

**UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y**

**METALÚRGICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y PARAGENÉTICO DE LAS  
VETAS AURÍFERAS SANGRE DE TORO, SANTA ROSA Y EL  
VIENTO, DE LA MINERA CHALHUANE, DISTRITO DE SAN  
JUAN DE CHORUNGA, CAMANA - AREQUIPA**

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

**Br. José Luis Jordán Luna**

**Br. Gilda Maritza Merma Ayme**

**ASESOR: MGT. MAURO A. ZEGARRA CARREON**

**CUSCO PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

Con mucho amor y cariño a mí amada madre Eleuteria Luna Huacarpuma, por su incansable apoyo, inspiración en mi vida; a mi padre Julio Jordán Turumpire, que en paz descansa, desde allá me guía y cuida. A mi hermano Bruce Jordán Luna, por el ejemplo que me brinda, a Sergio Huamani, por su inagotable apoyo. A toda la familia Jordán - Luna que siempre me da las fuerzas.

De igual manera a mi Docentes Universitarios, a mis compañeros, amigos que siempre brindaron su apoyo. También a mi asesor Ing. Mauro Zegarra, por su predisposición a absolver mis dudas.

José Luis Jordán Luna

A mis queridos padres Eusebio Merma Corahua y  
Santusa Ayme Parisaca quienes me apoyaron  
durante todo el proceso de formación académica,  
por haberme brindado su confianza en todo  
momento y supieron conducirme por este camino.

**Gilda Maritza Merma Ayme**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos el apoyo de nuestro asesor, el Ing. Mauro Zegarra Carreón, quien nos apoyó durante todo el proceso de elaboración de esta tesis.

A todos y cada uno de nuestros docentes de la UNSAAC, quienes fueron parte de nuestra formación profesional.

A nuestros compañeros y amigos que con cada palabra nos apoyaron para poder culminar este trabajo.

Finalmente, y de manera especial agradecemos a nuestros familiares, por el apoyo incondicional durante nuestra etapa universitaria y en la elaboración de este trabajo.

ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y PARAGENETICO DE LAS VETAS AURIFERAS SANGRE DE  
TORO, SANTA ROSA Y EL VIENTO, DE LA MINERA CHALHUANE, DISTRITO DE SAN  
JUAN DE CHORUNGA, CAMANA- AREQUIPA

PROYECTO DE TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
GEÓLOGO PRESENTADO POR LOS BACHILLERES: JOSÉ LUIS JORDAN LUNA y GILDA  
MARITZA MERMA AYME

ASESOR:  
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
ING. MAURO ALBERTO CARREON ZEGARRA  
DOCENTE TITULAR DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

## INDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	III
INDICE GENERAL	V
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE IMÁGENES	X
RESUMEN	XI
CAPITULO I	1
ASPECTOS GENERALES	1
1.1 UBICACIÓN	1
1.2 INTRODUCCIÓN	3
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.4 JUSTIFICACIÓN	3
1.5 HIPÓTESIS	4
1.6 OBJETIVOS	4
1.6.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.6.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
1.7 METODOLOGIA DE TRABAJO	4
1.8 ANTECEDENTES DE ESTUDIO	5
CAPITULO II	7
MARCO GEOTECTÓNICO Y GEOMORFOLÓGICO REGIONAL	7
2.1 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL	7
2.1.1 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	7
2.1.1.1 ALTIPLANICIE	7
2.1.1.2 LADERAS DISECTADAS	7
2.1.1.3 VALLES	7
2.2 EL BATOLITO DE LA COSTA SUR EN LOS ANDES DEL PERU CENTRAL	10
2.2.1 COMPLEJO BELLA UNION	11
2.2.2 DACITA MOLLES	11
2.2.3 GABROS y DIORITAS DE LA SUPER UNIDAD PATAP	11
2.2.4 SUPER UNIDAD LINGA	12
2.2.5 SUPER UNIDAD PAMPAHUASI	12
2.2.6 SUPER UNIDAD INCAHUASI	12
2.2.7 SUPER UNIDAD TIABAYA	13
2.2.8 COMPLEJO SANTA RITA	13
2.3 GEOLOGÍA REGIONAL	14
2.3.1 MESOZOICO	14
2.3.1.1 GRUPO YURA (Titoniano – Neocomiano)	14

2.3.2	CENOZOICO	15
2.3.2.1	FORMACION SOTILLO (Paleoceno medio a superior)	15
2.3.2.2	FORMACION CARAVELI (Paleoceno – Eoceno)	15
2.3.2.3	FORMACION PARACAS (Eoceno medio a superior)	15
2.3.2.4	FORMACION SENCCA (Plioceno medio)	15
2.3.3	DEPOSITOS CUATERNARIOS	15
2.3.3.1	DEPOSITOS ALUVIALES (Cuaternario – holoceno)	15
2.4	CONTEXTO TECTONICO	16
2.5	LINEAMIENTOS REGIONALES	19
2.5.1	LINEAMIENTOS REGIONALES	19
2.6	GEOLOGÍA ECONÓMICA DEL BATOLITO DE LA COSTA: FRANJA NAZCA - OCOÑA	21
CAPÍTULO III		26
CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN		26
3.1	GEOMORFOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO	26
3.1.1	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	26
3.1.1.1	Cerros Intrusivos	26
3.1.1.2	Quebradas Coluviales en V	26
3.2	GEOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO	29
3.2.1	GEOLOGÍA LOCAL	29
LITO ESTRATIGRAFIA		29
3.2.1.1.1	Formación Sencca (Plioceno medio: Plm-se)	29
3.2.1.2	MAGMATISMO	30
3.2.1.2.1	Super Unidad Patap (Ks-pt/di)	30
3.2.1.2.2	Super Unidad de Incahuasi (Ks-mzg-in)	30
3.2.1.2.3	Diques Intrusivos	31
3.3	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL	35
CAPÍTULO IV		44
PARAGÉNESIS		44
4.1	ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN	44
4.2	PARAGÉNESIS	51
4.3	CONTROLES DE MINERALIZACION	53
4.3.1	CONTROL LITOLÓGICO	53
4.3.2	CONTROL MINERALÓGICO	54
4.3.3	CONTROL ESTRUCTURAL	56
CAPÍTULO V		58
5.	ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA ZONA DE ESTUDIO	58
5.1	ANÁLISIS GEOMÉTRICO DEL SISTEMA DE VETAS – FALLA SANGRE DE TORO, SANTA ROSA Y EL VIENTO	58
5.2	ANÁLISIS CINEMÁTICO	66
5.2.1	INDICADORES CINEMÁTICOS	66
5.2.2	ZONAS DE TRANSTENSION O TRANSPRESION	69
5.2.3	ANÁLISIS CINEMÁTICO – MINA CHALHUANE	71
5.2.3.1	Veta – falla Sangre de Toro	73

