huaricanga y Corralillo), San Jerónimo, Puscao, Sayan y Humaya (Pitcher et al., 1985). La composición de estos intrusivos es variable presentándose gabros, tonalitas, granodioritas hasta monzogranitos. Intruyen a rocas del grupo Casma y a los depósitos del Cretácico Superior. Estos intrusivos estarían relacionados al vulcanismo del Cretácico Superior – Paleoceno (Polliand, 2005 y Romero, 2007).

El área de estudio se ubica dentro del segmento Lima que tiene 400 km desde Chimbote a Lima. El orden de emplazamiento de los plutones en el segmento Lima está dada de la siguiente manera: (1) súper unidad Patap, (2) Jecuan, (3) Santa Rosa, (4) Humaya, (5) La mina, (6) San jeronimo, (7) Puscao (8) Cañas- Sayán, (9) Paccho, (10) Pativilca, (11) Dioritas tempranas y monzogranito de Lumbre. (Samuel B Mukasa 1986)

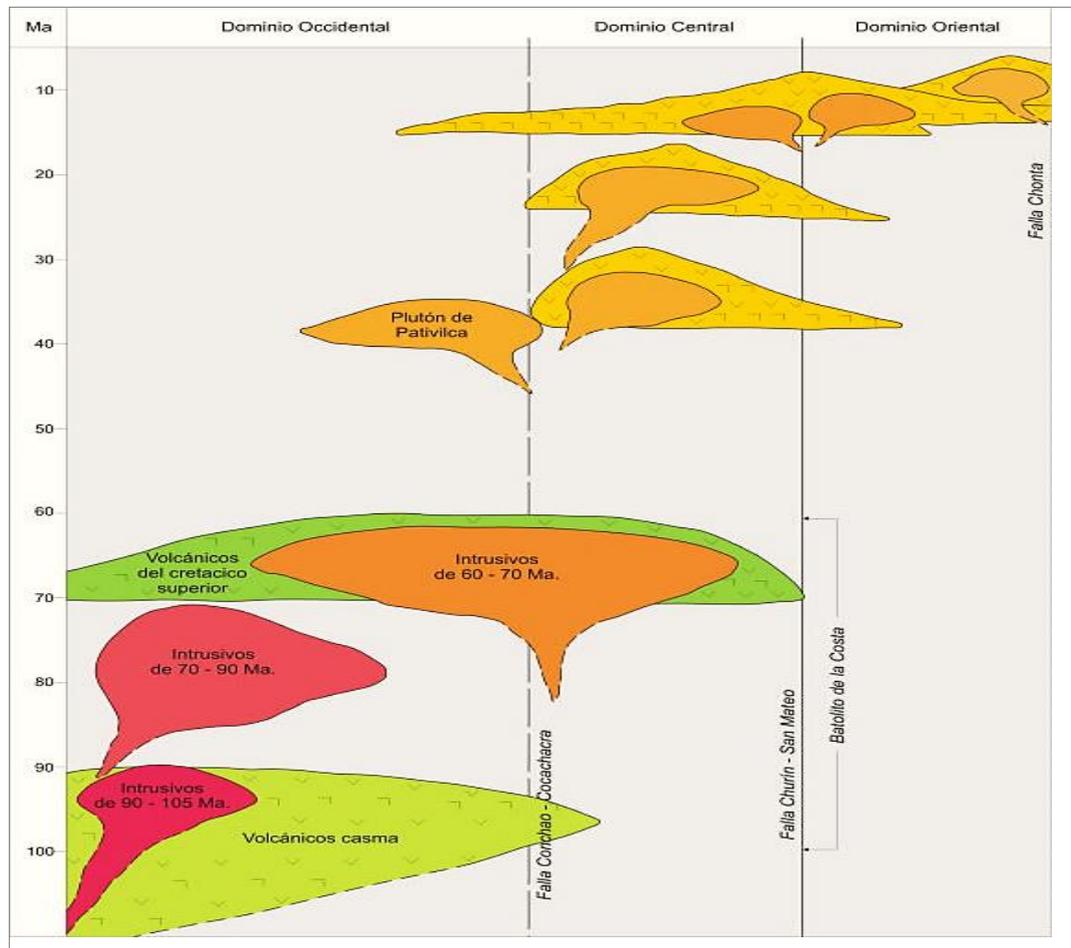


Imagen 03: Distribución espacial y evolución magmática de la zona Costera y cordillera Occidental del Perú Central, Samuel B Mukasa 1986.

3.3.1.1.1. SEGMENTO LIMA

El segmento Lima del batolito de la costa está constituido por cuerpos de algunos kilómetros hasta afloramientos individuales. Este segmento está representado por una serie de intrusivos de composición variada que van desde el gabro hasta granodiorita.

Todas estas ocurrencias intrusivas están enmarcadas dentro de un conjunto de súper unidades las cuales sólo se describirá considerando a escala regional un radio promedio de influencia de 10 km a partir de la mina PHOENIX-5.

3.3.1.1.1. SUPER UNIDAD PATAP (Cenomaniano – Turoniano)

Constituye la unidad básica más antigua del batolito de la costa que se distribuye como remanentes dispersos en las márgenes occidental y oriental así como en la parte central del batolito. Sus contactos intrusivos originales rara vez se observan, generalmente ha sido cortado por cuerpos intrusivos posteriores y de naturaleza más ácida.

Los componentes intrusivos iniciales del batolito de la Costa, varían en un rango desde gabro a diorita; según sus características petrográficas se tienen cuerpos de gabro, diorita, microdiorita a diabasa y un complejo de diques, cada uno de ellos tiene una forma y distribución espacial.

Los afloramientos de gabros tienen coloraciones oscuras que se diferencian de las rocas adyacentes por su mayor resistencia a la erosión.

3.3.1.1.2. SUPER UNIDAD SANTA ROSA (Turoniano – Coniaciano)

El lado Oeste del batolito está compuesto por un complejo muy variado de tonalita ácida. La Súper Unidad Santa Rosa es la más amplia de las unidades intrusivas que forman el batolito cubriendo aproximadamente el 60% del área total, correspondiente a las rocas intrusivas.

Si bien es cierto la tonalita es el tipo de roca predominante dentro de esta súper unidad, existen diferencias que pueden variar de composición diorítica a granodiorítica y también a monzogranítica, siempre con la tendencia predominante a variaciones ácidas de las rocas más recientes. Así se tienen 2 facies litológicas en nuestra área regional que son:

- Tonalita Huaricanga 2
- Granodiorita -Tonalita Corralillo 2

Los contactos de la súper unidad con unidades más recientes del batolito son marcados y verticales. Al contacto con rocas volcano-sedimentarias, la súper unidad contiene xenolitos de diferentes densidades, sin embargo no se observa contaminación. Las rocas volcano-sedimentarias están moderadamente alteradas, desarrollando simplemente texturas y minerales de contacto metamórfico; sin embargo, al contacto con miembros básicos más recientes de la unidad Santa Rosa, están por lo general contaminados. También se observan diques paralelos al eje del batolito que indican un emplazamiento durante periodos distensivos y algunos simultáneos al enfriamiento de la roca, sus anchuras varían de varios cm hasta 5 m que pueden seguirse en promedio hasta por 1 Km, aunque algunos pueden seguirse a lo largo de 7 a 8 Km.

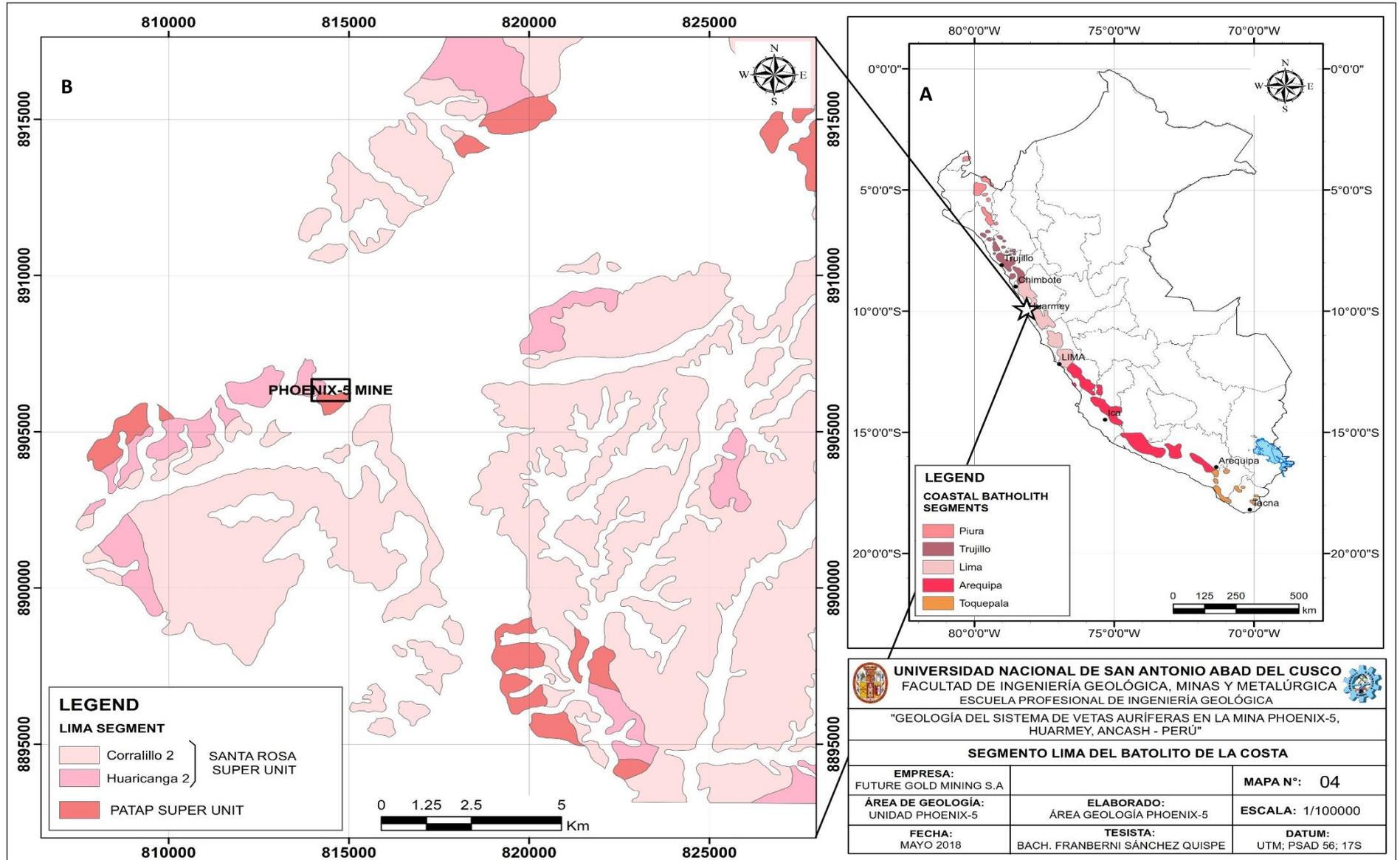
Petrográficamente las unidades de la súper-unidad Santa Rosa poseen características similares, lo que indica que todas ellas derivan de la misma fuente y la presencia de varias facies gradacionales sugieren que esta súper-unidad forma un grupo "consanguíneo" que representa una diferenciación secundaria de la tendencia principal del batolito que va de básica a ácida (Pitcher, 1974).

HUARICANGA 2.- Muchos de estos depósitos de tonalita, se encuentran cubiertos por arena eólica, así como muchas de estas rocas han sido cortadas por intrusivos posteriores. Sin embargo pueden notarse un gran número de contactos a través de cambios litológicos gradacionales y de apariencia moteada. No se notan patrones regionales de contactos.

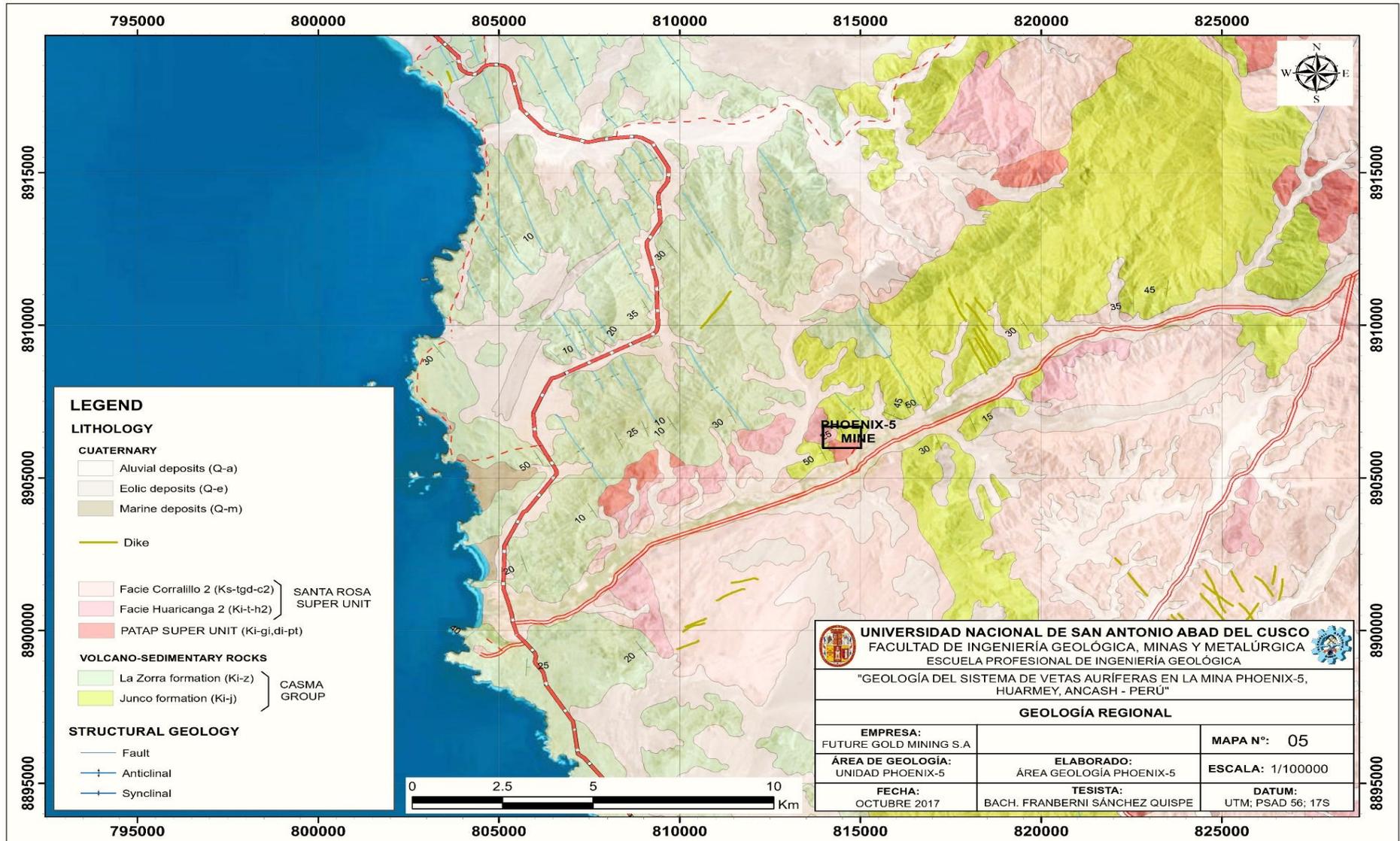
Las rocas de Huaricanga 2 son mayormente tonalitas oscuras bastante homogéneas, que poseen una textura y un arreglo mineral común con algunas variaciones a granodiorita. La tonalita de la unidad Huaricanga 2 usualmente lleva pequeños xenolitos de microdioritas poco notorias.

CORRALILLO 2.- Mayormente son rocas tonalita – granodiorita, el emplazamiento de esta unidad es en partes escarpado, estos plutones muestran una interesante evolución progresiva del mecanismo de emplazamiento. Ocurren múltiples variaciones internas, dentro del plutón existen acumulaciones concéntricas gradacionales de tonalita más oscura no muy bien notoria, las que se aproximan en composición a una cuarzo-diorita, siendo también más básicas que la sub-unidad marginal Corralillo 1. Alrededor de los contactos externos con sedimentitas se nota una tendencia marcada a las compresiones y la caolinización, las que son acompañadas por enriquecimiento de Cuarzo, Ortoclasa y Epidota, asimismo se nota la alteración a lo largo de diaclasas. Un fenómeno similar ocurre en franjas apretadas dentro de la tonalita y la alteración es probablemente el resultado de posterior actividad hidrotermal a lo largo de zonas de debilidad en el plutón. Por otra parte no se notan características estructurales en el contacto, lo que indicaría una diferenciación in-situ de alguno de ellos o un contacto por 2 "pulsos" de magmas contemporáneos.

No existen muchas estructuras internas en la tonalita, estando limitadas sólo a los xenolitos orientados, bandeamiento y diaclasas. Las estructuras de bandeamiento oscuros son ricos en hornblenda y biotita con cantidades menores de plagioclasa y cuarzo. En pequeña escala parece que el sistema de diaclasas del plutón fue iniciado en un estado antes de la consolidación final del plutón, ya que estas diaclasas son seguidas siempre por aplitas y pegmatitas.



Mapa 04: A) Distribución y límites de los segmentos del batolito de la Costa en el Perú, realizado por Pitcher et al., (1985), (Tomado de Soler 1991). B) Distribución de las súper unidades del segmento Lima relacionado a nuestra área de estudio regional.



Mapa 05: Geología regional, tomada del cuadrángulo 20-g, INGEMMET (1995)

3.4. BASAMENTO DE LA LLANURA PRE-ANDINA Y LA CORDILLERA OCCIDENTAL

Para poder comprender el contexto estratigráfico andino del Perú Central se ha realizado en base a los estudios realizados, una breve descripción del basamento de la cordillera Occidental.

Los últimos estudios e interpretaciones del basamento de la cordillera Occidental y Altiplanicies del Perú Central, son los propuestos por Polliand et al. (2005), Schaltegger et al. (2005) y Bahlburg (2006). Estos autores indican la ausencia de basamento proterozoico debajo de la cordillera Occidental y Altiplanicies, existiendo únicamente una corteza oceánica de probable edad Permo- Triásica y relacionada con el rift desarrollado en este periodo.

Por otra lado, las evidencias de la corteza continental en el Perú Central Pethford (1996) estudia los afloramientos del batolito Costero y reconoce que los isótopos de Hafnio y Neodimio poseen valores muy positivos, arriba de +4%, lo cual indicaría una proveniencia directa del manto, ya que los valores de -3 a -5% provienen de la corteza continental, por lo cual Pethford concluyó que el batolito costero es un material juvenil derivado directamente del manto.

Es necesario mencionar que los arcos magmáticos se diferencian, y podemos tomar como ejemplo el arco magmático de Nicaragua donde se originan basaltos en profundidad y llegan basaltos en superficie, lo cual indicaría que la roca no evolucionó como consecuencia de la ausencia de corteza sílica (pues la roca no tuvo con que contaminarse) porque la actividad magmática se desarrolló en un régimen extensional (Ramos, 2009a).

Acorde con esto podemos mencionar que el batolito costero del Perú se fue generando durante el Cretácico Inferior y se emplazó durante el Cretácico superior. Durante su generación las rocas provenientes de la astenósfera sufrieron cristalización fraccionada y pasaron a tener composición granítica pero no asimilaron grandes cantidades de roca caja durante su emplazamiento debido a la actividad del régimen extensional, esto explicaría la fuerte preponderancia de material básico en las rocas del batolito (Pethford et. al., 1996).

Chew (2007) soporta su tesis en la hipótesis propuesta por Polliand (2005), quien interpreta la ausencia de corteza continental entre los 9°S y 13°S basándose en isótopos de Hf obtenidos sobre zircones que brindan valores entre 5.9 ± 0.4 y 6.6 ± 0.5 , así mismo enfatiza la ausencia de zircones de edad proterozoica en rocas del batolito costero y presenta perfiles gravimétricos que revelan zonas con densidad de 3 g/cm³ (Couch et. al., 1981; Jones, 1981). La hipótesis de Polliand (2005) claramente permite explicar la componente positiva de los isótopos de Hf que poseen las rocas del batolito costero; sin embargo, la zona que propone como corteza oceánica tendría que manifestar una fuerte anomalía de bouguer positiva similar a lo que ocurre en Ecuador y en Colombia (debido a la presencia de substrato oceánico), lo cual no sucede (Reporte interno Savia).

Ramos (2009b) propone como substrato de las cuencas de antearco peruano al bloque de Paracas (Figura 04A) que estaría expuesto en la isla de las Hormigas (Kulm et. al., 1981; en Thornburg & Kulm, 1981).

Los afloramientos precámbricos–paleozoicos más cercanos a la zona de estudio corresponden a la cordillera de la Costa y al complejo Marañon, mientras que el reconocimiento geológico de campo en las islas Lobos de Tierra, Lobos de Afuera (Savia, 2006) y Las Hormigas (Kulm et. al., 1981; en Thornburg & Kulm, 1981) brinda evidencias de rocas metamórficas asignadas como Precámbricas–Paleozoicas, así mismo los pozos perforados en la cuenca Trujillo (Ballena 1-X, Delfín 1-X y Morsa 1-X) llegaron hasta unidades litológicas compuestas por filitas y esquistos de posible edad Precámbrica–Paleozoica.

En conclusión, todos estos datos integrados a la información sísmica, perfiles gravimétricos que revelan zonas con densidad de 3 g/cm^3 y magnetométrica permiten considerar que dichas unidades litológicas compuestas por filitas y esquistos de posible edad Precámbrica–Paleozoica y/o Permo- Triásica, relacionada con el rift desarrollado en este periodo, conformarían el Basamento cristalino de la Plataforma y costa del Perú Central (Figura 04 B).

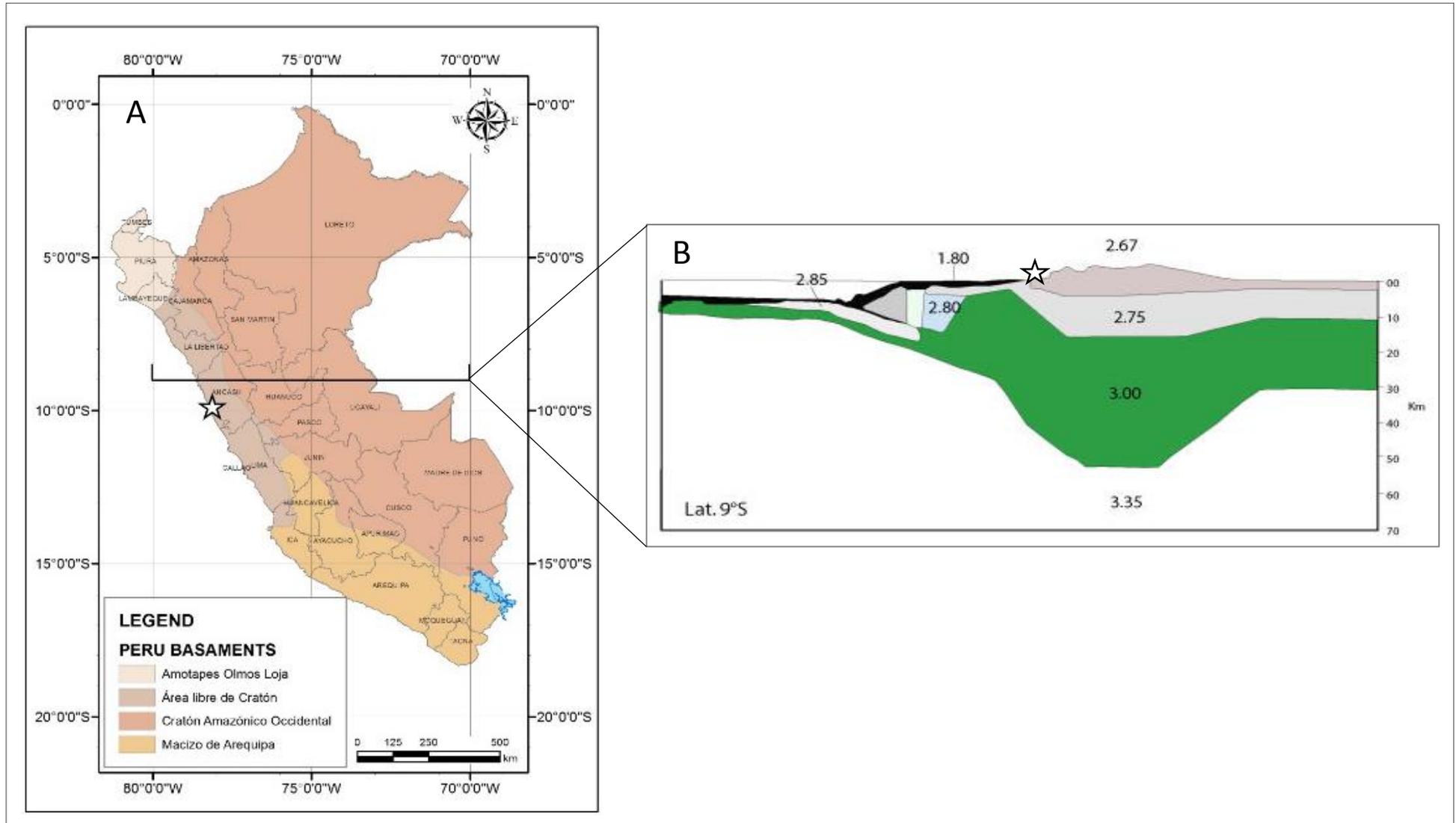


Imagen 04: A) Distribución y el área de influencia de los diferentes tipos de basamentos del Perú, tomado de Schaltegger et al., 2006. **B)** Sección gravimétrica a latitud 9°S donde muestra el posible basamento de densidad 2.75 g/cm³ (color verde). Tomado de thornburg y kulm, 1981.

3.5. LA CUENCA DE HUARMEY

El sector occidental de la fosa del occidente peruano, la cuenca de Huarmey, fue rellenada por lavas almohadilladas, mantos lávicos andesitas basálticas, hialoclastitas, tobas y subordinados fangos calcáreos y silíceos. La máxima subsidencia ocurrió en el albiano con la acumulación de 9000 m de relleno de cuenca. Esta secuencia fue más tarde intruída por gabros y diques y a posterior por el batolito de la costa. La cuenca es una cuenca marginal de extensión que se continúa con otras de similar edad hacia el Sur. Análisis de facies indican que la cuenca fue relativamente profunda sin influencia continental y de comportamiento acorde con los sistemas de extensión y off-axis en el medio oceánico, las estructuras en superficie y en profundidad indican que la corteza fue fracturada y que la cuenca fue tapizada por material del manto. La cuenca muestra una marcada polaridad con basaltos tholeíticos en el centro y rocas ácidas ricas en potasio hacia el margen Este, con tipos intermedios entre ambos extremos. Los cambios petrológicos y geoquímicos se relacionan con cambios composicionales laterales en la roca fuente. Variaciones seculares están también presentes e indican una fuente calco-alcalina que dio lugar a una de basalto centro-oceánico con influencia continental variable. La cuenca es parte de un evento mayor de rifting en el cretáceo que afecta todo el margen occidental de sudamérica y el cual es un precursor importante y necesario precursor de una intrusión batolítica de gran escala.

En resumen, la cuenca Huarmey constituido principalmente por rocas andesíticas basálticas es un gran potencial por depósitos de tipo Fe-Cu-Au (IOCG). La cuenca está limitada en el Este por el eje Tapacocha y en el Oeste por el outer shelf high OSH (anticlinal) el cual es una estructura compleja del basamento de dorsales de edad paleozoica y/o precámbrico (Couch *et al.*, 1981; Jones, 1981).

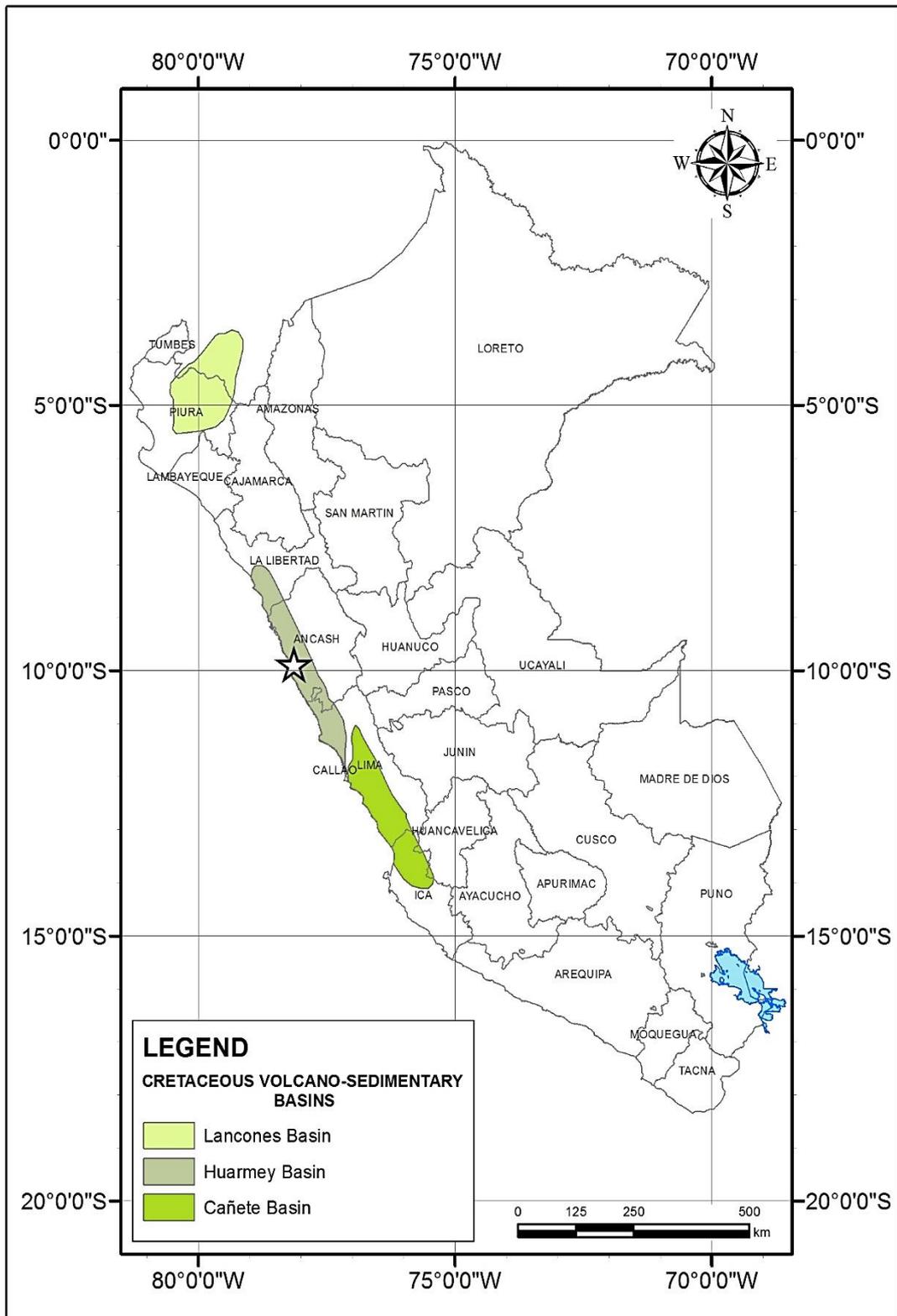


Imagen 05: División de los afloramientos volcano-sedimentarios del Grupo Casma depositadas en las cuencas cretácicas en la parte Occidental del Perú. La cuenca Huarmey es un gran potencial de Fe-Cu-Au (IOCG), Atherton et al 1985.

3.6. ESTRATIGRAFÍA LOCAL

Dentro del área de estudio, se ha definido 5 unidades litológicas, constituida por rocas volcánicas, volcano-sedimentarias, diques, depósitos recientes aluviales y fluviales.

3.6.1. ROCAS VOLCÁNICAS Y VOLCANO-SEDIMENTARIAS

3.6.1.1. ANDESITA PORFIRÍTICA

Esta unidad litológica es la más importante y extensa, aflora principalmente en la parte Central y Norte de la zona de operación actual (cerro Barrera).

En campo se observa una secuencia de lavas de colores gris-oscuro de composición intermedia. De acuerdo a los estudios petrográficos presenta una textura de predominancia porfirítica y en partes microlítica-hialopilítica donde los tamaños de granos son microcristales formando listones alargados. La composición mineralógica esta compuesta por plagioclasa Na-Ca 73%, hornblenda-biotita 14%, opacos 3% y vidrio 10%. De acuerdo a las características petrológicas como su textura, composición química de la roca se pueden mencionar que son las rocas hospedantes más favorables para albergar la mineralización puesto que las mayores potencias de sulfuros masivos se encuentran dentro de esta unidad litológica.

Asi mismo, esta unidad se encuentra afectada por un metamorfismo de contacto local como consecuencia de la intrusión posterior de la diorita phx-5 perteneciente al batolito de la Costa, generando hornfels silicificado y una esquistosidad incipiente, cuyo protolio son las andesitas porfiríticas. Por otra parte se ha desarrollado venillas de anfíboles como la actinolita dentro de las andesitas porfiríticas y también dentro del intrusivo. Más al Norte se observa a las andesitas con presencia de unos glóbulos redondeados de coloración gris-blanco, al parecer producto de presencia de fluidos hidrotermales.

Pertenece a la formación Junco de edad Albiano Inferior según datación INGEMMET, Boletín N° 59; Serie A; 1995. Hoja 20-g Culebras.



Foto 06: En superficie se observa los afloramientos de la andesita porfírica de coloración gris oscuro con un fracturamiento fuerte y posteriormente cortado por diques verdosos también de composición andesítica.

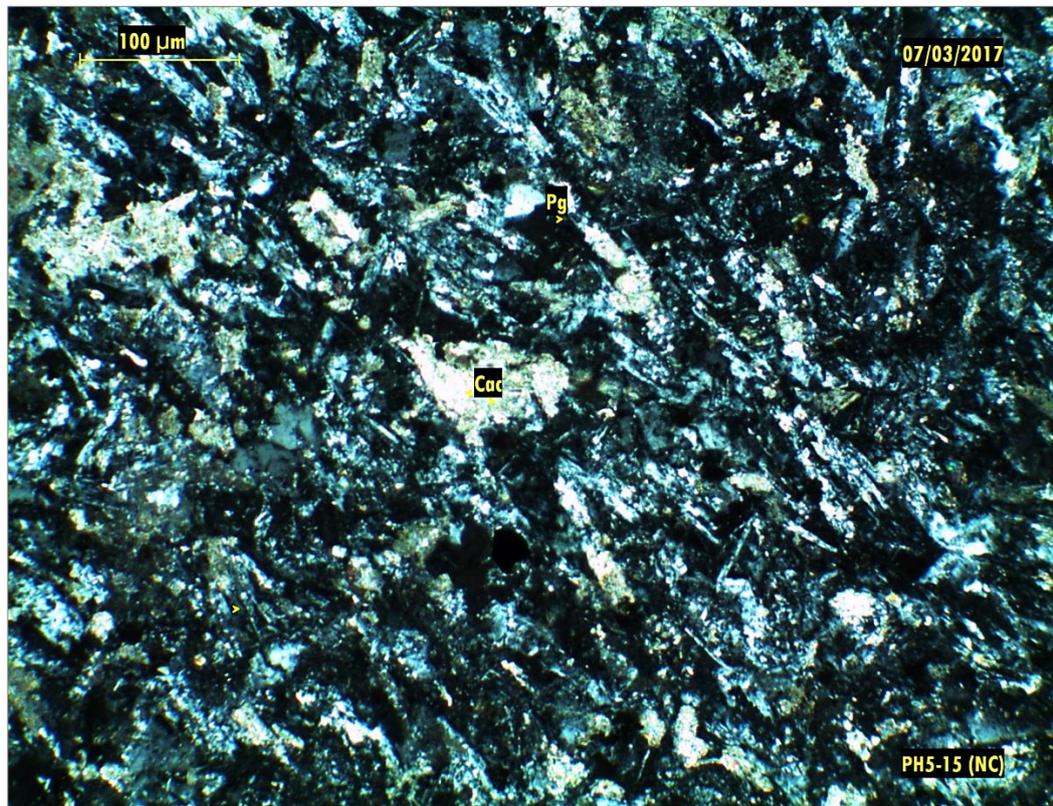


Foto 07: Andesita de textura porfírica y ligeramente microlítica-traquítica con orientación según la fotografía NO-SE. Los microlitos de plagioclasa están alterados a Calcita. Vista en NC.

3.6.1.2. VOLCANO-SEDIMENTARIOS

Al Noroeste de la zona de operación actual, esta unidad varía drásticamente donde se observa un gran sistema de plegamientos. Presenta una estratificación bien definida, con una posición estratigráfica de dirección andina NO-SE, con buzamientos que oscila entre 50° y 80°.

Se caracteriza por presentar lutitas violáceas, areniscas cuarzosas, limolitas, tobas areniscosas, areniscas, limolitas tobaceas con intercalaciones de flujos de lava andesitas porfiríticas. Todas estas secuencias presentan un bajo grado de metamorfismo regional producto del tectonismo y magmatismo desarrollados en dicho lugar. De acuerdo al plegamiento y la litológica variada que presenta esta unidad hace que las estructuras mineralizadas pierdan su continuidad estructural hacia el Oeste donde ampliamente afloran estas unidades. Esto hace concluir que no son buenas rocas hospedantes para la mineralización pero no hay que descartar en su totalidad a esta unidad ya que con trabajos exploratorios más a detalle y al Norte de la zona de estudio podemos encontrarnos con yacimientos cuya ocurrencia de mineralización sea en tipo manto y/o diseminado similar al depósito Raúl-Condestable, modelo Saddle reef ya que se encuentra un gran sistema de plegamientos.

Pertenece a la Formación La Zorra de Albiano medio a Cenomaniano, según datación INGEMMET, Boletín N° 59; Serie A; 1995. Hoja 20-g Culebras.

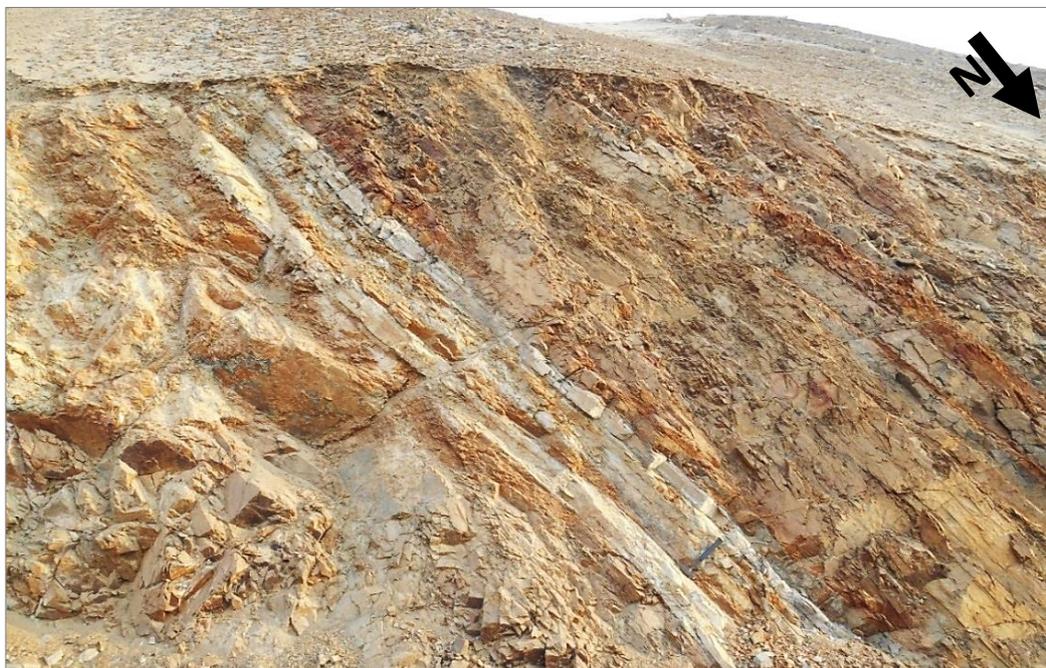


Foto 08: Corte de carretera en trayecto del Campamento Phoenix-5 a Virginia 2. Estratificación de los volcano-sedimentarios con presencia de limolitas (derecho superior), tobas areniscosas (facies blancas) y lavas andesíticas (parte inferior izquierdo)

3.6.1.3. DIQUES

Localmente, tanto en las secuencias volcánicas, volcano-sedimentarias como en los intrusivos se han identificado 2 variedades de diques irregulares, discontinuos en potencia y extensiones cortas entre 100 a 300 m. La dirección es variable y van desde NO-SE, NE-SO y predomina E-O vistos en interior mina.

Los más expresivos son los diques verticales de color gris-verdoso de composición andesita porfirítica cizallado con alineamiento general de las plagioclasas en fenos desarrollados de hasta 5 mm con fenos de plagioclasa corroidos y presencia de máficos alterados débilmente a clorita. Por otra parte en menor proporción, presenta diques de color gris también de composición andesítica observándose sólo en superficie.

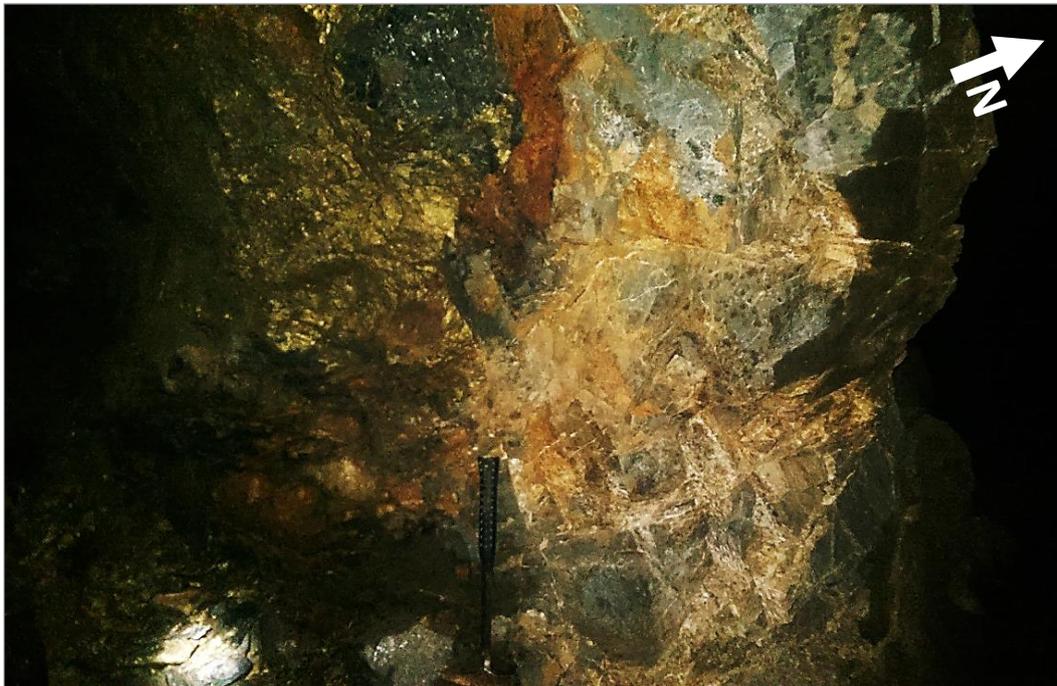


Foto 09: Interior mina, RP (-) – 437. Dique Andesita porfirítica color gris-verdoso cortando a la veta-falla Virginia.



Foto 10: Superficie, Zona Virginia 2. Dique de descomposición andesita porfírica gris-verdoso, verticales y cizallado.

3.6.2. DEPÓSITOS RECIENTES

3.6.2.1. ALUVIALES

Estos depósitos tienen una amplia distribución en el área de estudio donde están considerados los conos de deyección que están principalmente asociados a la desembocadura de las quebradas que bajan de los cerros.

Se caracteriza por presentar sedimentos areno-limosos, gravas, guijarros y cantos. La angulosidad de los clastos es principalmente angulosos a sub-angulosos cuyos clastos están compuestos de rocas andesitas porfíricas, gabros y volcano-sedimentarios. La potencia de estos depósitos es de 7m en promedio.



Foto 11: El campamento Phoenix-5 está construido sobre los depósitos aluviales.

3.6.2.2. FLUVIALES

Se localizan en la parte Sur y en la zona más baja del área de estudio. Se encuentra claramente demarcado y de manera muy nítida sobreyaciendo al igual que los depósitos aluviales a las unidades más antiguas.

Litológicamente, el lecho menor por donde discurre el río Culebras está compuesta de gravas, guijarros, cantos con una matriz arenosa moderadamente clasificada. Los clastos son redondeados a sub-redondeados con diámetro que varía de 2cm hasta 30cm de diversos tipos de roca como rocas tonalíticas, granodioríticas, andesíticas y areniscas. Por otra parte, el lecho mayor y de inundación está compuesta de sedimentos limosos, arenosos y gravosos en capas más delgadas y superficiales que actualmente están siendo usados como terrenos de cultivo en todo el valle del río Culebras.

Su espesor aproximado de acuerdo a las observaciones en campo, se calcula que oscila entre 5m y 10m.



Foto 12: Valle del río Culebras donde se observa que el lecho mayor es aprovechado por la agricultura: Espárragos, Maracuyá, Sandía. Etc.

3.7. MAGMATISMO LOCAL

Los intrusivos que se encuentran localmente, en definitiva pertenecen al batolito de la costa. Debido a la complejidad y extensividad de emplazamiento de los intrusivos se ha clasificado y nombrado convencionalmente en nuestra zona de estudio de la siguiente manera.

3.7.1. GABRO PHOENIX-5

Se encuentra en la parte Central y Sur del área de estudio, se observa que ha sido cortado por la principal veta-falla Virginia y además esta englobado principalmente por la diorita Phx-5 y una parte al Sureste por la granodiorita Phx-5. Además se encuentran diques de composición andesita porfirítica cortando a esta unidad.

De acuerdo a los estudios petrográficos presenta una textura subhedral granular a anhedral granular con tamaño de granos de medio a grueso característico de los granos de hornblenda, plagiocla Ca-Na e hyperstena. La composición mineralógica está constituido por plagioclasa Ca-Na 55%, hornblenda 14.5%, hyperstena 27.5% y opacos 3%. En tanto, las características petrográficas como su textura, composición mineralógica y otros como el grado de fragilidad y composición química de la roca, indica que ésta unidad litológica también es una roca hospedante favorable para la mineralización.

Según las relaciones de corte visto en campo se asume que es la unidad más antigua dentro de nuestra zona de estudio. Pertenería a la super-unidad Patap de edad Cenomaniano - Turoniano según datación INGEMMET Boletín N° 59; Serie A; 1995, Hoja 20-g Culebras.



Foto 13: Superficie, afloramiento del Gabro Phoenix-5 con gran desarrollo de los cristales y con presencia de diques de composición andesítica.