5.2.3.2	Veta – falla Santa Rosa	78
5.2.3.3	Veta El Viento	83
<b>CAPITULO VI</b>		<b>91</b>
INTERPRETACIONES		91
6.1	EVOLUCION TECTONICA Y FASES DE DEFORMACION EN LA ZONA DE ESTUDIO	91
6.2	CONTEXTO TECTONICO Y RELACION CON LA MINERALIZACION AURIFERA	97
6.3	AREAS DE INTERES PROSPECTIVO	99
CONCLUSIONES		103
RECOMENDACIONES		105
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA		106

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1: Vías de acceso a la mina Chahuane .....	1
Cuadro N° 2: Cuadro resumen de las súper unidades emplazadas en el segmento de Arequipa del Batolito de la Costa. ....	14
Cuadro N° 3. Columna estratigráfica regional de la zona de estudio.....	16
Cuadro N° 4: Secuencia paragenética preliminar de las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa, El Viento. ....	52
Cuadro N° 5. Modelo teórico de PT Diedra o Diedros Rectos. ....	72
Cuadro N° 6. Simbología propuesta para el análisis estructural de las vetas-falla Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento. ....	73
Cuadro N° 7: Estaciones micro tectónicas de las fallas que perturban la veta Sangre de Toro.....	74
Cuadro N° 8: Estaciones micro tectónicas de las fallas que perturban la veta Santa Rosa.....	80
Cuadro N° 9. Estaciones micro tectónicas de las fallas que perturban la veta El Viento. ....	84
Cuadro N° 10. Mina Chahuane, cuadro resumen de las fases de deformación en análisis independiente en las diversas estructuras reconocidas y evaluadas, mostrando un esfuerzo resultante final del conjunto de esfuerzos observados. ....	90

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Ubicación de la zona de estudio.....	2
Figura N° 2: Mapa mostrando la segmentación de las súper unidades del Batolito de la Costa y la distribución de los plutones. ....	10
Figura N° 3: Modelo esquemático de la transición de niveles hipotermiales – mesotermiales. Epitermiales, mostrando ensambles de mineralización y alteración. ....	25
Figura N° 4. Secuencia litológica local de la mina Chahuane .....	33
Figura N° 5. Esquema idealizado a escala regional de la configuración estructural concerniente al área de estudio.....	35
Figura N° 6: Izquierda, diagrama de rosetas. Derecha diagrama de contornos de polos. Veta el Viento. ....	36
Figura N° 7: Izquierda, diagrama de rosetas. Derecha, diagrama de contornos de polos. Son fallas post mineralización.....	37
Figura N° 8: En a) Izquierda Superior, diagrama de rosetas. Derecha Superior, diagrama de contornos de polos; veta Santa Rosa. En b) Izquierda Inferior, diagrama de rosetas. Derecha Inferior, diagrama de contornos de polos. Son fallas post mineralización. ....	38
Figura N° 9: En a) Izquierda Superior, diagrama de rosetas. Derecha Superior, diagrama de contornos de polos, veta Sangre de Toro. En b) Izquierda Inferior, diagrama de rosetas. Derecha Inferior, diagrama de contornos de polos, fallas post mineralización. ....	39
Figura N° 10: Imagen satelital de la zona de estudio, se aprecia Falla Chahuane. ....	41
Figura N° 11: Esquema de la composición mineralógica de la alteraciones hidrotermales asociadas a la formación de depósitos minerales Epitermales, mesotermiales y porfídicos, según el pH de las soluciones mineralizantes. ....	46
Figura N° 12: Plano geológico de la veta Santa Rosa, se puede apreciar el lazo sigmoidal, Nivel 1755. ....	49

Figura N° 13: <b>Plano geológico de la veta El Viento y su lazo sigmoidal denominado El Viento Piso, Nivel 1814.</b>	51
Figura N° 14. <b>Modelo Esquemático de un fluido saturado por complejos clorurados y sulfurados</b>	55
Figura N° 15: <b>Tectoglifos.</b>	66
Figura N° 16: <b>a) relaciones angulares entre las fallas maestras, secundarias y grietas de tensión. B) clivaje de falla desarrollado entre dos plano de falla. c), d), e), f) criterios de indicadores cinemáticos.</b>	67
Figura N° 17: <b>Modelo teórico de la distribución de los principales esfuerzos.</b>	71
Figura N° 18: <b>Resultado del análisis cinemático. Veta falla Sangre de Toro.</b>	75
Figura N° 19: <b>Fallas normales dextrales, dirección principal de la Veta falla Sangre de Toro.</b>	76
Figura N° 20: <b>Falla Inversa Sinistral, corresponde a zonas de flexión de la veta Sangre de Toro.</b>	77
Figura N° 21: <b>Falla Inversa Sinistral, veta Sangre de Toro, flexión de estructura</b>	78
Figura N° 22: <b>Resultado del análisis cinemático. Veta falla Sata Rosa.</b>	80
Figura N° 23: <b>Falla Inversa dextral, dirección principal veta Santa Rosa</b>	81
Figura N° 24: <b>Falla inversa dextral, estructura que desplaza la veta Santa Rosa.</b>	82
Figura N° 25: <b>Falla inversa sinistral, corresponde a flexión de veta-falla Santa Rosa.</b>	83
Figura N° 26. <b>Resultados del análisis cinemático. Veta El Viento.</b>	85
Figura N° 27: <b>Falla normal dextral, dirección principal de la veta-falla El Viento</b>	86
Figura N° 28: <b>Falla normal dextral, corresponde a la flexión de la veta falla El Viento.</b>	87
Figura N° 29: <b>Falla inserva dextral, corresponde a estructura tensional, que desplaza a veta falla El Viento.</b>	88
Figura N° 30: <b>Falla inversa sinistral, corresponde a estructura tensional, que desplaza a veta falla El Viento.</b>	89
Figura N° 31. <b>Mina Chalhuane, esquema conceptual de los esfuerzos compresivos efectivos en la primera fase de deformación y las estructuras resultantes observadas dentro del área de estudio.</b>	92
Figura N° 32. <b>Mina Chalhuane, modelo esquemático de la fase extensional, que originó la apertura de estructuras pre existentes, 1era etapa de Mineralización.</b>	93
Figura N° 33. <b>Mina Chalhuane, modelo esquemático de la fase extensional, durante la cual se genera 2da etapa de mineralización.</b>	94
Figura N° 34. <b>Mina Chalhuane, esquema de la fase sinistral que produjo la fragmentación de las estructuras mineralizadas, y generación de nuevas estructuras. Se inicia la 3era etapa de mineralización.</b>	95
Figura N° 35. <b>Mina Chalhuane, modelo conceptual mostrando la reactivación sinistral de las fallas regionales, influyendo ello en las vetas, así mismo genera fallas que desplazan las vetas. Inicio de la 4ta etapa de Mineralización.</b>	96
Figura N° 36. <b>Mina Chalhuane, esquema en la fase final dextral, se produce la mayor parte de la alteración hidrotermal, afectando principalmente a la veta Sangre de Toro, Santa Rosa y ligeramente en El Viento. Corresponde a la finalización de 4ta etapa de mineralización.</b>	97
Figura N° 37. <b>Mina Chalhuane, cuadro esquemático conceptual relacionando las fases tectónicas en la mina con eventos tectónicos, magmáticos y mineralización.</b>	98
Figura N° 38. <b>Ubicación de los taladros en superficie dirigidos hacia las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa, El Viento.</b>	102

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen N° 1: Quebradas en V, río Chalhuan, vista hacia el NO. ....	27
Imagen N° 2: Formación Sencca, ubicadas en el lado NO de la zona de estudio .....	29
Imagen N° 3: Roca Intrusiva metadiorita, que corresponde a la roca caja de la veta El Viento, corresponde a una Galería del Nivel 1755.....	30
Imagen N° 4: Contacto entre intrusivos dioríticos y granodioríticos de la Súper Unidad Patap, y monzogranitos a granitos de la súper Unidad Incahuasi. ....	31
Imagen N° 5: Afloramiento de diques aplíticos hacia el SO de la zona de estudio, presentan notable coloración de óxidos. ....	32
Imagen N° 6: Veta de Sangre de Toro. Tajo 130 E-O, Nivel 1614.....	47
Imagen N° 7: Afloramiento de la veta Sangre de Toro con moderada alteración. ....	48
Imagen N° 8: Muestra de mano de la veta El Viento. Corresponde al Tajo 407 E/O, Nivel 1755. ....	50
Imagen N° 9: Veta Sangre de Toro, emplazada en roca granodiorita perteneciente al complejo de Incahuasi.54	
Imagen N° 10: Veta El Viento afectada por fallas. ....	57
Imagen N° 11 Plano estriado, estrías sub horizontales, indicando el descenso de la caja techo, Nivel 1545, Galería 128E, Veta El Viento. ....	69
Imagen N° 12: Estructura en cola de caballo, asociado a movimiento dextral. ....	70
Imagen N° 13: Veta Sangre de Toro, con típica asociación mineralógica, asociada a óxidos. Nivel 1755. ....	74
Imagen N° 14: Veta Santa Rosa, se puede ver la típica alteración propilítica. Nivel 1755 .....	79
Imagen N° 15: Veta El Viento, evidencia de la veta y su típica asociación mineralógica. Nivel 1545 .....	84

## RESUMEN

La mina Chaluane se encuentra ubicada en las coordenadas UTM Este: 723907.29 y Norte: 8238180.89 proyección WGS84, a 81.223km al Noreste del distrito de San Juan de Chorunga – Andaray, provincia de Condesuyos, Arequipa, entre 1500 – 2100 m.s.n.m.

Geológicamente está ubicada en el segmento de Arequipa del Batolito de la Costa, dentro de las súper unidades de Patap e Incahuasi, en las que están las vetas cuarcíferas portadoras de Au, superpuestas a estas están secuencias volcánicas de la Formación Sencca. Chaluane está dentro de la franja de yacimientos filoneanos pertenecientes a la provincia Metalogenética Occidental, sub provincia Cuprífera de la costa.

Petrográficamente, las rocas en las que están emplazadas las vetas de Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento, son generalmente de composición intermedia a ácida, faneríticos y subhedrales; con respecto a las secuencias volcánicas estas son de composición también ácida a intermedia, textura porfírica.