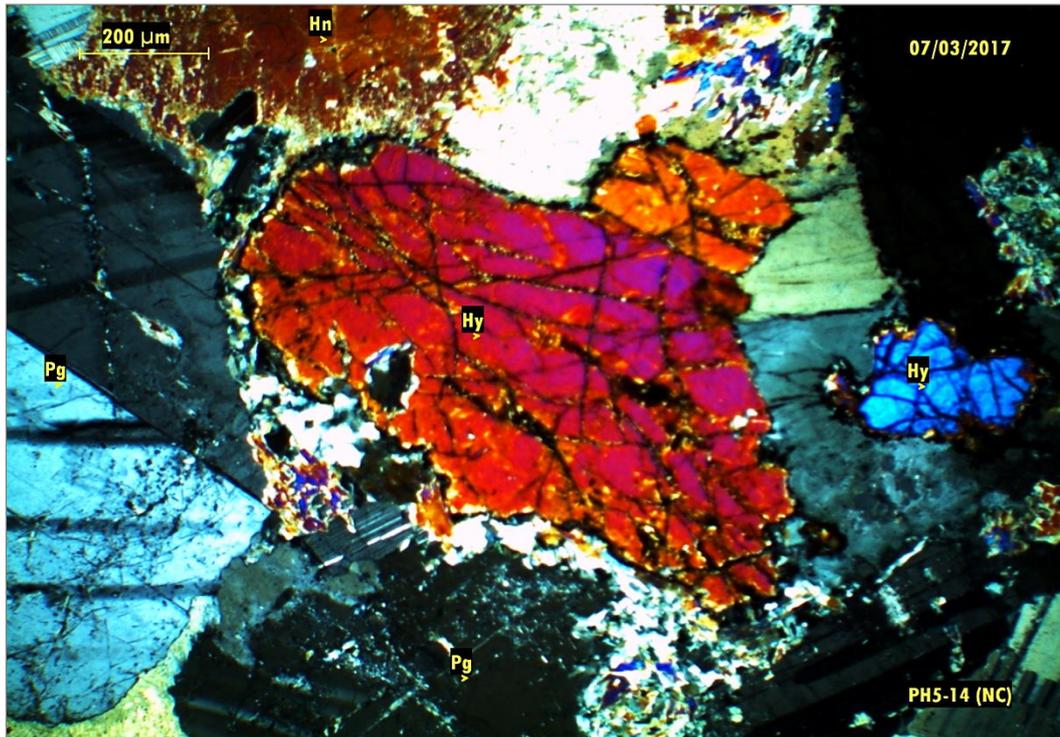


Foto 14: Gabro Phx-5, en la parte central desarrollo de hiperstena (Hy) con fracturas irregulares producto del aplastamiento posterior y cerco de magnetita (Mt) hornblenda (Hn) en la parte superior. Nicoles cruzados (NC).

3.7.2. DIORITA PHOENIX-5

Tenemos la inyección de la diorita Phx-5 que afecta al gabro Phx-5 y que ocupa el mayor porcentaje, aflora al Sur y ligeramente se extiende al Noroeste del área de estudio, se observa que ha sido también cortado por la principal veta-falla Virginia y por diques post-mineralización de composición andesita porfírica de coloración gris-verdosa.

La Diorita Phx-5 es una roca de aspecto bandeado por la variación en tamaño de cristales y con menos alteración que el Gabro Phx-5. De acuerdo a los estudio petrográficos presenta una textura Sub-hedralgranular con tamaño de los granos medio, característico de los granos de hornblenda, plagioclasa. La composición mineralógica está constituido por plagioclasa Na-Ca 45.5%, hornblenda 48.5%, hiperstena 1% y opacos (Cpy, Py, Mt y ligeramente Bn) 5%. En tanto, las características petrográficas como su textura, composición química y el grado de fragilidad de la roca, indica que esta unidad litológica también es una roca hospedante favorable para la mineralización.

Según las relaciones de corte visto en campo se asume que es la unidad posterior al Gabro Phx-5 en nuestra zona de estudio. Pertenece a la super-unidad Santa Rosa de edad Turoniano – Coniaciano (Huaricanga 2) según datación INGEMMET, boletín N° 59; Serie A; 1995, Hoja 20-g Culebras.



Foto 15: Superficie, afloramiento de la diorita Phx-5 con más de 3 sistemas de juntas.

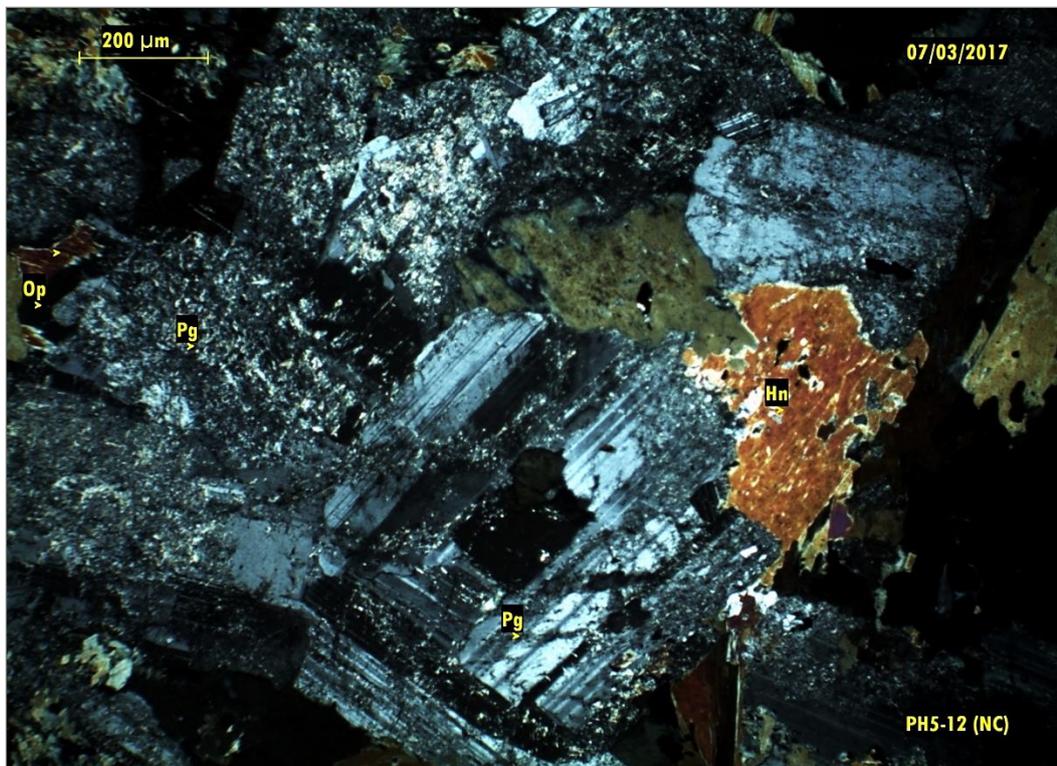


Foto 16: Nótese la plagioclasa en la parte central, euédral y casi fresca, sin embargo las de su entorno fuertemente alterado a arcilla sericita. Presenta opacos como Cp, Py y Mt (NC).

3.7.3. GRANODIORITA PHOENIX-5

Se encuentra en la parte Sureste del área de estudio, se observa que ha sido cortada solo una parte por la principal veta-falla Virginia.

Los estudios petrográficos indican que tiene una textura Sub-hedralgranular con tamaño de granos medio característico de los granos de hornblenda y plagioclasa Na-Ca. La composición mineralógica está constituido por cuarzo 17.5 %, plagioclasa Na-Ca 47%, ortoclasa 16%, hornblenda 7.5%, biotita 9% y opacos 3%. No se han registrado muchas estructuras mineralizadas en esta unidad pero se estima de cierta forma que se trata un buen metalotecto para albergar la mineralización.

Según las relaciones de corte visto en campo se asume que es la unidad más reciente perteneciente al batolito de la costa. Pertenece a la superunidad Santa Rosa (Corralillo 2) de edad Turoniano – Coniaciano según datación INGEMMET.



Foto 17: Superficie, acceso campamento Phoenix-5 – Virginia 2. Afloramiento de la granodiorita Phoenix-5 en toda la ladera del cerro.

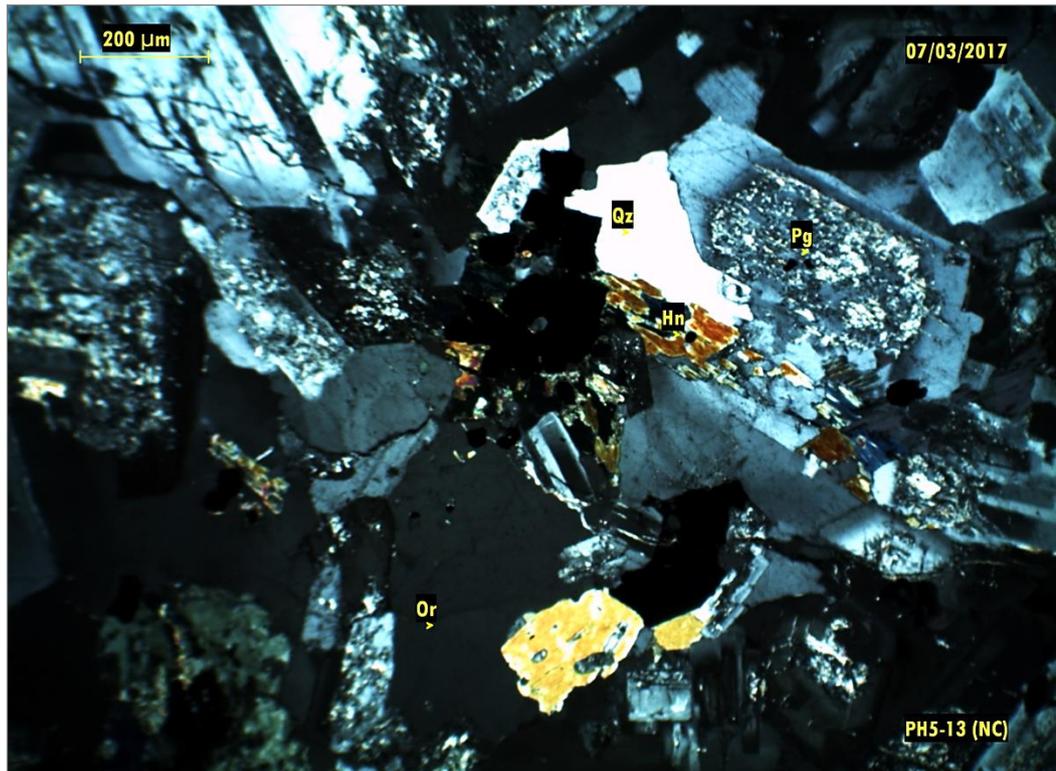


Foto 18: Granodiorita de textura sub-hedralgranular. La plagioclasa está con zoneamiento normal (núcleo alterado a sericita – arcilla), ortoclasa extinguida y poikilítica, cuarzo anhedral y limpio. Nicoles cruzados (NC).

3.8. ROCAS METAMÓRFICAS LOCAL

3.8.1. HORNFELS SILICIFICADO

Esta unidad metamórfica se ha observado puntalmente en interior mina en el tajo 409, en respuesta al metamorfismo de contacto entre el intrusivo diorita Phx-5 y la andesitas porfírica.

De acuerdo a los estudios petrográficos presenta una textura microcristalina con venillas sub-paralelas de granos anhedrales cuyas venillas están compuestas por cuarzo, sericita y piritita con una fuerte silicificación, su protolito las andesitas porfíricas.



Foto 19: Interior mina, TJ- 409. Hornfels silicificado con venillas de cuarzo, sericita y pirita.

3.8.2. HORNFELS BANDEADO

Estas rocas afloran en superficie y también se observa en interior mina. Pertenecen a las unidades volcano-sedimentarias (protolito) en respuesta al metamorfismo de contacto con la diorita Phx-5. Se observa la presencia de fluidos hidrotermales de direcciones verticales paralelamente a la estratificación que se encuentra plegado.

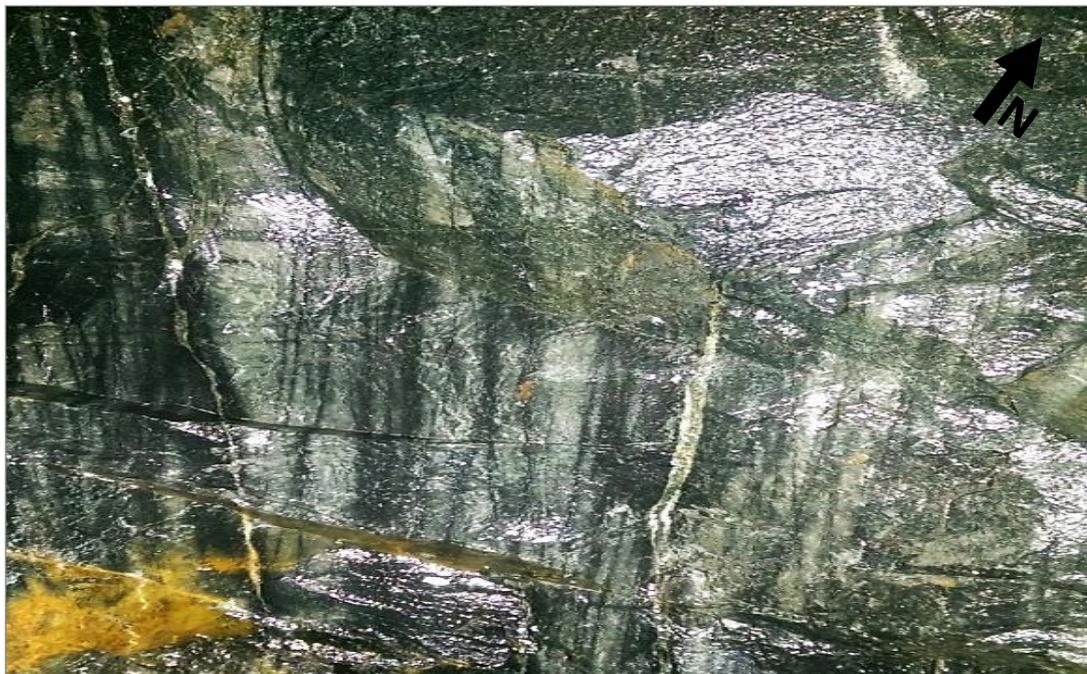


Foto 20: Interior mina, SN-243. Hornfels bandeado con presencia de fluidos hidrotermales de direcciones verticales.

3.9. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS MAPAS LOCALES

Es importante mencionar que el cartografiado realizado está a escala 1/250 en interior mina y 1/1000 en superficie.

3.9.1. MAPA LOCAL SUPERFICIAL

Litológicamente, aflora la andesita porfirítica, gabro phx-5, diorita phx-5, granodiorita phx-5, los volcano-sedimentarios y los depósitos cuaternarios. Las vetas mineralizadas como Virginia, Éxito, Asombro y Victoria. Las fallas principales registradas en superficie son la falla San Fernando, San Cipriano y se observa algunos rasgos estructurales de la posible falla Zeus. Todas las fallas menores vistas en el mapa 06 sean posiblemente sus componentes de las principales fallas.

Se observa claramente que la veta-falla Virginia aflora desde el Este (boca mina nivel NV-255) hasta el Oeste denominada zona Virginia 2. Por otra parte, la secuencia volcánica andesita porfirítica por ser un buen metalotecto para la mineralización es importante mencionar que presenta 2 sistemas principales de juntas: el primero $\sim N75^{\circ}/40^{\circ}$ y el segundo $\sim N10^{\circ}/\sim 30^{\circ}$, que incluso este último constituyen aperturas estructurales favorables para la mineralización conforme se ha verificado en interior mina (veta Linita) y superficie cerca al pozo de agua.

Se muestra los collars del primer “programa de sondaje 2015 “con 1212.85 m perforado (tabla 04), cuyo taladro de mayor longitud alcanzado es de 254.30 m (PS-PH5-10). Seguidamente también se observa el segundo “programa de sondaje 2016-2017” propuesto con 1275 m (tabla 05), ésta última campaña de perforación quedó en stand by.

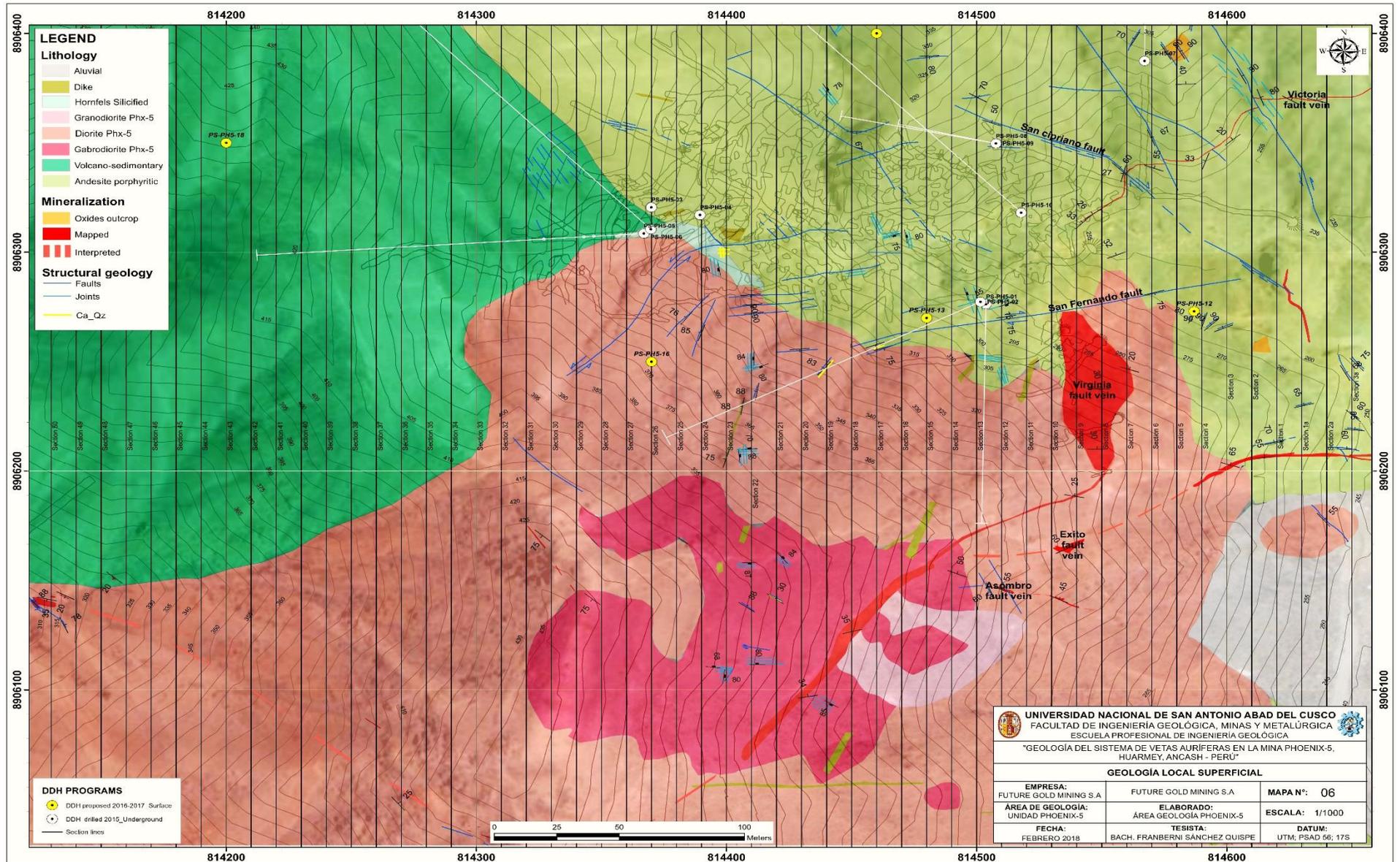
Se muestra las líneas de sección sistemáticas de dirección N-S en toda la zona de la operación minera.

DRILL HOLE	EAST	NORTH	R.L	STRIKE	DIRECTION	DIP	LENGTH (m)	OBSERVATIONS
PS-PH5-01	814,503.73	8,906,276.27	255.87	181° 06' 09"	S 01° 06' 09" W	+ 00° 10' 41"	98.95	UNDERGROUND
PS-PH5-02	814,501.55	8,906,277.34	255.97	243° 44' 21"	S 63° 44' 21" W	+ 00° 05' 07"	137.90	UNDERGROUND
PS-PH5-03	814,369.92	8,906,320.52	256.36	19° 39' 14"	N 19° 39' 14" E	- 89° 38' 57"	91.05	UNDERGROUND
PS-PH5-04	814,389.40	8,906,317.07	256.47	99° 27' 44"	S 80° 32' 16" E	- 89° 39' 04"	133.60	UNDERGROUND
PS-PH5-05	814,366.93	8,906,308.59	257.95	266° 20' 24"	S 86° 20' 24" W	+ 00° 04' 29"	154.20	UNDERGROUND
PS-PH5-06	814,369.73	8,906,310.52	257.99	315° 15' 05"	N 44° 44' 55" W	- 00° 04' 29"	148.50	UNDERGROUND
PS-PH5-07	814,567.14	8,906,387.38	232.43	00° 30' 16"	N 00° 30' 16" E	- 00° 52' 38"	91.15	UNDERGROUND
PS-PH5-08	814,507.67	8,906,349.70	232.27	281° 29' 09"	N 78° 30' 51" W	+ 16°41'21"	64.85	UNDERGROUND
PS-PH5-09	814,507.66	8,906,349.73	232.60	282°41'05"	N 77° 18' 55" W	+ 01°58'35"	38.35	UNDERGROUND
PS-PH5-10	814,517.77	8,906,318.07	268.28	315° 39' 12"	N 44° 20' 48" W	- 00°24'51"	254.30	SURFACE
							1212.85	

Tabla 04: Programa de sondajes diamantinos 2015 ejecutados. Longitud total perforado 1212.85 m.

DRILLHOLE NUMBER	EAST	NORTH	R.L	PROPOSED DEPTH (m)	SECTION N	TARGET PURPOSE	SITE ID
*PS-PH5-11	814000	8906152	279	100 (128.4)	63	Cut IP anomaly 200m	D6
*PS-PH5-12	814587	8906273	258	70 (80.6)	4	Exito - 47m	D5
~PS-PH5-13	814480	8906270	301	125 (61.1)	15	Vgn - 33m	D4
PS-PH5-14	814460	8906400	325	120	17	Vgn - 110m? Could be between 80-110?	D3
PS-PH5-15	814370	8906450	348	185	26	Vgn - 148m ; Exito -178m	D2
PS-PH5-16	814370	8906250	365	125	26	Vgn - 76m; Exito/Asambro -116m	D1
PS-PH5-17	814145	8906490	470	300	49	Cut IP anomaly 300m & 200m	D7
PS-PH5-18	814200	8906350	441	250	46	Cut IP anomaly 300m & 200m	D8
				1275			

Tabla 05: Programa de sondajes diamantinos 2016-2017 en stand by. Longitud total propuesto es de 1275 m. * Taladros perforados, ~ taladro parado. Todos son verticales.



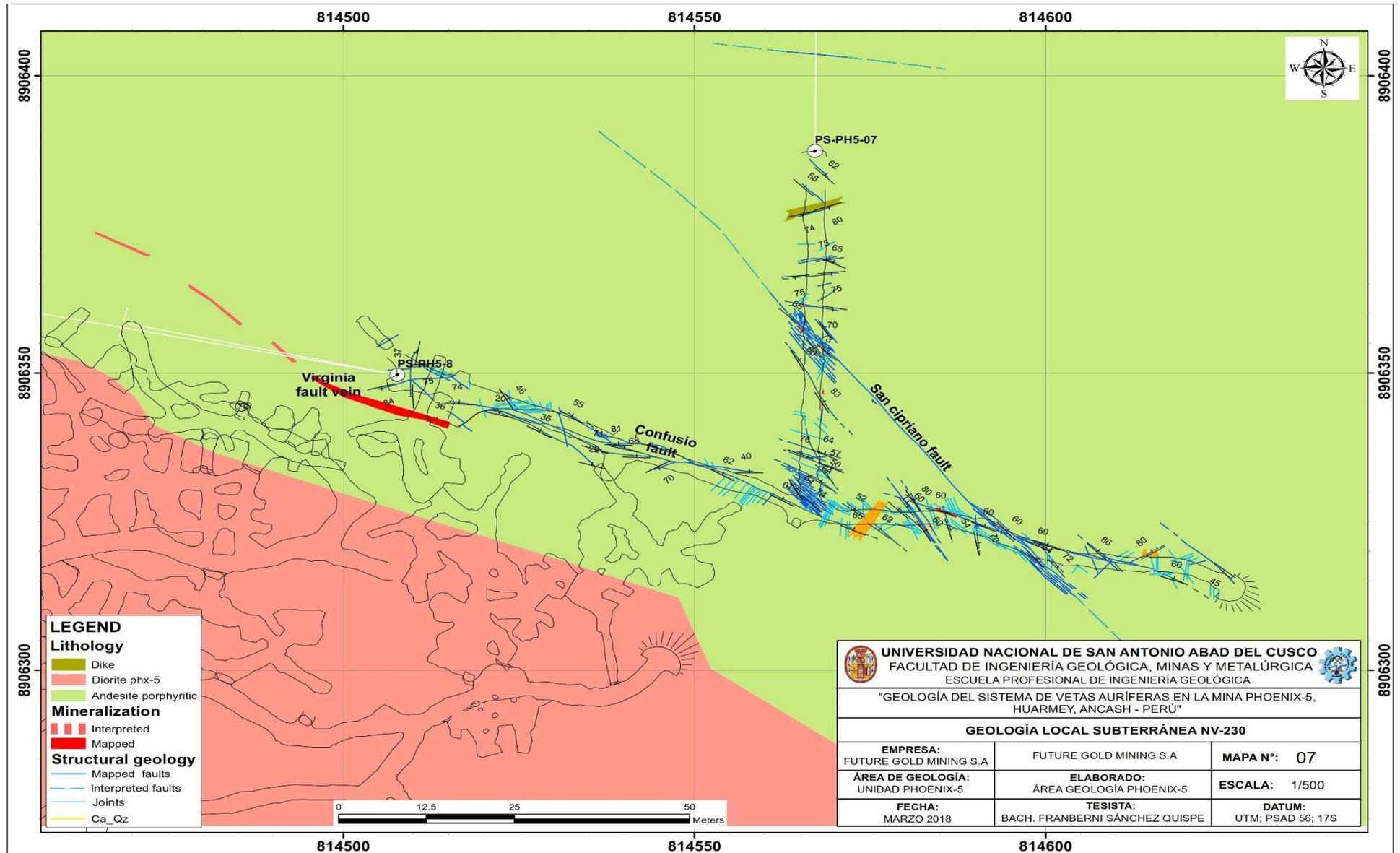
Mapa 06: Mapa geológico local superficial.

3.9.2. MAPA LOCAL SUBTERRÁNEO NIVEL NV-230

Es el nivel inferior de la zona de operación actual, cuya longitud máxima de desarrollo fue de 125 m en dirección sub-paralela ONO-ESE a la estructura principal Virginia, con 3 chimeneas distribuidas simétricamente CH-1, CH-2 y CH-3. También se tiene un crucero de dirección N-S con 60 m de longitud.

En este nivel, el laboreo está desarrollado netamente en las andesitas porfiríticas. La veta-falla Virginia con azimut/buzamiento N295°/36° se observa en la CH-3 estrangulado. Las fallas principales observados son la falla san cipriano con cizallamiento mayor en su piso y la falla Confusio.

Se realizó en total 3 sondajes diamantinos: 1 sondaje PS-PH5-07 de 91.15 m en longitud horizontal en el crucero N-S; 1 sondaje PS-PH5-08 de 64.85 m de longitud con una inclinación de +16°, en consecuencia del atascamiento del barreno del anterior sondaje se decidió perforar en el mismo punto el último sondaje PS-PH5-09 de tan sólo 38.35 m horizontalmente, sin cortar ambos sondajes estructuras mineralizadas relevantes.



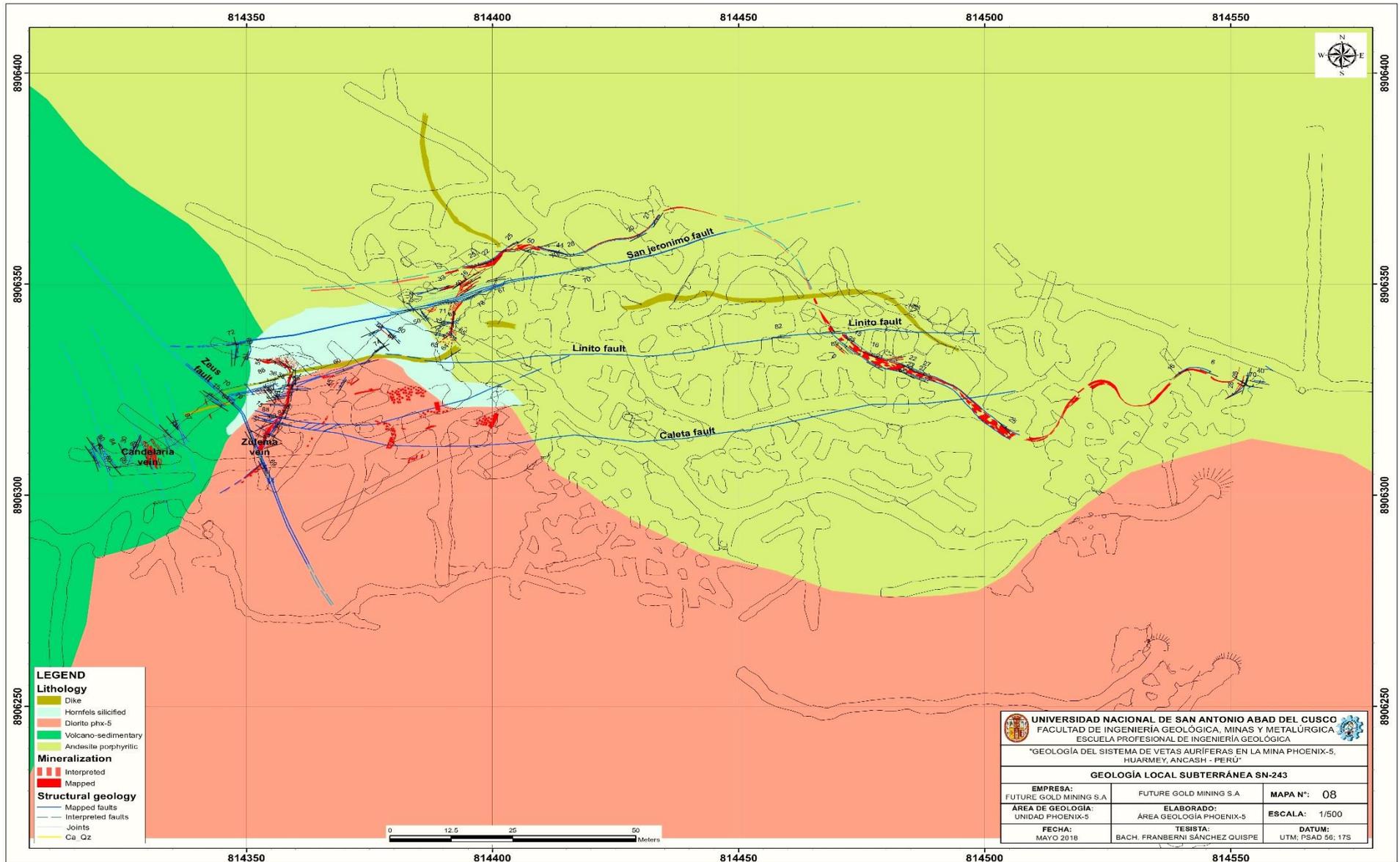
Mapa 07: Mapa geológico local subterráneo NV-230.

3.9.3. MAPA LOCAL SUBTERRÁNEO SUBNIVEL SN-243

Este SN-243 tiende a ser el más importante porque se observa la gran mayoría de las estructuras mineralizadas y las fallas principales, lo cual nos brinda mucha información geológica para poder realizar futuros proyectos para interceptación de nuevas estructuras mineralizadas en mayor profundidad.

Las estructuras mineralizadas que se encuentran en este nivel es la principal veta-falla Virginia, seguida de Zulema, Candelaria y una parte del cuerpo mineralizado Natasha. Las fallas registradas tenemos a San Jerónimo, Caleta, Linito de direcciones OSO-ENE y la falla Zeus de dirección andina NO-SE. También se observa a los diques andesíticos porfiríticos de coloración gris-verdosa de dirección E-O predominantemente y N-S en menor predominancia. Las litologías interceptadas son la andesita porfirítica, diorita phx-5, hornfels silicificado, hornfels bandeado y diques gris-verdoso de composición andesítica.

Según las interpretaciones, Virginia ha sufrido una serie de inflexiones a lo largo de toda su longitud explorada producto de la intervención de los eventos tectónicos post mineralización que vendría a ser el evento IV y V. En tanto Zulema es la continuidad de Virginia y más al Oeste Candelaria sería la continuidad de Zulema siendo cortada por la falla Zeus (mapa 08).



Mapa 08: Mapa geológico local subterráneo SN-243.

3.9.4. MAPA LOCAL SUBTERRÁNEO NIVEL NV-255

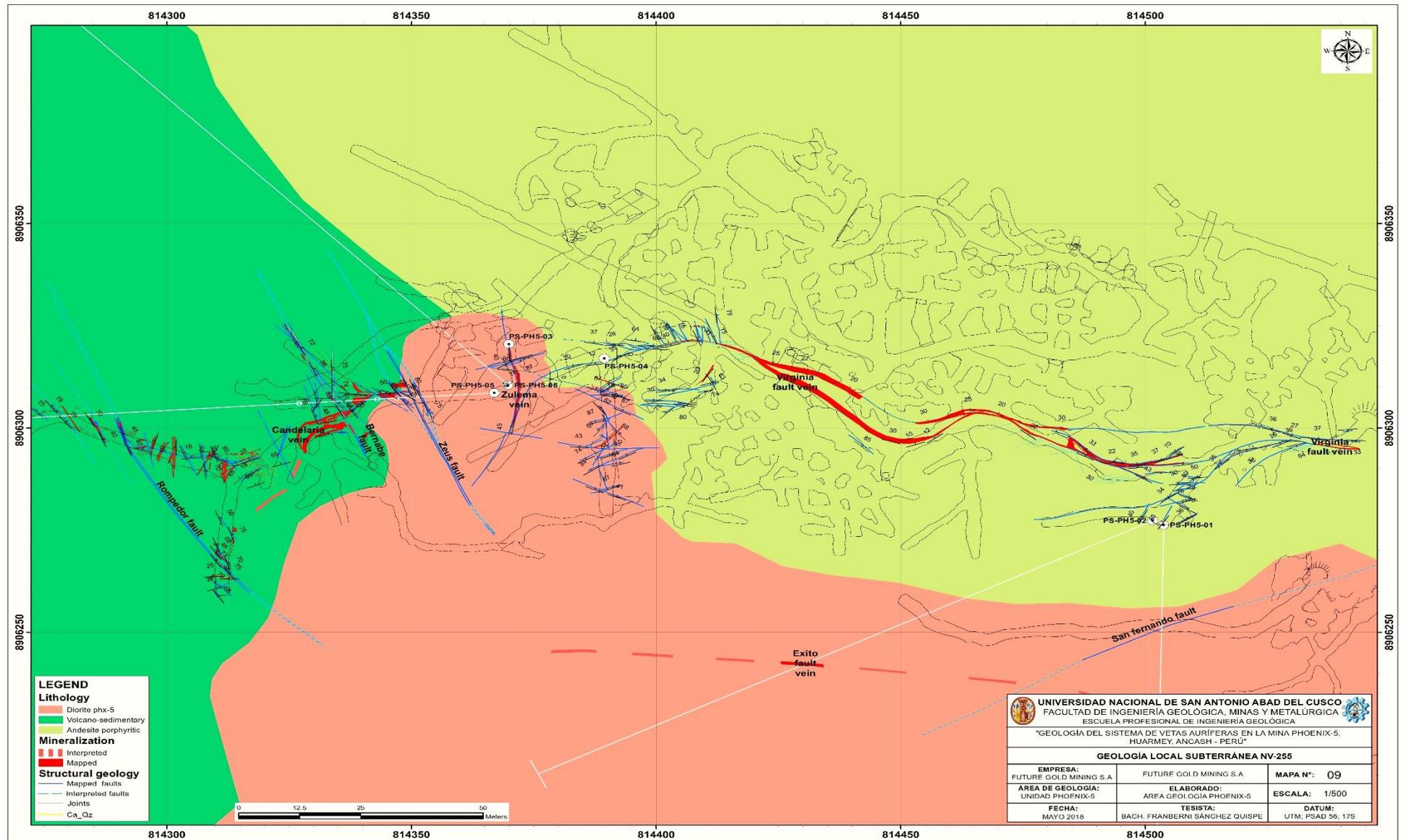
Este NV-255 es la primera labor que se ha desarrollado desde sus inicios de operación, cuya longitud máxima desarrollada hasta ahora es de 330 m, donde se ha cortado gran parte de las estructuras mineralizadas y fallas. Es el principal acceso hacia todas las galerías, rampas, tajos, cortadas, etc. de la operación minera para la extracción del mineral hacia la superficie.

Las estructuras mineralizadas que se encuentran en este nivel es la principal veta-falla Virginia, seguida de Zulema y Candelaria. Las fallas principales registradas son la Zeus, Bernabé y Rompedor de dirección andina NO-SE. Las litologías que se observan son: La andesita porfirítica, diorita phx-5 y hornfels bandeado.

La veta-falla Virginia ha sufrido una serie de inflexiones producto de los eventos tectónicos post mineralización, evento IV y V. Al Este, Virginia se encuentra bien definido en los terrenos andesíticos pero al Oeste tiende a estrangularse en terrenos volcano-sedimentarios.

En el 2015 se realizó la primera campaña de sondajes diamantinos donde gran parte se realizó desde este nivel NV-255. PS-PH5-01 de 98.95 m y PS-PH5-02 de 137.90 m de profundidad (ambos horizontales) cortando a la estructura Éxito, quien es lazo lazo piso y conjugada de Virginia, también se interceptó al parecer a la falla San Fernando. PS-PH5-03 de 91.05 m y PS-PH5-04 de 133.60 m, ambos con inclinación vertical de -90° , lo cual cortaron el cuerpo mineralizado Natasha en niveles inferiores. PS-PH5-05 de 154.20 m interceptó a la veta Candelaria y PS-PH5-06 de 148.60 m sin interceptar estructuras mineralizadas importantes, tan sólo venillas y diseminación de sulfuros.

De acuerdo a las interpretaciones, Zulema es la continuidad de Virginia y Candelaria la continuidad de Zulema, es decir es una sola estructura mineralizada. Es importante redundar que más al Oeste donde se encuentra los volcano-sedimentarios las estructuras pierden su continuidad tan sólo observándose vetillas de dirección NO-SE paralelas a la estratificación, eso implicaría que los volcano-sedimentarios no son buenas rocas hospedantes.



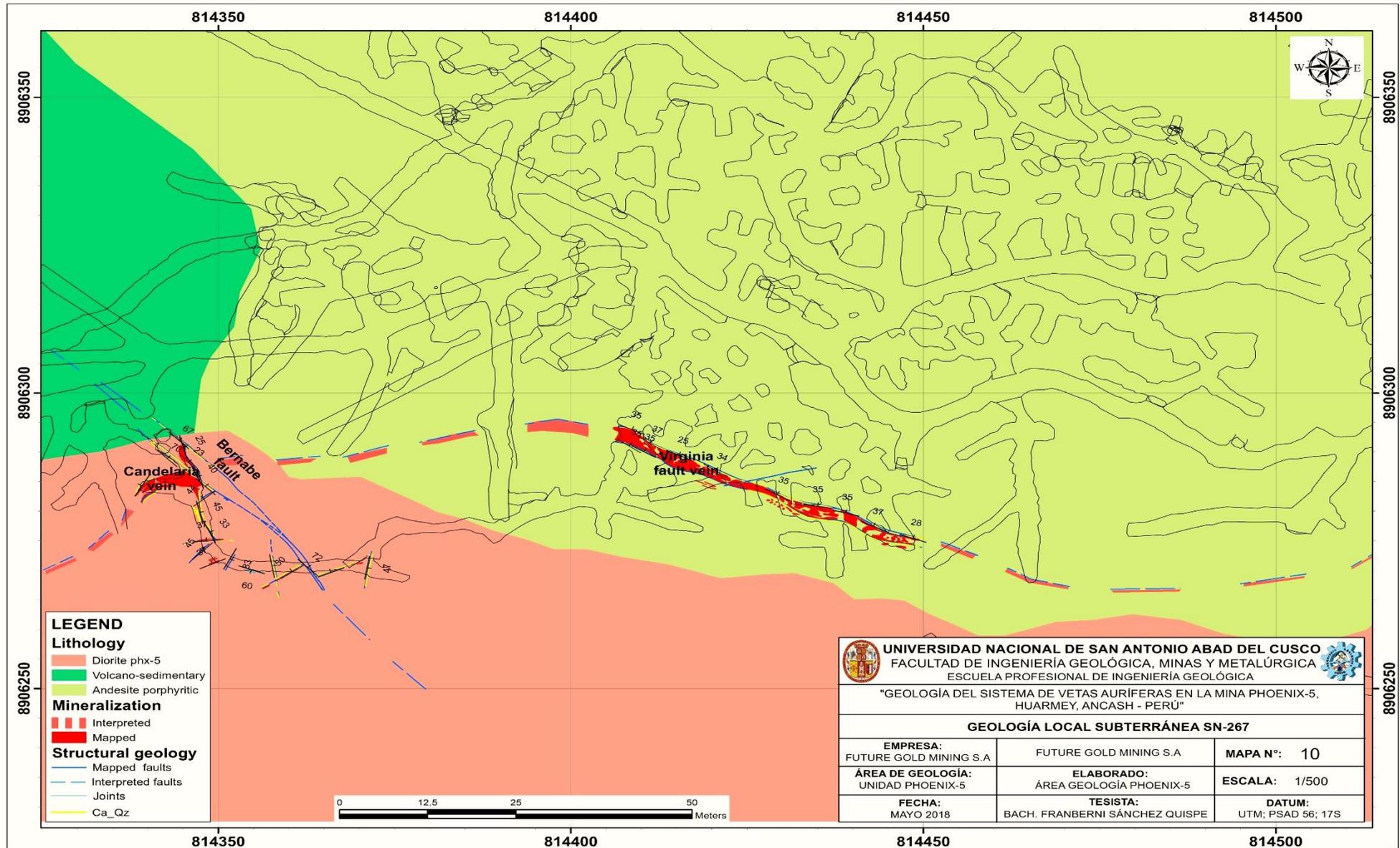
Mapa 09: Mapa geológico local subterráneo NV-255

3.9.5. MAPA LOCAL SUBTERRÁNEO SUBNIVEL SN-267

Este SN-267 tiene menor laboreo, constituido por las calles C-5, C-7 y la galería de desarrollo ubicado al Oeste de la zona de operación (Candelaria).

Se observa litologías como la andesita porfírica y diorita phx-5. La veta-falla Virginia, estructuralmente está bien definida donde alcanza una mayor potencia de 2.20m de sulfuro masivo de calcopirita asociado a la pirita y pirrotita. Bernabé es la única falla principal post mineral que corta a virginia.

Según las interpretaciones, en la calle C-7 la veta-falla Virginia está bien definida dentro las andesitas porfíricas, siendo solamente desplazada muy ligeramente por la falla Bernabé, al Oeste tomando el nombre Candelaria tiende a estrangularse en las rocas diorita phx-5, siendo la misma estructura mineralizada. Véase que virginia presenta inflexiones muy ligeras.



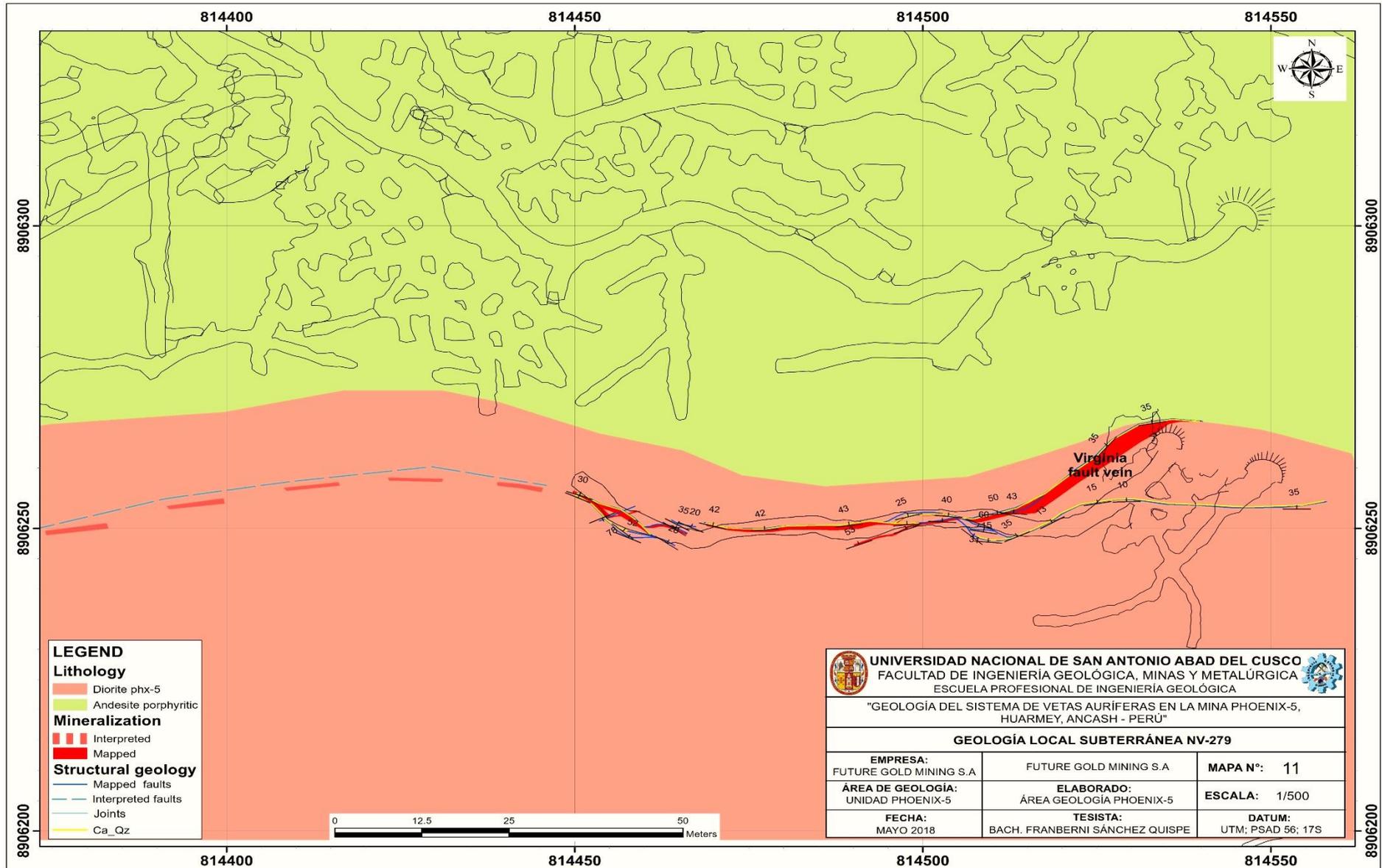
Mapa 10: Mapa geológico local subterráneo SN-267

3.9.6. MAPA LOCAL SUBTERRÁNEO NIVEL NV-279

Es el nivel superior de toda la mina. Se tiene una sola labor desarrollada en la veta-falla Virginia.

Litológicamente, en este nivel la veta-falla Virginia está emplazada principalmente en la diorita phx-5. Los primeros 93 m de profundidad horizontal desde bocamina se encuentra la zona de óxidos, el objetivo es llegar a la zona de sulfuros.

Según las interpretaciones, a 20 m más al Oeste se tiene la certeza ya de llegar a la zona mixta y posteriormente a la zona de sulfuros. Es importante mencionar que en este nivel la veta-falla Virginia se encuentra bien definida y llega a tener una potencia mayor a 8 m tal como se parecía en la bocamina.



Mapa 11: Mapa geológico local subterráneo NV-279.

CAPÍTULO IV**GEOLOGÍA ESTRUCTURAL****4.1. INTRODUCCIÓN**

Los procesos magmáticos y tectónicos están íntimamente relacionados en el espacio y en el tiempo geológico. La tectónica busca comprender los procesos de deformación a gran escala que conducen a la construcción de orógenos como la orogenia andina, además aborda la arquitectura y cinemática de las grandes fallas. El control estructural es uno de los factores geológicos más importantes que condicionan en la formación de estructuras favorables para la mineralización económica.

4.2. FUNDAMENTO TEÓRICO**4.2.1. RELACIÓN GEOMÉTRICA DE FALLAS EN EL MODELO DE CIZALLAMIENTO**

Los modelos de cizallamiento han sido obtenidos desde H. Cloos (1928) y W. Riedel (1929) fueron los pioneros en realizar experimentos de cizallamiento a partir de múltiples observaciones de ensayos en el laboratorio de mecánica de rocas o en zonas de cizalla naturales. Estos autores determinaron 2 tipos de fallas a las que denominaron R (sintética) y R' (Antitética). Posteriormente, numerosos autores complementaron el modelo inicial, proponiendo otros tipos de deformación asociadas a zonas de cizallamiento.