La Metalogénia del área de estudio está caracterizada por la ocurrencia de vetas mesotermales de Au, emplazadas en rocas intrusivas granodioríticas, dioríticas y metadioríticas. Las vetas tienen dirección preferencial NO – SE con buzamiento hacia el SO y flexiones hacia el NE; las fallas son de naturaleza Normal – Dextral e Inversa – Sinistral. Se observan hasta 4 episodios de actividad tectónica de los cuales son compresivos y distensivos. Las vetas tienen una potencia de 0.30 metros en promedio, estructuras tipo rosario, siendo evidente que la estructura tipo “Cola de Caballo”. La mineralización está conformada básicamente por cuarzo blanco – hialino, saturado con pirita disseminada I, acompañado de oro; otra secuencia cuarzo I – hialino, con pirita I, +/- calcopirita; posteriormente con cuarzo II – hialino, pirita disseminada II con tonalidades verdosas, calcopirita, +/-pirrotita, oro. Estas secuencias corresponden a Veta Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento respectivamente. El oro se encuentra relacionado genéticamente a las etapas medias y finales de la súper unidad Incahuasi. Las alteraciones hidrotermales son argílica, fílica y clorítica que son evidentes en las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento respectivamente.

Actualmente las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento, están en producción, siendo la minera Chaluane la que realiza la producción.

**PALABRAS CLAVES:** Au: oro, Cpo: calcopirita, Cu: cobre, Pb: plomo, Po: pirrotita, Py diss: pirita disseminada, Qz: cuarzo, Zn: zinc,



## CAPITULO I

### ASPECTOS GENERALES

#### 1.1 UBICACIÓN

Las concesiones mineras Chaluane, Eva Hilda, Mirus Uno, Sofia Chaluane Tres, están localizadas en el departamento de Arequipa, provincia de Condesuyos, distrito de San Juan de Chorunga - Andaray, el área de estudio se encuentra a una altura promedio de 1400 a 2000 m.s.n.m. Carta Nacional 32 – q (Chuquibamba).

Las coordenadas UTM del área de estudio son:

Este : 723750.61

Norte : 8238451.41

Zona : 18S

Altitud : 1545 m.s.n.m.

Datum : WGS84 – UTM18

La mina Chaluane es accesible por vía terrestre, la cual se resume en el cuadro N° 1:

**Cuadro N° 1: Vías de acceso a la mina Chaluane**

VÍAS DE COMUNICACION	DISTANCIA (km)	TIPO DE VIA	TRANSPORTE	TIEMPO (Horas)
Arequipa – Ocoña	224.10	Asfaltada	Camioneta	2 Hrs
Ocoña – San Juan de Chorunga	65.98	Trocha Carrozable	Camioneta	3 Hrs
San Juan de Chorunga – Mina Chaluane	15.19	Trocha Carrozable	Camioneta	1 Hrs

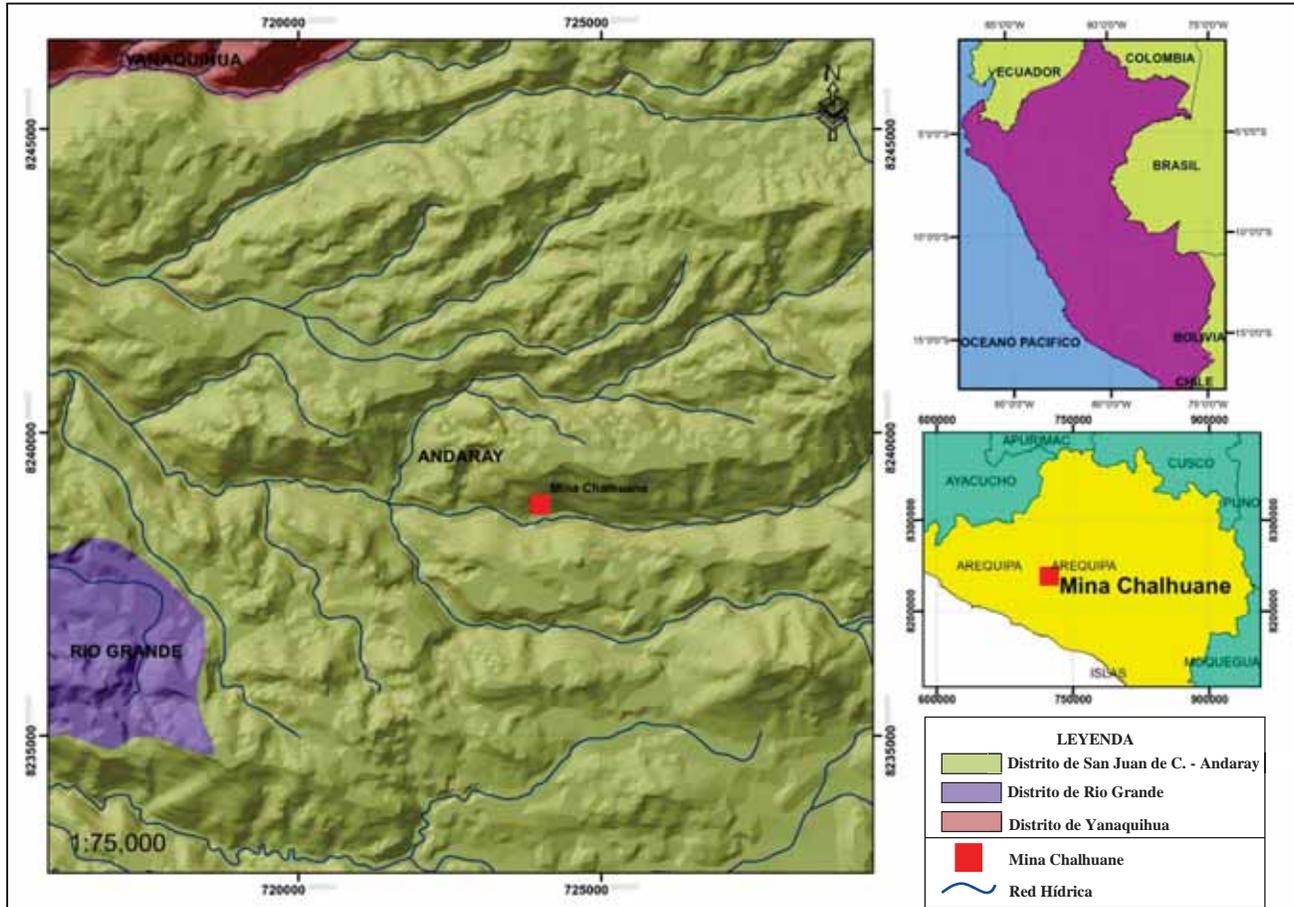
Fuente: Elaboración propia

En el cuadro N° 1, la ruta a seguir para llegar a la zona de estudio, se inicia en la ciudad de Arequipa, siguiendo la ruta hasta llegar al distrito de Ocoña, por vía asfaltada, llegando a Ocoña se toma un desvío por trocha carrozable hasta el distrito de San Juan de Chorunga, el cual presenta bastante deterioro, esto debido a la constante circulación de vehículos. Luego de llegar al distrito de San Juan de Chorunga se toma una trocha carrozable que atraviesa la quebrada Chaluane hasta llegar a las instalaciones de la Compañía Minera Chaluane.



A continuación, se muestra en la figura N° 1, la zona de ubicación de la mina Chaluane.

Figura N° 1: Ubicación de la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia



## 1.2 INTRODUCCIÓN

Este presente estudio que tiene de título "Análisis Estructural y Paragenético de las Vetas Auríferas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento, de la Minera Chahuane, Distrito de San Juan de Chorunga, Camana- Arequipa", tiene como finalidad obtener información necesaria que nos permita tener una idea completa de la geología de las vetas antes mencionadas.

El presente trabajo relaciona las características, estructurales del yacimiento con la mineralización considerando tres episodios importantes para la interpretación, los cuales están definimos como la etapa de pre mineralización, seguido de un periodo Sin – mineralización y finalmente seguido de un periodo post – mineralización, así mismo se ha podido observar la influencia de estructuras falla los cuales han determinado su configuración actual.

Se elaboraron planos estructurales interpretados de imágenes satelitales a escala regional y distrital que han permitido asociar estructuras regionales con estructuras mineralizadas de orden local.

## 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- ❖ En la mina Chahuane, no se ha definido aún un modelo de comportamiento estructural de las vetas y fallas mineralizadas, así como de las fallas post – mineralización, por esto es necesario plantear un modelo estructural que permita predecir el movimiento de las fallas, las cuales ha configurado las vetas en su disposición actual.
- ❖ No se tiene un modelo de secuencia mineralógica, el cual pueda ayudar a explorar y proyectar las mejores zonas con alta ley de Au.
- ❖ De las anteriores apreciaciones, no se tiene interpretaciones geológicas adecuadas que permitan determinar el comportamiento estructural – mineralógico de las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento.

De las líneas anteriores se plantea la siguiente interrogante:

¿Cuáles fueron los eventos estructurales y las secuencias paragenéticas que se desarrollaron durante la pre mineralización, mineralización y post mineralización de los cuerpos de vetas auríferas Sangre de Toro, Santa Rosa y El viento?

## 1.4 JUSTIFICACIÓN

Toda investigación esta propensa a discusión académica, buscando resolver un problema, mediante un trabajo metodológico.

La presente investigación es para ampliar los conocimientos acerca de las características estructurales y paragenéticas de las vetas auríferas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento; las cuales son denominadas como yacimientos auríferos de tipo mesotermal.

Con el empleo de la metodología de investigación se desarrollará la caracterización estructural y se establecerá una probable secuencia paragenética de las vetas auríferas antes mencionadas. Con este trabajo de investigación, se podrá orientar nuevos trabajos exploratorios en superficie y



subterráneo, mediante labores subterráneas, perforaciones diamantinas y exploraciones en superficie; logrando con ello ampliar nuevas reservas y nuevos clavos mineralizados.

## 1.5 HIPÓTESIS

Las vetas auríferas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento, se emplazaron secuencialmente siguiendo el orden mencionado, durante un periodo distensivo, el cual permitió generar las trampas estructurales por donde fueron transportados y posteriormente precipitaron los fluidos mineralizantes, los cuales fueron portadores del mineral económico (oro); siendo también las Súper Unidades Patap e Incahuasi las que generaron el ambiente idóneo para las reacciones químicas que posibilitaron la precipitación del oro.

## 1.6 OBJETIVOS

### 1.6.1 OBJETIVO GENERAL

- Realizar el análisis estructural y paragenético de las vetas auríferas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento, de la minera Chaluane, distrito de San Juan de Chorunga, Camaná – Arequipa.

### 1.6.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar el análisis estructural de las vetas auríferas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento.
- Determinar la secuencia paragenética macroscópica de las vetas auríferas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento.
- Determinar las principales estructuras que están asociadas a las vetas.
- Determinar los tipos de minerales guía en los diferentes estadios de la precipitación del oro en las vetas.

## 1.7 METODOLOGIA DE TRABAJO

El presente trabajo de investigación tiene carácter analítico – hipotético – deductivo, mediante el procesamiento e interpretación de datos obtenidos durante los trabajos de producción y exploración geológica en las distintas etapas del estudio y que como resultado da a conocer la reconstrucción estructural y paragenética del yacimiento mesotermal aurífero, esto validado con datos cuantitativos y cualitativos.

La metodología de trabajo a seguir se detalla a continuación, agrupando las actividades en cinco etapas:

### Etapas del proyecto

#### ETAPA 1: Trabajo en Gabinete

Esta primera etapa consistió en la elaboración y selección de la información existente del área en estudio, Se obtuvo información de los cuadrángulos geológicos de Chuquibamba 32 – q, Caraveli 32



– p, Ocoña 33 – p, La Yesera 33 – q, así mismo se obtuvo imágenes satelitales Landsat, interpretaciones estructurales a escala regional, organización y estudio de los planos existentes geológicos y topográficos, elaboración de programa de trabajo de campo.