Fallas sintéticas (R).- se forman a unos 12° a 18° con el límite de los bloques o de la dirección de movimiento del sistema transcurrente y tienen el mismo sentido de desplazamiento del dicho sistema.

Fallas antitéticas(R').- se forman a unos 72° a 78° con respecto a la dirección de los bloques, su movimiento es al contrario de las fallas sintéticas.

Fallas normales (T) e inversas (S), se presentan en forma oblicua al sistema de fallas mayores, las fallas inversas son perpendiculares a la dirección del esfuerzo principal y las fallas normales paralelas (figura 6A). Al seguir el cizallamiento, una falla inversa cambia de orientación y adquiere un movimiento inverso con componente transcurrente (figura 6B). Si sigue el cizallamiento, la falla inversa rota y se convierte en falla transcurrente puro con su desplazamiento en el mismo sentido que el desplazamiento del sistema mayor, o sea pasa a ser una falla sintética (figura 6C), En cambio una falla normal pasa a ser antitética (Waldron, 2005). Las fracturas tensionales T desarrolladas por tracción indirecta y las estructuras de acortamiento S aproximadamente forman un ángulo de 45° con la dirección de cizallamiento principal. Determinadas por Cloos (1955) y Wilcox (1973).

Fracturas tipo P, simétricas a las fallas R; definidas por Skempton (1966) en zonas de cizallamiento natural.

Fracturas tipo X, es simétrica a las fallas R' y la **Fractura Y**, es la estructura principal.

Los Pliegues ya sean anticlinales o sinclinales se encuentran paralelos a las fallas inversas debido a un acomodo del componente de acortamiento en una deformación dúctil asociada a fallas inversas.

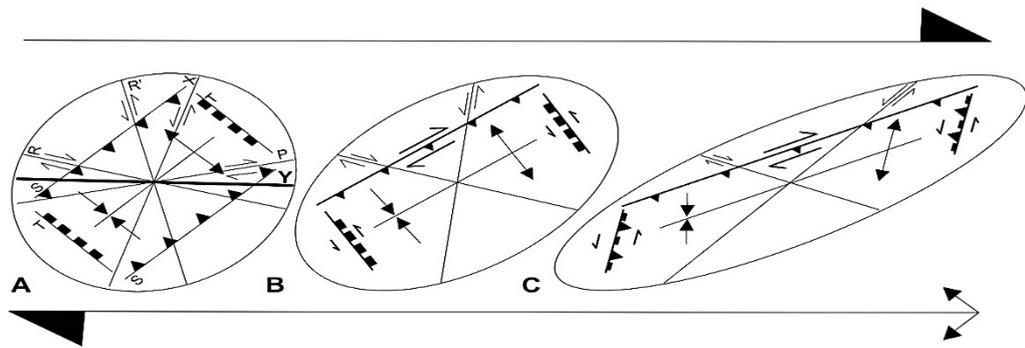


Imagen 06: Esquema de movimientos en una zona transcurrente (Waldron, 2005). (A) Deformación continua de cizallamiento simple en una zona transcurrente (Harding, 1974). (B) Modificación del (A) por la continuación de cizalla simple, las fallas de (A) de color gris, adquieren movimientos transcurrentes (negro). (C) incremento mayor del cizallamiento conduce a la inversión (negro) de las anteriores fallas normales (color gris). Los gráficos A, B y C bosquejan la deformación continua de una porción de la materia en un movimiento dextral.

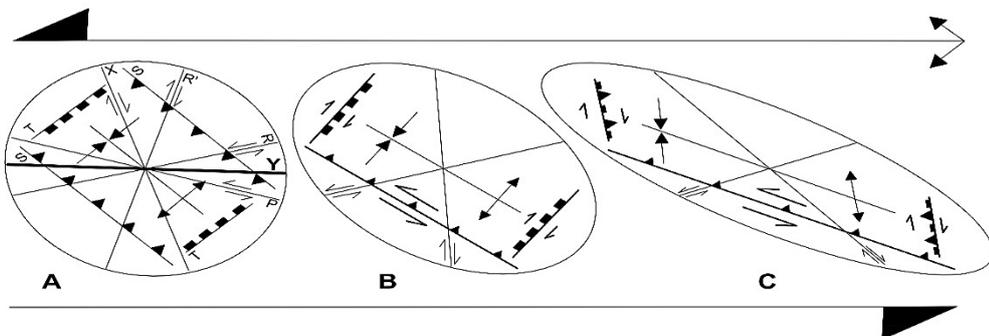


Figura 07: Esquema de movimientos en una zona transcurrente (Waldron, 2005). (A) Deformación continua de cizallamiento simple en una zona transcurrente (Harding, 1974). (B) Modificación del (A) por la continuación de cizalla simple, las fallas de (A) de color gris, adquieren movimientos transcurrentes (negro). (C) incremento mayor del cizallamiento conduce a la inversión (negro) de las anteriores fallas normales (color gris). Los gráficos A, B y C bosquejan la deformación continua de una porción de la materia en un movimiento Sinistral.

4.2.2. PLANOS NODALES

El método de planos nodales, fué utilizado para confirmar el movimiento del sistema de estructuras mineralizadas y fallas principales en la mina PHOENIX-5, determinado preliminarmente a partir del análisis estructural. Los planos nodales son conocidos como ejes P (acortamiento) y T (extensión). Este método es uno de los más sólidos, aunque carecen de precisión en comparación con otros métodos numéricos (Allmendinger, 1989). P y T representan los ejes que se encuentran a 45° con respecto a los planos nodales de una falla (imagen 8) y a 90° de la solución de la intersección de los planos nodales, la cual es conocida como el eje B (imagen 8).

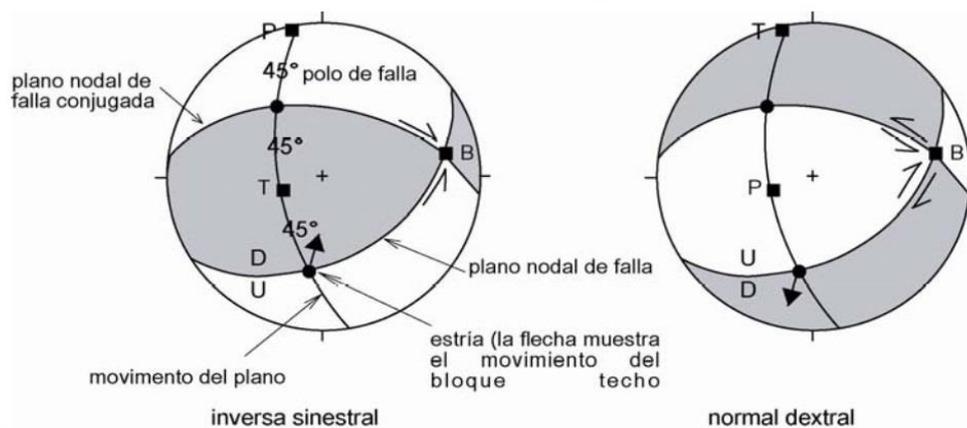


Imagen 08: Proyección de planos nodales en el hemisferio inferior de la red de estereografía de Schmit (Tomado de Allmendinger, 1989).

P y T, han podido ser equiparados con las direcciones principales de esfuerzo, σ_1 y σ_3 respectivamente. De hecho, los ejes coinciden con las principales direcciones de esfuerzo sólo si el plano de falla y su conjugada son planos de máximo esfuerzo de cizalla. Esto es poco probable, teniendo en cuenta que las fracturas de Coulomb y el mayor desplazamiento pueden ocurrir en fracturas pre-existentes (Allmendinger 1989).

Se debe tener en cuenta que el cálculo de P y T (para una sola falla) implica la suposición implícita de una falla de tensión, porque no hay desplazamiento en la dirección B (imagen 8). Los ejes P y T corresponden a los ejes principales de tensión finita de una región donde sólo muestra fallamiento a escala invariable y la deformación es pequeña o la deformación tiende a ser coaxial. Este método es una primera aproximación a la determinación de la deformación por métodos cuantitativos y es siempre el primer análisis que se realiza Allmendinger (1989). Tal vez la mayor ventaja de los ejes P y T, independientemente de su cinemática o importancia dinámica, son una simple representación directa de la geometría de la falla y el sentido de desplazamiento. Es decir, uno puede verlas simplemente como una forma alternativa de mostrar los datos originales.

Para encontrar las orientaciones de los ejes de esfuerzos, podemos bisectar los cuadrantes compresivos y distensivos, si se denomina P al eje de máxima compresión

y T al eje de compresión mínima, se puede asignar por analogía de los criterios de mecánica de rocas σ_1 y σ_3 respectivamente. El eje P se puede asignar como la bisectriz de los cuadrantes distensivos y T como la bisectriz de los cuadrantes compresivos (imagen 8). En la imagen 9, podemos observar la correspondencia entre las distintas configuraciones de los tipos de fallas que pueden existir en el presente estudio.

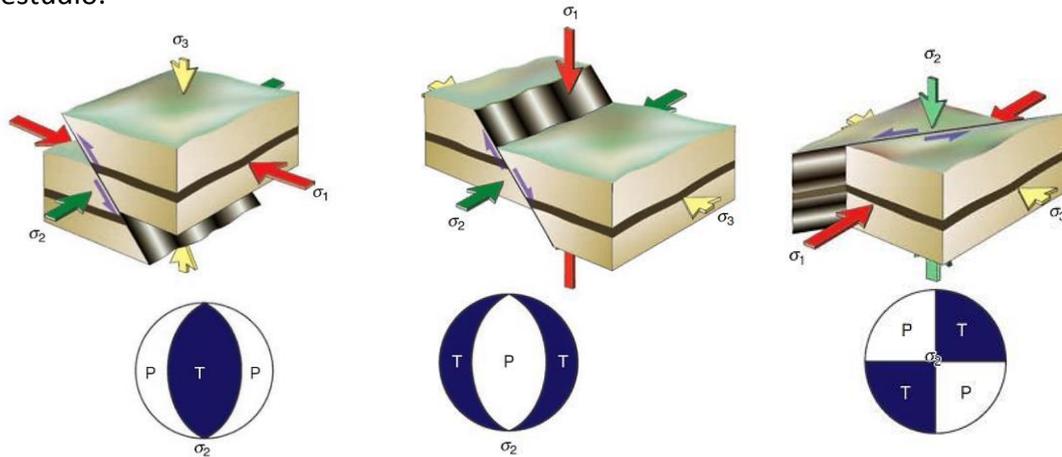


Imagen 09: Distintos tipos de movimientos (inverso, normal y transcurrente) con la representación gráfica de planos nodales. Internet.

4.2.3. INDICADORES CINEMÁTICOS

Los indicadores cinemáticos o tectoglifos son una gran variedad de estructuras (imagen 10) de dimensiones variables (milimétricas a métricas), que se desarrollan en medio frágil y frágil-ductil asociadas a estructuras, es de importancia para determinar el sentido de movimiento de una falla.

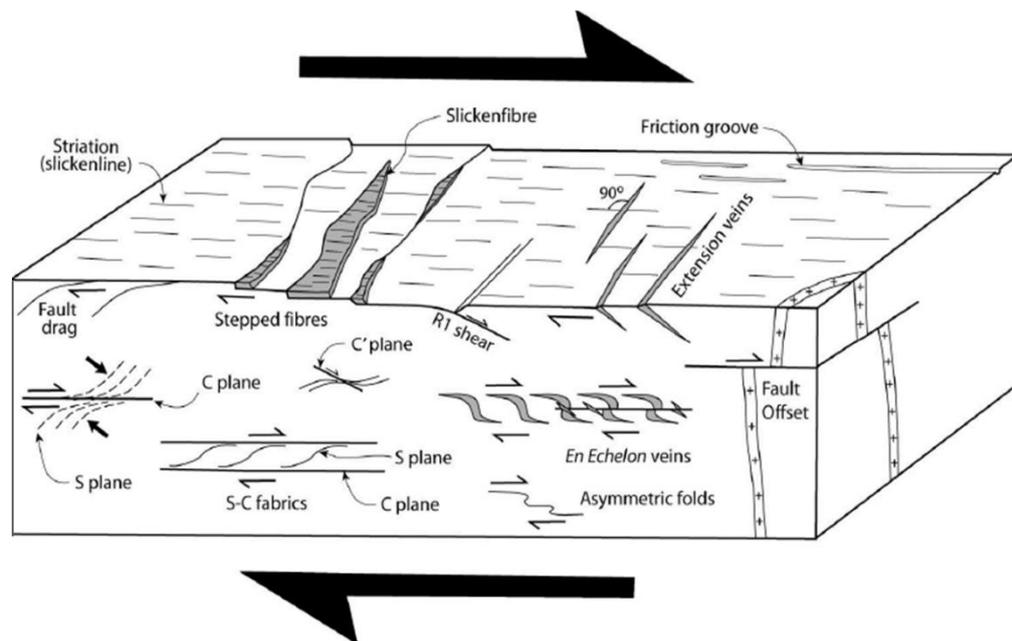


Imagen 10: Tipos de indicadores cinemáticos principalmente desarrollados en ambiente frágil y frágil-ductil. Internet.

Sólo se describirán los tectoglifos de mayor relevancia que se han observado en la mina PHOENIX-5:

Fallas de Riedel. Este tipo de falla se produce por esfuerzos de cizalla en la proximidad del plano de falla principal. Se generan 2 tipos de fallas una denominada R y otra R'.

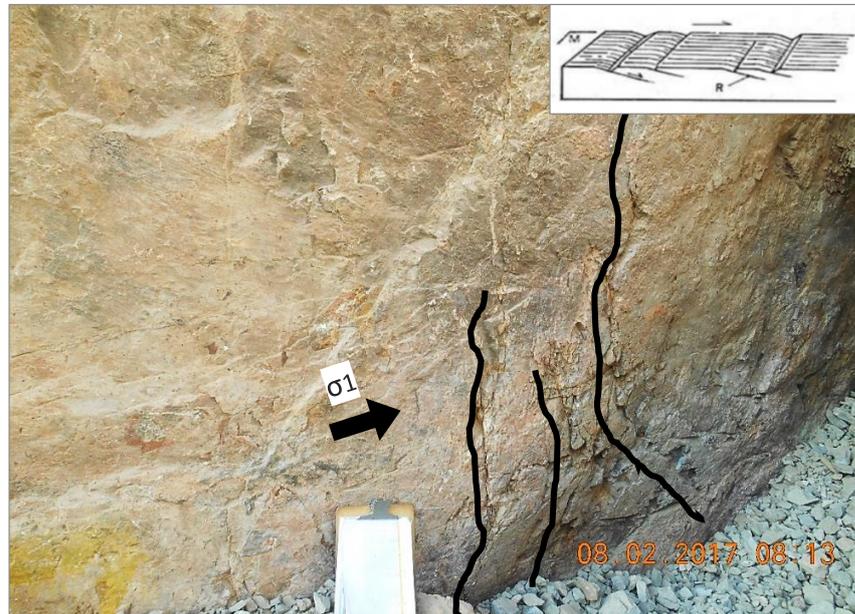


Foto 21: Fallas Riedel del tipo R (líneas negras) siendo sus conjugadas del plano de falla de San Fernando con un movimiento sinistral-normal.

Estructuras tipo sigmoide.-Pertenece al modelo de fracturación tensional que se produce por esfuerzos de cizalla.

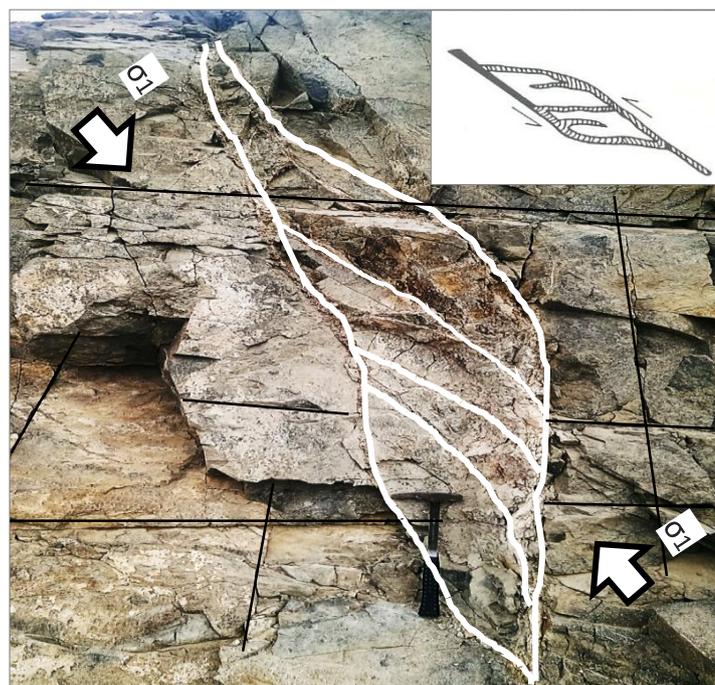


Foto 22: Estructura tipo sigmoide generando sigmoide de apertura. Se observa en superficie en la veta-falla Éxito.

Escalones congruentes.- Formados por desgarre

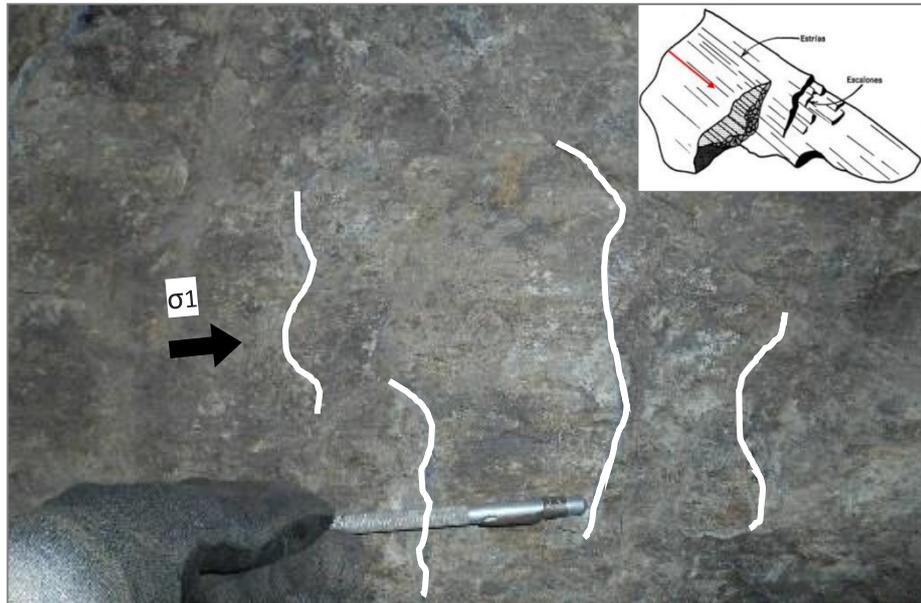


Foto 23: Escalones congruentes. Se observa en interior mina en la falla Rompedor.

Pliegues de arrastre o ganchos de falla.- Tectoglypho generado en ambientes frágil-ductil generando ganchos agudos.

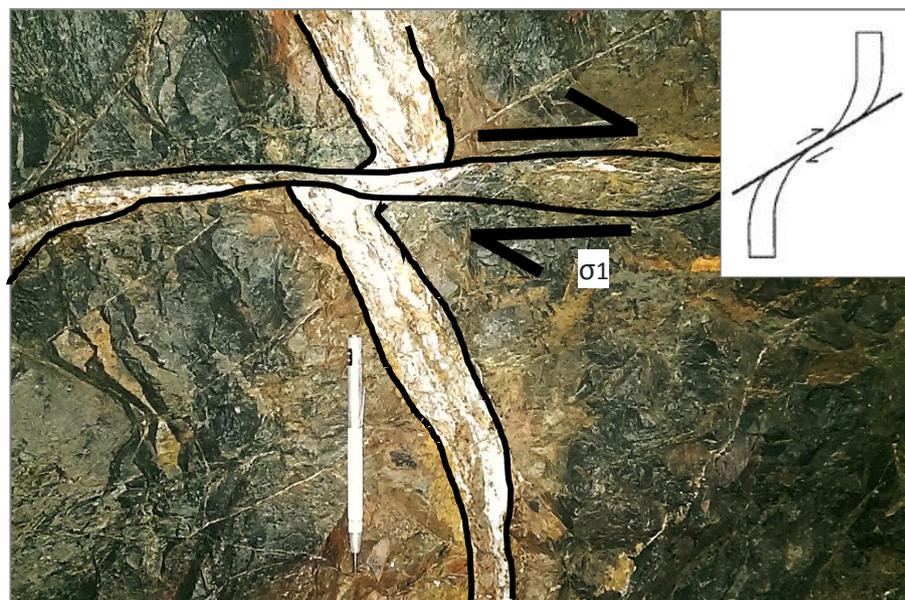


Foto 24: Interior mina, NV-255, se observa la falla Rompedor con relleno de calcita recristalizada, cuarzo lechoso, diseminación y vetillas de pirita y óxidos de hierro.

Estructuras fault offsets.- Estructuras caracterizadas por presentar discontinuidades.

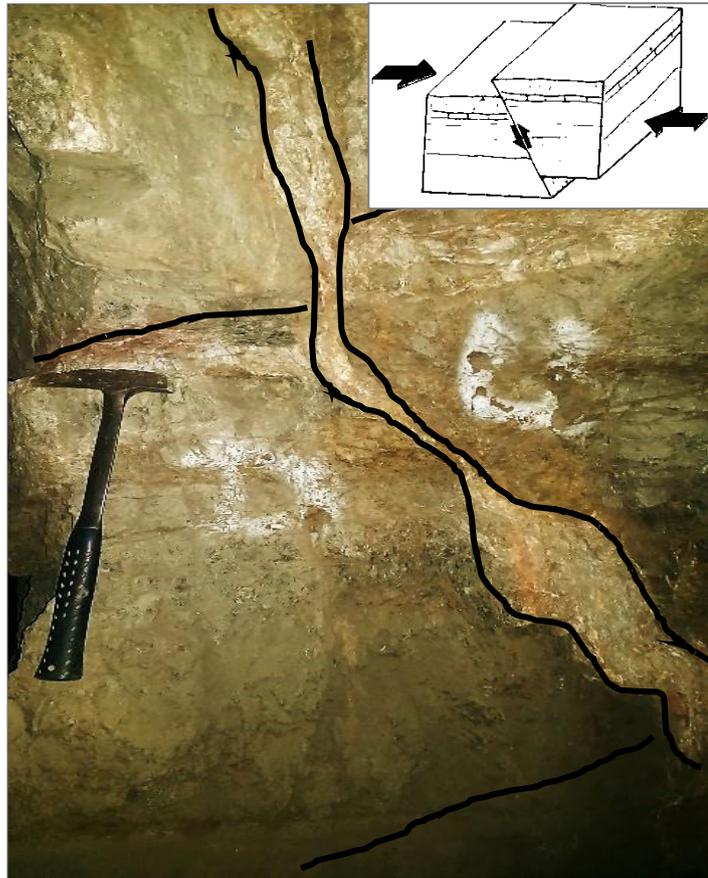


Foto 25: Interior mina, NV-255, se observa la falla Rompedor con relleno de calcita recristalizada, cuarzo lechoso, diseminación-vetillas de pirita y óxidos de hierro.

4.3. CONTEXTO TECTÓNICO-ESTRUCTURAL REGIONAL

4.3.1. CONTEXTO TECTÓNICO REGIONAL

La mina PHOENIX-5 está asociada a la cordillera de los andes del Perú Central cuya evolución está relacionada a la orogenia andina (Mégard, 1978); que es resultado de la subducción entre la placa de Nazca y la placa ensiálica Sudamericana. La cadena andina se caracteriza por 2 principales cambios de dirección: La deflexión de Huancabamba en el Norte y la de Arica en el Sur. En el Perú la cadena andina sufre 2 cambios notables: los cuales pasan localmente de la dirección NO a la dirección E-O, a estos cambios se le conoce como “Virgaciones” y están representadas por la deflexión de cajamarca y la deflexión de abancay.

La cordillera de los andes se ha formado como consecuencia de 3 ciclos geodinámicos mayores: Ciclo geodinámico del precámbrico, paleozoico y del triásico a la fecha, éste último también conocido como ciclo andino (U. Petersen 1990). Este ciclo consta de 2 fases: 1) Fase Extensional (Triásico superior a Cretácico inferior): aquí se deposita la secuencia sedimentaria clástica carbonatada en la depresión peruana Oeste, en un régimen de subducción tipo mariana (Mégard 1984). En los estadios finales de este

periodo (Hauteriviano – Albiano medio), se genera el graben Huarmey – Cañete con vulcanismo tholeítico a calcoalcalino (volcánicos del Cretáceo superior). 2) Fase Compresional (Cretáceo superior a Holoceno): En los estadios tardíos del Albiano Medio - Cenomaniano, se produce una fase tectónica compresional, definida como la orogenia Mochica (Myers, 1974; Cobbing et al., 1981; Mégard et al., 1984a). Esta fase genera ejes de pliegues en 2 direcciones, uno principal ligeramente oblicuo al rumbo andino NE – SO y el otro más joven ENE - OSO (Myers, 1974; 1980). Asimismo, durante esta fase se desarrollaron sistemas de fallas en echelón y fallas con movimientos dextrales y que aparentemente permitieron el emplazamiento de gabros y diques tholeíticos sinplutónicos del batolito de la costa, relacionados a la superunidad de Patap (100 Ma – 107 Ma; Cobbing E. et al., 1977).

Se define que a partir del Campaniano temprano, se produjeron una serie de fases tectónicas compresivas; como es el caso de la fase Peruana (84 Ma – 79 Ma), Incaica I (59 Ma – 55 Ma), Incaica II (43 Ma – 42 Ma), Incaica III (30 Ma – 27 Ma), Incaica IV (22 Ma), Quechua I (17 Ma), Quechua II (8 Ma – 7 Ma) y Quechua III (5 Ma – 4 Ma) y Quechua IV (3Ma - 1Ma). Benavides-Cáceres (1999). Las rocas sedimentarias cretácicas fueron deformadas durante el Cenozoico por 2 episodios orogénicos conocidos como: la Fase Inca y Quechua (Mégard, 1984; Benavides, 1999). La Fase Inca es la más importante y afecta principalmente a los segmentos Norte y Central del Perú, produciendo en la zona axial y borde Noreste de la cordillera occidental pliegues y sobre-escurrimientos.

Entre la fase Peruana y el inicio de la fase Incaica I (Campaniano tardío - Paleoceno), se produce un régimen extensional manifestado por la presencia de cuencas intermontañas. Durante el Paleoceno tardío y Eoceno temprano se desarrolló la fase compresiva Incaica I (Noble et al., 1985). Este evento generó ejes de pliegues NO – SE, seguido de levantamiento y erosión.

En los estadios tardíos del Eoceno medio, se da lugar a una nueva fase compresiva NE - SO, Incaica II que genera pliegues y fajas corridas, en las secuencias sedimentarias (Steinmann, 1929; Noble et al., 1979b, 1985, 1990).

En el Oligoceno, se produce la fase compresiva Incaica III, caracterizada por un brusco acortamiento NNE - SSO; paralelo a la dirección de convergencia en el Oligoceno (Sebrier et al., 1991). De igual manera, destaca la presencia de superficies de erosión.

Benavides-Cáceres (1999), en estadios tempranos del Mioceno (22 Ma) registra la fase compresiva Incaica IV (Noble et al., 1979a). Este evento generó ejes de pliegues NO – SE en los volcánicos del Oligoceno y superficies de erosión en los niveles más expuestos del batolito de la costa.

Alrededor de los 17.0 Ma (Mioceno medio), se evidencia una fuerte fase compresiva definida como Quechua I (Steimann, 1929; MCKee et al., 1982; Mégard et al., 1985). Relacionada a esta fase se tiene la presencia de extensas superficies de erosión denominada como superficie Puna (Benavides-Cáceres, 1999), que afectó a las

secuencias volcánicas Oligocenas – Miocenas y al batolito de la Costa (Macharé et al., 1986).

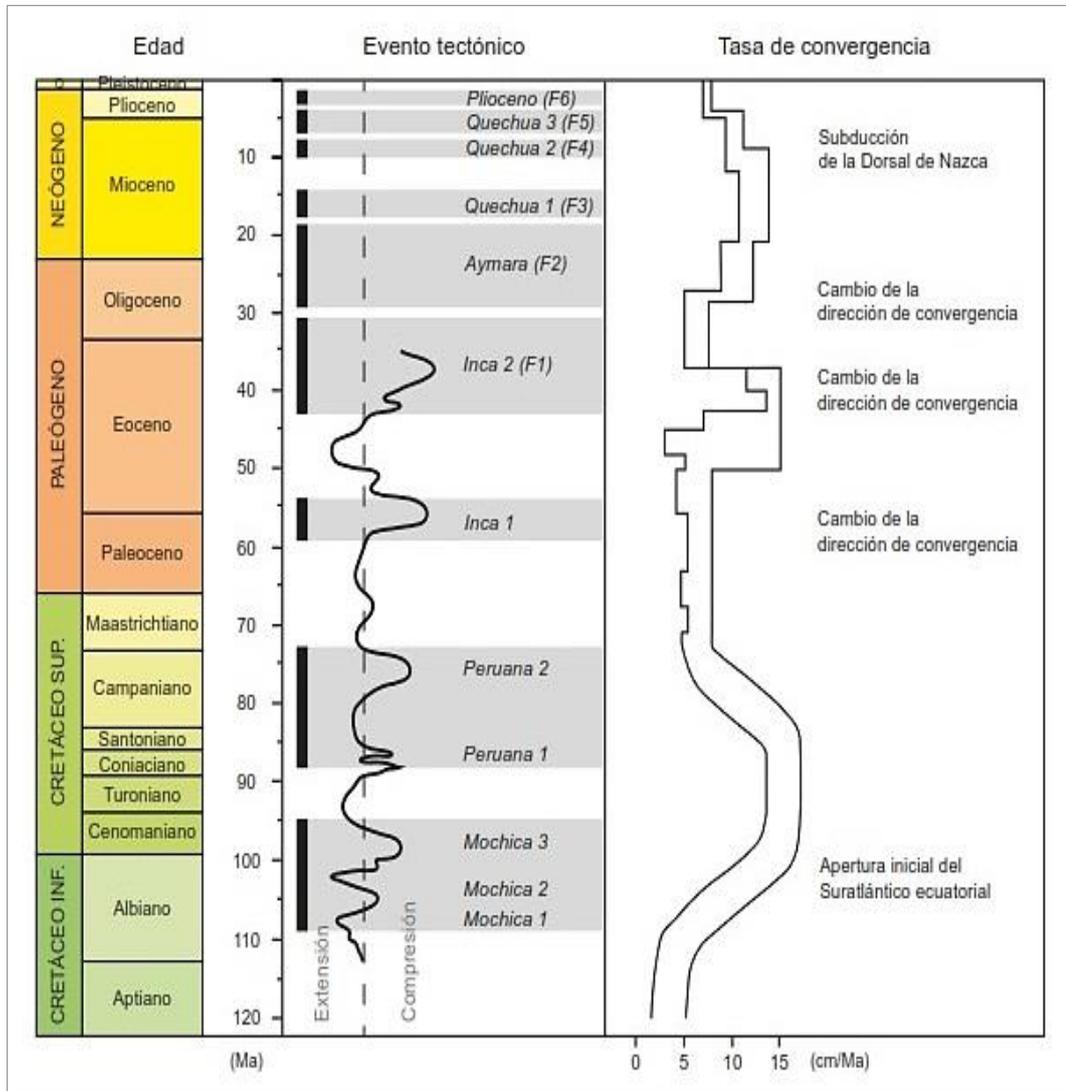


Imagen 11: Eventos tectónicos de la margen peruana entre el Mesozoico y el Cenozoico. Tomado de Pilger (1983), Sebrier et al. (1988), Soler y Bonhomme (1990), Sandeman et al. (1995), Jaillard y Soler (1996) y Norabuena et al. (1998).

4.3.2. CONTEXTO ESTRUCTURAL REGIONAL

La cuenca Huarmey regionalmente está limitada en el Este por el sistema de falla Tapacocha – Conchao Cocachacra, situada a 50 km y 60 km respectivamente. Al Oeste por el outer shelf high OSH (anticlinal) situada a 100 km el cual es una estructura compleja del basamento de dorsales de edad Paleozoica y/o Precámbrico (Couch et al., 1981; Jones, 1981).

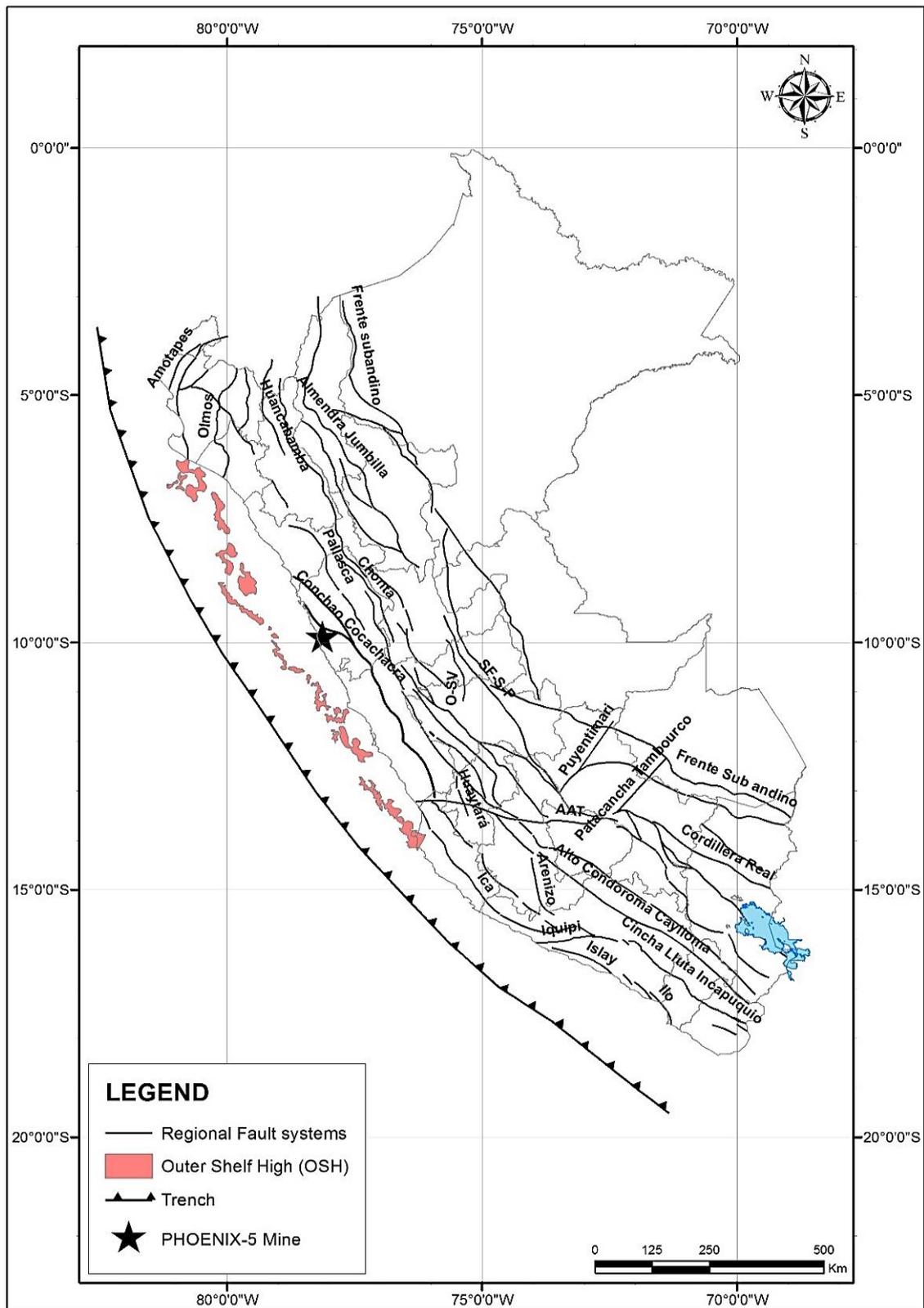


Imagen 12: Sistema de fallas regionales del Perú. La mina PHOENIX-5 al Este está limitada por el sistema de fallas Tapacocha –Conchao Cocachacra y al Oeste por el alto basamento OSH. Tomado del INGEMMET y Thornburg and Kulm (1981).

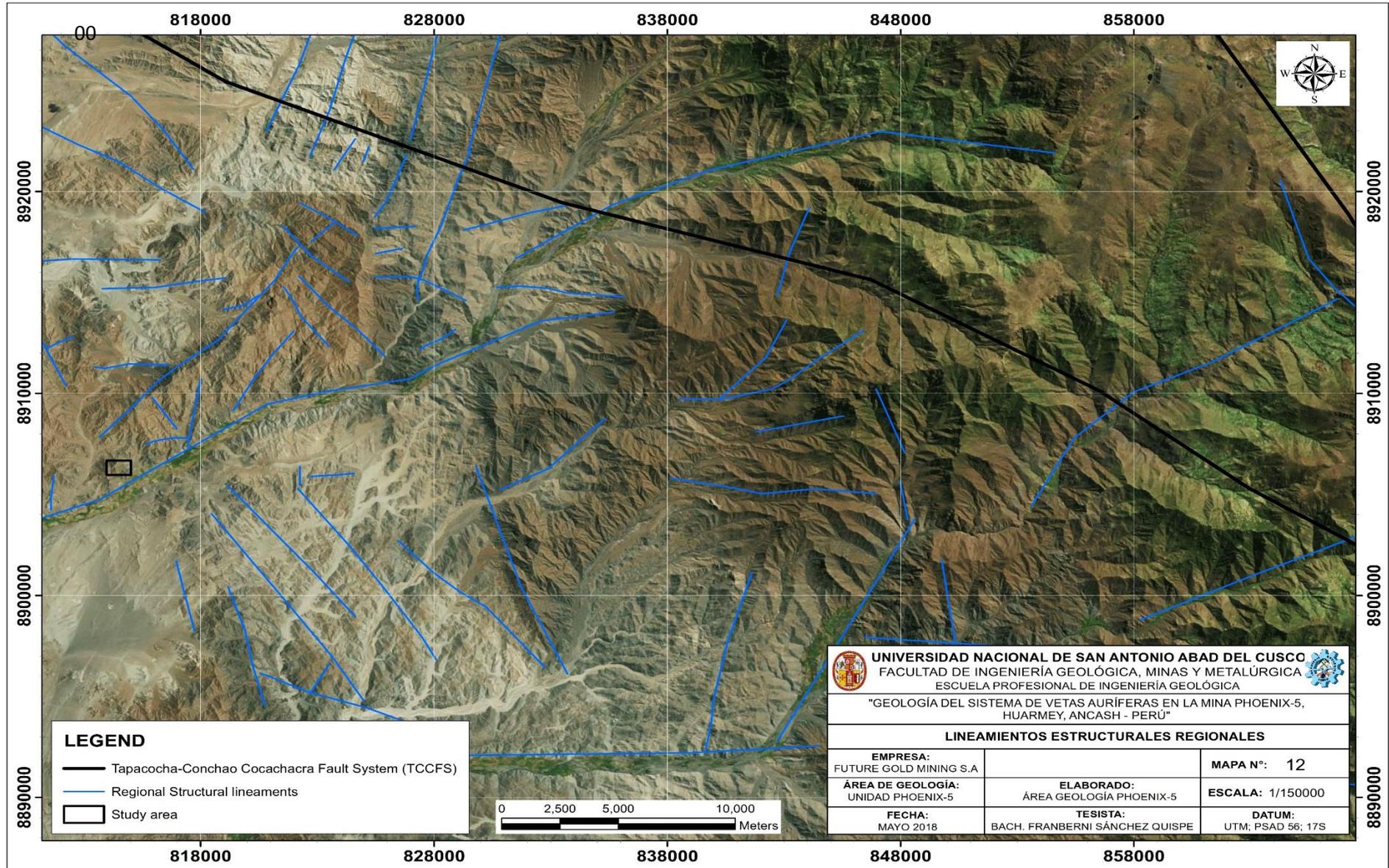
Compilado y digitalizado por Franberni Sánchez.

4.3.3. LINEAMIENTOS REGIONALES FOTOINTERPRETADOS

Los lineamientos que se describirán a continuación han sido interpretados a partir de imágenes satelitales descargados de SASplanet, representando los rasgos estructurales de mayor importancia y extensión. Se han identificado tendencias NO-SE, NE-SO, ENE-OSO y E-O

Los lineamientos NO-SE tienden a tener un paralelismo al sistema de falla regional Tapacocha – Conchao Cocachacra, lo cual es el lineamiento de mayor predominancia y siendo los fallamientos más recientes. La tendencia NE-SO se observa al NE de la mina PHOENIX-5, interceptando perpendicularmente a la falla regional Tapacocha y al SE también se observa 2 lineamientos uniéndose al valle de Huarmey.

Los lineamientos ENE-OSO y E-O tendrían alguna importancia económica debido a la relación que manifiestan con los sectores con presencia de mineralización aurífera como se evidencia en nuestra área de estudio.



Mapa 12: Fotointerpretación de lineamientos estructurales regionales.

4.4. CONTEXTO TECTÓNICO-ESTRUCTURAL LOCAL

4.4.1. CONTEXTO TECTÓNICO LOCAL

Para determinar los eventos tectónicos que influenciaron en el área de estudio, se realizó la recolección de datos estructurales mediante 41 estaciones microtectónicas en las 17 estructuras reconocidas tanto en superficie como en interior mina, que incluyeron la medición de 142 superficies estriadas con movimientos sinestrales (Sx), dextrales (Dx), inversas (Ix), normales (Nx) y sus respectivas variaciones para hacer posteriormente sus análisis estructural y cinemático de las estructuras. Se ha utilizado el software Faultkin y tectonics FP.

4.4.1.1. DESCRIPCIÓN BREVE DE LOS EVENTOS

Es importante mencionar, el análisis estructural y cinemático presenta una serie de procedimientos lo cual se ha realizado internamente, se está obviando en este trabajo por cuestiones de síntesis.

Se determinaron 5 eventos tectónicos, clasificados como: pre-mineral, generación previa de estructuras; syn-mineral, formación de aperturas estructurales favorables para la mineralización; post –mineral, deformaciones y posteriormente desplazamientos de las estructuras mineralizadas.

4.4.1.1.1. EVENTO TECTÓNICO – I

El evento – I, pre-mineral, ha originado pre-estructuras con una compresión regional con dirección de esfuerzo efectivo ~NNO-SSE (N 158°) con un plunge promedio de 44°, que dieron lugar a zonas de transtensión cuya cinemática estuvo gobernada por movimientos ~ONO-ESE de predominancia transcurrente dextral-normal (Virginia, Confusio) y dextral-inverso (Éxito), consecuentemente movimientos ~NO-SE dextral-normal (San Cipriano).

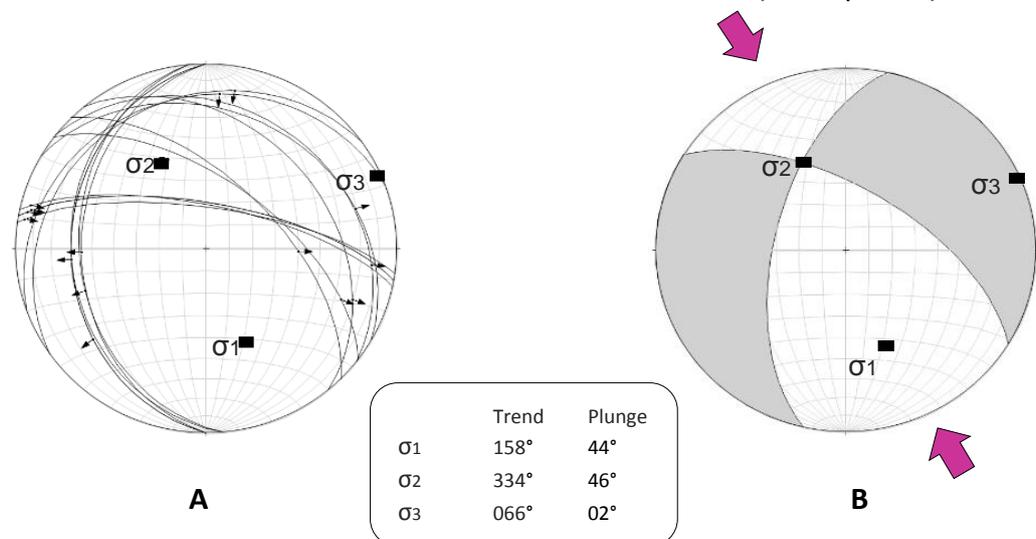


Imagen 13: Falsillas estereográficas, evento-I: **A)** Estructuras conformada por 16 estrías. **B)** Esfuerzos principales σ_1 , σ_2 , σ_3 y dirección de compresión regional efectivo ~NNO-SSE.

4.4.1.1.2. EVENTO TECTÓNICO – II

El evento – II, también pre-mineral, ha definido mejor las pre-estructuras generadas por el evento anterior, con una compresión regional con dirección de esfuerzo efectivo \sim NNE-SSO (N 199°) con un plunge promedio de 10°, que dieron lugar a zonas de transpresión cuya cinemática estuvo gobernada por movimientos \sim ONO-ESE de predominancia inverso-dextral (Virginia), consecuentemente movimientos transcurrentes sinistral-inverso \sim ENE-OSO (Victoria, caleta y Linito), dextral-normal \sim NO-SE (Asombro, San Cipriano y Rompedor) y finalmente dextral-Inverso \sim NO-SE (Bernabé y Zeus).

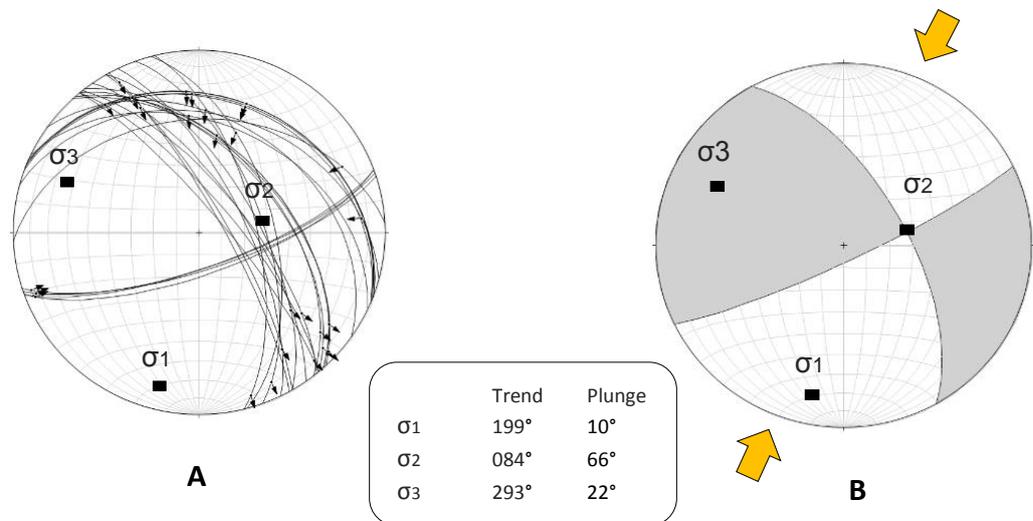


Imagen 14: Falsillas estereográficas, evento-II: **A)** Estructuras conformada por 34 estrías. **B)** Esfuerzos principales σ_1 , σ_2 , σ_3 y dirección de compresión regional efectivo \sim NNE-SSO.

4.4.1.1.3. EVENTO TECTÓNICO – III

El evento – III, syn-mineral, ha definido mejor las aperturas estructurales favorables para la mineralización tipo sigmoide con una compresión regional con dirección de esfuerzo efectivo \sim NE-SO (N 241°) con un plunge promedio de 02°, que dieron lugar a zonas de transtensión cuya cinemática estuvo gobernada por movimientos \sim ONO-ESE de predominancia transcurrente sinistral-inverso (Virginia, Éxito, Confusio) consecuentemente dextral-normal \sim ONO-ESE (Linita), inverso-dextral \sim ENE-OSO (Zulema, Candelaria), dextral-inverso \sim ENE-OSO (Victoria) sinistral-normal \sim ENE-OSO (Linito y Caleta), inverso-dextral \sim NO-SE (Zeus) y finalmente sinistral-inverso \sim NO-SE (Bernabé).