#### **ETAPA 2: Trabajo de campo**

En esta etapa se efectuó el cartografiado superficial geológico estructural a escala 1:10000 y 1:2500, las cuales se realizaron con visita a puntos estratégicos en superficie, para corroborar los contactos geológicos, estructuras, halos de alteración, entre otros datos. Los trabajos mencionados en esta etapa se realizaron dentro de la propiedad del denunciado, este sector abarca los afloramientos del Incahuasi y Patap, Grupo Yura y Formación Sencca. Se realizó el muestreo en superficie e interior mina. Se realizó el cartografiado geológico a escala 1:250 en interior mina.

#### **ETAPA 3: Trabajo de gabinete 2**

Esta parte del trabajo se llevó a cabo, la revisión de los trabajos realizados en las etapas anteriores, también se realizaron algunos ajustes en los mapeos y en las interpretaciones estructurales y mineralógicas; con estos últimos ajustes se obtuvieron resultados más consistentes.

Finalmente se elabora un modelo estructural, y una probable secuencia paragenética (descripción macroscópica) el cual permitirá determinar y proyectar nuevas zonas de exploración. Los trabajos se realizaron utilizando softwares de apoyo como el ArcGIS 10.3, AutoCAD 2014, FaultKin y otros.

### **1.8 ANTECEDENTES DE ESTUDIO**

Se tienen trabajos previos a escala regional, y pocos trabajos a escala local, lo cual dificulta el trabajo de interpretación y re interpretación para fines de ampliación de zonas de exploración.

Martínez P. (1996), en su publicación "Yacimientos Auríferos Relacionados al Batolito de la Costa en la Franja Nazca – Ocoña", otorga importantes aportes, plantea modelos esquemáticos de los emplazamientos de distintos tipos de depósitos en un eje transversal al Batolito de la Costa, adicional se observan modelos para los depósitos tipo Stockwork y vetas mesotermiales (Martínez, 1996).

Núñez F. & Condori A. (1994), en su publicación "Características Metalogénicas de las Mineralizaciones Auríferas Asociadas al Segmento Sur del Batolito de la Costa", resalta la información



de la diferenciación entre las tendencias NO – SE al norte de la latitud  $15^{\circ}45'$  y NE - SO al sur, marcando los posibles periodos tectónicos mineralógicos diferentes (Núñez, 1991).

De Montreuil L. (1990), en su publicación "Mineralogía de Yacimientos Auríferos del Perú", realiza una sinopsis de las diferentes franjas de yacimientos de oro en el Perú, rescatando la ocurrencia de oro nativo sobre electrum en los depósitos mesotermiales de la franja Nazca – Ocoña, también la relación del ratio Au/Cu mostrando la importancia en este tipo de yacimientos, hay valores de oro si ocurren con contenidos de Cu en la  $Fe_2S$ . Ejecuta un modelo primigenio de lo que serían las franjas metalogénicas del Perú (De Montreuil, 1979).

De Montreuil L. (1979), en su publicación "Ocurrencias de Oro y sus Asociaciones – Franja Nazca Ocoña", resalta las características mineralógicas del distrito minero mostrando una estrecha relación entre el oro,  $Fe_2S$  (pirita) y el cuarzo, mencionan las tendencias andinas en las estructuras y el emplazamiento de la mineralización desde ambientes hidrotermales, hipotermiales a mesotermiales (De Montreuil, 1979).



## CAPITULO II

### MARCO GEOTECTÓNICO Y GEOMORFOLÓGICO REGIONAL

#### 2.1 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

En el cuadrángulo de Chuquibamba el relieve muestra características propias de la zona, el modelado de la misma tiene control estructural y litológico, donde los factores climáticos e hidrográficos han jugado un papel importante.

##### 2.1.1 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

El desarrollo geomorfológico nos muestra geoformas moderadas en las partes altas y abruptas en los valles, según se observó en la zona de estudio.

El modelado es el resultado de una influencia decisiva de los procesos volcánicos sucedidos casi durante todo el Terciario y en los procesos tectónicos que han ocasionado el alzamiento y hundimiento de bloques. La denudación fluvial probablemente Pre – Barroso, así como la actividad volcánica del Cuaternario ha controlado la morfología actual, esto ha permitido diferenciar cuatro unidades geomorfológicas que son: Altiplanicie, superficie Huaylillas, Laderas Disecadas y Valles (Olchauski y Dávila, 1994), ver mapa Geomorfológico General.

##### 2.1.1.1 ALTIPLANICIE

Es la unidad más extensa que ocupa casi todo el cuadrángulo de Cotahuasi y la tercera Parte del cuadrángulo de Chuquibamba (Olchauski y Dávila, 1994).

Las elevaciones varían entre 4000 y 4900 m.s.n.m. la topografía es moderada, localmente se tienen escarpas controladas por fallas. También existen pequeños conos volcánicos, así como morrenas y abundantes bofedales; esta unidad geomorfológica se caracteriza por una planicie bien definida y algunos valles glaciares de extensión local (Olchauski y Dávila, 1994).

##### 2.1.1.2 LADERAS DISECTADAS

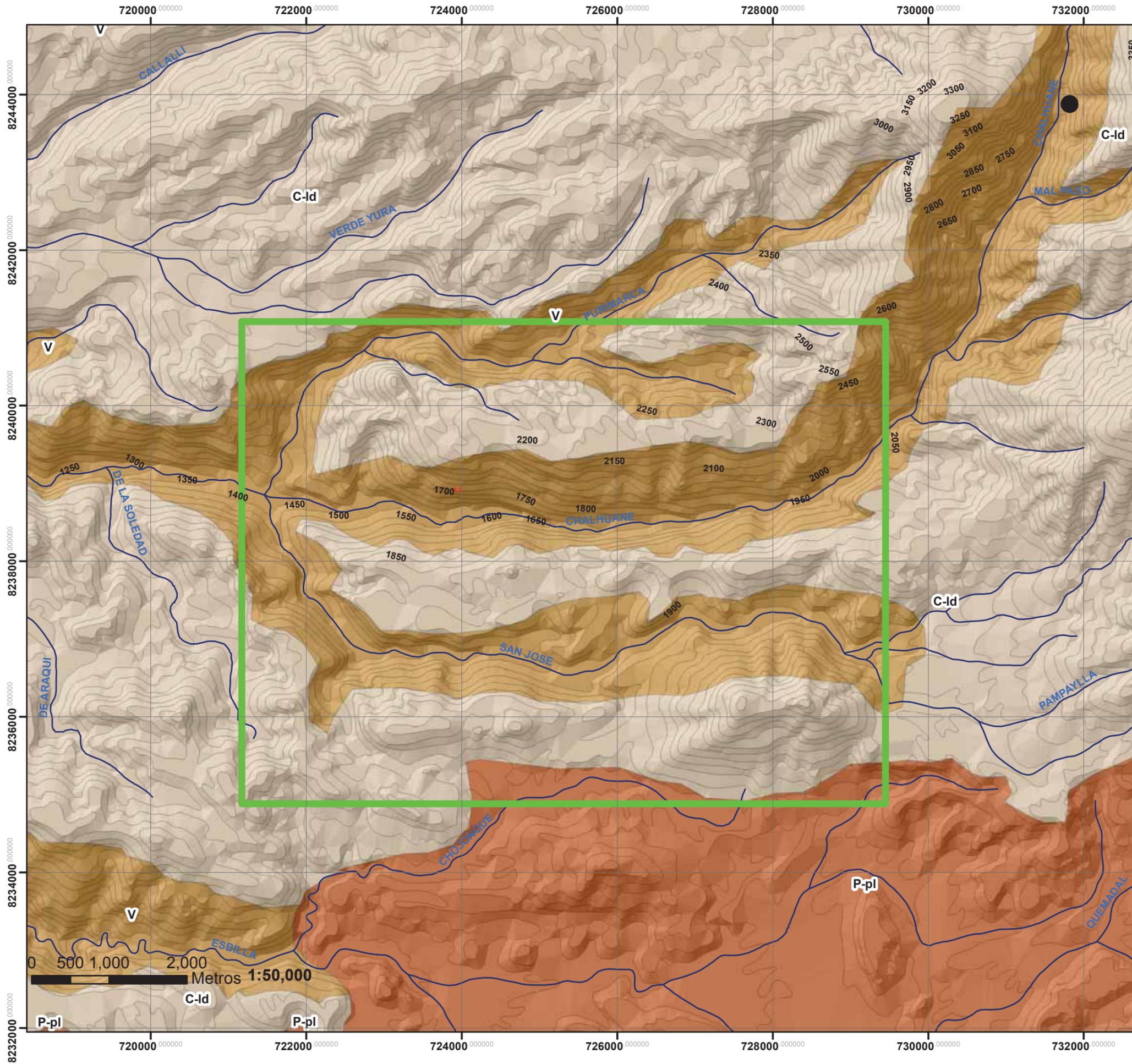
Esta unidad constituida por cadenas de cerros que se alinean con un dirección NO – SE y en ella se hallan comprendidos los valles amplios de Chuquibamba y Pampacolca, que se han desarrollado en fallas regionales. Estas laderas presentan drenaje subparalelos, que al disectar la peneplanicie costanera, dan lugar a valles amplios como los ya mencionados presentando una topografía de quebradas y elevaciones semiparalelas que fueron modeladas por las diferentes etapas de erosión sobre rocas intrusivas Cretácico – Terciarias y rocas Precámbricas. Al Oeste de la hoja de Chuquibamba, se caracteriza por presentar drenaje dendrítico, resultante de las quebradas menores que confluyen en el río Ocoña. Se denota un topografía moderada que es disectada por quebradas de magnitud considerable como la quebrada Chaluane que sigue una dirección NE – SO y una flexión E – O (Olchauski y Dávila, 1994).

##### 2.1.1.3 VALLES

Se han considerado tres tipos de valles principales: a) Valles de los ríos Cotahuasi y Arma, b) Valle del río Chorunga y quebradas aledañas y c) Valles de los ríos Chuquibamba. (Olchauski y Dávila, 1994).



El segundo tipo son los Valles del río Chorunga y quebradas aledañas que se drenan hacia el Oeste y son afluentes del río Ocoña, se caracterizan por su escasa pendiente y su clima desértico. Se determinan un control principal estructura ya que muestran cambios de dirección de NE a E – O, debido a que a partir del cambio de dirección de flujo, siguen fallas y/o fracturas de dirección similar (Olchanski y Dávila, 1994).



### GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

UNIDAD	COLOR	SIMBOL	DESCRIPCIÓN
CERROS		C-ld	Cerro - laderas disectadas
PLANICIE		P-ap	Planicie - altiplanicie
		P-pl	Planicie - peneplanicie
VALLE		V	Valle

### SIMBOLOGÍA

- Conseción
  - Mina Chalhuané
- ### HIDROGRAFÍA
- Ríos
- ### TOPOGRAFÍA
- Curvas\_nivel



UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN ANTONIO ABADEL CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