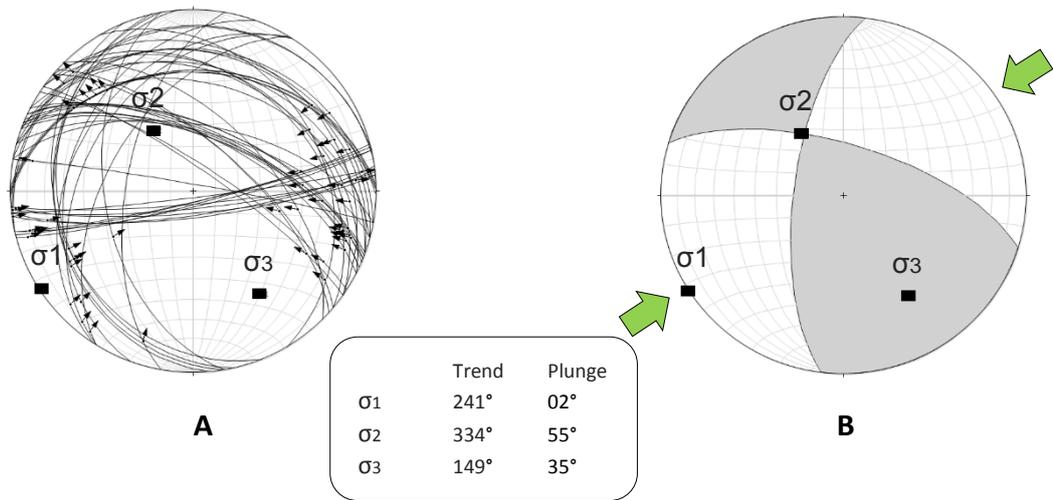


Imagen 15. Falsillas estereográficas, evento-III: **A)** Estructuras conformada por 48 estrías. **B)** Esfuerzos principales σ_1 , σ_2 , σ_3 y dirección de compresión regional efectivo ~NE-SO.

4.4.1.1.4. EVENTO TECTÓNICO – IV

El evento – IV, post-mineral, ha generado deformaciones y desplazamientos de las estructuras mineralizadas con una compresión regional con dirección de esfuerzo efectivo ~NO-SE (N 337°) con un plunge promedio de 76°, que dieron lugar a zonas de transtensión cuya cinemática estuvo gobernada por movimientos ~ONO-ESE de predominancia transcurrente dextral-normal (Virginia) consecuentemente dextral-inverso ~ENE-OSO (Candelaria), dextral-normal ~ENE-OSO (San Jerónimo, San Fernando) y finalmente sinistral-normal ~NO-SE (Bernabé y Rompedor).

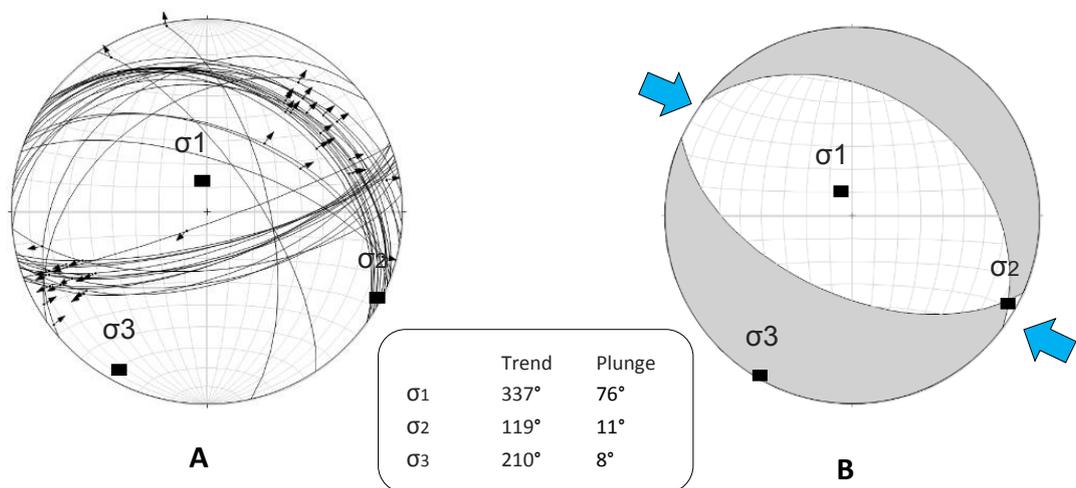


Imagen 16. Falsillas estereográficas, evento-IV: **A)** Estructuras conformada por 37 estrías. **B)** Esfuerzos principales σ_1 , σ_2 , σ_3 y dirección de compresión regional efectivo ~NO-SE.

4.4.1.1.5. EVENTO TECTÓNICO – V

El evento – V, también post-mineral, este último evento tectónico también generó desplazamientos y en mayor predominancia deformaciones de las estructuras con una compresión regional con dirección de esfuerzo efectivo ~E-O (N 72°) con un plunge promedio de 54°, que dieron lugar a zonas de transtensión cuya cinemática estuvo gobernada por movimientos ~ONO-ESE de predominancia vertical normal-dextral (Virginia) consecuentemente dextral-normal ~ONO-ESE (Éxito) finalmente dextral-normal ~ENE-OSO (Candelaria).

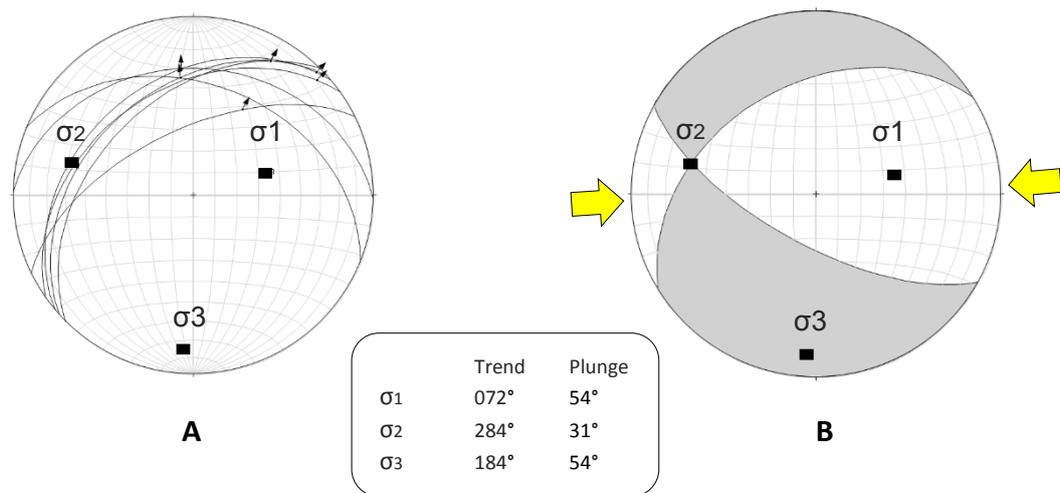


Imagen 17. Falsillas estereográficas, evento-V: **A)** Estructuras conformada por 7 estrías. **B)** Esfuerzos principales σ_1 , σ_2 , σ_3 y dirección de compresión regional efectivo ~E-O.

4.4.2. CONTEXTO ESTRUCTURAL LOCAL

4.4.2.1. SISTEMAS ESTRUCTURALES

Se han definido 3 sistemas estructurales principales. Se tiene 8 estructuras mineralizadas y 9 fallas principales, haciendo un total de 17 estructuras.

4.4.2.1.1. SISTEMA ONO-ESE

El sistema ONO-ESE es el más importante constituido por la principal “veta-falla Virginia” seguido de Éxito, Asombro, veta Linita, la falla Confusio y el cuerpo mineralizado Natasha, haciendo un total de 6 estructuras con esta dirección. Estas estructuras presentan inflexiones a lo largo de toda su longitud explorada, generando en algunas zonas direcciones de tendencia N-S. Los buzamientos predominantes son de bajo ángulo que oscilan de 30° a 40° y en menor proporción de 60° a 70°.

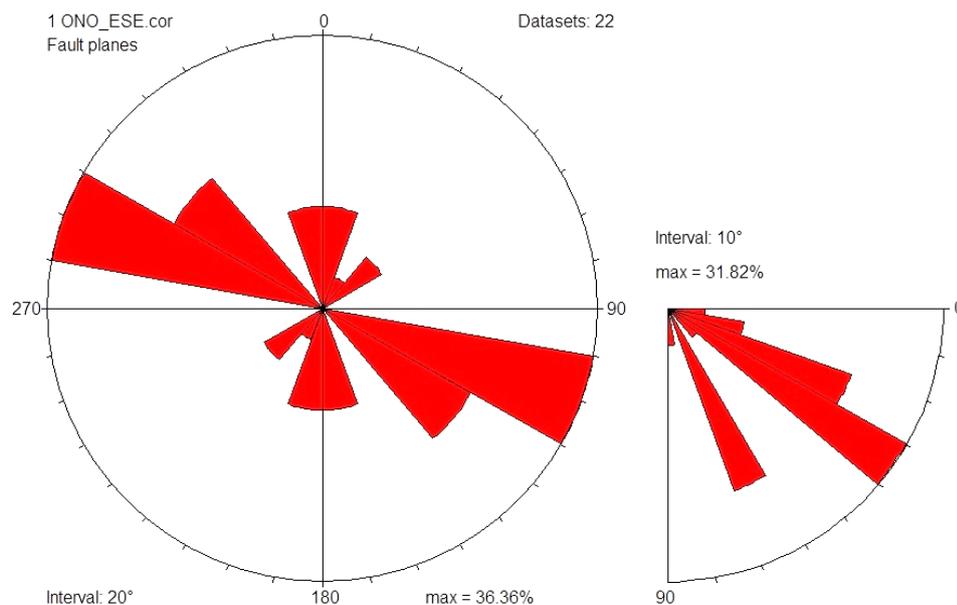
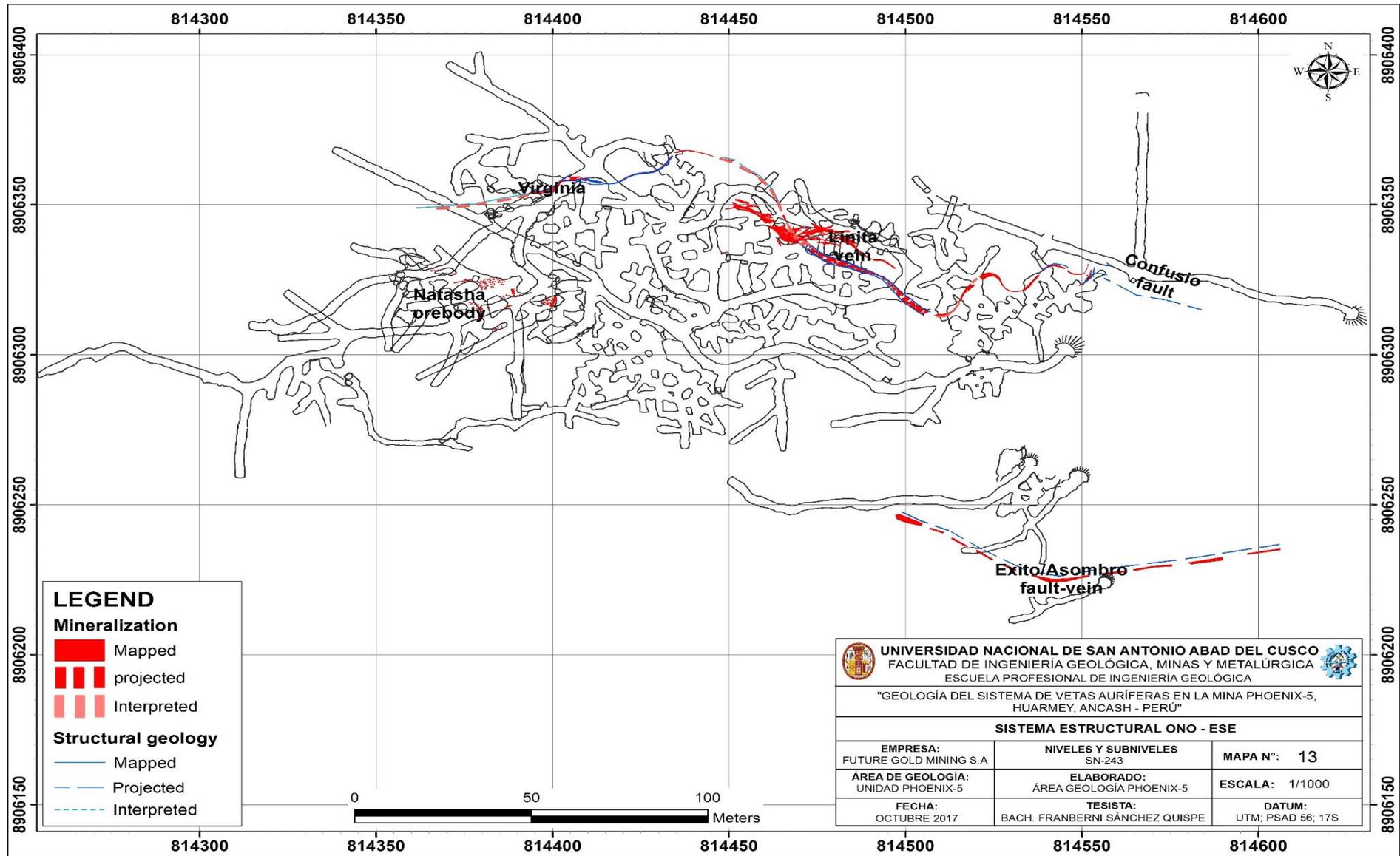


Imagen 18: Diagrama de rosetas. Se observa el sistema estructural ONO-ESE con buzamientos predominantes de bajo ángulo que oscila entre 30° y 40°. Diagrama elaborado con el software Tectonics FP.



Mapa 13: Sistema estructural ONO-ESE.

4.4.2.1.2. SISTEMA ENE-OSO

El sistema ENE-OSO también tiene importancia debido a que está constituido por 3 estructuras mineralizadas veta-falla Victoria, veta Zulema y Candelaria. Por 4 fallas tales como San Jerónimo, Linito, Caleta y San Fernando. Hacen un total de 7 estructuras con esta dirección. Estas estructuras mineralizadas se caracterizan por tener mayores inflexiones que las fallas (mapa 14) y de tener buzamientos predominantes de bajo ángulo que oscilan de 20° a 40° y las fallas de alto ángulo de 70° a 90°.

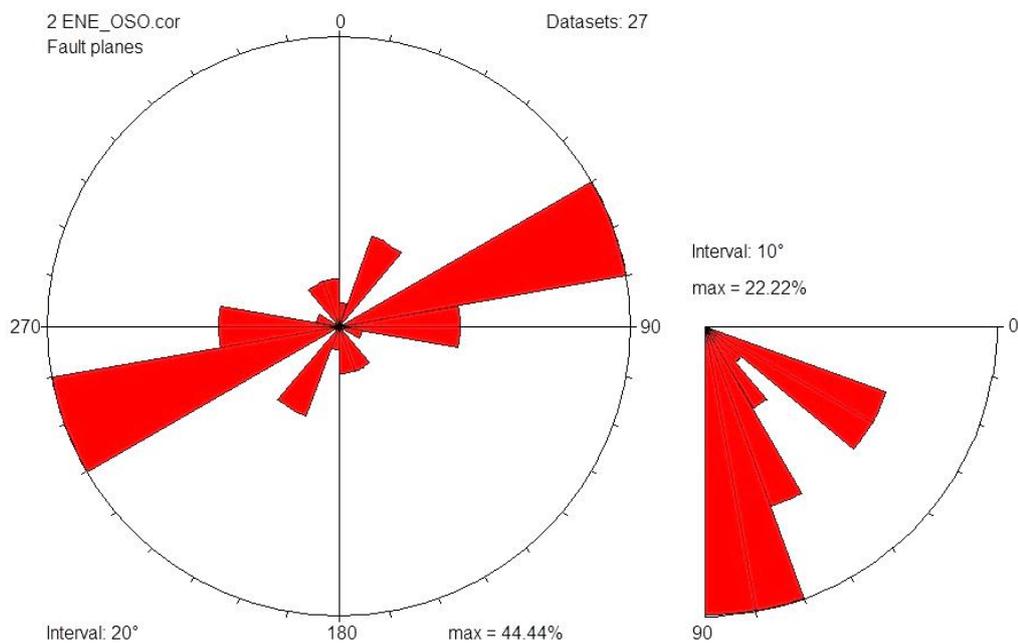
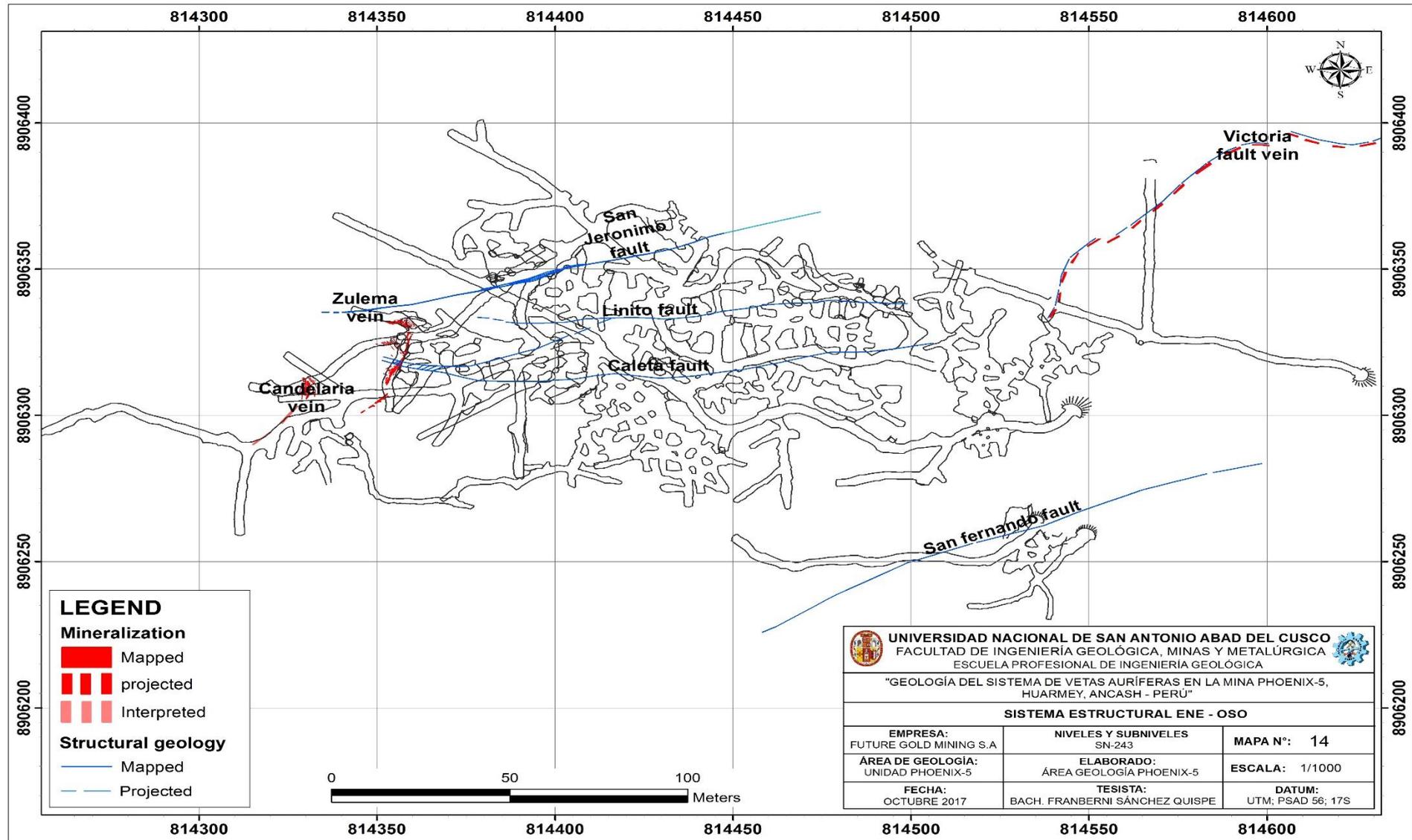


Imagen 19: Diagrama de rosetas. Se observa el sistema estructural ENE-OSO con buzamientos predominantes de bajo ángulo que oscila entre 20° y 40°. Diagrama elaborado con el software Tectonics FP.



Mapa 14: Sistema estructural ENE-OSO.

4.4.2.1.3. SISTEMA NO-SE

El sistema NO-SE o andino está principalmente constituido por fallas post-mineralización: San Cipriano, Zeus, Bernabé y Rompedor, haciendo un total de 4 estructuras con esta dirección. Los buzamientos predominantes son de alto ángulo que oscilan de 70° a 80°.

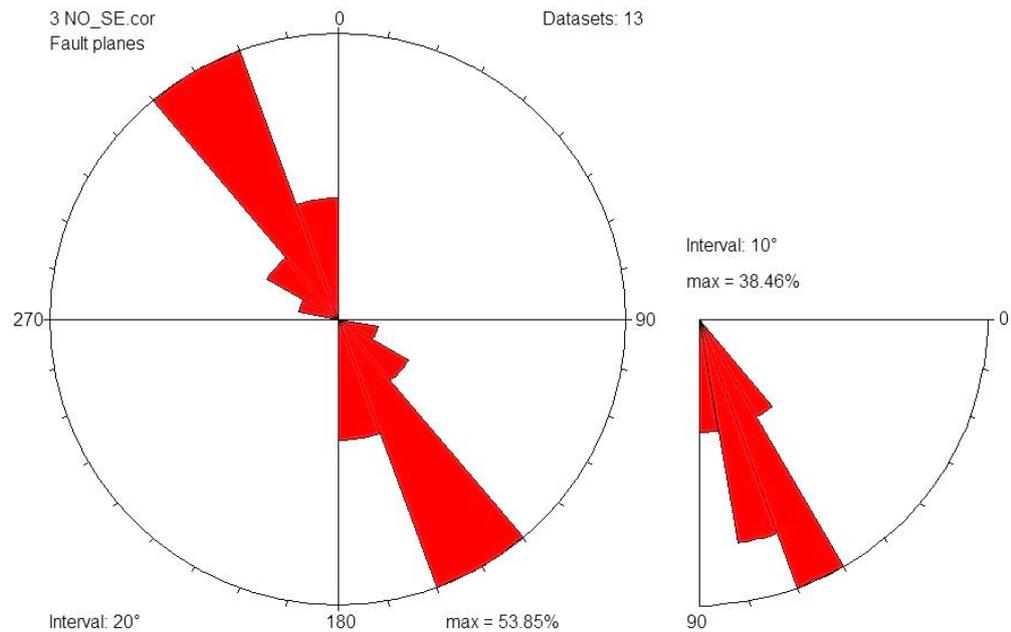
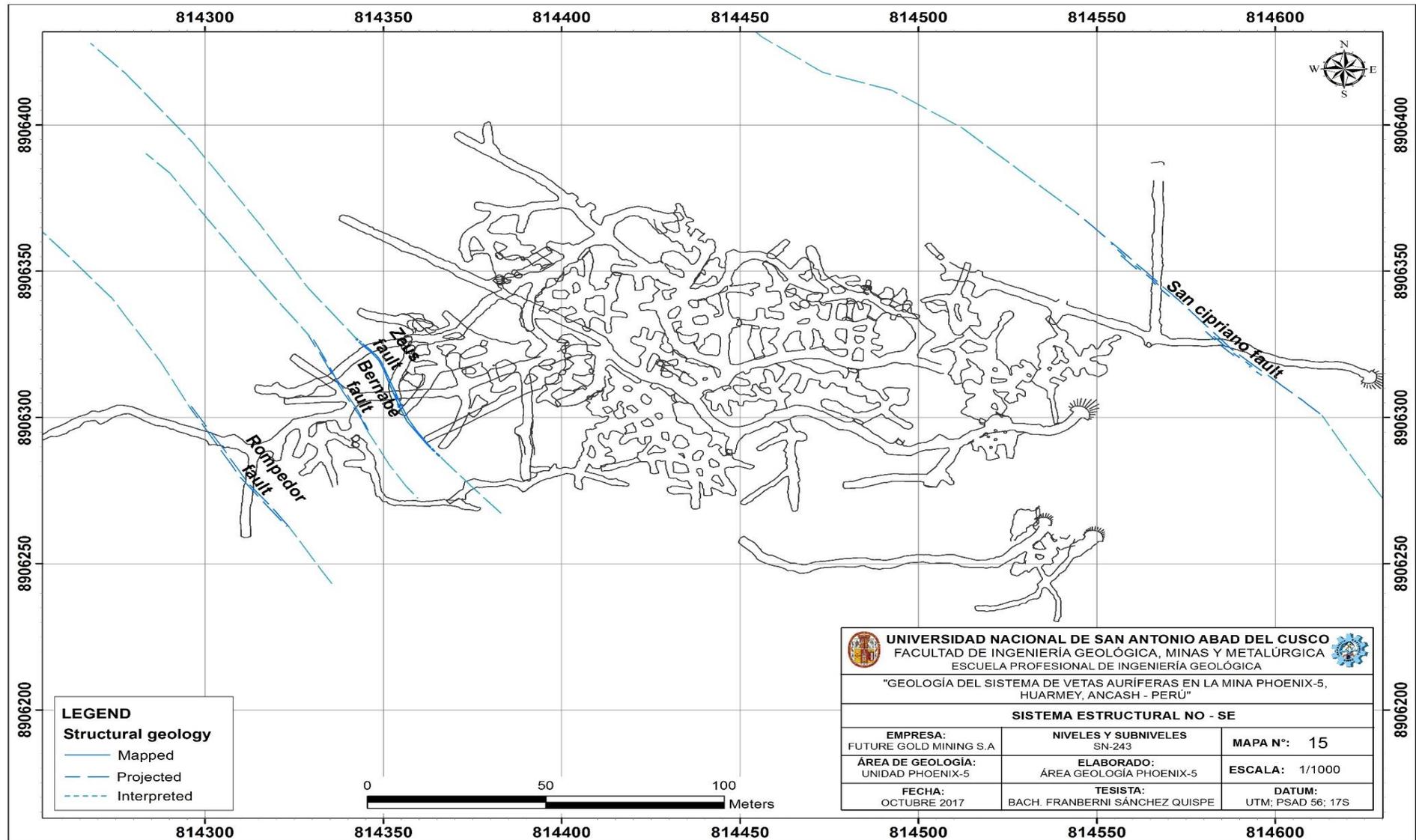


Imagen 20: Diagrama de rosetas. Se observa el sistema estructural NO-SE con buzamientos predominantes de bajo ángulo que oscila entre 70° y 80°. Diagrama elaborado con el software Tectonics FP.



Mapa 15: Sistema estructural NO-SE.

4.4.3. ESTRUCTURAS MINERALIZADAS

Se han registrado 8 estructuras mineralizadas en toda la zona de operación. Se caracterizan por presentar 2 sistemas estructurales. El primero de dirección ONO-ESE constituido por la veta-falla Virginia, Éxito, Asombro, Cuerpo mineralizado Natasha y la veta Linita. El segundo ENE-OSO constituido por la veta Zulema, Candelaria y la veta-falla Victoria.

4.4.3.1. VETA-FALLA VIRGINIA

4.4.3.1.1. GENERALIDADES

UBICACIÓN

La veta-falla Virginia en su conjunto se ubica desde las coordenadas UTM E-814545; N-8906300 en bocamina del NV-255 hasta E-814257; N-8906084 al Oeste en superficie.

DIMENSIONES

En superficie abarca 460 m de longitud explorada. En interior mina, en el SN-243 alcanza 220 m de longitud desarrollada y actualmente en operación. En proyección vertical se ha definido 150 m desde superficie hasta el NV-230. El ancho de veta promedio es de 1.00 m pero mantiene un rango de 0.2 a 2.20 m.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

La veta-falla Virginia tiene un promedio de azimuth N 285° y buzamiento 30°. Presenta una serie de inflexiones con presencia de sigmoides en tipo rosario, alcanzando potencias de sulfuro masivo hasta 2.20 m pero cuando varia de azimuth a ~N-S y buzamientos más sub-verticales, Virginia tiende a estrangularse a potencias de 0.2 m donde se encuentra sólo relleno de calcita, gougue, actinolita y diseminación de calcopirita. En el NV-255 al Este en la bocamina, se encuentra bien definida pero al Oeste se estrangula y se ramifica especialmente cuando atraviesa terrenos volcano-sedimentarios. Más al Sur de la principal estructura mineralizada veta-falla Virginia existen al piso lazos como la veta-falla Éxito y Asombro (mapa 06); al Noreste existe al techo un lazo representado por la veta-falla Victoria.

Es importante mencionar que el control estructural de Virginia no está constituido solo por la falla techo y piso sino es un sistema de fallas de tipo anastomosado por eso es importante mencionar que a veces la mineralización suele estar al techo o al piso en lentes. La falla techo de la veta-falla Virginia está bien definida con espesor de 8 cm de relleno de cataclastitas (calcita recristalizada, gougue, arcillas y Oxfe). En algunas zonas, la falla piso se encuentra definido y ligeramente cizallado con relleno de calcita. La falla techo está más definido que su falla piso.



Foto 26: Interior mina, SN-267, Veta-falla Virginia, sulfuro masivo, Potencia 1.20 m.

OPERACIÓN MINA

La veta-falla Virginia es la principal estructura mineralizada en las operaciones mineras de la empresa FUTURE GOLD MINING S.A. Actualmente su aporte a la producción es de 30 Tm/día de sulfuro con leyes de 13 Gr\Tm de Au en promedio, el cual corresponde el ~60 % de la producción total de la mina. La extracción de mineral se resume sólo en el NV-255, pero en toda la operación está constituido por 3 niveles de ingreso-salida y 2 subniveles ciegos.

COTA	NIVEL / SUBNIVEL
279	NV-279
267	SN-267
255	NV-255
243	SN-243
230	NV-230

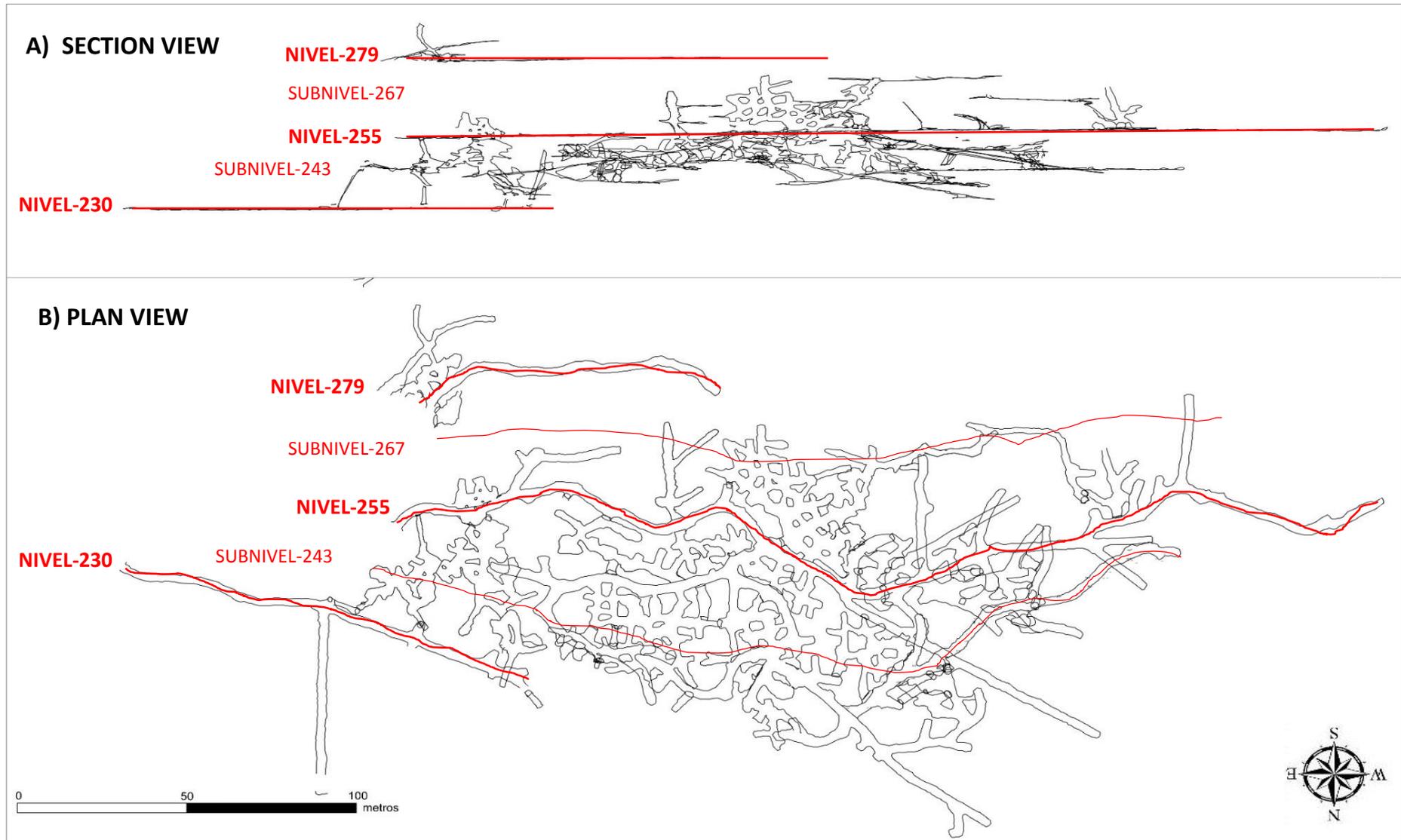


Imagen 21: Niveles y subniveles de la operación minera de la mina PHOENIX-5.

Se diseñan chimeneas convencionales y bloques para tajeo de manera arbitraria debido a la ocurrencia de mineralización caprichosa, con echaderos en diferentes subniveles y en el NV-255 principalmente. La limpieza de algunos frentes de disparo se ejecuta manualmente por los obreros con uso de palanas, picos y carretillas hasta los echaderos inferiores y más cercanos. Luego la carga es recogida por scoops de capacidad de 1.5 yardas hasta las canchas de mineral del NV-255 situados en superficie y posteriormente cargados por mini-cargadores a unidades motorizados volquetes de 12 toneladas de capacidad para luego realizar el carguío respectivo a unidades de mayor capacidad de 30 toneladas en las plataformas ubicada cerca del campamento y finalmente ser transportado hasta la Planta de beneficio.

4.4.3.1.2. CONTROLES DE LA MINERALIZACIÓN

CONTROL LITOLÓGICO

Básicamente la roca como la andesitas porfírica, gabro phx-5, diorita phx-5, en menor proporción los hornfels silicificado y hornfels bandeado son los que presentan las condiciones fisicoquímicas más favorables para la reacción con los fluidos mineralizantes y su posterior deposición en trampas estructurales.

CONTROL MINERALÓGICO

La calcopirita y la pirita fina representan el control mineralógico de la zona económica aurífera, asociado con pirrotita y marcasita. Es importante mencionar cuando la estructura está en un cierre neto, la guía mineralógica de Virginia es siempre la presencia de calcopirita y/o pirita diseminado, por eso es importante ser muy observador. Por otra parte, cuando en la estructura se observa a la marcasita con una textura de oquedades indica que la mineralización se estrangulará. El mineral ganga que es la actinolita también es guía de la mineralización. La ocurrencia de mineralización de sulfuro y óxidos es variable, de tipo masivo, semi-masivo y en lentes.

CONTROL ESTRUCTURAL

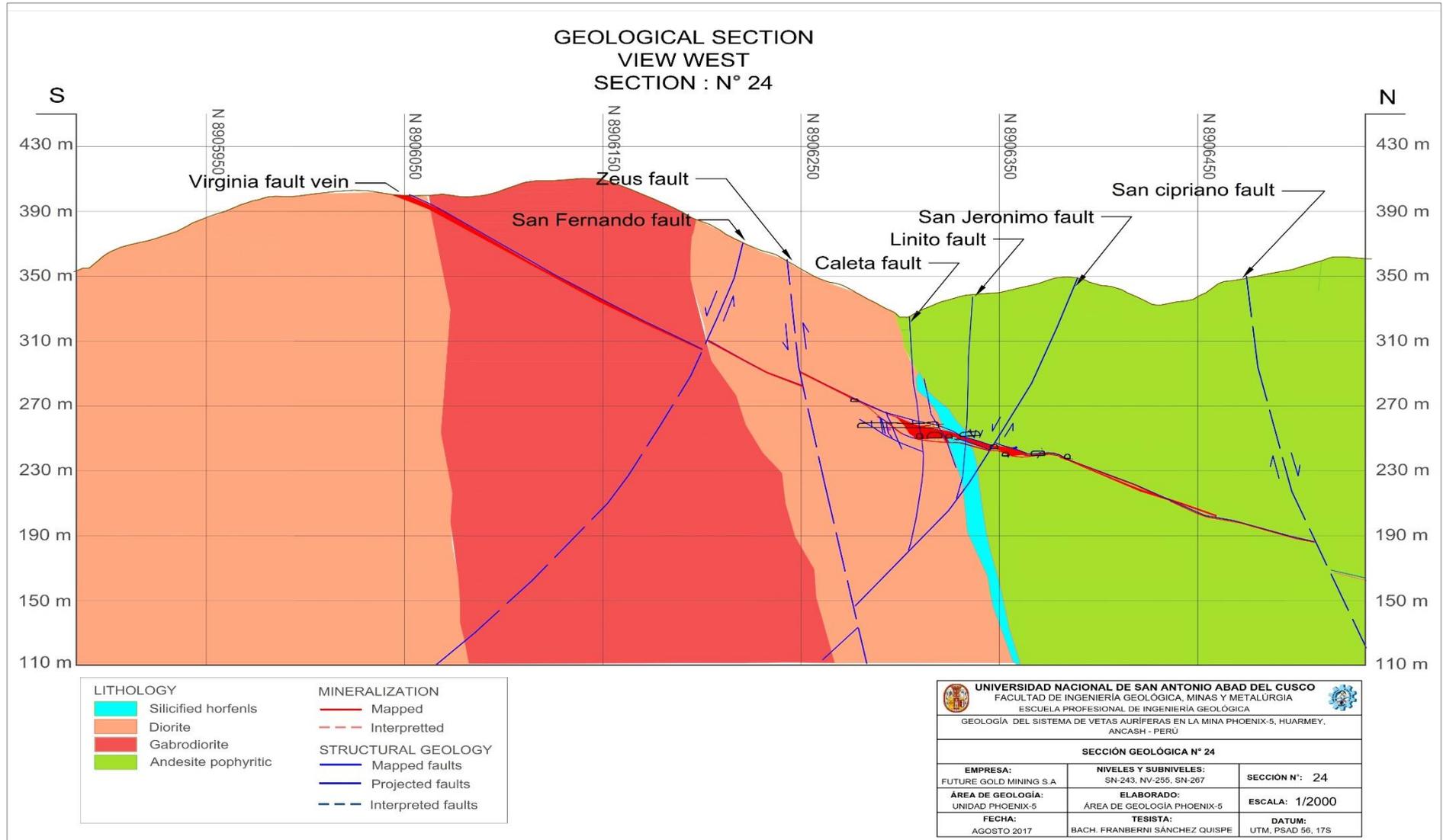
Ejerce mayor condición y control en el emplazamiento de la mineralización, Virginia está constituida por un sistema de fallas tipo anastomosado. La veta-falla Virginia sufrió desplazamientos dextral-normal (rake=36°) e inverso-dextral (rake=71°) originados por los eventos tectónicos I y II (pre-minerales) respectivamente, lo cual han generado pre-fallamientos. Sinistral-inverso (rake=45°) originado por el evento -III (syn-mineral), la cual en las zonas de menor ángulo de buzamiento generaron sistemas de aperturas tensionales tipo sigmoide en longitud horizontal y vertical; que a la vez dislocaron el sistema produciendo los "splits o ramales" al techo y piso de la veta-falla Virginia. Finalmente dextral-normal (rake=66°) y normal-dextral (rake=71°) originados por los eventos IV y V (post-minerales) respectivamente, lo cual generaron las reactivaciones y deformaciones de la veta-falla Virginia.

4.4.3.1.3. ANÁLISIS EN SECCIÓN TRANSVERSAL

En sección transversal se puede observar que la veta-falla Virginia con azimut N280° y buzamiento ~30°, presenta una continuidad bien definida tanto en niveles inferiores y superiores, emplazadas dentro de las litologías andesita porfirítica, diorita phx-5, gabro phx-5 y en menor proporción en los hornfels. Además, se observa desplazamiento de la veta-falla Virginia por fallas post-mineralización como la falla San Fernando, Zeus, Caleta, Linito, San Jerónimo y San Cipriano.

Actualmente está siendo explotada, presenta algunos indicios de mineralización a mayores profundidades y al Norte de la zona de operación actual, se presume una continuidad de la estructura mineralizada, así se puede afirmar que existen zonas potenciales de exploración.

Esta estructura se ha cortado en todos los niveles y sub-niveles, NV-230, NV-255, NV-279 y SN-243, SN-267 respectivamente. El control litológico, mineralógico y estructural de la mineralización se encuentran bien definidos y se puede reconocer con facilidad siendo muy observable en campo.



Sección N° 24: Se observa la estructura principal veta-falla Virginia con una continuidad definida en mayores profundidades.

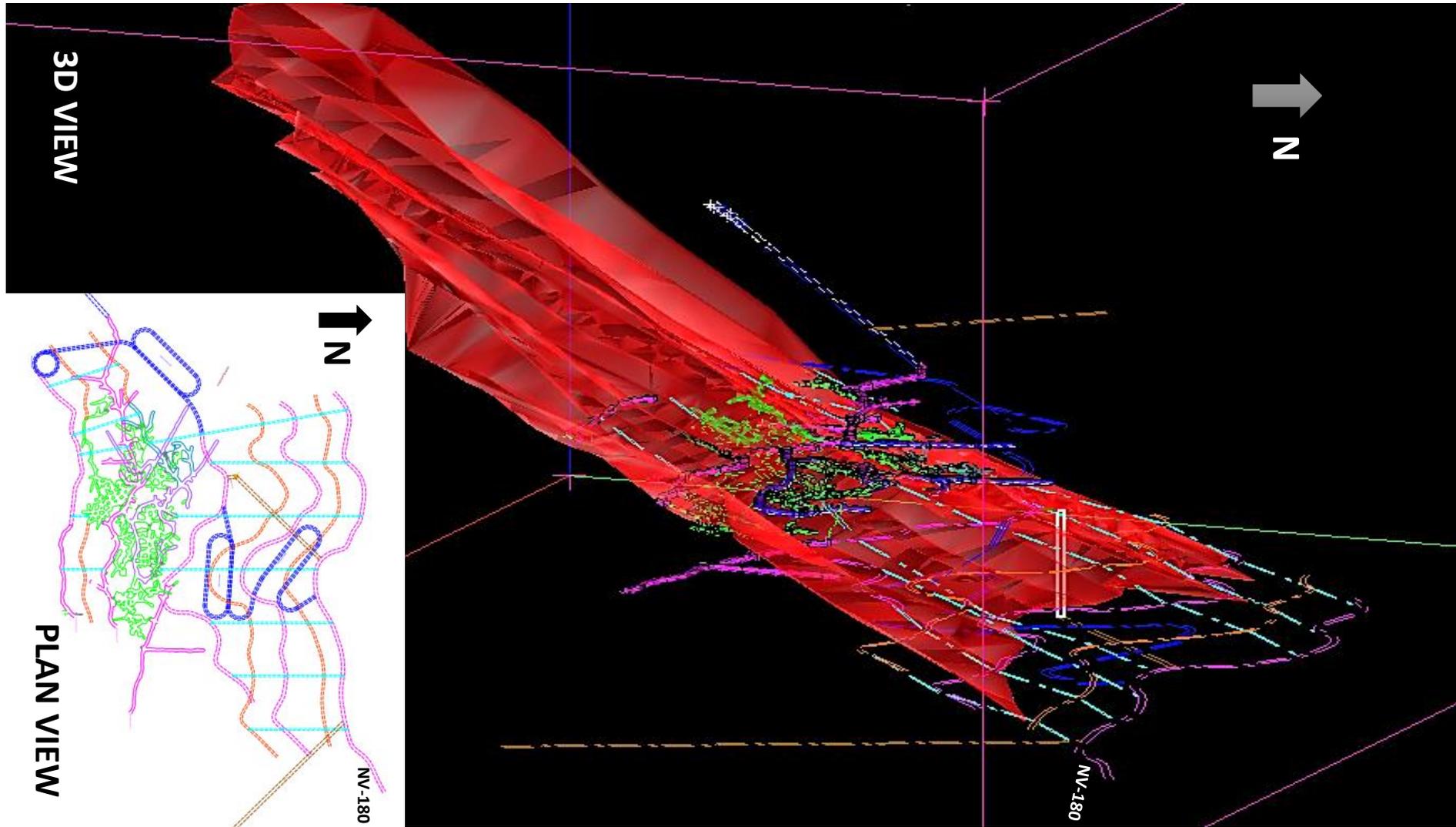


Imagen 22: De acuerdo al mapeo e interpretación geológica se presume la continuidad de la estructura principal veta-falla Virginia en mayores profundidades y al Norte de la actual zona de operación. También se observa el plan de laboreo cuyo nivel más profundo es el nivel NV-180.

4.4.3.2. VETA-FALLA ÉXITO

4.4.3.2.1. GENERALIDADES

UBICACIÓN

La veta-falla Éxito en su conjunto se ubica desde las coordenadas UTM E-814659; N-8906206 hasta E-814498; N-8906161 en superficie.

DIMENSIONES

Solo se observa en superficie, abarca 175 m de longitud explorada. El ancho de veta promedio es de 0.80 m.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

La veta-falla Éxito tiene un promedio de azimut N 250° y buzamiento 55°. Presenta inflexiones con presencia de sigmoides en tipo rosario, se observa óxidos (limonitas) en toda la estructura debido a que aflora en superficie. Éxito tiende a reducirse a potencias de 0.20 m encontrándose solo relleno de calcita, gougue y óxidos de fierro.

En superficie, se encuentra bien definida pero solo por tramos debido a la cobertura cuaternaria. Al Oeste, en las dioritas phx-5 se une a la estructura principal Virginia siendo su conjugada al piso, al Este se puede observar en 2 cortes de la carretera donde se estrangula, relleno solo de calcita y gougue. Éxito principalmente está controlado al techo por una falla y el piso no esta tan definido, es decir la falla techo es mejor definido que su falla piso.



Foto 27: Superficie, veta falla Éxito, zona Este, donde se observa un sistema estructural tipo anastomosado en cierre y con relleno de Calcita y óxidos de fierro.

OPERACIÓN MINA

La veta-falla Éxito actualmente no tiene aporte a la producción de óxidos ni mucho menos de sulfuros.

4.4.3.2.2. CONTROLES DE LA MINERALIZACIÓN

CONTROL LITOLÓGICO

Básicamente la roca andesita porfirítica y diorita phx-5 son las que presentan las condiciones fisicoquímicas favorables para la reacción con los fluidos mineralizantes y su posterior deposición en trampas estructurales.

CONTROL MINERALÓGICO

Los óxidos constituidos de limonitas como la jarosita y hematita con textura fluidal-reticular, probablemente producto de la lixiviación de fluidos ácidos además de estar acompañado de carbonatos de cobre y óxidos de manganeso, representan el control mineralógico económico. El mineral ganga actinolita es también la guía de mineralización, acompañado de calcita rellena las aberturas estructurales. La ocurrencia de mineralización de óxidos es variable, de tipo masivo y semi-masivo.

CONTROL ESTRUCTURAL

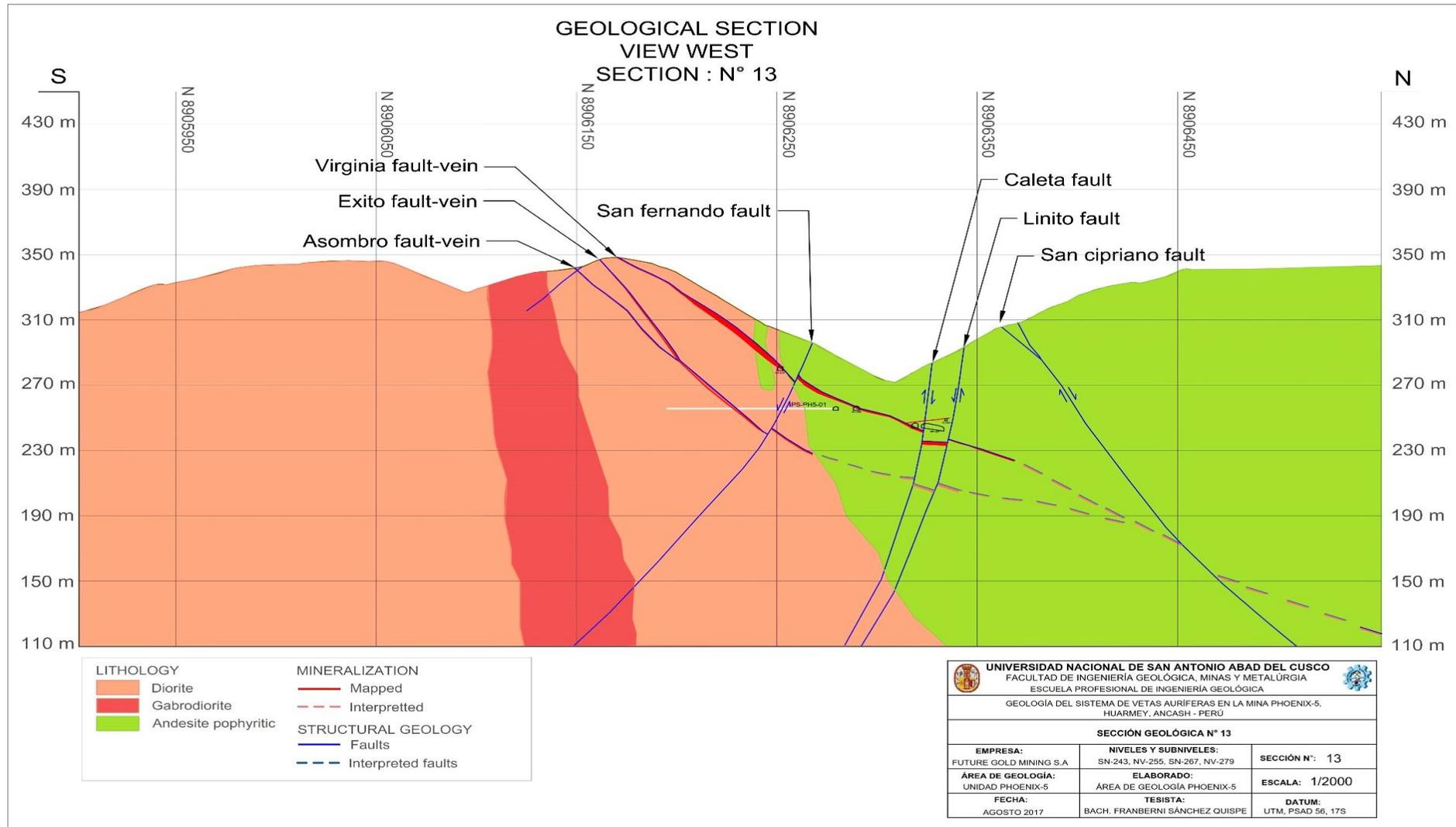
Ejerce mayor condición y control en el emplazamiento de la mineralización, está determinada por un sistema de fallas tipo anastomosado. La veta-falla Éxito sufrió desplazamiento dextral-inverso (rake=6°) originado por el evento-I (pre-mineral) lo cual ha generado un pre-fallamiento. Sinistral-inverso (rake=35°) por el evento-III (syn-mineral) la cual ha generado en las zonas de menor ángulo de buzamiento sistemas de aperturas estructurales tensionales tipo sigmoide en longitud horizontal y vertical. Finalmente dextral-normal (rake=54°) por el evento-V (post-mineral) lo cual ha generaron reactivaciones y deformaciones en la veta-falla Éxito.

4.4.3.2.3. ANÁLISIS EN SECCIÓN TRANSVERSAL

En sección transversal se puede observar que la veta-falla Éxito con azimut N250° y buzamiento ~55°, presenta una continuidad bien definida a partir del NV-255 hacia superficie, emplazadas dentro de las litologías andesita porfiríticas y diorita phx-5. Estas a su vez son desplazadas por fallas post-mineralización como la falla San Fernando, Caleta y Linito.

Con algunos indicios de mineralización a mayor profundidad y al Norte de la zona de operación actual, se presume una continuidad de Éxito y tiende a unirse a la Veta-falla Virginia a una cota aproximado de 190 m.s.n.m. (sección geológica N° 13), así se puede afirmar que existen zonas potenciales de exploración.

La veta-falla Éxito y la falla San Fernando han sido cortadas y/o interceptadas por el sondaje PS-PH5-01 en interior mina del NV-255. Esto indica que la continuidad de esta estructura continuaría por debajo del NV-255 y posiblemente también del NV-230. El control litológico, mineralógico y estructural de la mineralización se encuentran bien definidos.



Sección N° 13: La veta-falla Éxito se comporta como una conjugada piso de la veta-falla Virginia. Posible unión en la cota 190 m.s.n.m.

4.4.3.3. VETA-FALLA ASOMBRO

4.4.3.3.1. GENERALIDADES

UBICACIÓN

La veta-falla Asombro en su conjunto se ubica desde las coordenadas UTM E-814502; N-8906149 hasta E-814548; N-8906136 en superficie.

DIMENSIONES

Solo se observa en superficie, abarca 50 m de longitud explorada. El ancho de veta promedio es de 0.50 m.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

La veta-falla Asombro tiene un promedio de azimut N 290° y buzamiento 50°. Presenta inflexiones con presencia de sigmoides en tipo rosario, se observa óxidos (limonitas) en toda la estructura debido a que aflora en superficie. Asombro tiende a reducirse a potencias de 0.20 m encontrándose solo relleno de calcita, gougue y óxidos de hierro. En superficie, se encuentra bien definida pero sólo por tramos debido a la cobertura cuaternaria. Al Oeste, en la diorita phx-5 se une a la estructura principal Virginia siendo su conjugada al piso. Asombro principalmente está controlado al techo por una falla y el piso no esta tan definido, es decir la falla techo es más definido que su falla piso.



Foto 28: Superficie, al Sur de la operación, se observa a la veta falla-Asombro con relleno de OxFe con estructura fluidal, cizallado al techo dentro de la diorita phx-5 (roca caja).

OPERACIÓN MINA

La veta-falla Asombro actualmente no tiene aporte a la producción de óxidos ni mucho menos de sulfuros.

4.4.3.3.2. CONTROLES DE LA MINERALIZACIÓN

CONTROL LITOLÓGICO

Básicamente la andesita porfírica, diorita phx-5 y parte del gabro phx-5 son las que presentan las condiciones fisicoquímicas favorables para la reacción con los fluidos mineralizantes y su posterior deposición en trampas estructurales.

CONTROL MINERALÓGICO

Los óxidos constituidos de limonitas como la jarosita y hematita con textura fluidal-reticular; probablemente producto de la lixiviación de fluidos ácidos, además de estar acompañado de carbonatos de cobre y óxidos de manganeso, representan el control mineralógico económico. El mineral ganga actinolita es también la guía de mineralización, acompañado de calcita rellenando las aberturas estructurales. La ocurrencia de mineralización de óxidos es variable, de tipo masivo y semi-masivo.

CONTROL ESTRUCTURAL

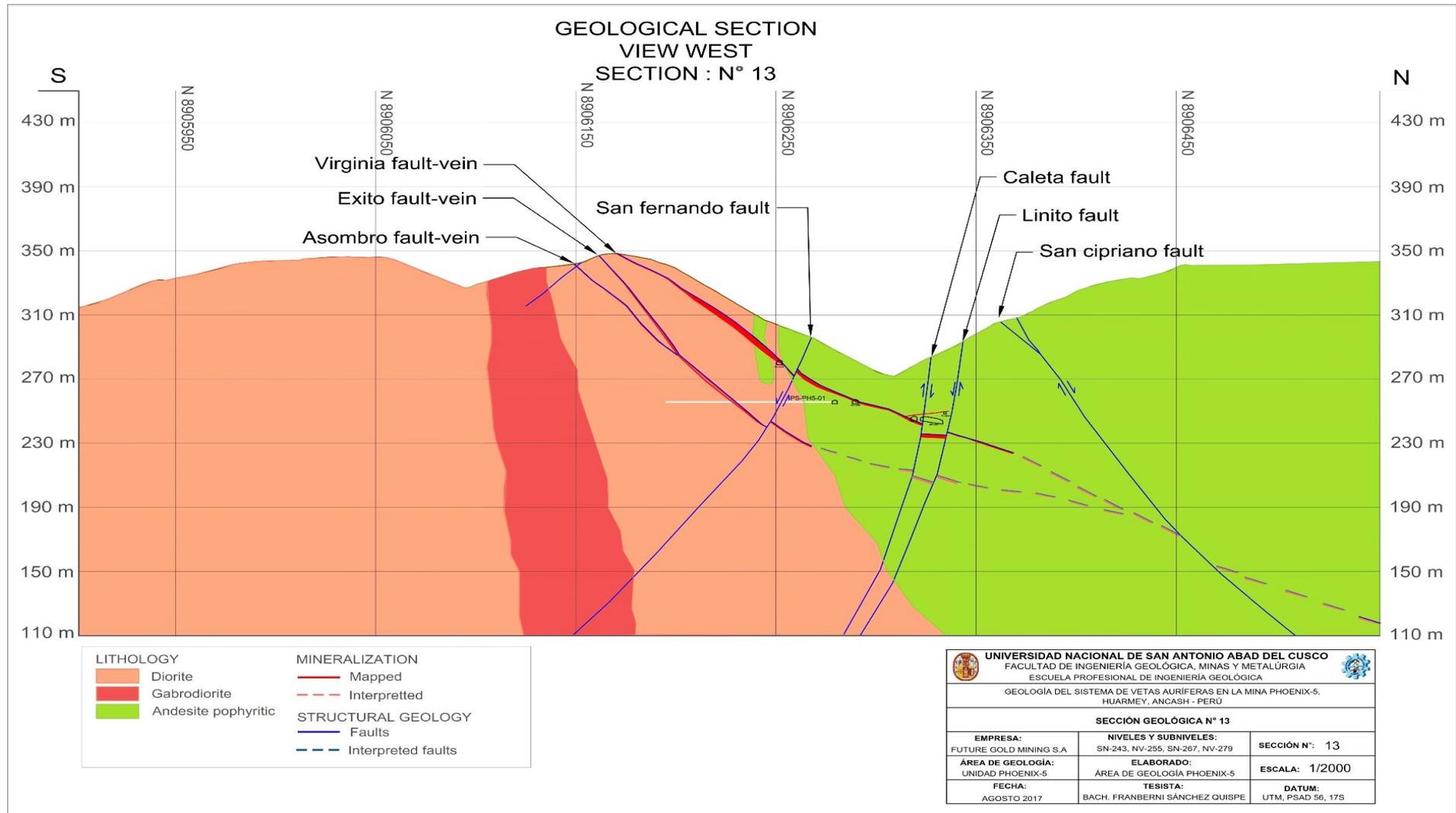
Ejerce mayor condición y control en el emplazamiento de la mineralización. La veta-falla Asombro sufrió desplazamiento del tipo dextral-normal (Rake=15°) originado estrictamente por el evento-II (pre-mineral) lo cual ha generado un pre-fallamiento favorable.

4.4.3.3.3. ANÁLISIS EN SECCIÓN TRANSVERSAL

En sección transversal se puede observar que la veta-falla Asombro con azimut N290° y buzamiento ~50°, presenta una continuidad bien definida desde superficie hasta el NV-279 aproximadamente, emplazada dentro de las litologías andesita porfírica y diorita phx-5.

Estrictamente a mayor profundidad al Norte se presume que tienda a unirse a la Veta-falla Éxito a la altura del NV- 279 (sección geológica N° 13).

El control litológico, mineralógico y estructural de la mineralización se encuentran bien definidos.



Sección N° 13: La veta-falla Asombro se comporta como una conjugada piso de la veta-falla Virginia y a una cota de 290 m se une a Éxito.

4.4.3.4. CUERPO MINERALIZADO NATASHA

4.4.3.4.1. GENERALIDADES

UBICACIÓN

El cuerpo mineralizado Natasha en su longitud preferencial alargada, en interior mina se ubica desde las coordenadas UTM E-814363; N-8906328 hasta E-814401; N-8906318.

DIMENSIONES

En interior mina, en la zona denominado “Capilla Sixtina”, alcanza un área aproximado de 760 m² con una potencia máxima de 8 m. En proyección vertical se ha definido 12 m desde el NV-255 hasta el SN-243.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

El cuerpo mineralizado Natasha no tiene un azimut y buzamiento preferencial pero se evidencia una posible continuidad de la mineralización en dirección ~NNO-SSE (mapa 08). El techo de Natasha, al Oeste tiende a estar controlado por la veta Zulema y al Norte por la veta-falla Virginia. La falla techo es más definido que su falla piso.



Foto 29: Interior mina, zona Capilla sixtina, se observa el cuerpo mineralizado de Natasha en lentes, brechado y venillas de calcopirita, pirrotita.

OPERACIÓN MINA

El cuerpo mineralizado Natasha actualmente su aporte a la producción es de ~10 Tm/día de sulfuro con leyes de 8 Gr\Tm de Au en promedio, el cual corresponde el ~20 % de la producción total de la mina. Abarca el siguiente nivel y subnivel.

COTA	NIVEL / SUBNIVEL
255	NV-255
243	SN-243

Se diseñan chimeneas convencionales y bloques para tajeo de manera arbitraria debido a la ocurrencia de mineralización caprichosa, con echaderos en diferentes subniveles. La limpieza de algunos frentes de disparo se ejecuta manualmente por los obreros con uso de palanas, picos y carretillas hasta los echaderos inferiores y más cercanos. Luego la carga es recogida por scoops de capacidad de 1.5 yardas hasta las canchas de mineral del NV-255 para su respectivo blending.

4.4.3.4.2. CONTROLES DE LA MINERALIZACIÓN

CONTROL LITOLÓGICO

Básicamente la andesita porfírica, diorita phx-5 y los Hornfels silicificados son los que presentan las condiciones fisicoquímicas favorables para la reacción con los fluidos mineralizantes y su posterior deposición en trampas estructurales.

CONTROL MINERALÓGICO

La calcopirita acompañada con pirita y pirrotita representan el control de la zona económica. Es importante mencionar que la actinolita es guía de la mineralización. La ocurrencia de mineralización de sulfuro principalmente es de tipo brechado, lentes y diseminado.

CONTROL ESTRUCTURAL

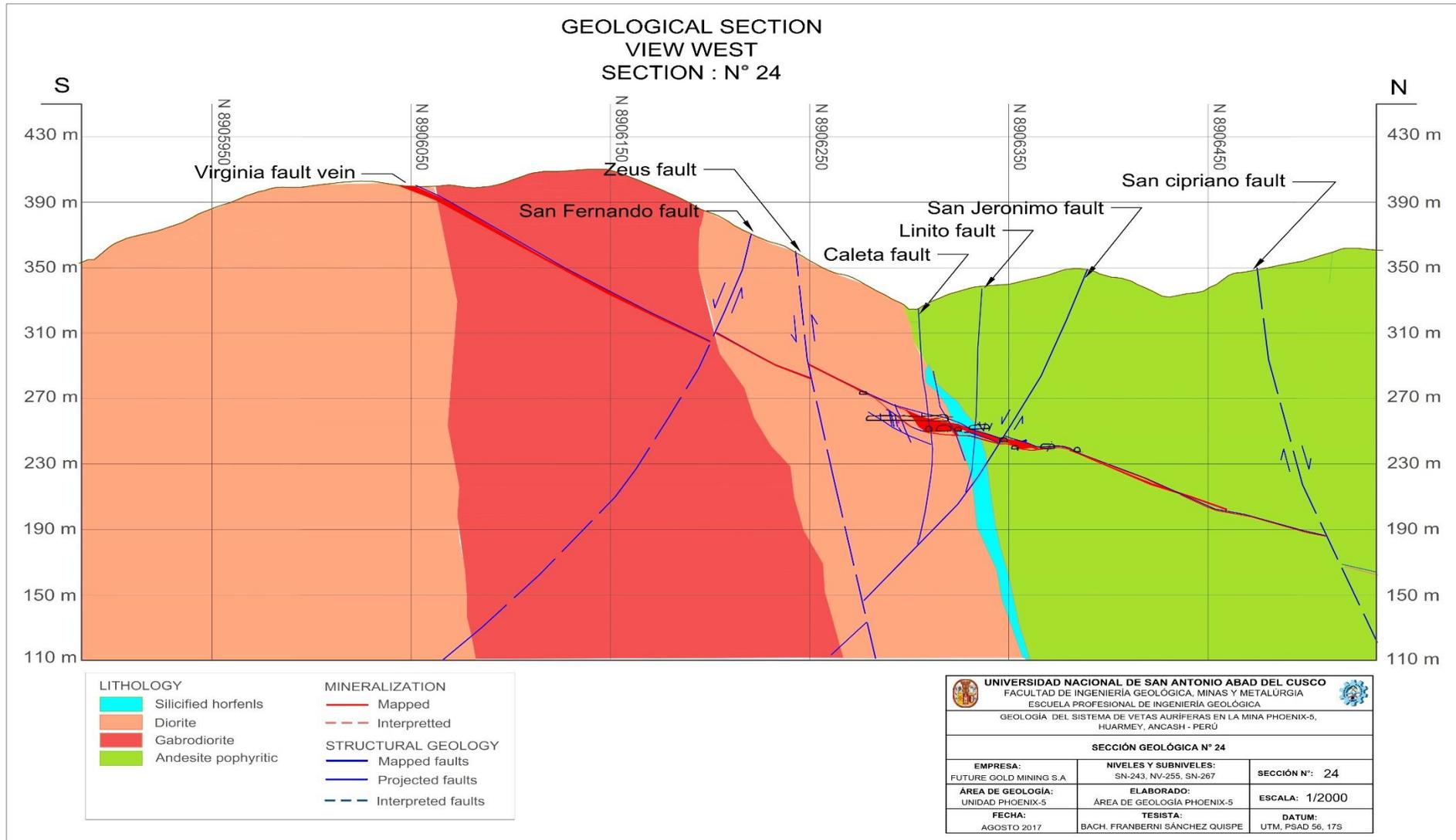
Ejerce mayor condición y control en el emplazamiento de la mineralización. No se ha encontrado estrías y/o evidencias estructurales. En tanto se asume que Natasha fué originado estrictamente por el evento II (pre-mineral) y evento III (syn-mineral) lo cual han generado aperturas estructurales favorables del tipo sigmoide siendo controlado al techo por veta Zulema y veta-falla Virginia, formando así el cuerpo mineralizado, cuyo feeder muy probablemente sea la veta-falla Virginia.

4.4.3.4.3. ANÁLISIS EN SECCIÓN TRANSVERSAL

En sección transversal se puede observar que el cuerpo mineralizado Natasha presenta un control estructural al techo y tiende a estrangularse tanto en niveles superiores e inferiores, emplazado dentro de las litologías andesita porfírica, diorita phx-5 y los hornfels silicificados. Además, se observa desplazamiento de Natasha por fallas post-mineralización como la falla Caleta, Linito y San Jerónimo.

Actualmente esta siendo explotada, presenta algunos indicios de mineralización a mayor profundidad al Norte de la zona de operación actual, se presume una continuidad del cuerpo mineralizado, así se puede afirmar que existen zonas potenciales de exploración.

Esta estructura se ha cortado en el NV-255, exactamente en el cruceo XC-389 S en forma de lentes y venillas que corresponde a la parte superior en estrangulamiento del cuerpo mineralizado y en el SN-243. El control litológico y mineralógico se encuentran bien definidos.



Sección N° 24: El cuerpo mineralizado Natasha se observa en la parte central de la sección.

4.4.3.5. VETA LINITA

4.4.3.5.1. GENERALIDADES

UBICACIÓN

La veta Linita en su conjunto se ubica desde las coordenadas UTM E-814463; N-8906344 hasta E-814500; N-8906334 en interior mina.

DIMENSIONES

Abarca 40 m de longitud explorada y ya explotada. En proyección vertical solo se ha definido 5 m desde el SN-243 hacia cotas superiores. La potencia de veta promedio es de 1.00 m pero mantiene un rango de 0.20 a 2.00 m.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

La veta Linita tiene un promedio de azimut N 105° y buzamiento 25°. Presenta inflexiones, presenta un gran sigmoide en tipo rosario alcanzando potencias de sulfuro semi-masivo y en lentes hasta 2.00 m. En interior mina, cerca al SN-243 (cotas superiores) al Este y al Oeste Linita se estrangula y tiende a unirse a la veta-falla Virginia en su techo. Al Sur se observa que Linita buza al Sur converge a Virginia cuya explicación vendría a ser un Split de Virginia en su techo. Es importante mencionar que el control estructural solo está definido ligeramente su techo de Linita.

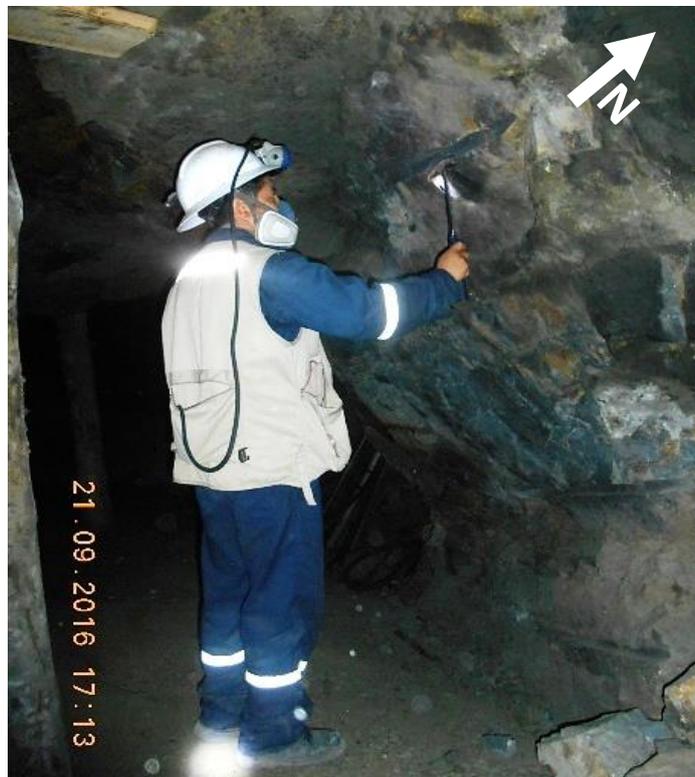


Foto 30: Interior mina, Tajo Linita, cerca al SN-243, se observa la veta Linita con buzamiento al Sur y convergencia al techo de Virginia.

OPERACIÓN MINA

La veta Linita, su aporte a la producción fue es de ~5 Tm/día de sulfuro con leyes de 13 Gr\Tm de Au en promedio, el cual corresponde el ~10 % de la producción total de la mina. La extracción de mineral se resume solo en el NV-255, bajando por la rampa negativa RP-437. Se diseñan chimeneas convencionales y bloques para tajeo de manera arbitraria debido a la ocurrencia de mineralización caprichosa, con echaderos por debajo del SN-243. La limpieza de algunos frentes de disparo se ejecuta manualmente por los obreros con uso de palanas, picos y carretillas hasta los echaderos inferiores y más cercanos. Luego la carga es recogida por scoops de capacidad de 1.5 yardas hasta las canchas de mineral del NV-255 situados en superficie.

4.4.3.5.2. CONTROLES DE LA MINERALIZACIÓN

CONTROL LITOLÓGICO

Básicamente la roca andesita porfirítica es la que presenta las condiciones fisicoquímicas para la reacción con los fluidos mineralizantes y su posterior deposición en trampas estructurales.

CONTROL MINERALÓGICO

La calcopirita asociada de pirrotita y marcasita representan el control de la zona económica. Está asociado el mineral ganga que es la actinolita y que éste es nuestra guía de mineralización. El modo de ocurrencia de mineralización es de tipo semi-masivo, brechas, lentes y venillas.

CONTROL ESTRUCTURAL

Ejerce mayor condición y control en el emplazamiento de la mineralización. La veta Linita sufrió desplazamiento dextral-normal (rake=55°) originado por el evento-III (syn-mineral) lo cual ha generado en una zona de menor ángulo de buzamiento un sistema de apertura estructural tensional tipo split en longitud horizontal y vertical al techo de Virginia.

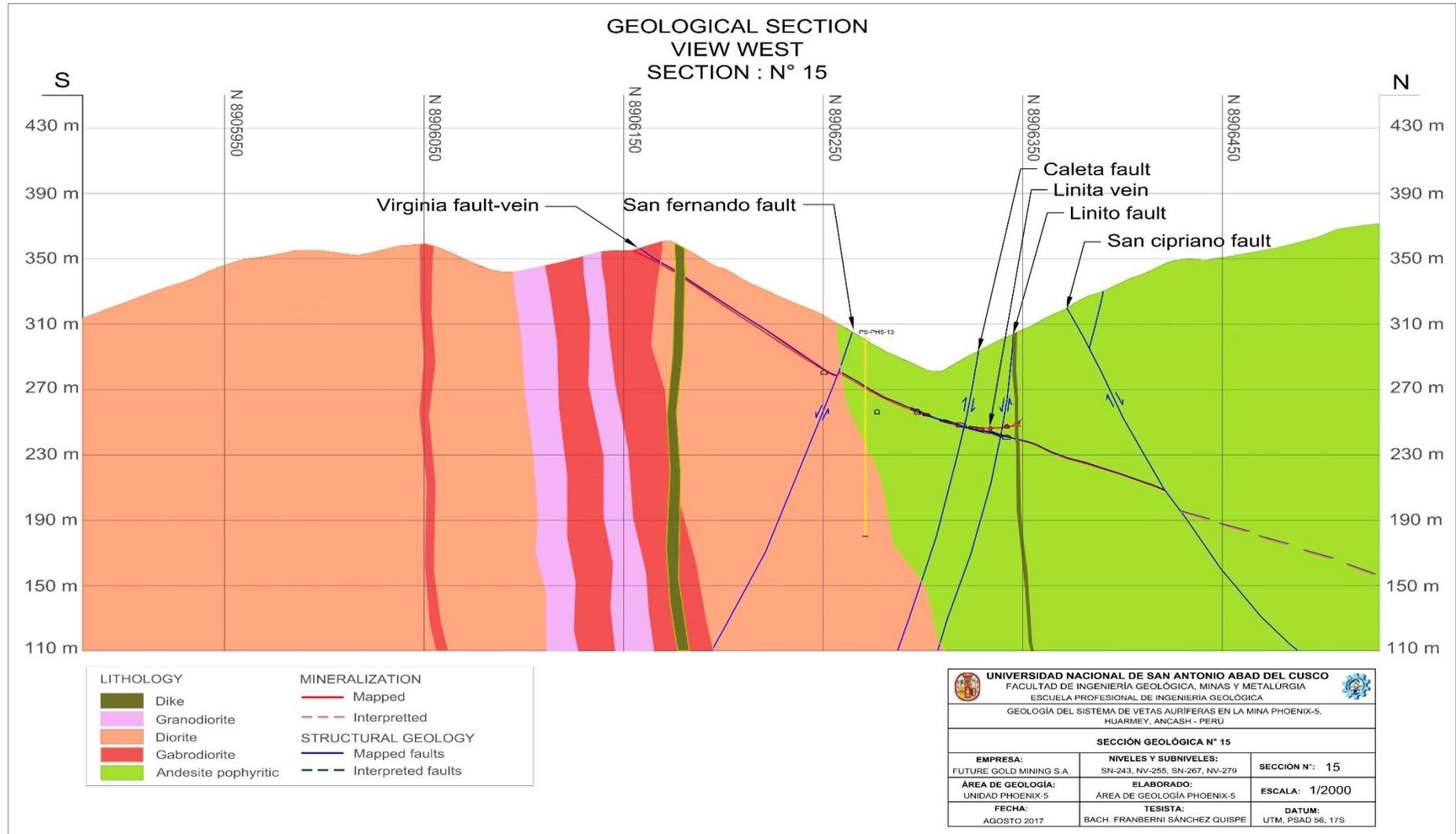
4.4.3.5.3. ANÁLISIS EN SECCIÓN TRANSVERSAL

En sección transversal se puede observar que la veta Linita con azimut N 110° y buzamiento 25°, presenta una cierta continuidad de 30 m de longitud al techo de Virginia, emplazada dentro de la andesita porfirítica. Además se observa desplazamiento de la veta Linita por la falla Linito y por diques andesíticos post-mineralización.

En superficie, cerca al pozo de agua que se encuentra en el NV-255 se observan Split paralelos mineralizados con buzamiento al Sur con potencias de 3 cm en algunos casos coincide con el sistema de diaclasamiento de las andesitas

porfirítas. En interior mina ya se ha explotado esta veta, pero a mayor profundidad y al Norte se presume que también existen más splits paralelos mineralizados ubicándose al techo de Virginia (sección geológica N° 15) afirmándose así que existan zonas potenciales de exploración. Esta estructura se ha cortado principalmente en el SN-243.

El control litológico, mineralógico y estructural de la mineralización se encuentran bien definidos.



Sección N°15: Se observa en la parte central de la sección a la veta Linita buzando al Sur, cortado por la falla Caleta y Linito.

4.4.3.6. VETA ZULEMA

4.4.3.6.1. GENERALIDADES

UBICACIÓN

La veta Zulema en su conjunto se ubica desde las coordenadas UTM E-814358; N-8906332 hasta E-814345; N-8906300 en interior mina.

DIMENSIONES

En interior mina, en el SN-243 alcanza 35 m de longitud desarrollada y actualmente en operación. En proyección vertical se ha definido 12 m desde el nivel NV-255 hasta el SN-243. El ancho de veta promedio es de 0.50 m.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

La veta Zulema tiene un promedio de azimuth N220° y buzamiento 40°. En interior mina, NV-255, CH-370, se observa que Zulema se une con Virginia donde se aprecia una gran inflexión entre estas 2 estructuras. Al Suroeste, en el NV-243, probablemente también se una a Candelaria para formar una sola estructura mineralizada. La falla techo de la veta Zulema regularmente está más definida que el piso.



Foto 31: Interior mina, SN-243, CH-355, se observa la veta Zulema con una ocurrencia de mineralización tipo semi-masivo y venillas paralelas en la diorita phx-5.

OPERACIÓN MINA

La veta Zulema actualmente su aporte a la producción es de 10 Tm/día de sulfuro con leyes de 10 Gr\Tm de Au en promedio, el cual corresponde el ~5 % de la producción total de la mina. La extracción de mineral se resume en los siguientes niveles y subniveles.

COTA	NIVEL / SUBNIVEL
255	NV-255
243	SN-243

Se diseñan chimeneas convencionales y bloques para tajeo de manera arbitraria debido a la ocurrencia de mineralización caprichosa. La limpieza de algunos frentes de disparo es ejecutada manualmente por los obreros con uso de palanas, picos y carretillas hasta los echaderos inferiores y más cercanos. Luego la carga es recogida por scoops de capacidad de 1.5 yardas hasta las canchas de mineral del NV-255 para luego realizar su respectivo blending.

4.4.3.6.2. CONTROLES DE LA MINERALIZACIÓN

CONTROL LITOLÓGICO

Básicamente la roca andesita porfirítica y diorita phx-5 son las que presentan las condiciones fisicoquímicas favorables para la reacción con los fluidos mineralizantes y su posterior deposición en trampas estructurales.

CONTROL MINERALÓGICO

La calcopirita asociada de pirrotita y marcasita representan el control de la zona económica. Está asociado al mineral ganga que es la actinolita y que éste es nuestra guía de mineralización. El modo de ocurrencia de mineralización es de tipo semi-masivo, lentes y venillas.

CONTROL ESTRUCTURAL

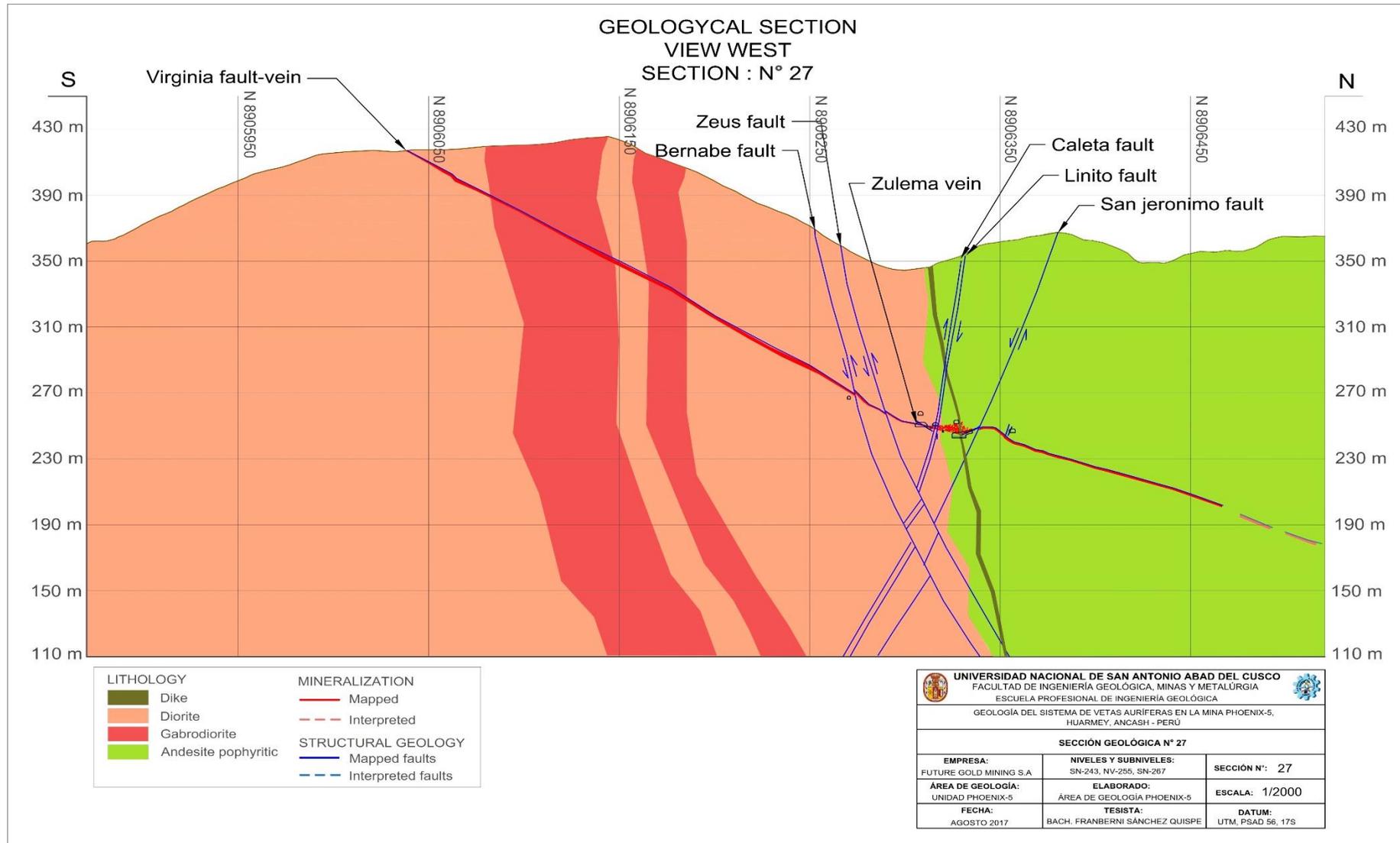
Ejerce mayor condición y control en el emplazamiento de la mineralización. La veta Zulema sufrió desplazamiento dextral-inverso ($\text{rake}=43^\circ$) originado por el evento-III (syn-mineral) lo cual ha generado un sistema de apertura estructural tensional tipo sigmoide en longitud horizontal y vertical.

4.4.3.6.3. ANÁLISIS EN SECCIÓN TRANSVERSAL

En sección transversal se puede observar que la veta Zulema con azimut N 220° y buzamiento 40°, presenta una gran inflexión, además de observarse diseminación de mineralización al piso y al techo con mayor predominancia. Zulema se une a Virginia tanto en niveles inferiores y superiores, emplazada dentro de la andesita porfirítica y diorita phx-5. Zulema es desplazado por la falla Linito, Caleta, San Jerónimo y por diques gris-verdosos andesíticos post -mineralización.

En campo se observa que Zulema es el control estructural techo del cuerpo mineralizado Natasha. Esta estructura se ha cortado en el NV-255 y SN-243.

El control litológico, mineralógico y estructural de la mineralización se encuentran bien definidos.



Sección N°27: En sección se observa que la veta Zulema es la misma estructura que veta-falla Virginia.

4.4.3.7. VETA CANDELARIA

4.4.3.7.1. GENERALIDADES

UBICACIÓN

La Veta Candelaria en su conjunto se ubica desde las coordenadas UTM E-814348; N-8906310 hasta E-814328; N-8906293 en interior mina.

DIMENSIONES

En interior mina, en el NV-255 alcanza 30 m de longitud desarrollada y actualmente en operación. En proyección vertical se ha definido 12 m desde el NV-255 hasta el SN-267. El ancho de veta promedio es de 0.50 m.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

La veta Candelaria tiene un promedio de azimuth N230° y buzamiento 25°. En interior mina, NV-255, se observa que Candelaria sufre una gran inflexión cambiando de azimuth de dirección ~NE-SO a ~N-S y al Este tiende a unirse con Zulema formando una sola estructura mineralizada. Más al Sur, en el SN-332, se observa que tiende a recobrar su azimuth original ~NE-SO. La falla techo de la veta Candelaria regularmente está más definida que el piso.



Foto 32: Interior mina, SN-243, GA-248, se observa la veta Candelaria con una ocurrencia de mineralización en venillas paralelas asociada a actinolita, teniendo como roca caja a los volcano-sedimentarios con un ligero metamorfismo de contacto.

OPERACIÓN MINA

La veta Candelaria, actualmente su aporte a la producción es de 5 Tm/día de sulfuro con leyes de 20 Gr\Tm de Au en promedio, el cual corresponde el ~5 % de la producción total de la mina. La extracción de mineral se resume.

COTA	NIVEL / SUBNIVEL
255	NV-255

Se diseñan chimeneas convencionales y bloques para tajeo de manera arbitraria debido a la ocurrencia de mineralización caprichosa, con echaderos principalmente en el NV-255. La limpieza de algunos frentes de disparo es ejecutada manualmente por los obreros con uso de palanas, picos y carretillas hasta los echaderos inferiores y más cercanos. Luego la carga es recogida por scoops de capacidad de 1.5 yardas hasta las canchas de mineral del NV-255 situados en superficie y posteriormente realizar su respectivo blending.

4.4.3.7.2. CONTROLES DE LA MINERALIZACIÓN**CONTROL LITOLÓGICO**

La roca diorita phx-5 y en gran proporción los volcansedimentarios presentan un ligero metamorfismo de contacto lo cual esta última litología tiende a no ser una buena roca hospedante ya que genera el estrangulamiento y ramaleo de Candelaria. Las condiciones fisicoquímicas no son tan favorables para la reacción con los fluidos mineralizantes en los volcansedimentarios.

CONTROL MINERALÓGICO

La calcopirita asociada a pirrotita representa el control de la zona económica. Está asociado el mineral ganga actinolita y que éste es nuestra guía de mineralización. El modo de ocurrencia de mineralización es de tipo venillas paralelas y lentas.

CONTROL ESTRUCTURAL

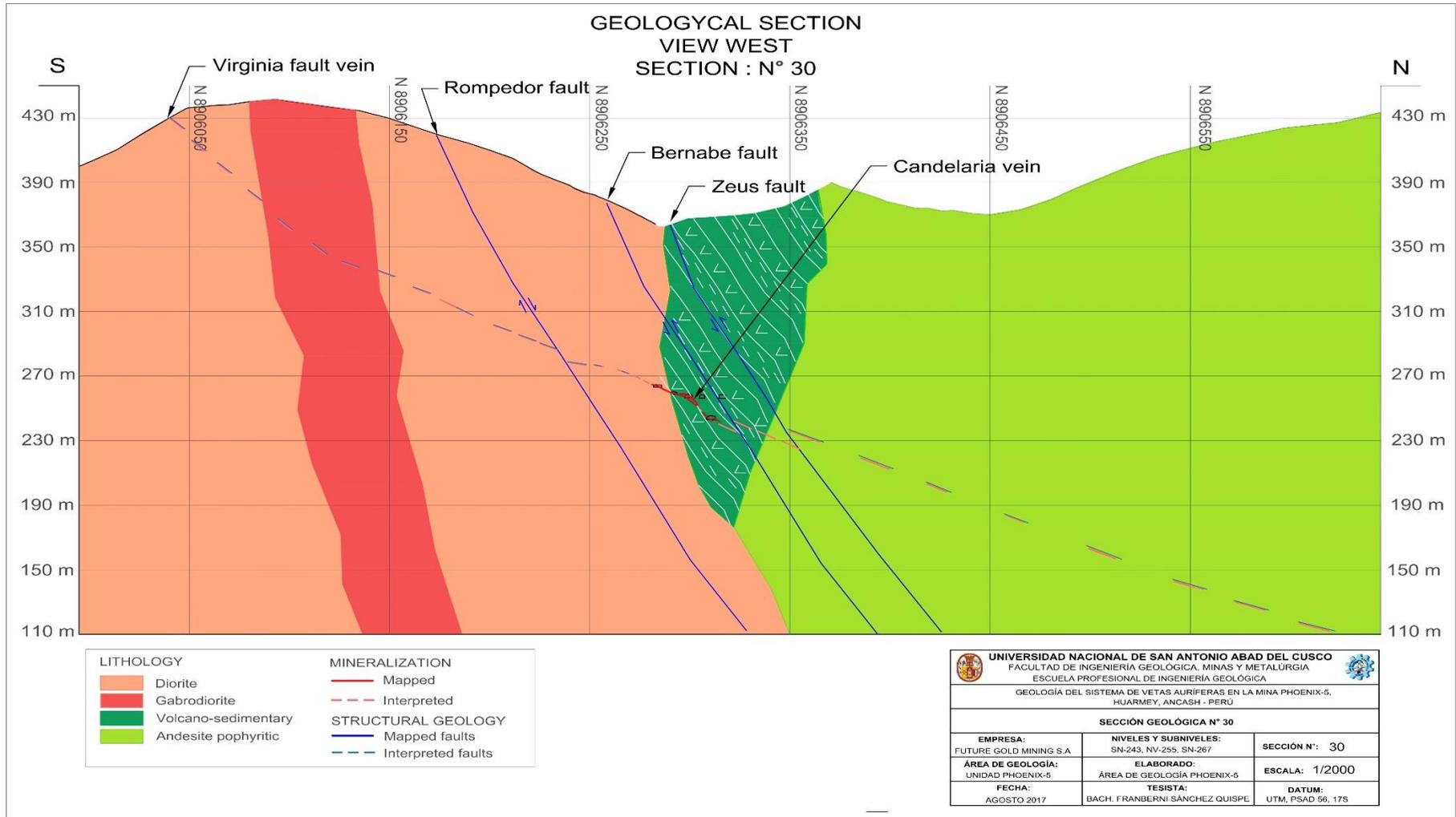
Ejerce mayor condición y control en el emplazamiento de la mineralización. La veta Candelaria sufrió desplazamientos inverso-dextral (rake=75°) originado por el evento-III (syn-mineral) lo cual ha generado un sistema de apertura estructural tensional favorable para la mineralización en longitud horizontal y vertical. Dextral-inverso (rake=5°) y dextral-normal (rake=16°) originados por los eventos IV y V respectivamente, generando reactivaciones, desplazamientos posteriores y deformaciones de las estructuras.

4.4.3.7.3. ANÁLISIS EN SECCIÓN TRANSVERSAL

En sección transversal se puede observar que la veta Candelaria con azimut N230° y buzamiento 25°, no se encuentra bien definida ni presenta una continuidad neta. Presenta una gran inflexión empezando en el NV-255 aumentando su buzamiento hacia el SN-243, emplazada dentro de la litología de los volcansedimentarios con un ligero metamorfismo de contacto local. Candelaria se interpreta como la misma estructura que Virginia y que en proyección vertical posiblemente continúe en profundidades mayores y al Norte con aumento de potencias, teniendo como roca hospedante a la andesita porfirítica. Finalmente, Candelaria es desplazada por la falla Bernabé y Zeus.

Está en actual exploración y explotación. Se observa que su control estructural techo de Candelaria se encuentra más definido que su piso. Esta estructura se ha cortado en el NV-255, SN-243 y SN-267.

El control litológico, mineralógico y estructural de la mineralización se encuentran bien definidos.



Sección N° 30: Se observa que la veta Candelaria presenta una gran inflexión y no se encuentra tan definida en los volcano-sedimentarios.

4.4.3.8. VETA-FALLA VICTORIA

4.4.3.8.1. GENERALIDADES

UBICACIÓN

La veta-falla Victoria en su conjunto se ubica desde las coordenadas UTM E-814696; N-8906402 hasta E-814541; N-8906313 en superficie.

DIMENSIONES

Solo se observa en superficie, se ha realizado trincheras donde se ha podido determinar 190 m de continuidad explorada. El ancho de veta promedio es de 0.40 m.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

La veta-falla Victoria tiene un promedio de azimut N 240° y buzamiento 40°. Presenta inflexiones, sigmoides en tipo rosario en toda la estructura se observa óxidos de hierro y en algunas partes limonitas debido a que aflora en superficie.

En superficie, la estructura se encuentra bien definida. Al Oeste, se une a la estructura principal Virginia siendo su conjugada al techo, al Este se puede observar el estrangulamiento de Victoria (mapa 06). Victoria principalmente está controlada al techo por una falla y el piso no está tan definido.



Foto 33: En superficie se observa la veta-falla Victoria controlada al techo por una falla y el piso con un ligero cizallamiento de ambiente frágil, se evidencia trazas de actinolita. Estructura constituida de óxidos de hierro emplazada en la andesitas porfírica.

OPERACIÓN MINA

La veta-falla Victoria actualmente no tiene aporte a la producción de óxidos ni mucho menos de sulfuros.

4.4.3.8.2. CONTROLES DE LA MINERALIZACIÓN

CONTROL LITOLÓGICO

Básicamente la roca andesita porfirítica es la que presenta las condiciones fisicoquímicas favorables para la reacción con los fluidos mineralizantes y su posterior deposición en trampas estructurales.

CONTROL MINERALÓGICO

Estructura silicificada constituida de limonitas como la hematita⁺⁺⁺, jarosita⁺ (con textura fluidal-reticular incipiente), asociada al cuarzo en drusa y oqueroso relleno de limonitas, arcillas y óxidos de hierro, representan el control mineralógico de Victoria. El mineral ganga actinolita se ve en trazas siendo la guía de mineralización, acompañado de calcita relleno de las aberturas estructurales. La ocurrencia de mineralización de óxidos es variable, de tipo venillas y lentes.

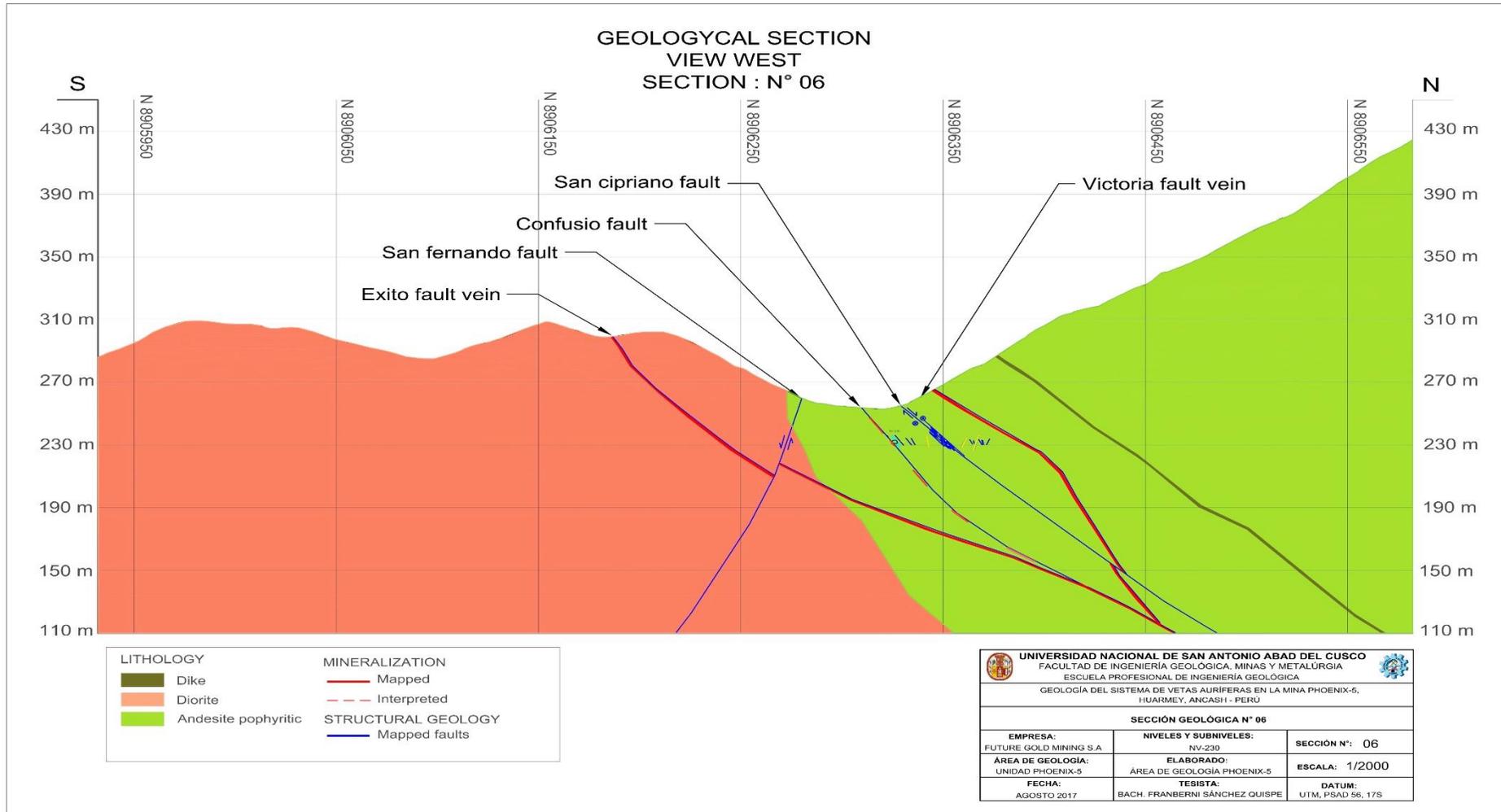
CONTROL ESTRUCTURAL

Ejerce mayor condición y control en el emplazamiento de la mineralización. La veta-falla Victoria sufrió desplazamiento sinextral-inverso (rake=26°) originado por el evento-II (pre-mineral) lo cual ha generado un pre-fallamiento; Dextral-inverso (rake=22°) por el evento-III (syn-mineral) la cual ha generado en las zonas de menor ángulo de buzamiento sistemas de aberturas estructurales tensionales tipo sigmoide en longitud horizontal y vertical.

4.4.3.8.3. ANÁLISIS EN SECCIÓN TRANSVERSAL

En sección transversal se puede observar que la veta-falla Victoria con azimut N 240° y buzamiento 40°, se encuentra bien definida y presenta ligeras inflexiones desde superficie a mayores profundidades, emplazada principalmente en litología de la andesitas porfiríticas Victoria se interpreta como una conjugada techo de Virginia, que en cotas superiores ya erosionados y en niveles inferiores tiende a unirse formando un solo sistema del tipo anastomosado. Finalmente, Victoria es cortada por diques post-mineralización de composición andesita porfirítica.

Se observa que su control estructural techo de Victoria se encuentra más definida que su piso. El control litológico, mineralógico y estructural de la mineralización se encuentran bien definidos.



Sección N°06: La veta-falla Victoria es la conjugada techo de Virginia lo cual junto a Confusio y Éxito hace un gran sistema estructural.

4.4.4. FALLAS PRINCIPALES

Se han registrado 9 fallas principales y/o de primer orden en toda la zona de operación. Se caracterizan por presentar 3 sistemas estructurales. El primero de dirección ONO-ESE constituido por la falla Confusio. El segundo ENE-OSO constituido por las fallas San Jerónimo, Linito, Caleta y San Fernando. El tercero de dirección NO-SE constituido por las fallas San Cipriano, Zeus, Bernabé y Rompedor.

4.4.4.1.1. FALLA CONFUSIO

La falla Confusio se puede observar en interior mina en el NV-230, con una longitud explorada de 65 m. Tiene un promedio de azimut N 300° y buzamiento 55°, con una zona de falla promedio de 2.00 m. Presenta inflexiones originando sigmoides en tipo rosario y un fallamiento tipo anastomosado. En toda la estructura se observa relleno de calcita recristalizada, óxidos de hierro y arcillas. Al Oeste, en interior mina, NV-230, CH-3 tiende a unirse a la veta-falla Virginia. En tanto al Este es la continuidad de Virginia con cierto estrangulamiento y/o cierre. Es decir sería la misma estructura pero sin mineralización.

La andesita porfírica es la roca caja principal. La falla Confusio sufrió desplazamiento dextral-normal ($\text{rake}=40^\circ$) originado por el evento-I (pre-mineral) y sinistral-inverso ($\text{rake}=31^\circ$) por el evento-III (syn-mineral) pero no ha tenido deposición de mineral contundente, solo se observa la presencia de un alto contenido de óxidos. Además, la falla Confusio ha sido afectado por 2 eventos tectónicos, el evento-I y III que estuvieron gobernados por una compresión regional de dirección ~NNO-SSE y ~NE-SO respectivamente.

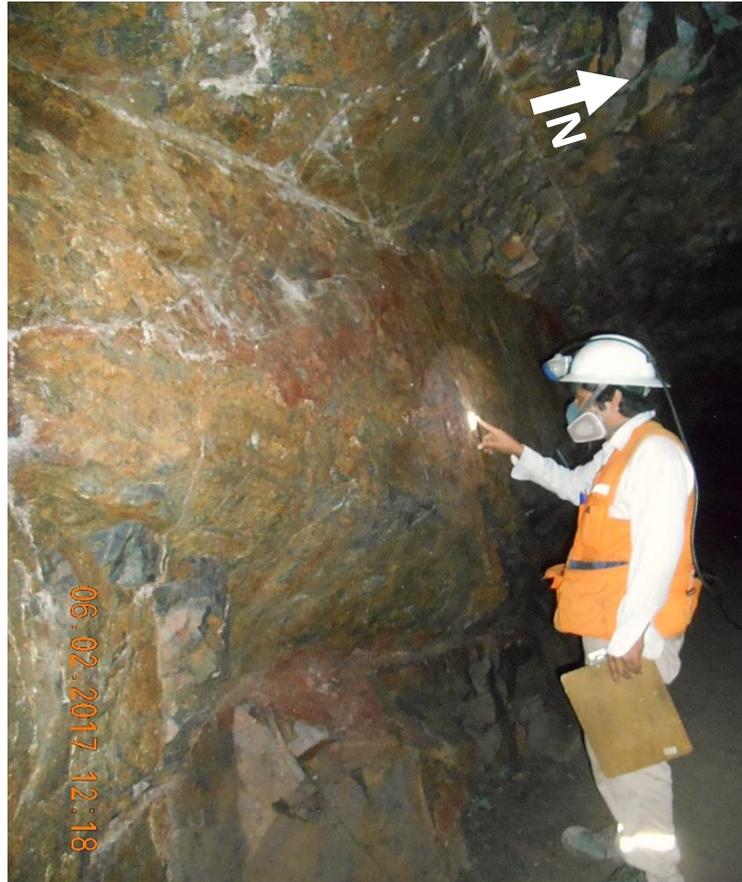


Foto 34: Interior mina, NV-230, se observa la falla Confusio presentando un fallamiento tipo anastomosado con relleno de óxidos de hierro, calcita y gouge.

4.4.4.1.2. FALLA SAN JERONIMO

La falla San Jerónimo se puede observar en interior mina en el SN-243, con una longitud explorada de 110 m. Tiene un promedio de azimuth $N80^\circ$ y buzamiento 70° , con una zona de falla promedio de 1.50 m y con un mayor sistema de diaclasamiento al piso. Presenta inflexiones y algunos sigmoides tipo rosario en toda su longitud de la falla. En toda la estructura se observa relleno de calcita recristalizada, óxidos de hierro y arcillas. Al Oeste, en interior mina, GA-360, al parecer tiende a estar controlado por la falla Zeus ya que ésta última estructura presenta movimientos más recientes que San Jerónimo. En tanto al Este muestra evidencias de continuidad, probablemente se corte en el nivel NV-230 en caso esta labor se continúe en dirección Oeste.

La andesita porfírica es la roca caja principal. La falla San Jerónimo sufrió desplazamiento dextral-normal ($\text{rake}=25^\circ$) originado por el evento-IV (post-mineral) cortando y generando desplazamiento a la estructura pre-existente veta-falla Virginia. Ha sido afectada sólo por 1 eventos tectónico, el evento-IV estuvo gobernado por una compresión regional de dirección $\sim\text{ONO-ESE}$.



Foto 35: Interior mina, SN-243, GA-248, se observa la zona de falla de San Jerónimo presentando hacia su piso un sistema de juntas paralelo a la estructura principal, con relleno de calcita, óxidos de hierro y gouge.

4.4.4.1.3. FALLA LINITO

La falla Linito se puede observar en interior mina en el SN-243, con una longitud explorada de 115m. Tiene un promedio de azimut $N80^\circ$ y buzamiento 85° , con una potencia de 5cm. Presenta algunas inflexiones con predominancia en su longitud vertical que horizontal. En toda la estructura se observa relleno de calcita recristalizada, óxidos de hierro, arcillas y gouge. Al Oeste, en interior mina, rampa RP-411, tiende a estrangularse sin pasar al SN-243. En tanto al Este también muestra evidencias de estrangulamiento.

La andesita porfirítica, Hornfels silicificaco y en menor proporción los volcano-sedimentarios con metamorfismo de contacto local son las rocas caja principales. La falla Linito sufrió desplazamiento sinistral-inverso (Rake= 11°) originado por el evento-II (pre-mineral) y sinistral-normal (Rake= 10°) originado por el evento-III (syn-mineral) lo cual no ha tenido deposición de mineral pero se aprecia el corte incipiente a la veta-falla Virginia, Éxito/Asombro, veta Zulema y Linita. La falla Linito ha sido afectada por 2 eventos tectónicos II y III que estuvieron gobernados por una compresión regional de dirección $\sim NNE-SSO$ y $\sim NE-SO$ respectivamente.

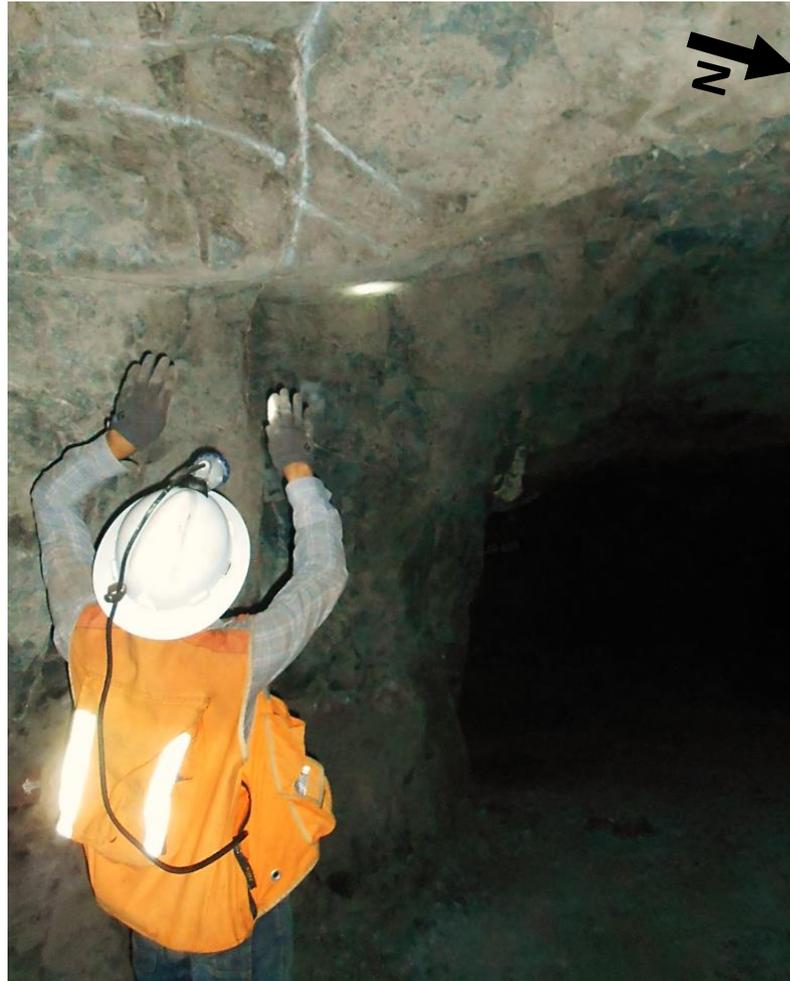


Foto 36: Interior mina, NV-255, RP-411, se observa la falla Linito con desplazamiento sinestral-inverso, con relleno de calcita, óxidos de hierro. Tiene como roca caja a la andesita porfirítica.

4.4.4.1.4. FALLA CALETA

La falla Caleta se puede observar en interior mina en el SN-243 y una parte en NV-255, justo en la intersección del laboreo de Virginia y Zulema, con una longitud explorada de 160 m. Tiene un promedio de azimut $N80^\circ$ y buzamiento 75° , con una potencia de 8 cm. Presenta algunas inflexiones con predominancia. En toda la estructura se observa relleno de gouge, calcita recristalizada, óxidos de hierro y arcillas. Al Oeste y Norte, en interior mina, SN-243, se genera una falla conjugada de Caleta formando entre ellos estructuras tipo echelón. En tanto al Este muestra evidencias de estrangulamiento.

La andesita porfirítica y la diorita phx-5 son las rocas cajas principales. La falla Caleta sufrió desplazamiento sinestral-inverso ($\text{rake}=7^\circ$) originado por el evento-II (pre-mineral) y sinestral-normal ($\text{rake}=12^\circ$) originado por el evento-III (syn-mineral) lo cual no ha tenido deposición de mineral pero se aprecia el corte

incipiente a la veta-falla Virginia, Éxito/Asombro, Natasha ore body y veta Zulema. La falla Caleta ha sido afectada por 2 eventos tectónicos, el evento-II y III estuvieron gobernados por una compresión regional de dirección \sim NNE-SSO y \sim NE-SO respectivamente.

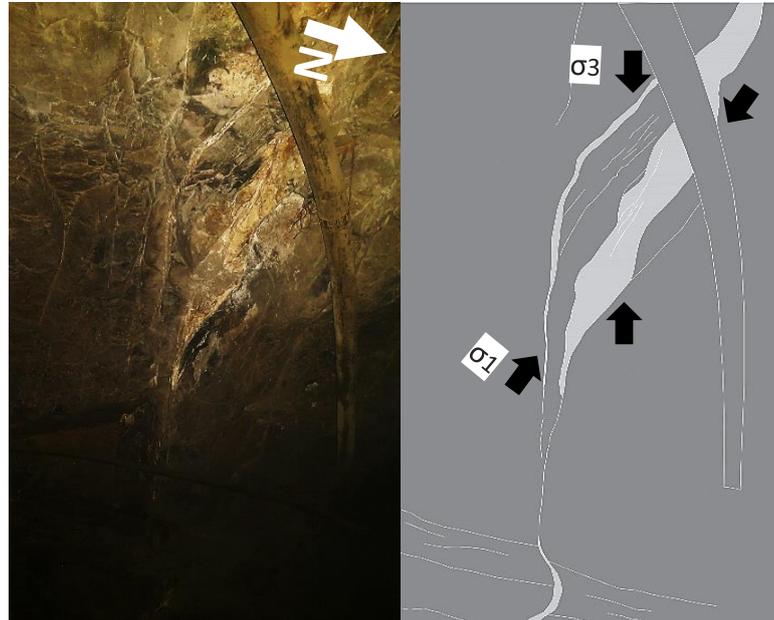


Foto 37: Interior mina, NV-255, RP-437, se observa la falla Caleta donde en la parte superior forma una apertura estructural tipo Sigmoide y en inferior corta ligeramente a Virginia. Rellenado de calcita, óxidos de hierro, calcita y gouge. Roca caja Andesita porfirítica.

4.4.4.1.5. FALLA SAN FERNANDO

La falla San Fernando se puede observar en superficie al Sureste de la bocamina NV-255, con una longitud explorada de 150 m. Tiene un promedio de azimut N75° y buzamiento 70° con una zona de falla de 1.50 m, desarrollando un mayor sistema de juntas hacia su piso. En toda la estructura se observa relleno de gouge, calcita, óxidos de hierro y arcillas. Al Oeste, en superficie, San Fernando se estrangula. En tanto al Este al parecer ha sido controlado por la falla San Cipriano ya que ésta última falla presenta movimientos más recientes que San Fernando que muestra evidencias de estrangulamiento.

La andesita porfirítica y la diorita phx-5 son las rocas caja principales. La falla San Fernando sufrió 2 desplazamientos; dextral-normal (rake=24°) originado por el evento-IV (post-mineral) y sinistral-normal (rake=12°) desplazando de forma incipiente a la veta-falla Virginia y Éxito/Asombro. Ha sido afectada por 1 evento tectónico, el evento-IV estuvo gobernado por una compresión regional de dirección \sim ENE-OSO.



Foto 38: Superficie, a la altura del NV-255, se observa el plano de falla de San Fernando con relleno de óxidos de hierro, calcita y gougue. Roca caja andesita porfirítica.

4.4.4.1.6. FALLA SAN CIPRIANO

La falla San Cipriano se puede observar en superficie y en interior mina NV-230, con una longitud explorada de 160 m. Tiene un promedio de azimut N320° y buzamiento 65° con una zona de falla de 3.00 m, desarrollando un mayor sistema de juntas hacia su piso. En toda la estructura se observa algunos sigmoides con relleno de gougue, calcita, óxidos de hierro y arcillas. Tanto al Noroeste y Sureste en superficie e interior mina presenta evidencias de estrangulamiento.

La andesita porfirítica es la roca caja principal. La falla San Cipriano sufrió desplazamiento dextral-normal (rake=62°) originado por el evento-I (pre-mineral) y también dextral-normal (rake=27°) originado por el evento-II (pre-mineral); catalogándose como el más reciente control estructural andino y probablemente desplazando incipientemente en profundidad a Virginia. San Cipriano ha sido afectado por 2 eventos tectónicos, el evento-I y II estuvieron gobernados por una compresión regional de dirección ~NNO-SSE y ~NNE-SSO respectivamente.



Foto 39: Interior mina, NV-230, se observa la falla San Cipriano presentando un sistema de juntas paralelo a la estructura principal hacia su piso, con relleno de calcita, óxidos de hierro y gouge. Roca caja andesita porfirítica.

4.4.4.1.7. FALLA ZEUS

La falla Zeus se puede observar en interior mina en el NV-255 y SN-243, con una longitud explorada de 70 m. Tiene un promedio de azimut $N330^\circ$ y buzamiento 75° , con una potencia promedio de 1.00 m. Presenta inflexiones y sigmoides que alcanza potencias de hasta 3.00 m. Toda la estructura esta rellena de cuarzo lechoso oqueroso, en drusa con diseminación de pirita cúbica, calcita recristalizada, óxidos de hierro y gouge. Al Sureste tiende a estrangularse. En tanto al Noroeste se observa evidencias de que Zeus se alinea paralelamente al plegamiento de los volcano-sedimentarios de dirección andina.

La diorita phx-5, hornfels silicificado y los volcano-sedimentarios son las rocas cajas principales. La falla Zeus tuvo 2 desplazamientos: dextral-inverso ($\text{rake}=29^\circ$) originado por el evento-II (pre-mineral) e inverso-sinistral ($\text{rake}=80^\circ$) por el evento-V (post-mineral). No ha tenido deposición de mineral pero se aprecia el corte incipiente a la veta-falla Virginia y veta Zulema. La falla Zeus ha sido originado por 2 eventos tectónicos, el evento-II y V quienes estuvieron gobernados por una compresión regional de dirección $\sim NNE-SSO$ y $\sim E-O$ respectivamente.



Foto 40: Interior mina, SN-243, GA-350, se observa la falla Zeus con potencia de 1.50 m, con relleno de cuarzo lechoso oqueroso, en drusa, óxidos de hierro, calcita recristalizada y gouge. Roca caja volcano-sedimentarios.

4.4.4.1.8. FALLA BERNABÉ

La falla Bernabé se puede observar en interior mina en el NV-255 y SN-267, con una longitud explorada de 70 m. Tiene un promedio de azimut N 305° y buzamiento 75°, con una potencia promedio de 0.40 m. Presenta inflexiones y en algunas zonas sigmoides a lo largo de toda su longitud. Toda la estructura esta rellena de pirita diseminada, calcita recristalizada, óxidos de hierro y gouge. Al Sureste tiende a estrangularse, en tanto al Noroeste se evidencia que Bernabé se alinea paralelamente al plegamiento de los volcano-sedimentarios de dirección andina.

La diorita phx-5 y los volcano-sedimentarios son las rocas caja principales. La falla Bernabé sufrió desplazamiento dextral-inverso (rake=21°) originado por el evento-II (pre-mineral), sinestral-inverso (rake=38°) por el evento-III (syn-mineral sin embargo, no ha tenido deposición de mineral y sinestral-normal (rake=7°) por el evento IV (post mineral), de manera que ha desplazado a la veta-falla Virginia y veta Candelaria. La falla Bernabé ha sido afectado por 3 eventos tectónicos, el evento-II, III y IV estuvieron gobernados por una compresión regional de dirección ~NNE-SSO, ~NE-SO y ~ONO-ESE respectivamente.



Foto 41: Interior mina, SN-267, se observa la falla Bernabé presentando sigmoides, con relleno de calcita recristalizada, óxidos de hierro y gougue.

4.4.4.1.9. FALLA ROMPEDOR

La falla Rompedor se puede observar en interior mina en el NV-255, con una longitud explorada de 50 m. Tiene un promedio de azimuth N330° y buzamiento 75°, con una potencia promedio de 1.00 m. Presenta inflexiones y en algunas zonas sigmoides a lo largo de toda su longitud. Toda la estructura esta rellena de calcita recristalizada, cuarzo lechoso, diseminación y vetillas de pirita y pirrotita. Al Sureste tiende a estrangularse, en tanto al Noroeste se observa evidencias de que Rompedor también se alinea paralelamente al plegamiento de los volcano-sedimentarios de dirección andina.

La diorita phx-5 y los volcano-sedimentarios son las rocas caja principales. La falla Rompedor sufrió desplazamiento dextral-normal (Rake=10°) originado por el evento-II (pre-mineral) y sinistral-normal (Rake=2°) por el evento-IV (post-mineral) lo cual probablemente corte a la veta-falla Virginia. La falla Rompedor ha sido afectado por 2 eventos tectónicos, el evento-II y IV estuvieron gobernados por una compresión regional de dirección ~NNE-SSO y ~ONO-ESE respectivamente.



Foto 42: Interior mina, NV-255, se observa la falla Rompedor con relleno de calcita recristalizada, cuarzo lechoso, diseminación-vetillas de pirita y óxidos de hierro.

4.4.5. FALLAS MENORES

Se ha definido 3 sistemas predominantes con promedio de azimuth/buzamiento N250°/75° (ENE-OSO), N340°/70° (NO-SE) y N290°/55° (ONO-ESE), con longitudes exploradas de 10 m en promedio, teniendo efectos reducidos en desplazamientos de escala centimétrica sobre las estructuras mineralizadas. En conclusión las fallas de 2^{do} orden y/o menores tienen buzamientos sub-verticales lo cual implica que no tienen mucha relación con las estructuras mineralizadas, por tanto se podría asumir que han sido desarrollados principalmente por los eventos tectónicos post-mineralización.

4.5. EVOLUCIÓN TECTÓNICO-ESTRUCTURAL PRELIMINAR DEL SISTEMA DE VETAS AURÍFERAS Y FALLAS PRINCIPALES EN LA MINA PHOENIX-5

Es importante mencionar que la evolución tectónico-estructural que se propone en este trabajo (5 eventos tectónicos), exclusivamente está ligado desde la época geológica Cretácico superior (Mastrichtiano) hasta el Mioceno. Es decir, las estructuras en estudio se generaron probablemente después de la deposición del grupo Casma y el emplazamiento del batolito de la Costa.

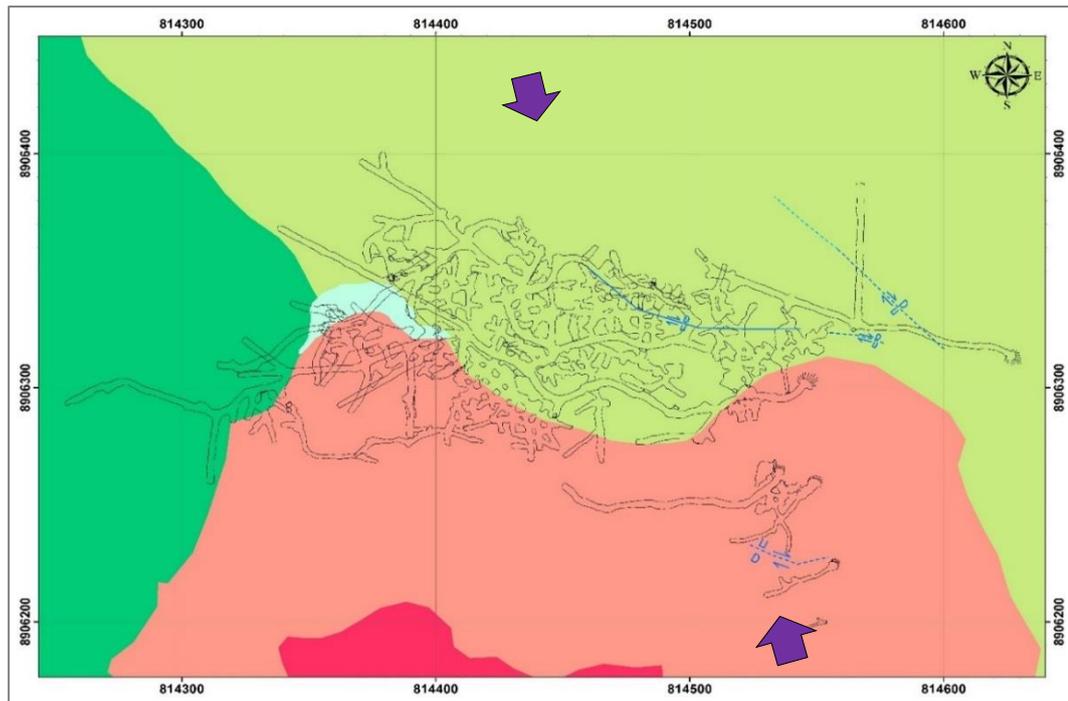


Imagen 23: Evento – I (pre-mineral). Generó movimiento predominante **dextra-normal**, generó los primeros **pre-fallamientos**. Lo más importante es que Virginia y Confusio presentan una dirección similar (separado sólo por un salto estructural) formandose así una estructura principal. Por otra parte al Sur se origina Éxito y al Noreste San Cipriano.

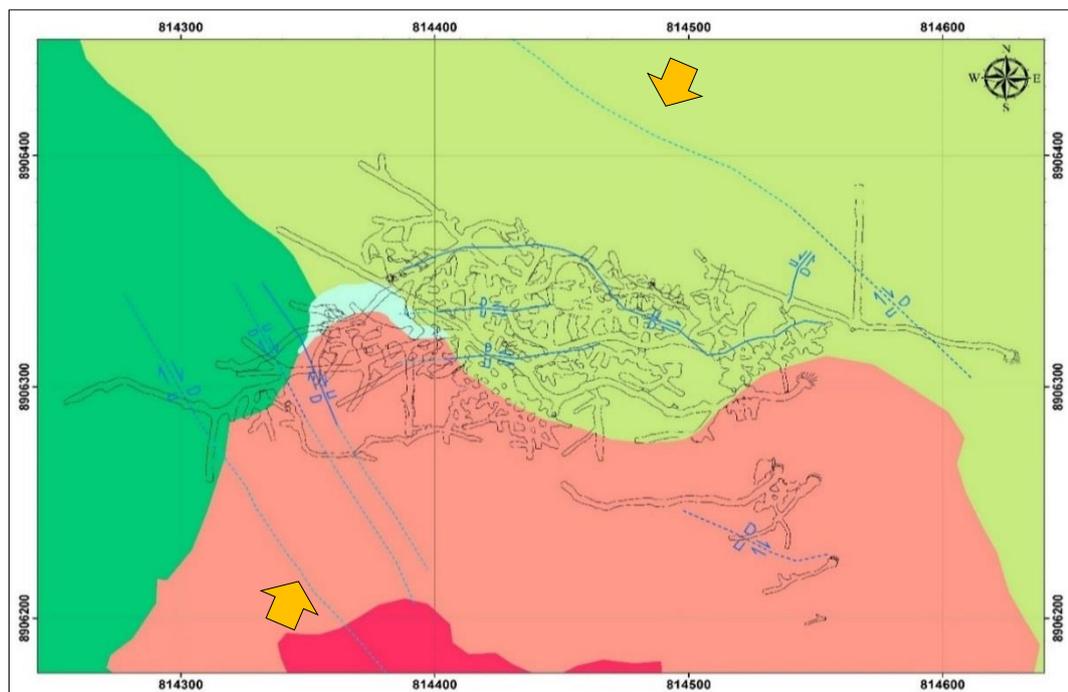


Imagen 24: Evento – II (pre-mineral). Generó movimiento predominante **Inversodextral**, la estructura Virginia se definió de mejor manera y ganó mayor longitud. A su techo y al Noreste se generó Victoria; al Sureste y al piso Éxito se hace más continuo. Coetáneamente se formó de manera incipiente las fallas Linito y Caleta de dirección ENE-OSO y por otra parte San Cipriano, Bernabé y Rompedor de dirección andina NO-SE.

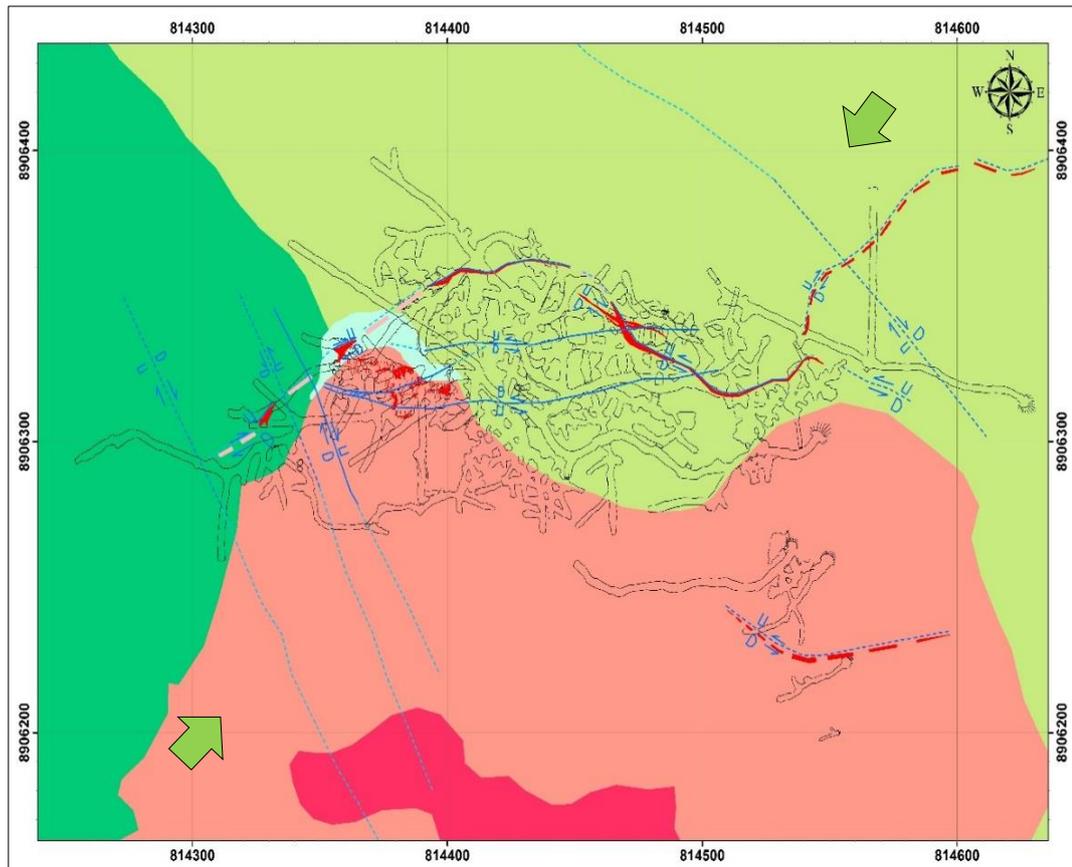


Imagen 25: Evento – III (syn-mineral). Generó movimiento predominante **sinistral-inverso**. Este evento generó aperturas estructurales muy favorables para la mineralización y coetáneamente el probable emplazamiento de los fluidos hidrotermales. Según las interpretaciones, en este evento Virginia, Zulema y Candelaria formaron **una misma estructura mineralizada** y por consecuencia de la continuidad de los paleo-esfuerzos generaron un **gran sigmoide** actualmente conocida como Natasha ore body y Linita como tensional techo. Por otra parte también es importante mencionar la mineralización de Éxito y Victoria siendo conjugadas al piso y techo respectivamente de la veta-falla Virginia.

Los fallamientos que se generaron como Linito, Caleta, San Cipriano, Bernabé, Zeus y Rompedor, generaron desplazamiento cortos. Según las interpretaciones se asume que desplazaron a las estructuras mineralizadas por un **reacomodo estructural**.

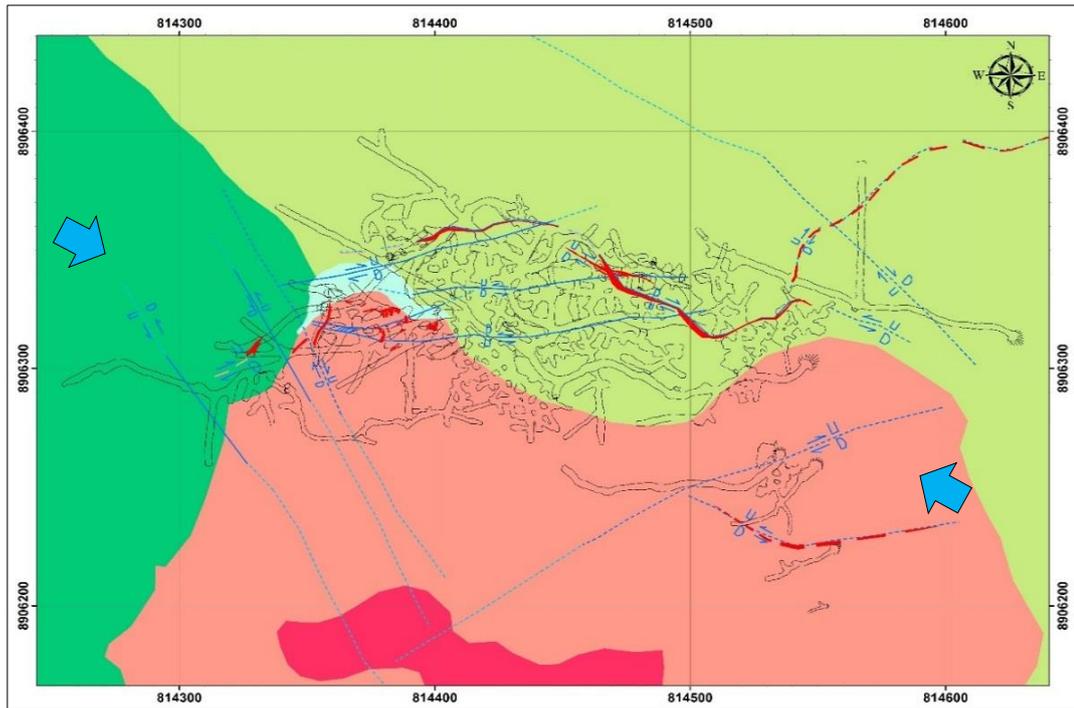


Imagen 26: Evento – IV (post-mineral). Este evento con movimiento predominante **dextral-normal** se caracterizó principalmente por generar **desplazamientos** cortos de las estructuras mineralizadas como Virginia y Candelaria. Las fallas más importantes son San Jerónimo y San Fernando. En menor proporción Bernabé y Rompedor.

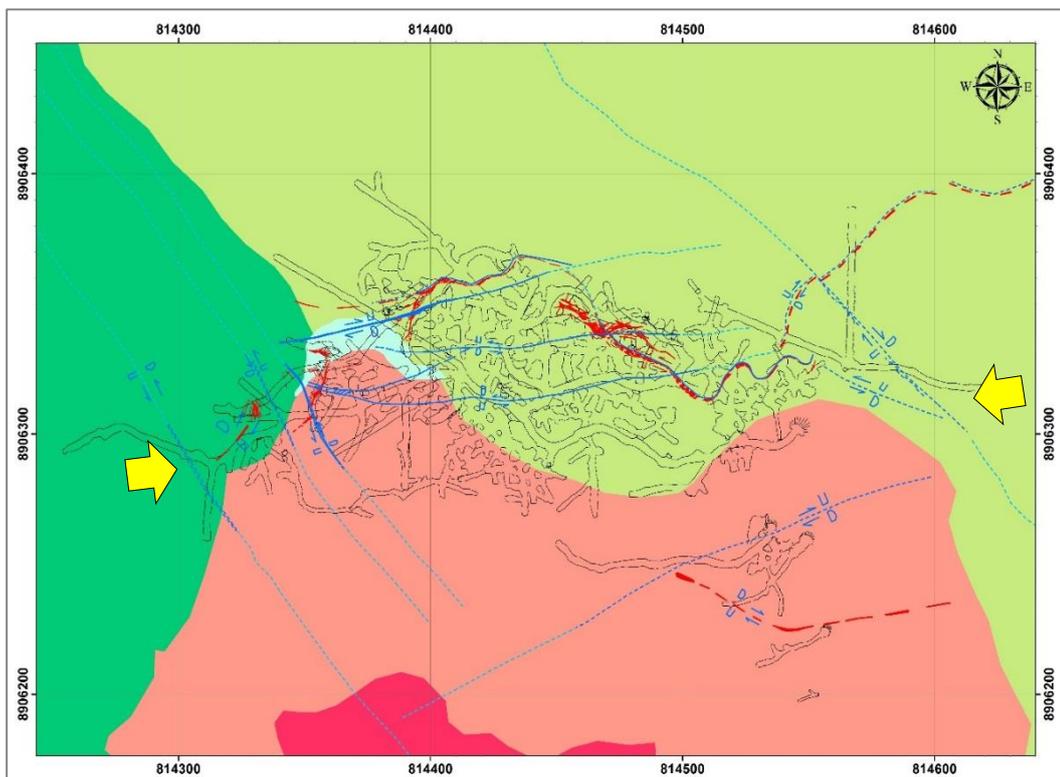


Imagen 27: Evento – V (post-mineral). Este evento con movimiento predominante **normal-dextral** se caracterizó principalmente por generar **deformaciones** de las estructuras mineralizadas Virginia, Éxito y Candelaria. Finalmente, la falla más importante quien generó un último desplazamiento de las estructuras mineralizadas es Zeus.

4.6. MODELO ESTRUCTURAL PRELIMINAR DEL SISTEMA DE VETAS EN LA MINA PHOENIX-5

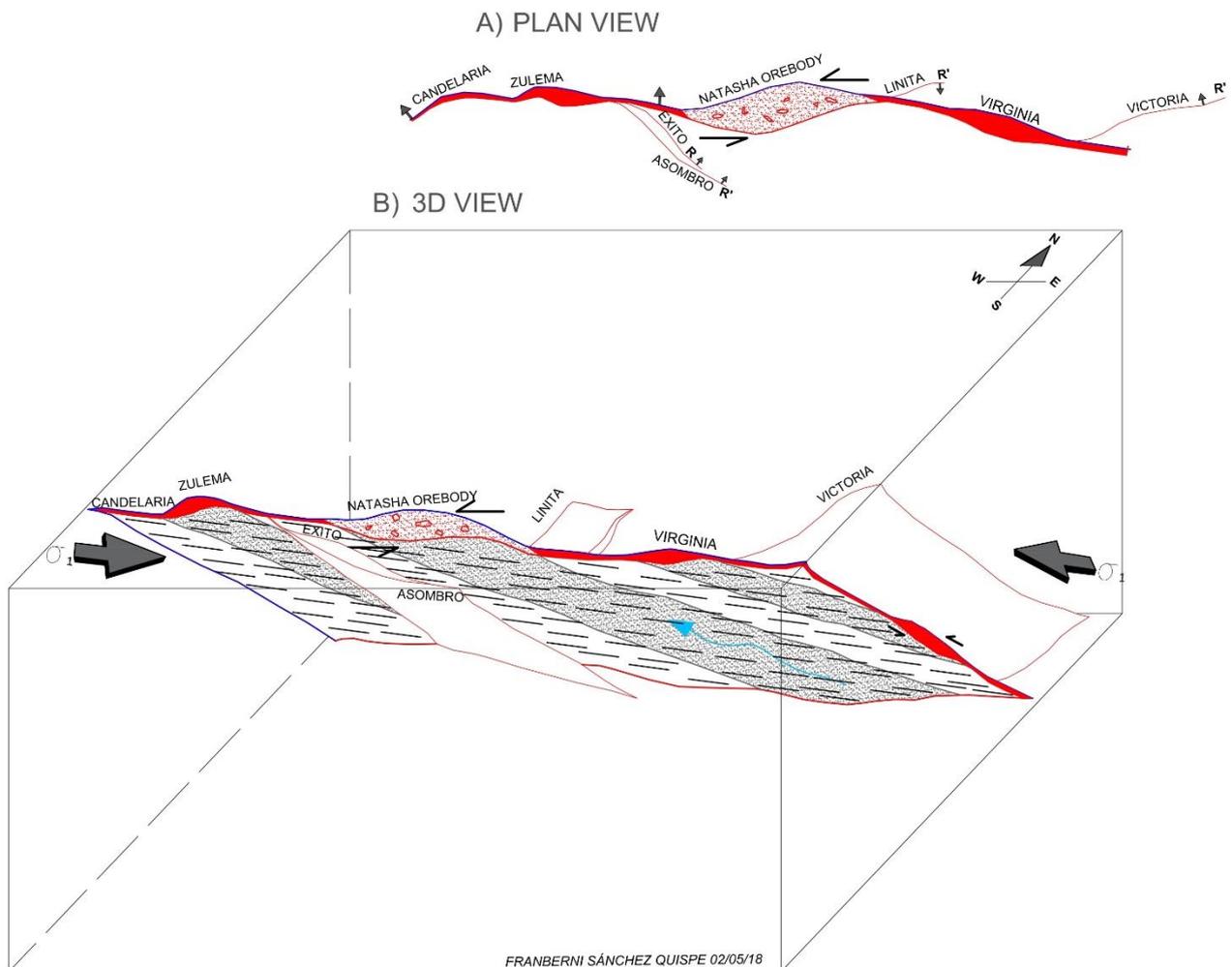


Imagen 28: A) Vista en planta, se observa el modelo estructural tipo lazo sigmoide simple representado la mayor apertura estructural por Natasha ore body, con movimiento **sinistral-inverso** representado por la principal veta-falla Virginia y sus vetas componentes R y R'. (Planteamiento preliminar del modelo por Cesar Cárdenas – Ing. Geólogo). B). Vista en 3D, modelo estructural tipo lazo sigmoide simple, generado por un esfuerzo principal efectivo de compresión regional NE-SO perteneciente al **evento -III (syn-mineral)** de movimiento sinistral con componente inverso (**rake=45°**). Según las observaciones en campo y los datos geológicos tomados, los ore shoots de plunge preferentemente N a NNE no son perpendiculares a las estrías de falla debido a que existió un pre-fallamiento producido por los eventos I y II (normalmente las estrías de falla son perpendiculares a los ore shoots).

CAPÍTULO V

PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

5.1. INTRODUCCIÓN

El trabajo de campo en la PHOENIX-5 se realizó entre el 11 de febrero y el 11 de marzo del 2015. DEEP SOUNDING E.I.R.L. empresa dedicada a las exploraciones geofísicas, ejecutó un programa conjunto de Polarización Inducida-resistividad y Magnetometría.

5.2. OBJETIVO Y ALCANCE

- Realizar un reconocimiento geofísico del área.
- Mediante el método de polarización inducida determinar posibles cuerpos mineralizados en profundidad, ya que este método nos proporciona 2 parámetros: Cargabilidad, relacionado a la presencia de sulfuros y Resistividad relacionado a zonas de alteración.
- Mediante el método de magnetometría ayudar en la identificación y extensión de las zonas anómalas magnéticas que podrían estar relacionadas con la mineralización en la zona.

5.3. FUNDAMENTO TEÓRICO DE LOS MÉTODOS

5.3.1. POLARIZACIÓN INDUCIDA (IP) Y RESISTIVIDAD

5.3.1.1. POLARIZACIÓN INDUCIDA (IP)

Es un método geofísico, el cual es ampliamente usado en la exploración de yacimientos metálicos, ya que es capaz de identificar concentraciones anómalas de sulfuros en profundidad.

El método de polarización inducida se basa en la propiedad que tienen algunas rocas de almacenar carga eléctrica, es decir polarizarse. Para estudiar la capacidad de polarización (o polarizabilidad) del subsuelo se inyecta corriente a éste a través de un par de electrodos. Si la corriente inyectada se interrumpe abruptamente, la diferencia de potencial entre otro par de electrodos no cae a cero de manera instantánea, sino que posee un decaimiento abrupto seguido de uno lento. Es decir mide el decaimiento de voltaje en materiales terrestres, en respuesta a una corriente que es inducida en el subsuelo, el cual genera el efecto IP que refleja la habilidad de minerales, rocas o litologías de actuar como un capacitor eléctrico. A éste fenómeno ha sido atribuido a un tipo de energía almacenada en el material mientras que el flujo de corriente es aplicado.

La corriente que es inyectada al subsuelo, permite en primera instancia medir la resistividad aparente ρ a través de un diferencial de voltaje V_c medido (Imagen 24). Una vez suprimida la corriente el voltaje medido a través de los electrodos no decae a cero instantáneamente, sino que lo hace en el orden de mili-segundos a segundos (Telford et al., 1990).

La Imagen 24, ilustra la curva de caída de potencial de retorno al estado original de un material al cual se le aplicó una corriente.

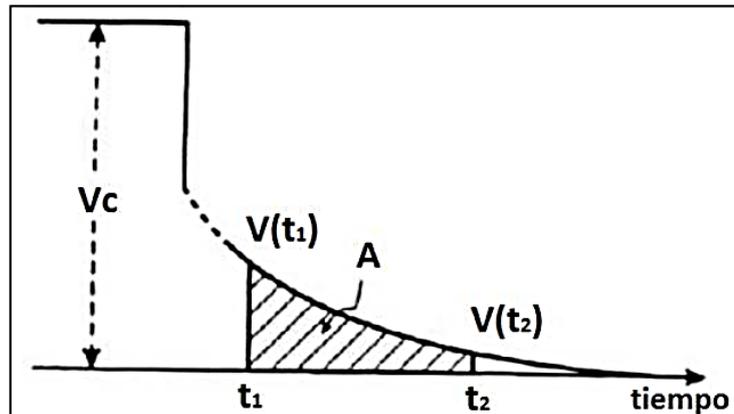


Imagen 29: Medida de IP (Cargabilidad), a través del decaimiento de voltaje (Reynolds, 1997).

5.3.1.2. RESISTIVIDAD

La resistividad eléctrica de un material se relaciona a la capacidad que tiene éste para conducir la corriente eléctrica.

La resistividad de la mayoría de las rocas y sedimentos secos es elevada, por lo que actúa como semiconductores o conductores de baja capacidad. Este comportamiento cambia significativamente cuando las fisuras o los poros están ocupados por agua, lo que genera una disminución de resistividad o lo que es lo mismo, un aumento en la capacidad de conducción de la corriente eléctrica. Además el grado de saturación, también incide en la resistividad del medio el contenido salino del agua, a mayor salinidad, menor resistividad y viceversa.

Son pocos los componentes geológicos subsaturados o secos que presentan baja resistividad o alta conductividad. Entre estos pueden mencionarse minerales metálicos como calcopirita, pirita, magnetita, pirrotita, etc. El grafito también presenta elevada conductividad eléctrica, pero la mayoría de los minerales no metálicos al igual que las rocas tienen resistividades significativamente mayores.



Imagen 30: Resistividades en Ohm.m de diferentes rocas, minerales, sedimentos y químicos (Telford et al, 1990 y ALH Geofísica).

5.3.1.3. RELACION ENTRE LOS 2 MÉTODOS

Algunos estudios de campo establecen que la anomalías de IP y Resistividad, por lo general, ocurren juntas (alto IP en sectores con baja resistividad), por lo que se podría argumentar que el uso del método no está justificado. No obstante, existen numerosos casos de éxito en la aplicación del método IP, en zonas con presencia de mineralización diseminada (p.ej. pórfidos Cupríferos), donde las anomalías de resistividad son prácticamente inexistentes (Telford et al., 1990).

5.3.2. MAGNETOMETRÍA

El campo magnético terrestre, cuyo origen reside en el núcleo, es modificado por cambiantes componentes externos a la masa sólida del planeta, pero también existe una componente en menor proporción de la corteza, que puede ser significativa a una escala relativamente local. La prospección magnetométrica se basa en evaluar esa desigual distribución de fuerzas magnéticas dentro de la corteza terrestre. El contenido alto en minerales de hierro produce anomalías positivas y su defecto anomalías negativas. Las anomalías magnéticas detectadas a través de estudios magnéticos en el terreno se explican con variaciones en las propiedades físicas de las rocas como la susceptibilidad magnética y/o la imantación remanente de las rocas.

La magnetometría se ha empleado como un método complementario de mapeo que tiene la capacidad de mapear unidades litológicas tales como rocas volcánicas e intrusivas, y detección directa de concentración de minerales ferromagnéticos (magnetita, pirrotita, etc.), contactos y estructuras. (P. Bérubé, 1997).

5.3.2.1. VARIACIÓN DIURNA

Las variaciones diurnas del campo magnético fueron monitoreadas diariamente en la estación base. Estas, muestran que se presentó un poco de actividad solar durante el tiempo de adquisición de datos, pero esto no altera la normal corrección diurna realizada.

Para el levantamiento magnético se utilizaron 2 equipos de alta precisión, un magnetómetro de Protones GSM-19TW como estación Base (Magnetómetro fijo) con el cual se monitorea la variación diurna del campo geomagnético diariamente durante el estudio, y 2 magnetómetros Overhouser GSM-19W de alta sensibilidad con GPS diferencial incorporado (Magnetómetro móvil) con el que se realizó el levantamiento a lo largo de las líneas geofísicas.

5.4. LÍNEAS GEOFÍSICAS

El estudio magnético se realizó con 36 líneas orientadas N-S que significan 21.6 Km lineales de datos, ubicado entre las coordenadas 814300E y 815950E con 8906000N y 8906550N, abarcando prácticamente la zona de operación (brownfiled). En el mapa 16 se ha marcado las líneas en color azul.

El estudio de Polarización Inducida tuvo 2 mallas: **La primera** con 9 líneas cada 100 m que completaron 14.4 km abarcando las coordenadas 814300E y 815000E con 8906000N y 8907500N. **La segunda** ubicada más al Oeste de la zona de operación minera con 6 líneas cada 50 m con un total de 4.8 Km lineales y cubriendo las coordenadas 814000E y 814250E con 8906100N y 8906900N.

El estudio geofísico para las 2 campañas abarca una profundidad homogénea que abarca desde la cota 400 m a 50 m, nivel superior e inferior respectivamente. Hace un total de 350 m de profundidad.

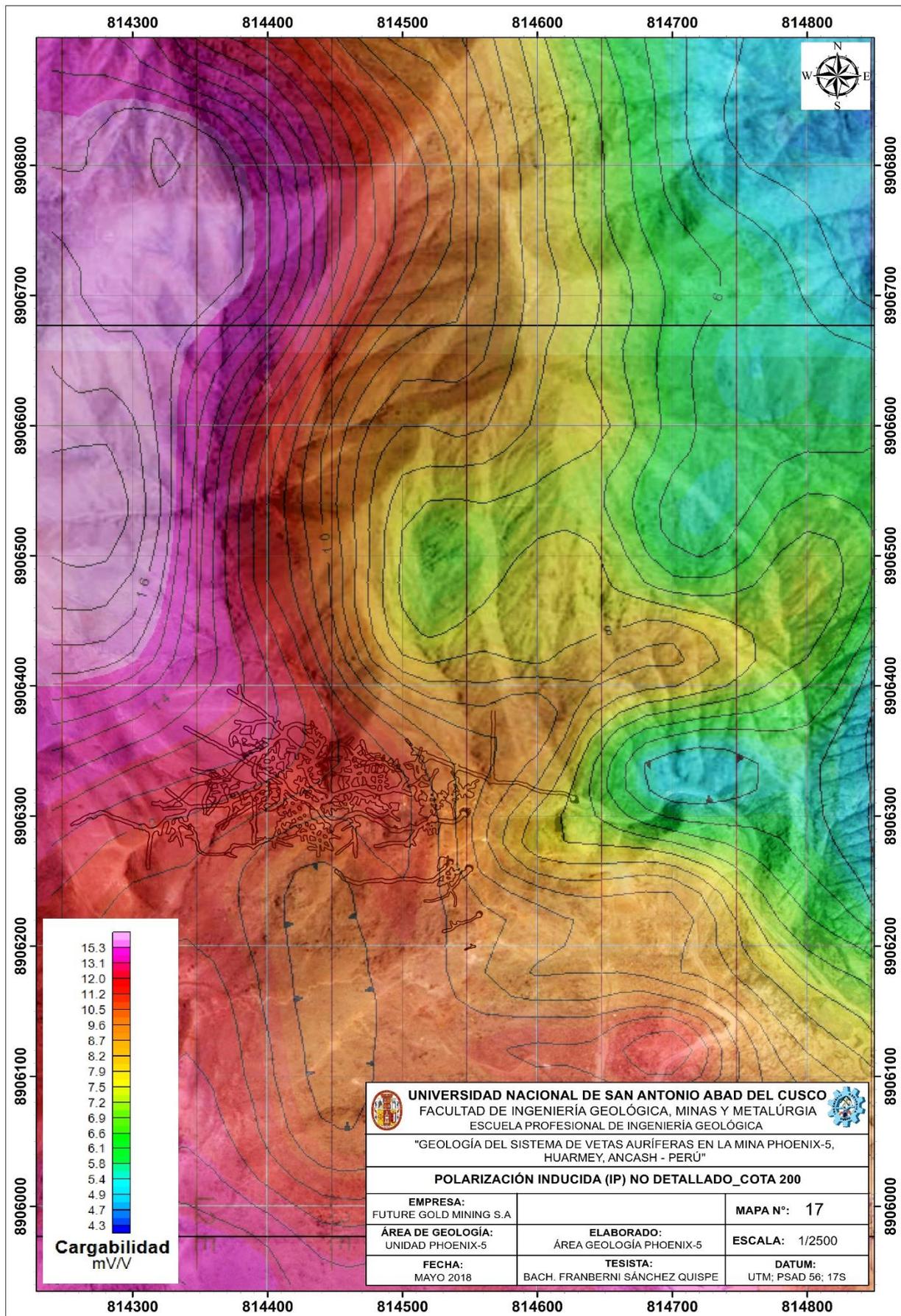


Mapa 16: Mapa de las líneas geofísicas: Magnetometría, IP área grande e IP área detalle.

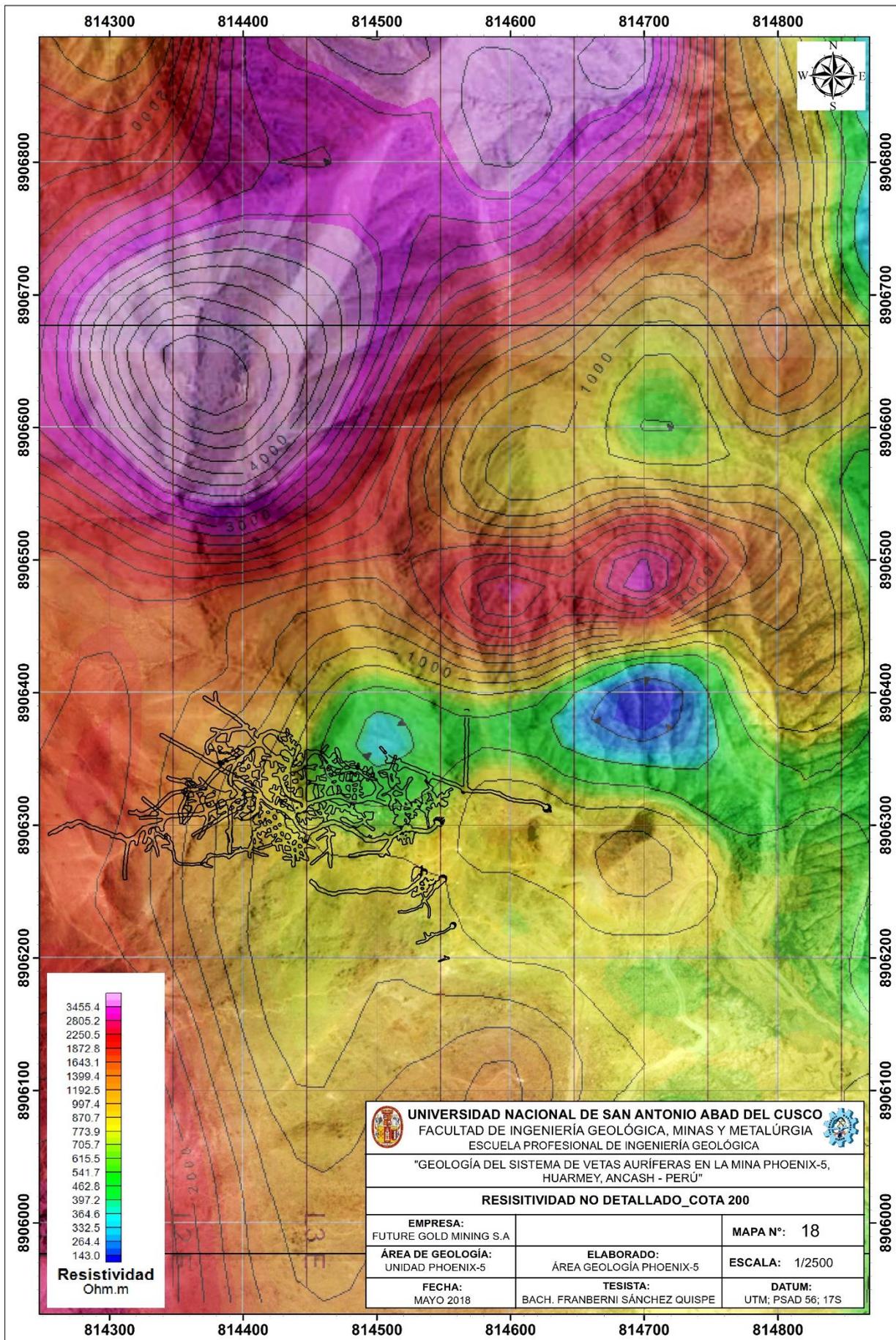
5.5. CARGABILIDAD Y RESISTIVIDAD EN EL ÁREA DE ESTUDIO

El análisis de los datos de cargabilidad (IP) y resistividad se basan en los resultados de la inversión en 3D efectuados sobre los datos de las líneas geofísicas, orientadas N-S y separadas cada 100 m. El modelo de cargabilidad se emplaza entre las líneas 1 y 2, presenta una anomalía de dirección N-S a cota 200 m.

De acuerdo a la interpretación geológica en la zona de estudio, las anomalías de cargabilidad mayores a 13.1 mV/V que estarían correlacionados litológicamente al contacto de la andesita porfirítica al Este y con los volcano-sedimentarios al Oeste. En este contacto se tendría evidencias de cuerpos mineralizados de calcopirita, pirita, macarsita, así como el cuerpo mineralizado de Natasha, es un gran potencial económico. Por otra parte, se observa un anomalía de resistividad de dirección NE-SO que se correlaciona estrictamente con la andesitas porfirita con ligera alteración hidrotermal del tipo silicificación.



Mapa 17: Polarización Inducida (IP) no detallado cota 200.

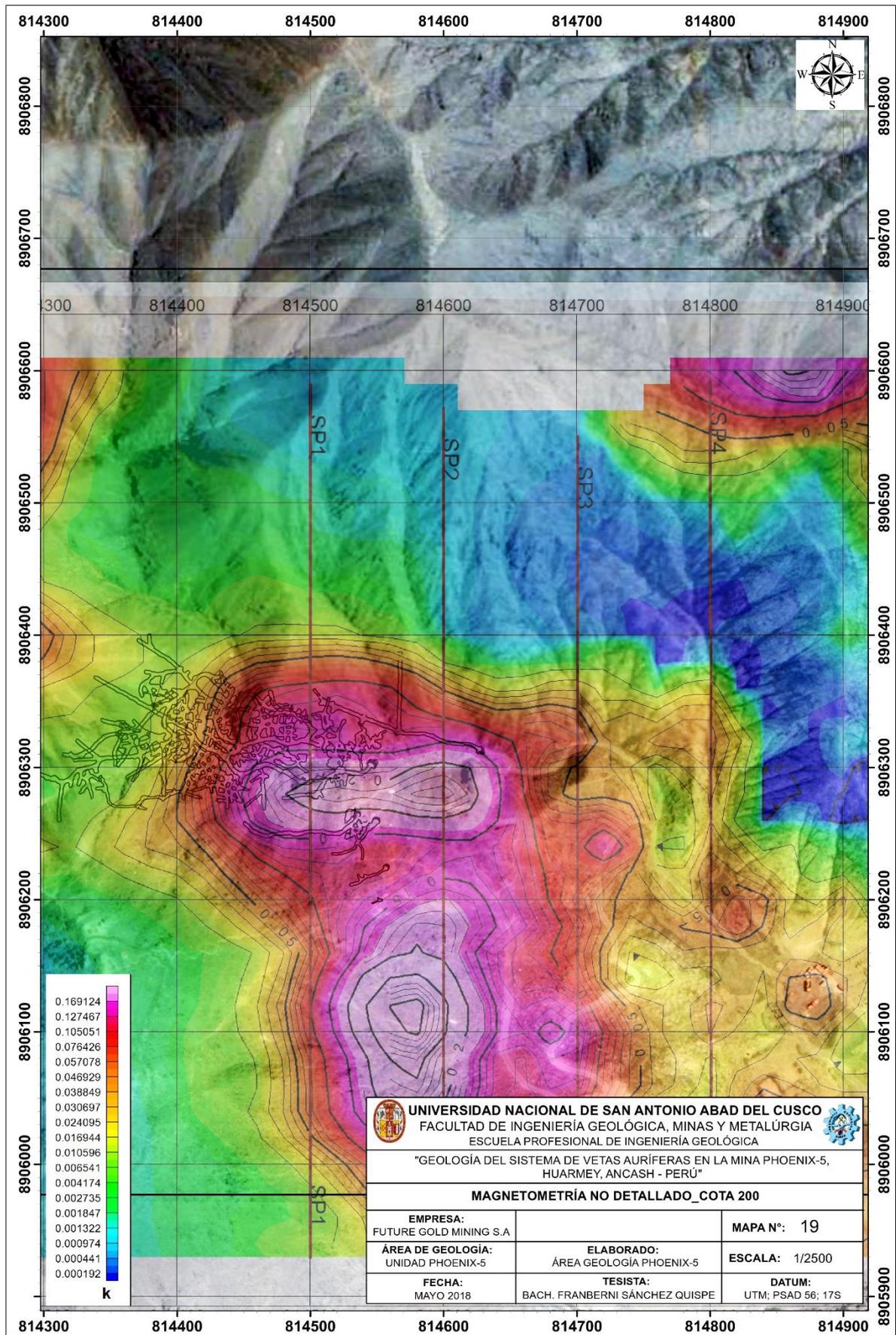


Mapa 18: Resistividad no detallado cota 200.

5.6. MAGNETOMETRÍA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Los datos de campo magnético total han sido usados para el proceso de inversión con el objetivo de mostrar las características geométricas y propiedades físicas de los cuerpos que están produciendo las anomalías. En base a los datos procesados se han obtenido los modelos de inversión en 3D. En el mapa 18 se muestran los mapas al nivel 200 m donde las susceptibilidades magnéticas mayores a 0.1k siguen una tendencia N-S, interrumpidas en la parte central por una posible falla, causando un cambio de rumbo de la anomalía al Norte en dirección E-O.

De acuerdo a la interpretación geológica en la zona de estudio las susceptibilidades magnéticas mayores 0.1K, se correlaciona litológicamente con las rocas intrusivas intermedias y máficas como son la diorita phx-5 y gabro phx-5 ya que estos presentan un cierto magnetismo y/o posible presencia de pirrotita.



Mapa 19: Magnetometría no detallado cota 200.

CAPÍTULO VI

GEOLOGÍA ECONÓMICA

6.1. INTRODUCCIÓN

En campo, se observaron las características geológicas para definir preliminarmente su origen y su modo de ocurrencia del yacimiento. Se recolectaron también muestras de mano de roca con fines de estudios petrográficos, mineralógicos e identificación de las alteraciones hidrotermales predominantes para tener un mejor entendimiento geológico detallado del emplazamiento mineral en la mina PHOENIX-5.

6.2. METALOGÉNIA DE LA ZONA DE ESTUDIO

Según las observaciones en campo, el yacimiento tiende a tener características geológicas que conlleva a pertenecer probablemente a la franja metalogenética VIII de depósitos Cu-Fe-Au (IOCG) del Cretácico inferior. La cuenca Casma presenta un gran potencial en este tipo de depósitos.

El desarrollo y explotación de las vetas son principalmente de composición auro-cuprífera y en menor proporción de plata. Están asociados al alto contenido de pirita y óxidos de hierro en superficie.

6.3. ORIGEN Y OCURRENCIA DEL YACIMIENTO

El posible origen de la mineralización en la mina PHOENIX-5 se debe a que se ubica dentro de un ambiente geotectónico de cuencas cretácicas con sedimentación de flujos de lava y rocas volcano-sedimentarias (grupo Casma) producido principalmente por la fase tectónica peruana. Posteriormente intruidas por el batolito de la costa de composición intermedia a ácidas que han sido probablemente responsables de traer las soluciones mineralizantes con temperaturas por sobre los 300° C, emplazada a una paleo-profundidad de 2 a 5 km (mesotermales). La mineralogía de las estructuras mineralizadas está compuesta por sulfuros de Cu, Fe, As y trazas de Mo con alteración principal de actinolita y en menor proporción silicificación.

Respecto a su ocurrencia del yacimiento, son vetas filoneanas debido a que cortan a todas las rocas pre-existentes pertenecientes al grupo Casma y a los intrusivos del batolito de la costa. El tipo IOCG: por presencia de óxidos de Fe, principalmente de hematita y algo de goethita; Au y Cu albergados dentro de la calcopirita, siendo probablemente del cretácico inferior-superior. Estas estructuras mineralizadas ocurren como rellenos de fallas y son de bajo ángulo.

Es importante mencionar sobre el origen y ocurrencia del yacimiento que se explica en líneas arriba es de referencia preliminar siendo en lo posterior un tema de investigación.

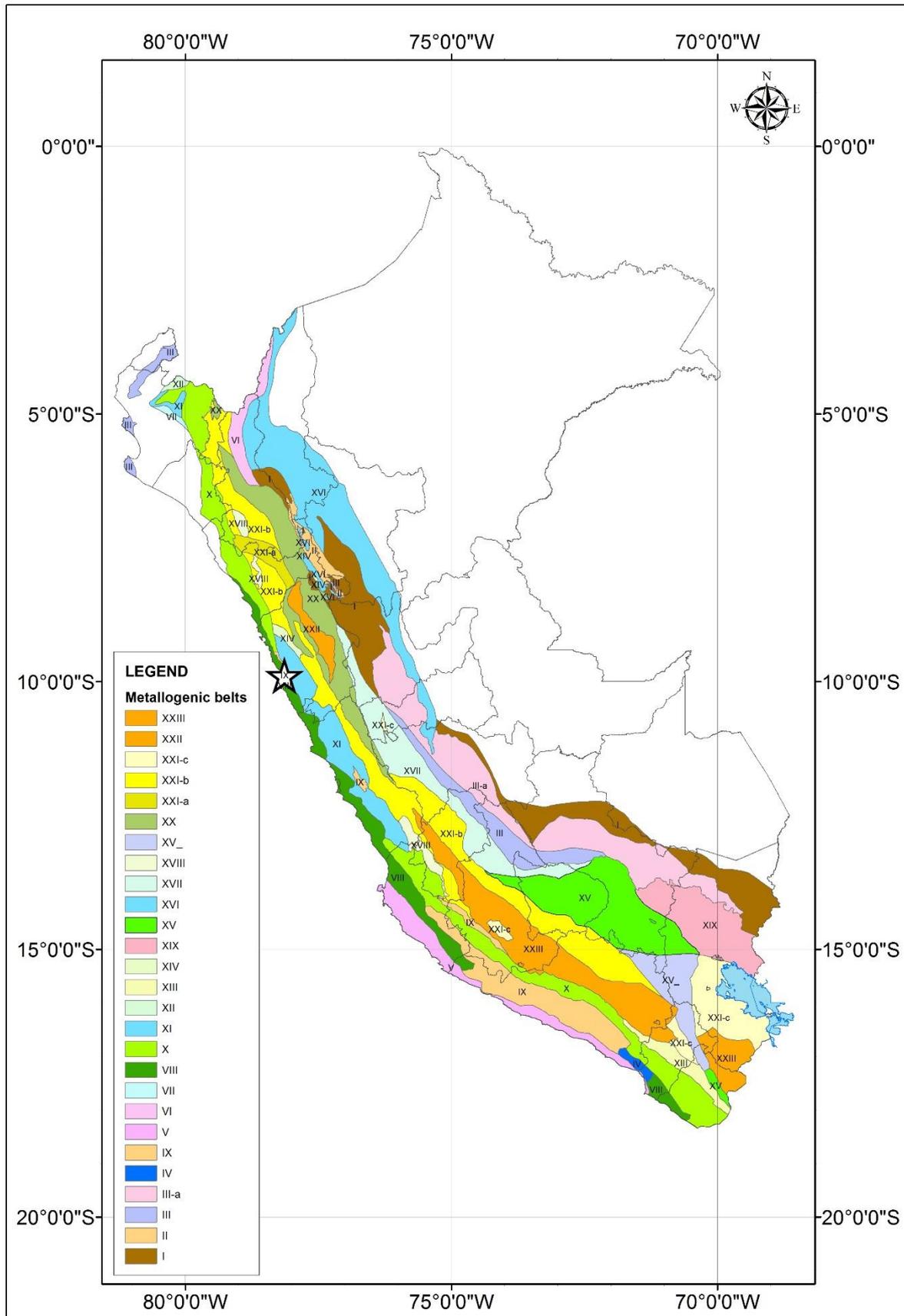


Imagen 31: Mapa metalogénico de Perú. El yacimiento tiende a tener características geológicas que conlleva a pertenecer probablemente a la franja metalogénica VIII de depósitos Cu-Fe-Au (IOCG) del Cretácico inferior. INGEMMET, Enero 2017.

6.4. ALTERACIONES

En la mina PHOENIX-5 se observa poca variedad de ensambles de minerales de alteración, la intensidad ha sido básicamente local como halos de alteración, relacionados directamente al emplazamiento de las vetas, las cuales han afectado moderadamente a las litologías existentes.

6.4.1. ACTINOLIZACIÓN

La actinolita siempre está asociado a la mineralización económica ya sea en la zona de óxidos, mixtos y sulfuros. Se encuentran por lo general en las partes laterales de la gran mayoría de las estructuras mineralizadas. Con mayor desarrollo en la andesita porfírica que son las rocas hospedantes más favorables para la mineralización. Este mineral ganga es la principal guía de la mineralización y/o exploración. Se puede observar en interior mina y superficie.



Foto 43: Interior mina, NV-255, se observa la actinolita con desarrollo de cristales aciculares mayor a 10 cm asociado a la calcopirita aurífera en la veta-falla Virginia.

6.4.2. SILICIFICACIÓN

La silicificación se presenta principalmente en la roca caja que son la andesita porfírica, hornfels silicificado y en menor proporción en los volcansedimentarios donde éste último localmente se encuentran ligeramente metamorfozados. Se puede observar en interior mina, especialmente en la GA-248 y en superficie al Norte donde se han propuesto los sondajes diamantinos PS-PH5-14 y PS-PH5-15. Esta alteración aumenta la dureza de las rocas generando complicaciones durante la perforación y voladura.

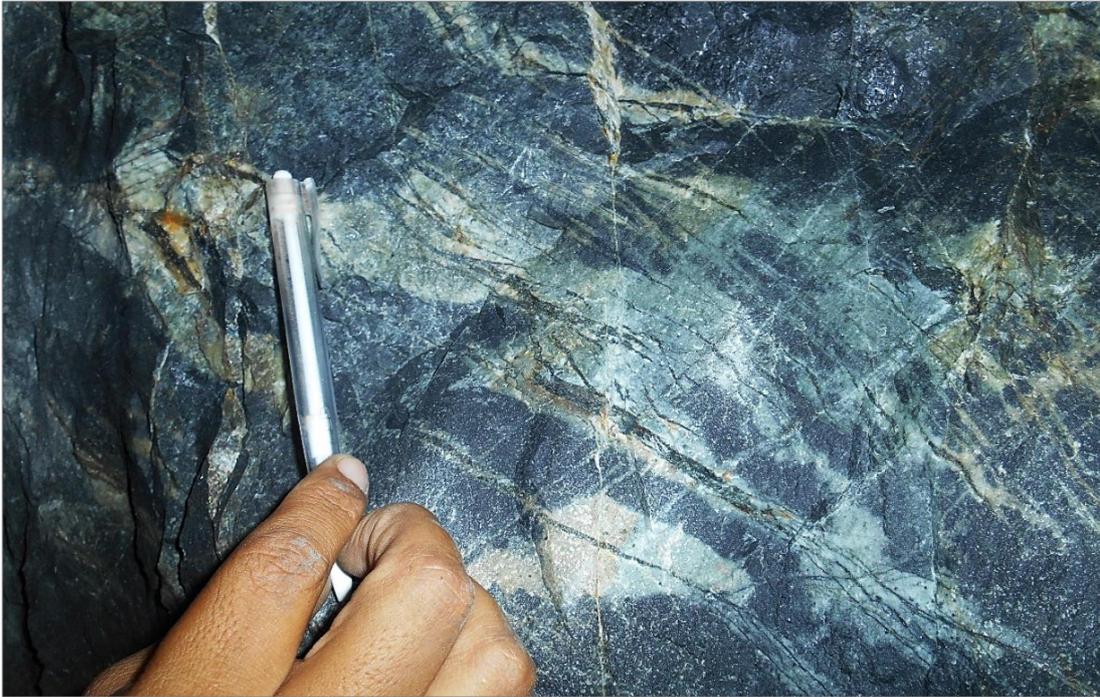


Foto 44: Interior mina, GA-248, sistema de vetillas principalmente de actinolita con halos y glóbulos aislados de silicificación emplazados en la andesita porfírica.



Foto 45: En superficie, se observa la presencia de fluidos hidrotermales con alteración silicificación en dirección vertical emplazados en la andesita porfírica.

6.4.3. CLORITIZACIÓN

La cloritización se presenta casi en todas las rocas caja como son la andesita porfirítica, gabro phx-5, diorita phx-5 y hornfels silicificado. La hornblenda es la componente principal de la rocas, tiende a alterarse a clorita con un grado de alteración moderada producto de factores endógenos-supérgenos y una intensidad de alteración fuerte. Se puede observar en interior mina y en los afloramientos en superficie. En muestra de mano se observa con una tendencia de coloración verdosa.

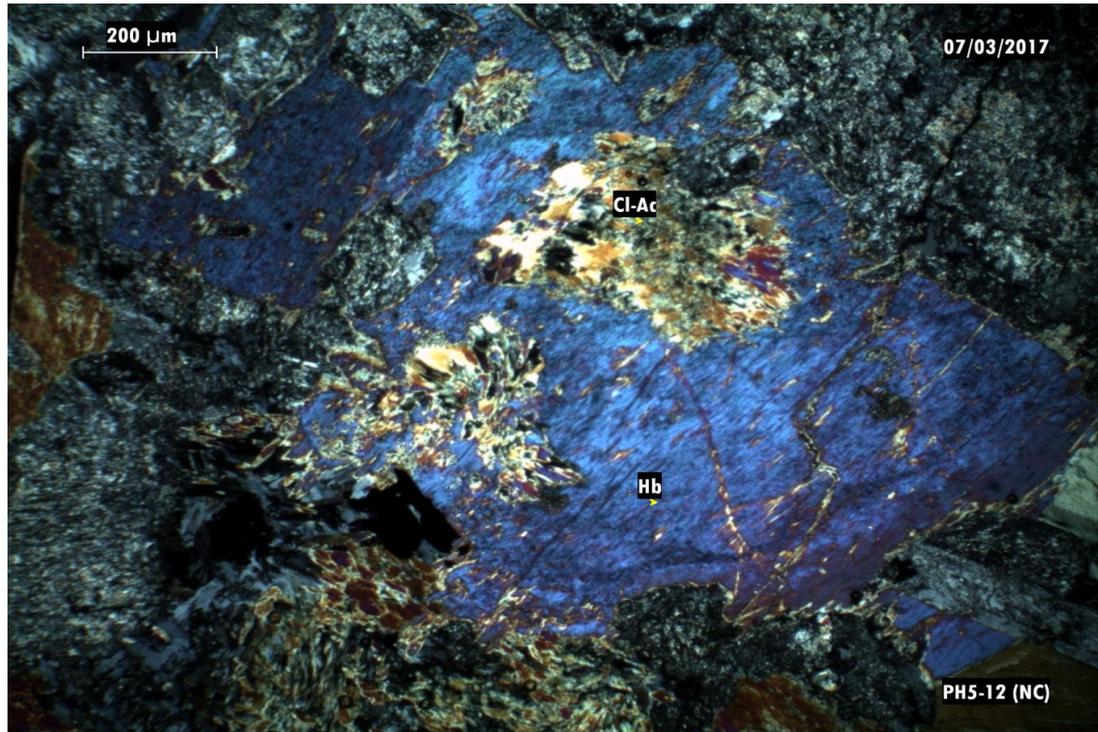


Foto 46: Estudio petrográfico, Nícoles cruzados. Diorita de hornblenda. Nótese la hornblenda (Azul por su color de interferencia) sustituida parcialmente por clorita >> actinolita.

6.4.4. CALCITIZACIÓN

La calcita se presenta principalmente como relleno en todas las fallas, fracturas y en estructuras mineralizadas estranguladas y/o en cierres. Esto se debe posiblemente a la exolución y lixiviación de las rocas existentes con contenido de calcio, posteriormente la deposición y cristalización romboédrica de la calcita en las aberturas. Está asociado a la piritita y se puede observar en interior mina y en superficie.



Foto 47: Interior mina, SN-243, falla San Jerónimo relleno con calcita 75% y pirita cúbica 20%.

6.4.5. SERITIZACIÓN

Esta alteración está compuesta por ensamble de cuarzo, sericita y pirita. Se presenta específicamente en los hornfels silicificado asociado ligeramente a la mineralización económica de sulfuros. Se puede observar en interior mina, en la zona denominada “Capilla Sixtina”.

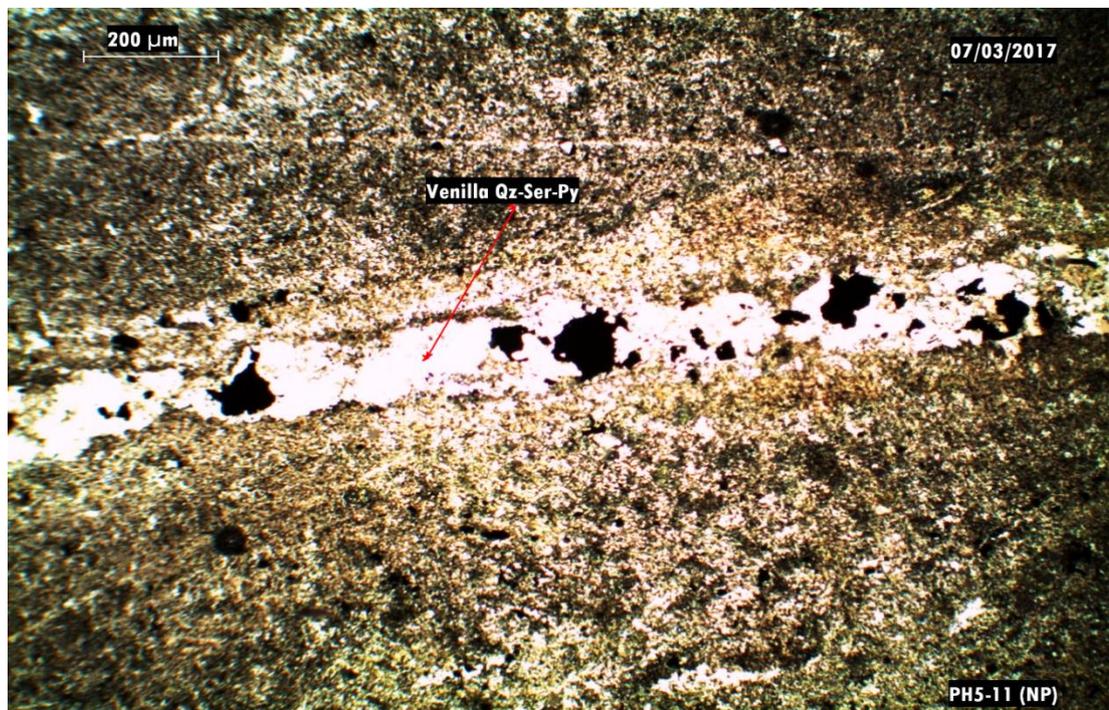


Foto 48: Estudio petrográfico, Nícoles paralelos. Venilla de cuarzo, sericita y pirita en la parte central, cortando la roca con frente de avance de sericita.

6.4.6. ARGILIZACIÓN

Esta alteración se observa principalmente en superficie. Las arcillas están presentes en las rocas caja que son la diorita phx-5 y la granodiorita phx-5. La plagioclasa que es la componente principal de las rocas antes mencionadas, tienden alterarse a arcillas con una intensidad y grado de alteración moderada producto de factores supérgenos y relativamente endógenos.



Foto 49: En superficie, afloramiento de la diorita phx-5 dondesus minerales componetes tienden a alterarse a arcillas, con un grado de alteración moderado.

6.4.7. OXIDACIÓN

Originados principalmente por procesos supérgenos. Está constituido por óxidos (hematita, goethita y óxidos de manganeso), sulfatos (jarosita), carbonatos de Cu (malaquita, azurita) y arcillas de coloración variada asociados a la actinolita. En zonas se aprecia muy claramente la textura fluidal y reticular con una silicificación de grado moderado a fuerte.

En interior mina se puede observar claramente en el NV-255, desde la bocamina hasta los 80 m de longitud a la altura de la Calle C-3. En superficie se encuentran desde la entrada de la bocamina del NV -255, pasando el NV-279 y continuado por toda la talud del cerro. Se puede observar con facilidad en una imagen satelital.



Foto 50: Bocamina del NV-279, veta-falla Virginia compuesta por limonitas, óxidos de manganeso, carbonatos de cobre y arcillas asociado a la actinolita. José Victorio está de escala.



Foto 51: Interior mina, CH-501S. Zona de óxidos donde se observa la estructura fluidal y silicificación.

6.5. MINERALIZACIÓN

En la mina PHOENIX-5 se divide en 3 zonas de mineralización: zona de sulfuros, zona mixta y la zona de óxidos.

ZONA DE ÓXIDOS

Esta zona se encuentra cercana a la superficie en un rango de 80 a 100 m tanto en longitud vertical y horizontal.

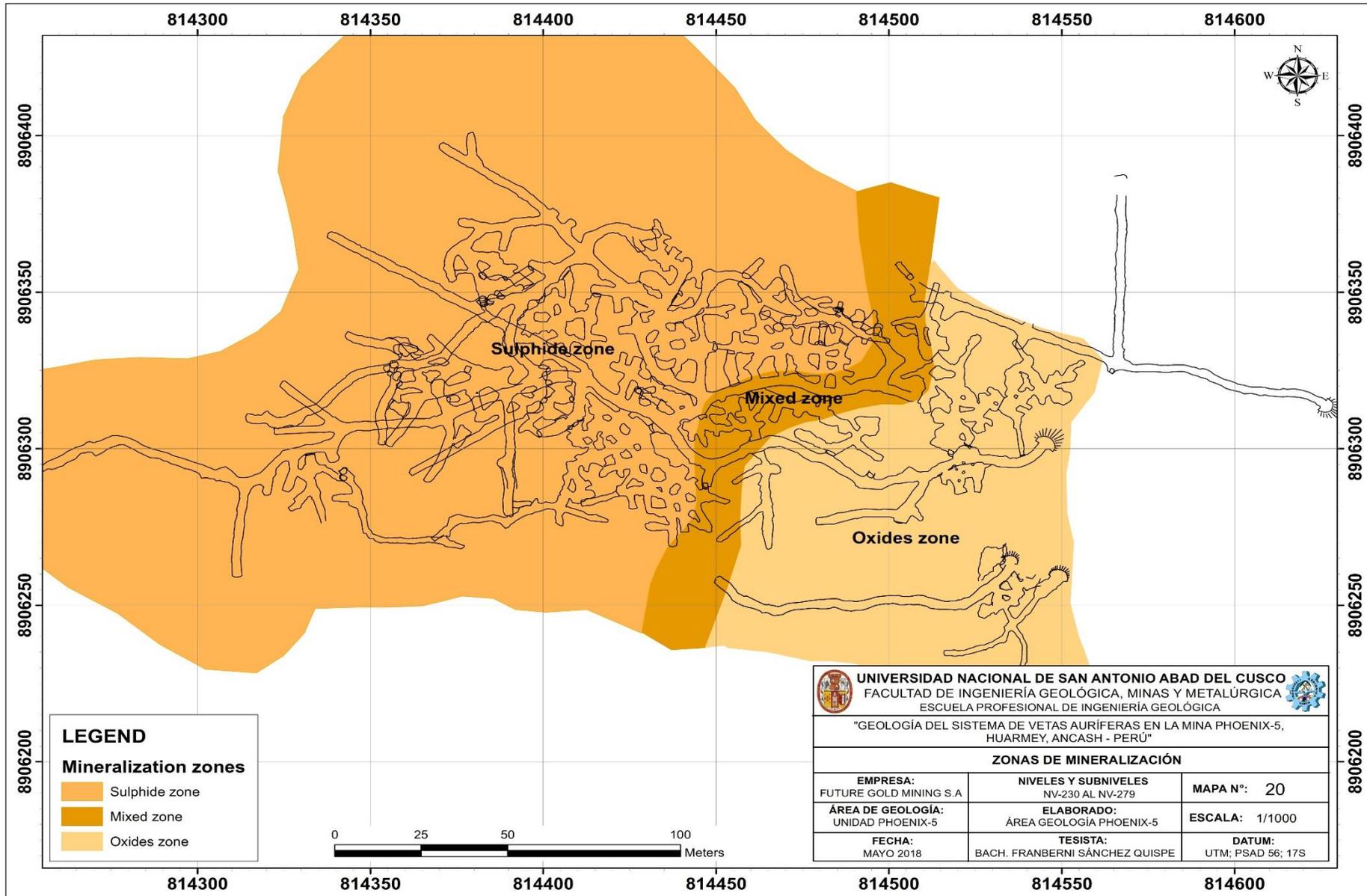
En interior mina, en el NV-255 se encuentra el mayor enriquecimiento supérgeno con leyes en promedio de 1 Onz/Tm de Au. En superficie los afloramientos de óxidos pertenecientes a la veta-falla Virginia, Éxito y Asombro han sido lixiviados, las leyes en promedio son bastante bajas 1 Gr/Tm de Au pero 1 Onz/Tm de Ag. Es importante mencionar en la veta-falla Virginia en el NV-279 los afloramientos de óxidos de hierro en la parte inferior de la estructura se observa una concentración de oro en la capa verdosa constituida de actinolita esto se debe al entrampamiento de las partículas de oro en la textura de la actinolita, que llega a tener hasta 10 Gr/Tm.

ZONA MIXTA

Esta es una zona de transición y se ve claramente en interior mina, en el NV-255 a la altura de la calle C-3. Está constituido por 50% de sulfuros (Calcopirita+++, pirita+) y óxidos (limonitas) con textura fluida y reticular, 49% de carbonatos de Cu y 1% de cobre nativo. Esta zona se proyecta tanto para niveles superiores e inferiores. La ley promedio es de 20 GrAu/Tm.

LA ZONA DE SULFUROS

Esta zona es la más importante y principal de la producción económica constituido por la calcopirita ~60 % y la pirita fina ~10 % que son los sulfuros auríferos más dominantes, acompañado de sulfuros estériles como la pirrotita ~17 %, marcasita ~9 %, arsenopirita ~3 %, a excepción de la molibdenita ~1 % que se encuentra en trazas. La ley promedio es de 25 Gr/Tm de Au.



Mapa 20: Zonas de mineralización en toda la operación minera.

6.5.1. MIGRACIÓN DE LOS FLUIDOS MINERALIZANTES

La mineralización a partir de la presencia de fluidos hidrotermales, inicia su precipitación y posterior deposición cuando las condiciones de presión y temperatura varíen y/o decrecen bruscamente, esto se debe que en su camino encuentran trampas estructurales de tipo sigmoides y las condiciones físicoquímicas de la roca caja.

6.5.2. MINERALES SULFUROS DE MENA

6.5.2.1. CALCOPIRITA (CuFeS_2)

Este mineral es de mayor importancia económica aurífera, se puede observar en la gran mayoría de las estructuras mineralizadas. Se caracteriza por tener un brillo metálico, color amarillo latón y raya de color de negro verduzco con ocurrencia de mineralización tipo masivo, semi-masivo, lentes, brechado y diseminado.

Sus asociaciones mineralógicas principales son la actinolita, pirita fina, pirrotita y la marcasita.

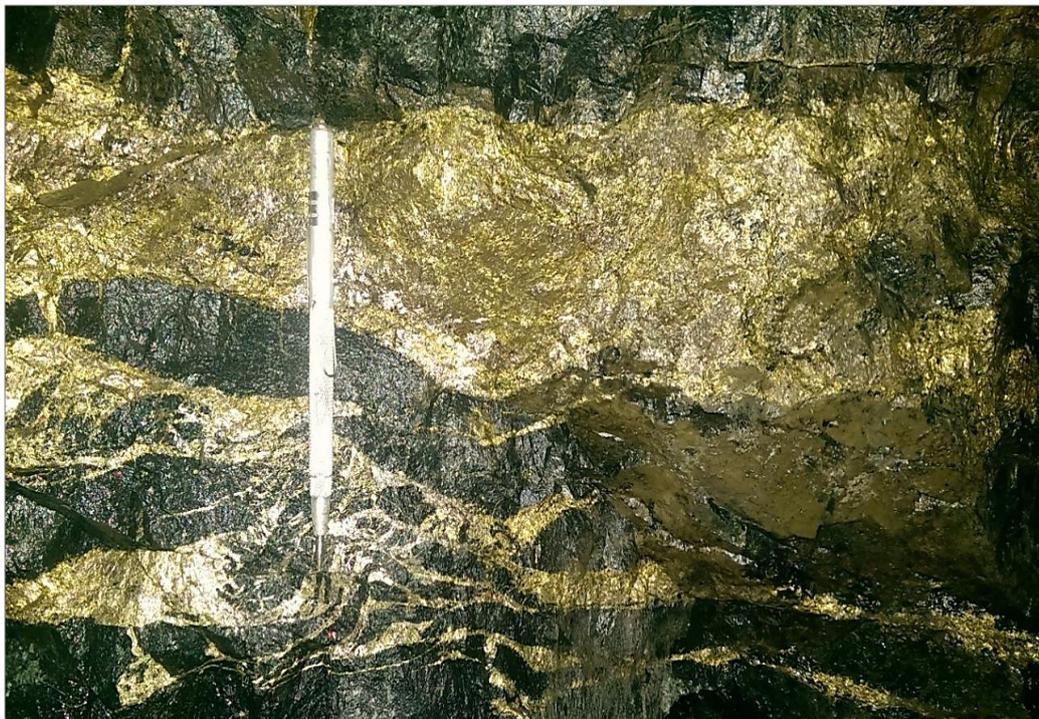


Foto 52: Interior mina, NV-255, CH-379. Calcopirita con ocurrencia de mineralización en lentes, algo brechada, asociada con la pirrotita color rojizo, ambos depositados en un ambiente frágil-dúctil.

6.5.2.2. PIRITA (FeS₂)

La pirita fina es un mineral que también tiene importancia económica aurífera, se puede observar principalmente en la veta Candelaria a modo de lentes, venillas y brechadas (por zonas). Por otra parte, se tiene la pirita cúbica como relleno y con cristalización en las fallas Zeus, Bernabé y Rompedor. Se caracteriza por tener un brillo metálico, color amarillo pálido y raya de color de negro con ocurrencia de mineralización principalmente diseminado.

Está asociado a la actinolita, calcopirita, pirrotita y marcasita.



Foto 53: Interior mina, SN-243, falla Zeus. Pirita cúbica y probable presencia en trazas de pirita fina aurífera, asociado con calcita. Depositado como relleno de falla.

4.5.5.3. MOLIBDENITA

Se presente solamente como trazas en la roca caja de dioritas phx-5 y andesita porfirítica, cerca de las estructuras mineralizadas.

6.5.3. MINERALES SULFUROS DE GANGA

6.5.3.1. PIRROTITA ($\text{Fe}_{(1-x)}\text{S}$ ($x = 0 - 0, 2$))

Este mineral actúa como un depresor económico aurífero, se puede observar en la gran mayoría de las estructuras mineralizadas. Se caracteriza por tener un brillo metálico, color rojizo y es altamente magnético con ocurrencia de mineralización semimasivo y lentes. Es un indicador de alta temperatura $\sim 250\text{ }^{\circ}\text{C}$

Sus asociaciones mineralógicas principales son la actinolita, calcopirita y pirita.

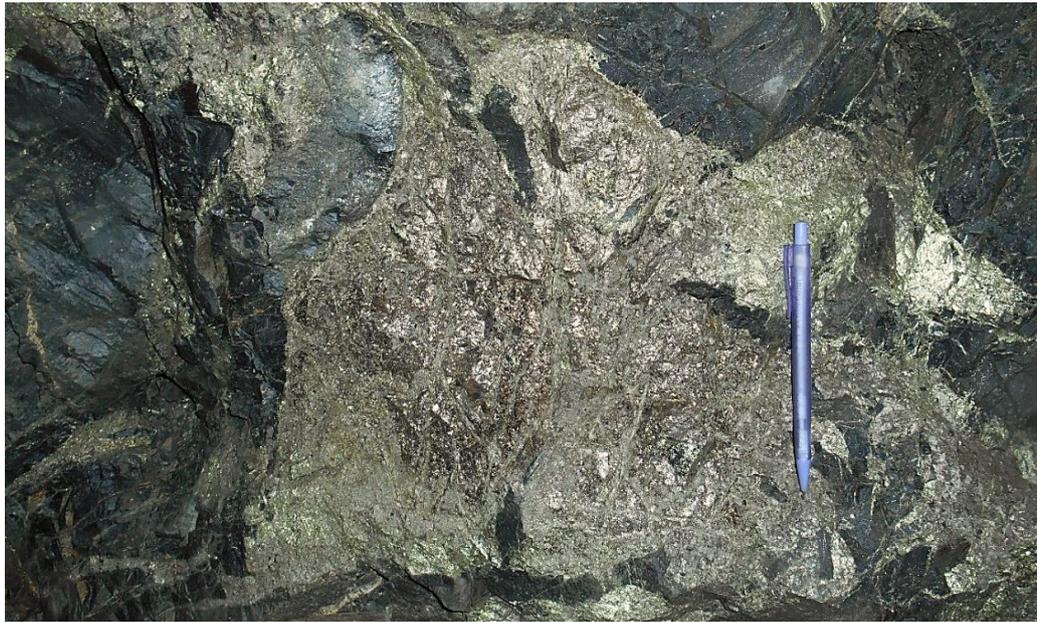


Foto 54: Interior mina, NV-255, CH-370, Veta Zulema. Pirrotita de color rojizo en lentes globulares asociado con calcopirita, emplazados en la andesita porfírica.

6.5.3.2. MARCASITA (FeS_2)

Este mineral, también actúa como un depresor económico aurífero, se puede observar en algunas estructuras mineralizadas. Se caracteriza por tener un brillo metálico, color blanco estaño, cristalización cúbica. La presencia de la marcasita en una veta indica el cierre temporal o definitivo de la mineralización (Autor: José Victorio, Geólogo). Presenta una ocurrencia de mineralización tipo lentes, vetillas discontinuas y en venillas.

Sus asociaciones mineralógicas principales son la actinolita, calcopirita, pirita y pirrotita.



Foto 55: Interior mina, SN-243, veta Linita. Marcasita en venillas en la parte central de color blanco estaño asociado con calcopirita y pirrotita.

6.5.3.3. ARSENOPIRITA (FeAsS)

Este mineral es otro depresor económico aurífero, se puede observar en zonas muy puntuales como en la GA-357. Se caracteriza por tener un brillo metálico, color amarillo de bronce pálido, raya negro gris pardo. Presenta una ocurrencia de mineralización tipo lentes y en venillas.

Sus asociaciones mineralógicas principales son la actinolita, calcopirita y pirita.



Foto 56: Interior mina, SN-243, veta Zulema, GA-357. Arsenopirita en venillas, de color negro gris pardo asociado con calcopirita y pirita.

6.6. PARAGÉNESIS

Un fluido mineralizador cambia gradualmente su composición mientras migra desde su fuente, ya que reacciona con las rocas cambiando su composición química, Ph y otras propiedades; migra a sectores de menor presión, temperatura y pierde calor al entrar en contacto con rocas más frías. Al ocurrir estos cambios físicos y químicos, los minerales de mena y ganga se aproximan a sus respectivas constantes de equilibrio y son depositados en cierta secuencia. Esta deposición secuencial provee un registro detallado de la evolución en tiempo y espacio de una solución mineralizadora.

El orden cronológico de deposición mineral se conoce como la secuencia paragenética o paragénesis de un depósito mineral.

La mineralización hipógena se dió en 3 secuencias paragenéticas, las que han sido determinadas mediante observaciones macroscópicas.

En la primera secuencia paragenética, la actinolita fue el primer mineral depositado en las estructuras. En la segunda secuencia, la pirita fina y calcopirita son casi coetaneo, posteriormente pirrotita y gradualmente marcasita. La tercera secuencia, hematita producto de la oxidación de los sulfuros primarios. Finalmente, calcita y pirita cúbica cristalizada rellenoando fracturas y estructuras.

SECUENCIA PARAGENÉTICA			
EVENTOS	I	II	III
Actinolita	—————		
Pirita		—————	—————
Calcopirita		—————	
Pirrotita		—————	
Marcasita		—————	
Hematita		—————	—————
Calcita			—————
Falla	—————	—————	—————

Tabla 06: Secuencia paragenética.

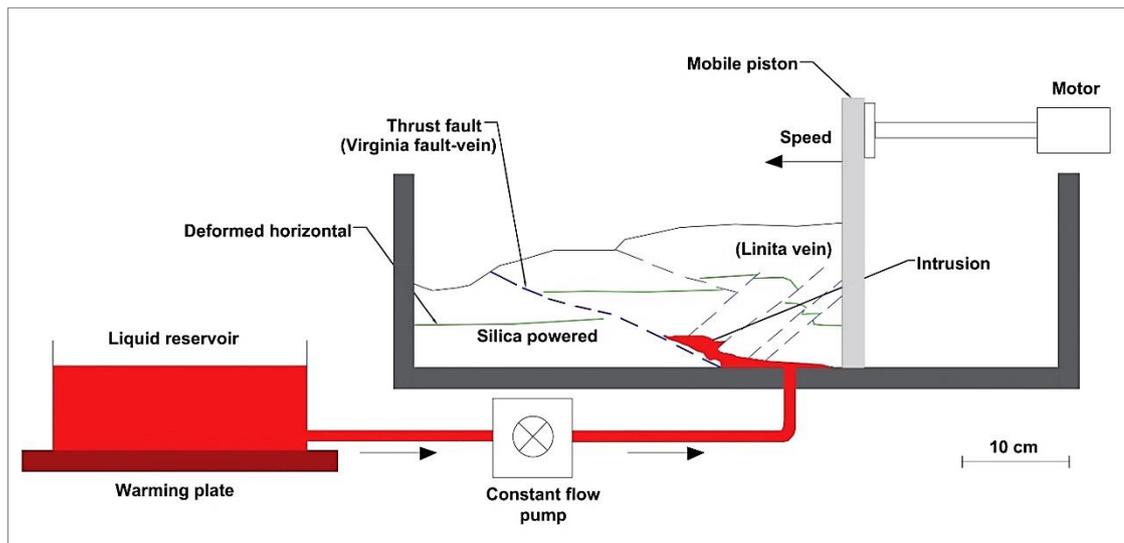


Imagen 32: Experimento realizado por Galland et al, 2003. Se simula la mineralización de la veta-falla Virginia (Trust fault con dip sub-horizontal) y la veta Linita (Dip Subhorizontal a sub-vertical). Se relaciona con el evento III (syn-mineral).

6.7. MAPA ISOVALÓRICO DEL ORO

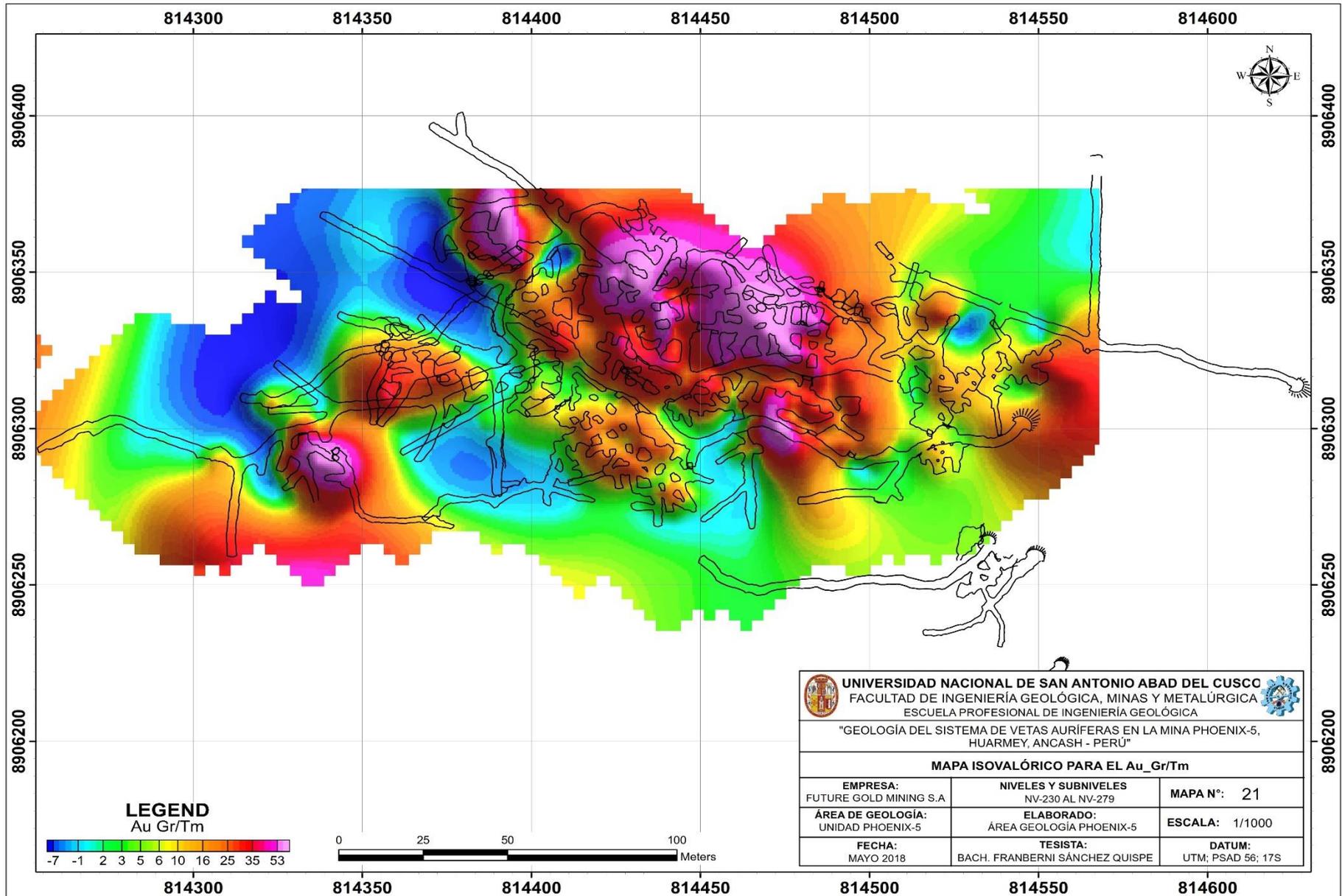
El mapa isovalórico muestra predominantemente 3 zonas anómalas. Los datos procesados son obtenidos de los muestreos sistemáticos realizados en interior mina en los diferentes niveles y subniveles.

Según el mapa, la primera anomalía está ubicado al Este, con una anomalía débil con contenido de Au que oscila entre 16 a 25 Gr/Tm. Está relacionado a la zona de óxidos, estructuralmente la veta-falla Virginia tiende a estrangularse al Este y al Norte en mayores profundidades.

La segunda anomalía es la más importante, con una anomalía fuerte con contenido de Au que oscila entre 25 a 53 Gr/Tm, ubicada en la parte central de la mina con un trend y plunge NNE. Está relacionado a la zona de sulfuros y parte de la zona mixta, estructuralmente la veta-falla Virginia presenta las aperturas estructurales más favorables para la mineralización económica llegando a tener una potencia en promedio de 2.00m de sulfuros masivos.

La tercera anomalía también es suma importancia, con una anomalía moderada con contenido de Au que oscila entre 25 y 35 Gr/Tm, ubicada en la parte Oeste con un trend NNE y plunge N. Está relacionada a la zona de sulfuros, representada por la veta Candelaria, Zulema y el cuerpo mineralizado Natasha.

De acuerdo a la interpretación geológica general, el mapa isovalórico nos indica que la mineralización tiene un trend y plunge predominante de dirección NNE que está controlado estructuralmente por la veta falla Virginia y litológicamente con el contacto entre los volcano-sedimentarios y los volcánicos.



Mapa 21: Mapa Isovalórico para el Au Gr/Tm.

6.8. TARGETS DE INTERÉS

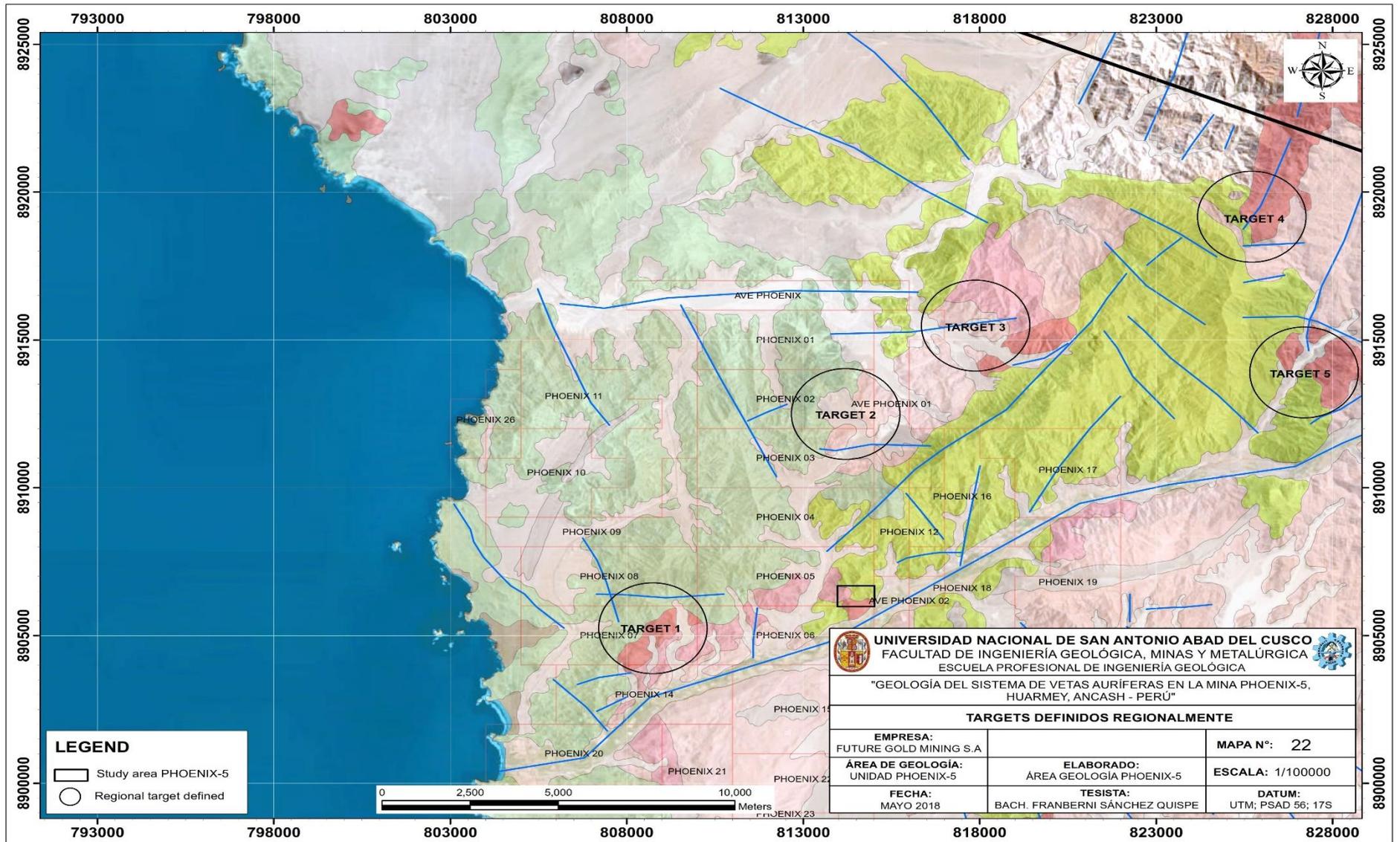
De acuerdo a las observaciones en campo y a la importancia de prospectividad, se describen a continuación las áreas con mayor potencial económico para la exploración, tanto a escala regional, distrital y local.

Los targets definidos están en función al cartografiado geológico, interpretación geológica y producto de la elaboración de esta tesis.

6.8.1. ESCALA REGIONAL

Regionalmente se ha definido los TARGETS 1, 2, 3, 4 y 5 (ver mapa 21), debido a que presentan características litológicas y lineamientos estructurales muy similares a la que se tiene localmente en la mina PHOENIX-5. Se observa afloramientos del Grupo Casma y lineamientos de dirección E-O y ENE-OSO.

Los target 1 y 2 se encuentran dentro de las concesiones lo cual se recomienda realizar un mapeo semi-detallado a una escala de 1/5000 o 1/10000 y en caso de que se observe estructuras con posible mineralización realizar un muestreo y analizarlo multi-elementalmente por Au más 32 elementos. En caso de que los trabajos de exploración greenfield den buenos resultados en los 2 primeros targets, sería conveniente continuar con los targets 3, 4 y 5 pero antes realizando las documentaciones respectivas ya que se encuentran fuera de las concesiones mineras.



Mapa 22: Target definidos regionalmente.

6.8.2. ESCALA DISTRITAL

Se ha definido 2 targets por lo que se propone principalmente 3 sondajes diamantinos de carácter exploratorio alrededor de la actual zona de operación. Están enfocados en función a los mapeos locales en interior mina, superficial y las interpretaciones actuales.

PS-PH5-19

Se propone este sondaje debido a que en interior mina y en superficie se observa evidencias de estructuras con indicios de mineralización de buzamientos contrarios al techo de la veta-falla Virginia. Por otra parte, se recomienda reemplazar el PS-PH5-16 ya que éste se encuentra muy cerrado a la zona de operación, lo que se pretende es abarcar y explorar al Sur con el sondaje PS-PH5-19. Desde el punto de vista logístico y/o operativo no se necesita realizar la plataforma de perforación ya que ya existe una planicie natural.

PS-PH5-20

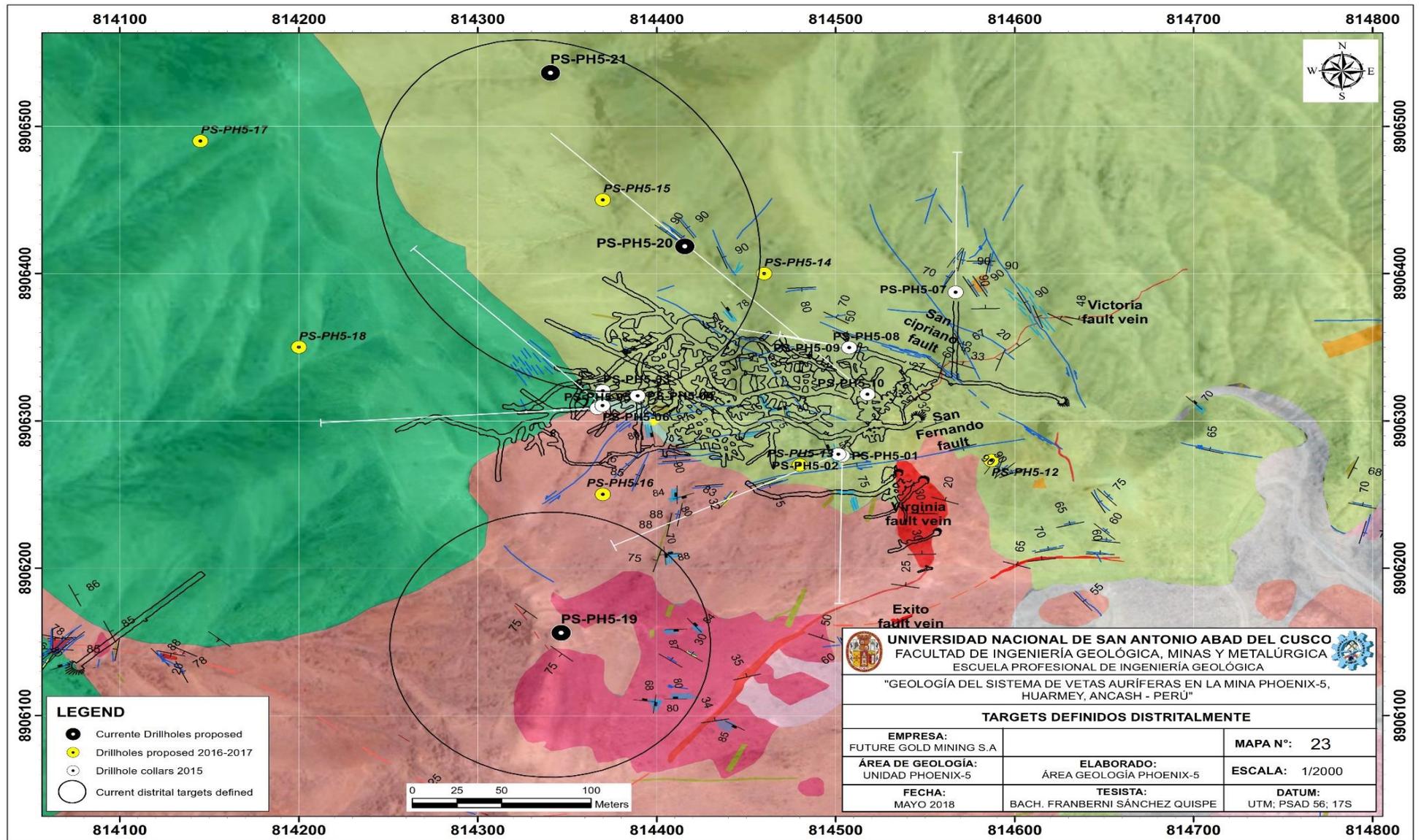
En función al mapeo local realizado en interior mina en el SN-243 donde se observa la clara continuidad de la veta-falla Virginia en mayores profundidades y las evidencias de alteración hidrotermal en superficie. En esta área se requiere tener una malla de perforación detallada por lo que se propone el sondaje PS-PH5-20 para definir y tener un mejor control estructural en su geometría debido a que presenta inflexiones generando zonas de cierre y aperturas de estructuras mineralizadas.

PS-PH5-21

Al Norte de la actual zona de operación se observa lineamientos estructurales de dirección E-O los cuales son favorables para la mineralización, se recomienda primero realizar un mapeo geológico detallado a escala 1/1000 ya que actualmente no se cuenta con dicho mapeo y muestrear las estructuras que afloran en esa área. Por tanto se propone el sondaje PS-PH5-21 ya que se observa en interior mina la proyección de la veta-falla Virginia en mayores profundidades y nos encontramos dentro de los terrenos volcánicos andesíticos. Adicionalmente se propone cambiar el sondaje PS-PH5-18 ya que se encuentra en terrenos volcano-sedimentarios (no son buenas rocas hospedantes) y tratar de cambiar el PS-PH5-17 al Este en el contacto entre las 2 litologías puesto que son regularmente favorables para la mineralización.

DRILLHOLE NUMBER	EAST	NORTH	R.L	DRILL ANGLE	PROPOSED DEPTH (m)	SECTION N	TARGET PURPOSE
PS-PH5-19	814347	8906156	425	-90°	80	29	Cut Virginia and Mag. anomaly 200m
PS-PH5-21	814416	8906419	324	-90°	100	21	Cut Virginia and IP 200m
PS-PH5-22	814341	8906536	370	-90°	220	29	Cut Virginia and IP 200m
					400		

Tabla 07: Taladros distritales propuestos desde el punto de vista exploratorio a corto plazo.



Mapa 23: Target definidos distritalmente.

6.8.3. ESCALA LOCAL

Se ha definido 8 targets por lo que se ha propuesto netamente en interior mina en los diferentes niveles y subniveles, con objetivo de incrementar la producción económica.

6.8.3.1. NV-230

XC-506

En este nivel, en la chimenea CH-3 se observa evidencias de la veta-falla Virginia, con este crucero se pretende cortar a una distancia relativa de 8 m para posteriormente orientar dicha labor en estructura y definir de mejor manera la geometría en este nivel.

RP-380

El objetivo principal de esta rampa negativa es cortar también a la veta-falla Virginia en el NV-230. Una vez cortada se propone desarrollar labores tanto al Oeste y al Este conectándolo en esta dirección con la labor XC-506.

6.8.3.2. SN-243

XC-356

De acuerdo a las interpretaciones en el SN-243, se cree que la veta-falla Virginia se proyecta al Oeste, además de observarse diseminación de sulfuros que posiblemente sea la continuidad del cuerpo mineralizado Natasha. Por tanto se propone este crucero de dirección N-S para cortar perpendicularmente a una distancia relativa de 15 m.

GA-316

En este nivel, la veta Zulema es fallado por la falla Zeus generando un ligero desplazamiento de 3 m en promedio. En tanto a su piso de dicha falla se observa claramente a Zulema por lo que se propone con esta galerita continuar en estructura hacia el Oeste.

6.8.3.3. NV-255

CH-336

Con esta chimenea sobre la veta Candelaria se pretende desarrollar y explorar toda la parte Sur. Se hace interesante ya que nos encontramos dentro de los terrenos de la diorita phx-5 y los gabro phx-5 que son rocas favorables para la mineralización.

6.8.3.4. SN-267**GA-406**

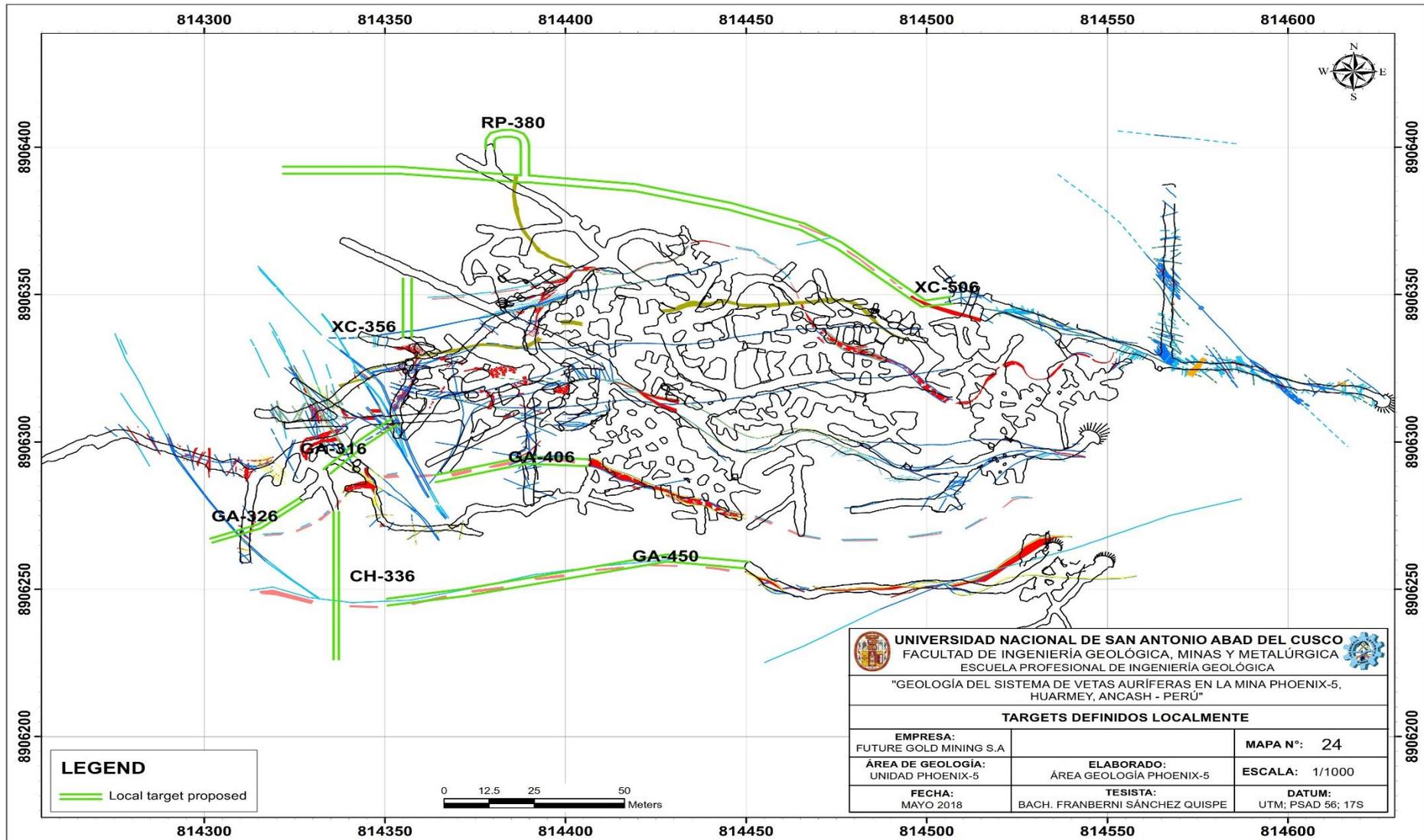
En la C-5 y C-7 se observa las mejores potencias de sulfuro masivo perteneciente a la veta-falla Virginia. Según las interpretaciones evidentes se proponen con esta galería seguir en veta en dirección Oeste o buscar otra alternativa de extracción.

GA-326

Nos encontramos dentro de la diorita phx-5 y muy cerca al contacto con los volcansedimentari por lo que se hace un gran potencial económico, aparte que se observa evidencias de la veta Candelaria por lo que se propone desarrollar esta galería en veta y/o buscar otra alternativa de extracción.

6.8.3.5. NV-279**GA-450**

En este nivel la veta-falla Virginia se encuentra bien definida en una zona de óxidos. Se propone con esta galería continuar en la veta en dirección Oeste para así definir de mejor manera la geometría y el control estructural en este nivel. Probablemente a unos 35 m se intercepte la zona mixta y de sulfuros que sería una gran aporte hacia la producción.



Mapa 24: Target definidos localmente.

CONCLUSIONES

GEOMORFOLÓGICO

1. En superficie, los afloramientos de los intrusivos como granodiorita-phx-5, diorita phx-5, gabro phx-5 pertenecientes al batolito de la costa y la andesita porfirítica de la formación Junco presentan geoformas ligeramente onduladas-suaves con tramas rugosas y drenajes pseudoparalelas-radiales. Los volcano-sedimentarios de la formación La Zorra se caracterizan por estar bien estratificadas y presentan mayor grado de plegamiento. En imagen satelital se diferencian claramente.

LITOLÓGICOS

2. La andesita porfirítica es el mejor control litológico más favorable para albergar la mineralizaciónaurífera por su composición, textura y características físico-químicas. Son las rocas hospedantes más favorables para albergar la mineralización, seguido de la diorita phx-5, gabro phx-5 y en menor proporción los hornfels silicificado producto del metamorfismo de contacto.
3. Los volcano-sedimentarios constituido principalmente de lutitas violáceas, areniscas y limolitas tobáceas con intercalaciones de niveles volcánicos de composición andesítica, no es una litología favorable para la albergar la mineralización. Debido a su composición, textura y el intenso plegamiento que presenta esta unidad hace que las estructuras principales como la veta-falla Virginia se estrangule y se ramifique drásticamente dentro de estos terrenos.

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

4. La mina PHOENIX-5 se encuentra dentro de un ambiente geotectónico de cuencas cretácicas denominado la cuenca Huarmey con depositación del grupo Casma, lo cual es una cuenca con gran potencial en albergar probablemente yacimientos tipo IOCG. Está controlada por el Oeste por el alto basamento Outer Shelf High (OSH) y por el Este por el sistema de fallas regionales Tapacocha-Conchao Cocachacra. Presenta un basamento de rocas metamórficas como esquistos y filitas.
5. Dentro del área de estudio, se han reconocido 8 estructuras mineralizadas y 9 fallas principales haciendo un total de 17 estructuras, las cuales se han definido 3 sistemas estructurales: 1. ONO-ESE, es el más importante representado por la principal estructura mineralizada “veta-falla Virginia”, seguido de: Éxito, Asombro, Linita, Natasha ore body y tan sólo por la falla Confusio; 2. ENE-OSO por la veta-falla Victoria, veta Zulema, Candelaria y las fallas San Jerónimo, Linito, Caleta y San Fernando; 3. NO-SE de dirección andina representado sólo por las fallas post-mineralización como San Cipriano, Zeus, Bernabé y Rompedor. Los sistemas ONO-ESE y ENE-OSO son los controles estructurales más favorables para albergar la mineralización y tienen mejor definidas su control techo que su piso.

6. Las estructuras mineralizadas con contenido aurífero de alta ley y que aportan actualmente a la producción son: Veta-falla Virginia, veta Zulema, Candelaria, Linita y el cuerpo mineralizado Natasha.
7. El sistema de vetas en la mina PHOENIX-5 presenta un modelo estructural tipo sigmoide simple donde la apertura mayor esta representado por el cuerpo mineralizado Natasha y esta ligado a estructuras conjugadas y/o splits tanto al techo y piso de la veta-falla Virginia. Linita, Éxito, Asombro y Victoria son sus conjugadas de Virginia que poseen buzamientos de bajo ángulo de 25° a 55° debido a que predominan movimientos transcurrentes-inversos. Por otra parte, fallas post-mineral poseen ángulos verticales de 75° en promedio con movimientos verticales, producto del tectonismo. Actualmente se observa un sistema estructural complejo, deformado y fallado pero que al inicio solo fue “un solo sistema estructural”.
8. De acuerdo a la recopilación de datos estructurales, el análisis estructural y el análisis cinemático. Se han definido 5 eventos tectónicos que han sido responsables de generar: pre y syn estructuras favorables para la mineralización; post-mineral responsables de generar deformación y fallamientos posteriores (desplazamientos) de las estructuras mineralizadas a lo largo del espacio y tiempo geológico.

PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

9. Las anomalías geofísicas IP de cargabilidad mayores a 13.1 mV/V en la cota 200 m, se correlacionan litológicamente al contacto entre la andesita porfírica al Este con los volcanos-sedimentarios al Oeste. En este contacto se tendrían evidencias de cuerpos mineralizados diseminado de calcopirita, pirita, marcasita con dirección N-S.
10. Las susceptibilidades magnéticas mayores 0.1K en la cota 200 m, se correlacionan litológicamente con las rocas intrusivas intermedias y máficas como son la diorita phx-5 y gabro phx-5. Estos presentan un cierto magnetismo y/o posible presencia de pirrotita. Siguen una tendencia N-S, interrumpidas en la parte central por una posible falla causando un cambio de rumbo de la anomalía en dirección E-O.

GEOLOGÍA ECONÓMICA

11. La mina PHOENIX-5 correspondería a un yacimiento de vetas tipo filoneas mesotermales con buzamientos de bajo ángulo con promedio de 30° representada por la “veta-falla Virginia”. Filoneano debido a que todas las estructuras mineralizadas interceptan a todas las rocas encajonantes suprayacentes. Mesotermales por su mineralogía y temperaturas de formación. Presenta una mineralogía de calcopiritita⁺⁺⁺, pirita⁺⁺, pirrotita⁺ y marcasita asociado a una alteración hidratada de calcosilicato principalmente actinolización (actinolita) con temperaturas de formación que oscilarían de 200° a 400°C y a profundidades entre 2-5 km según Lindgren. Probablemente pertenezca a la franja metalogenética VIII de depósitos Cu-Fe-Au del tipo IOCG del Cretácico inferior.

- 12.** La alteración hidrotermal actinolización es la principal guía de la mineralización, se presenta en las 3 zonas de mineralización denominada: Zona de óxidos, mixta y de sulfuros.
- 13.** Se dio 3 secuencias paragenéticas: En la primera secuencia paragenética, la actinolita fue el primer mineral depositado en las estructuras. En la segunda secuencia, la pirita fina y calcopirita casi coetáneo, posteriormente pirrotita y gradualmente marcasita. La tercera secuencia esta formado por la hematita producto de la oxidación de los sulfuros primarios. Finalmente calcita y pirita cúbica cristalizada rellenoando fracturas y estructuras.
- 14.** Los controles de la mineralización predominantes observados en la mina son los controles litológicos, mineralógicos, la alteración actinolización y estructural.

TARGETS DE INTERÉS

- 15.** Regionalmente se han definido 5 targets para la exploración greenfield: Target 1, 2, 3, 4 y 5, donde presentan condiciones geológicas favorables como lineamientos estructurales de dirección E-O y litologías como la andesita porfirítica, diorita phx-5 y gabro phx-5.
- 16.** Distritalmente se han definido 2 targets para la exploración brownfield: Target 1 al Sur y target 2 al Norte donde presenta condiciones geológicas favorables como sistemas estructurales con continuidad en mayores profundidades, litologías como de la andesita porfirítica, diorita phx-5 y gabro phx-5. Anomalías geofísicas.
- 17.** Localmente se han definido 8 targets en los niveles NV-230, NV-255, NV-279 y subniveles SN-243, SN-267. Para definir mejor el control estructural e incrementar la producción. Se encuentran dentro de los terrenos de la andesita porfirítica y diorita phx-5.

RECOMENDACIONES

- 1.** En superficie, iniciar con prioridad el programa de sondajes diamantinos de taladros verticales profundos PS-PH5-19, PS-PH5-20, PS-PH5-21. Se evidencia vectores de mineralización al Norte y a mayores profundidades de la zona de operación actual. En interior mina con taladros cortos con el fin de evitar realizar labores de exploración innecesarias y así reducir el margen económico de gasto.
- 2.** En interior mina, priorizar las 8 labores propuestos con objetivo de interceptar cuerpos mineralizados, definir mejor su geometría e incrementar recursos a la producción.
- 3.** Regionalmente, realizar campañas de exploración greenfield en todas las concesiones. Localmente realizar exploraciones brownfield en los terrenos donde aflora la andesita porfirítica. A largo plazo, es importante también realizar en los terrenos volcano-sedimentarios ya que nos podríamos encontrar con cuerpos mineralizados manteados tipo saddle reefs.
- 4.** Realizar dataciones geocronológicas de litologías, mineralización y de las estructuras con fin de corroborar el trabajo que se plantea.
- 5.** Realizar una nueva campaña geofísica más detallada con líneas geofísicas más cortas al Norte y a mayores profundidades de la actual zona de operación.
- 6.** Definir el plunge de los ore shoots (clavos mineralizados). Tomar como base estos estudios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ayala C.L., (2015). Sedimentología, Estratigrafía y Tectónica de la Cuenca Puquio, departamento de Ayacucho. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Adrian Pfiffner O. and Gonzales L., (2013). Mesozoic-Cenozoic Evolution of the Western margin of South America: Case study of the Peruvian Andes. Institute of Geological Sciences, University of Bern.

Acosta J., Santisteban A., (2007). Control estructural de la Cuenca Cretácica Casma y su relación con el emplazamiento del batolito de la Costa y los yacimientos metálicos entre Mala y Trujillo. INGEMMET.

Atheron M. P. and Webb S., (1989). Volcanic facies, structure and Geochemistry of the marginal basin rocks of Central Peru. Department of Earth Sciences, University of Liverpool.

Carlotto V., Quispe J., Acosta H., Rodriguez R., Romero D., Cerpa L., Mamani M., Díaz E., Navarro P., Jaimes F., Velarde T., Lu S. y Cueva E., (2009). Dominios geotectónicos y metalogénesis del Perú. Boletín Sociedad Geológica del Perú SGP.

Dr. Nelson E., (2011). Application of Structural Geology in Mineral Exploration and Production. *Department of Geology and Geological Engineering*, Colorado School of Mines.

Fernando Timoteo M. D., (2013). Potencial generador de hidrocarburos y distribución de las secuencias cretácicas costa afuera (offshore) del Perú Centro-Norte (Lima - Chiclayo). Universidad Nacional de Ingeniería.

Haederle M., Atherton P. M., (2001). Shape and intrusion style of the Coastal Batholith, Peru. Departamento de Earth Sciences, University of Liverpool.

Jacay J., Sempere T., (2005). Emplacement level of the Coastal Batholith in Central Perú. 6th International symposium on Andean geodynamics, Barcelona.

Marquina R.M., (2009). Control estructural y potencial exploratorio del distrito minero Conga, Cajamarca-Perú. Universidad Nacional de Ingeniería.

Palacios M. O., Sánchez F. A. y Herrera R. F., (1995). Geología del Perú, Boletín N° 55, INGEMMET.

Romero Fernández D., (2007). La Cuenca Cretácea Superior-Paleoceno del Perú Central: Un metalotecto para la exploración de SMV, ejemplo mina María Teresa. Red DESIR, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Santisteban A. y Huanacuni D., (2009). Metalogenia de las regiones de la Libertad y Ancash. INGEMMET.

Referencias bibliográficas

Santos C.J., (2009). Controles geológicos-estructurales de la mineralización aurífera en el sistema de vetas de la mina Orión Chala-Arequipa. Universidad Nacional de Ingeniería.

Sánchez F. A, Molina G. O. y Gutiérrez A. R., (1995). Geología de los cuadrángulos de Chimbote, Casma y Culebras, Hojas 19-f, 19-g y 20-g, INGEMMET.

Tapia C.M., (2008). Formulación de un modelo geológico-estructural, en el sistema de vetas de la franja Oeste del yacimiento minero de Parcoy, Consorcio Minero Horizonte. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

University of Geneva, Mineralogy Department, rue des Maraichers 13 Geneve, Switzeland and University of Bern, (2007-2009). Yacimiento de Óxido de Cobre Raúl-Condestable, Costa Central del Perú: Alteración mineral e hidrotermal, Isótopos de Azufre y fuerzas termodinámicas.

Valencia Segundo J. y Alagón Ascarza Y., (2016). Estudio Geológico de vetas angostas en yacimientos polimetálicos en la zona de Colcabamba – Ancash. Universidad Nacional de San Antonio Abad Del Cusco.

Villarreal E., Rivera R. y Santisteban A., (2010). Características metalogenéticas de la cordillera Occidental en la Región Ancash. INGEMMET.

ANEXOS

DATOS ESTRUCTURALES DE LOS 5 EVENTOS TECTÓNICOS

EVENTO – I

<i>N°</i>	<i>Azimut</i>	<i>Buzamiento</i>	<i>Trend</i>	<i>Plunge</i>	<i>Sentido</i>
1	308°	25°	96°	14°	NR
2	320°	35°	110°	19°	NR
3	175°	34°	250°	33°	NL
4	180°	30°	230°	24°	NL
5	180°	30°	230°	24°	NL
6	180°	35°	268°	35°	NL
7	175°	30°	265°	30°	NL
8	250°	19°	5°	17°	TL
9	235°	20°	10°	14°	TL
10	280°	70°	282°	5°	TR
11	282°	71°	284°	6°	TR
12	278°	72°	279°	4°	TR
13	280°	70°	283°	7°	TR
14	315°	60°	92°	50°	NR
15	300°	27°	75°	20°	NR

EVENTO – II

<i>N°</i>	<i>Azimut</i>	<i>Buzamiento</i>	<i>Trend</i>	<i>Plunge</i>	<i>Sentido</i>
1	292°	26°	355°	23°	TR
2	290°	27°	357°	25°	TR
3	293°	28°	20°	28°	TR
4	291°	26°	20°	26°	TR
5	295°	40°	355°	36°	TR
6	305°	38°	3°	34°	TR
7	267°	38°	65°	16°	TL
8	285°	35°	85°	13°	TL
9	320°	55°	134°	9°	NR
10	317°	53°	133°	5°	NR
11	322°	54°	130°	16°	NR
12	318°	52°	126°	15°	NR
13	334°	70°	145°	23°	NR
14	320°	80°	139°	7°	NR
15	321°	70°	129°	30°	NR
16	330°	65°	131°	35°	NR
17	330°	78°	334°	19°	TR
18	331°	80°	332°	8°	TR
19	345°	57°	20°	41°	TR

20	318°	52°	10°	45°	TR
21	70°	74°	249°	5°	TL
22	72°	73°	250°	5°	TL
23	70°	71°	248°	6°	TL
24	71°	74°	249°	7°	TL
25	320°	75°	324°	15°	TR
26	325°	70°	335°	26°	TR
27	76°	85°	255°	10°	TL
28	77°	83°	256°	12°	TL
29	75°	84°	254°	7°	TL
30	77°	85°	256°	9°	TL
31	76°	85°	255°	10°	TL
32	77°	83°	256°	12°	TL
33	75°	84°	254°	7°	TL
34	77°	85°	256°	9°	TL

EVENTO – III

N°	Azimut	Buzamiento	Trend	Plunge	Sentido
1	257°	11°	310°	9°	NL
2	260°	10°	315°	8°	NL
3	305°	34°	75°	27°	TL
4	329°	29°	62°	29°	TL
5	285°	24°	75°	13°	TL
6	280°	23°	60°	15°	TL
7	290°	32°	70°	22°	TL
8	305°	23°	70°	19°	TL
9	269°	34°	315°	26°	NL
10	270°	35°	320°	28°	NL
11	268°	34°	312°	25°	NL
12	285°	40°	318°	25°	NL
13	290°	25°	54°	21°	TL
14	297°	35°	94°	15°	TL
15	310°	35°	105°	16°	TL
16	271°	35°	305°	21°	NL
17	170°	50°	240°	48°	TR
18	212°	40°	220°	7°	TR
19	190°	60°	198°	14°	TR
20	212°	52°	216°	5°	TR
21	170°	25°	240°	24°	TR
22	167°	27°	240°	26°	TR
23	158°	26°	245°	26°	TR
24	175°	25°	238°	23°	TR
25	213°	34°	227°	9°	TR

26	200°	32°	225°	15°	TR
27	290°	65°	94°	30°	TL
28	285°	63°	80°	40°	TL
29	293°	60°	106°	12°	TL
30	291°	64°	87°	40°	TL
31	85°	84°	86°	12°	NL
32	83°	87°	83°	8°	NL
33	85°	80°	264°	3°	TL
34	82°	79°	262°	1°	TL
35	84°	82°	264°	1°	TL
36	83°	78°	259°	20°	TL
37	280°	87°	281°	12°	NL
38	303°	78°	119°	20°	TL
39	280°	60°	88°	20°	TL
40	312°	68°	103°	50°	TL
41	315°	57°	100°	41°	TL
42	310°	68°	124°	14°	TL
43	297°	65°	111°	12°	TL
44	305°	80°	119°	30°	TL
45	295°	62°	107°	15°	TL
46	295°	63°	108°	13°	TL
47	292°	60°	104°	14°	TL
48	292°	65°	107°	11°	TL

EVENTO – IV

<i>N°</i>	<i>Azimut</i>	<i>Buzamiento</i>	<i>Trend</i>	<i>Plunge</i>	<i>Sentido</i>
1	304°	35°	60°	32°	NR
2	300°	32°	75°	24°	NR
3	302°	33°	75°	25°	NR
4	302°	34°	40°	34°	NR
5	292°	55°	65°	46°	NR
6	290°	54°	40°	52°	NR
7	70°	85°	225°	78°	NR
8	278°	35°	35°	32°	NR
9	305°	35°	38°	35°	NR
10	291°	26°	40°	25°	NR
11	293°	32°	70°	23°	NR
12	274°	28°	80°	7°	NR
13	265°	25°	35°	20°	NR
14	280°	27°	55°	20°	NR
15	305°	38°	60°	35°	NR
16	288°	68°	105°	8°	NR
17	298°	25°	50°	23°	NR

18	295°	30°	45°	28°	NR
19	295°	31°	35°	31°	NR
20	290°	35°	55°	30°	NR
21	235°	42°	240°	4°	TR
22	229°	30°	233°	2°	TR
23	70°	62°	236°	25°	NR
24	78°	60°	249°	15°	NR
25	75°	69°	241°	32°	NR
26	74°	59°	236°	27°	NR
27	85°	65°	258°	15°	NR
28	76°	75°	249°	24°	NR
29	75°	75°	248°	24°	NR
30	73°	73°	241°	35°	NR
31	77°	76°	248°	32°	NR
32	73°	69°	243°	24°	NR
33	70°	68°	243°	17°	NR
34	73°	70°	248°	14°	NR
35	69°	68°	244°	12°	NR
36	326°	70°	329°	7°	NL
37	347°	64°	348°	2°	NL

EVENTO - V

<i>N°</i>	<i>Azimut</i>	<i>Buzamiento</i>	<i>Trend</i>	<i>Plunge</i>	<i>Sentido</i>
1	271°	30°	355°	30°	NL
2	292°	38°	354°	35°	NL
3	225°	45°	30°	15°	NR
4	228°	40°	30°	15°	NR
5	230°	35°	45°	3°	NR
6	235°	40°	47°	7°	NR
7	244°	60°	30°	44°	NR