ELABORADO POR:  
Jose L. Jordan Luna  
Gilda M. Merma Ayme

### MAPA GEOMORLÓGICO REGIONAL

FECHA:  
Diciembre 2018

UTM:  
WGS84 - 18s

ESCALA  
1:50,000

N° 01

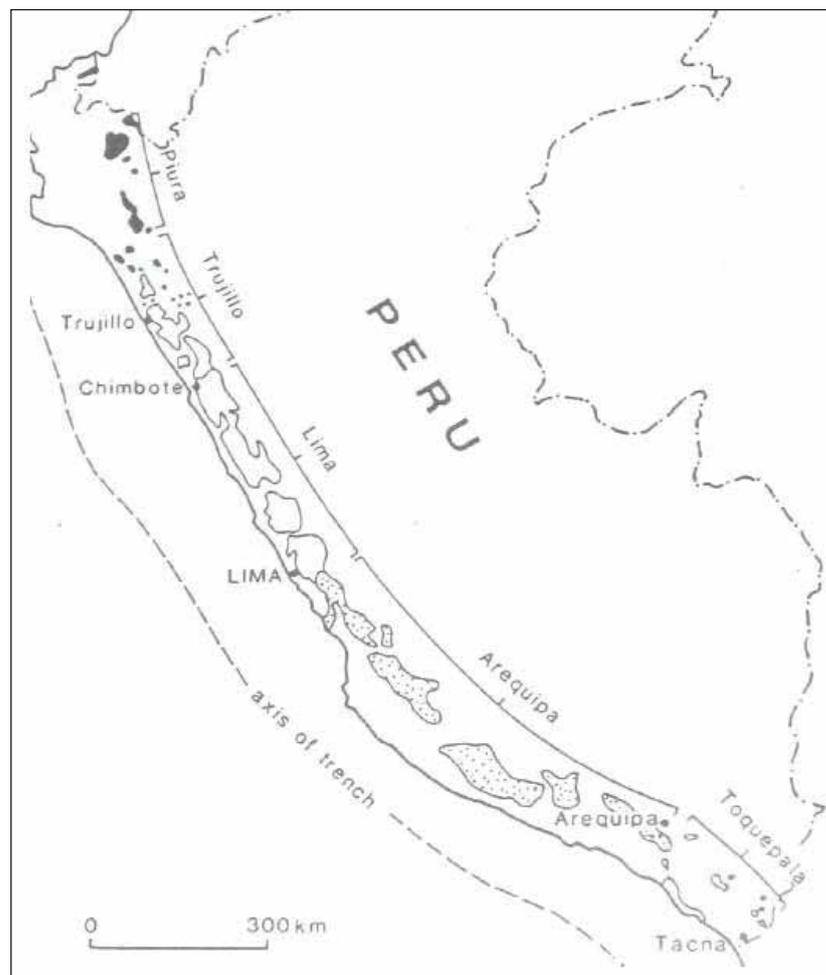


## 2.2 EL BATOLITO DE LA COSTA SUR EN LOS ANDES DEL PERU CENTRAL

El Batolito de la Costa está constituido por cientos de plutones individuales, agrupados en un número limitado de súper-unidades (Pitcher, 1974).

Geográficamente está dividido a lo largo del eje del batolito en 5 grandes segmentos, caracterizado cada súper-unidad por un ensamble litológico particular (Cobbing et al., 1977b); el segmento de mayor longitud es el de Arequipa con 900km de largo (ver figura N° 2).

Figura N° 2: Mapa mostrando la segmentación de las súper unidades del Batolito de la Costa y la distribución de los plutones.



Fuente: Oallace S. Pitcher, 1985

El orden de emplazamiento de los plutones en el segmento de Arequipa está dada de la siguiente manera: (1) gabros tempranos y dioritas Patap, (2) súper – unidad Linga (SteOart, 1968), (3) súper – unidad Pampahuasi el nombre corresponde a una localidad al este de Ica, (4) súper – unidad Incahuasi, localidad al norte de Pisco, (5) súper – unidad Tiabaya (Jenks, 1948; Jenks y Harris, 1953).

Segmento de Arequipa:



Se considera en la descripción el segmento de Arequipa del Batolito de la Costa, que está constituido por cuerpos de algunos kilómetros hasta afloramientos individuales, todas estas ocurrencias intrusivas están enmarcadas dentro de un conjunto de súper unidades que describiremos a continuación (Santos, 2009).

### 2.2.1 COMPLEJO BELLA UNION

La litología es muy variada dentro del complejo Bella Unión, caracterizada por brecha de intrusión de naturaleza andesítica o dacítica, en bloques angulosos y subangulosos, también se observan otros cuerpos de composición básica, como diabasas porfíricas gris verdosas, este complejo está cortado por diques de andesita porfírica. Extiende a lo largo de faja de dirección E-O a NO-SE, limitado por grandes lineamientos estructurales que posiblemente controlaron su emplazamiento (E. Olchausky, 1980).

### 2.2.2 DACITA MOLLES

Se conoce con este nombre a una dacita hipabisal que aflora en el sector norte del cuadrángulo de Jaqui, a lo largo de una falla longitudinal NO. Estos afloramientos presentan una textura porfírica, con fenos de plagioclasas y grandes granos de cuarzo en una matriz afanítica grisácea. Edad de emplazamiento entre 102 millones de años, hasta 80 millones de años (Cobbing, 1979)

### 2.2.3 GABROS y DIORITAS DE LA SUPER UNIDAD PATAP

La evolución del segmento de Arequipa se inicia con la intrusión de grandes volúmenes de magma básico. Estos afloramientos de gabros fueron diseccionados y erosionados por el emplazamiento de granitoides jóvenes (N.D. Moore, 1979; R.A. Agar, 1978). Los gabros pertenecen a la Súper Unidad Patap y tiene una edad de emplazamiento de 107 millones de años (Cobbing E. et al., 1977).

Los segmentos de Arequipa y Lima son litológicamente bastante similares, caracterizados por gabros hornbléndicos melanocratas con variaciones a otras rocas de carácter básico como leucogabros y dioritas hornbléndicas. Este tipo de rocas son observadas en afloramiento en áreas muy limitadas. Los contactos entre rocas similares se dan gradacionales, por zonas de brechamiento por dioritas tardías, parches irregulares de pegmatitas hornblendicas en zona de contacto. Otra característica son las zonas de intensa deformación (bandeamiento), ocurrida en fases sin-plutónicas (Santos, 2009).

La mineralogía de los gabros sugiere una diferenciación representada por gabros de olivino – augita – hornblenda, gabros de olivino – augita – hiperstena – hornblenda, gabros de augita – hornblenda, gabros hornblendicos y dioritas (Bussell, 1975; Mullan y Bussell, 1977; Regan, 1976; Agar, 1978; Moore, 1979).

La progresiva importancia de la hornblenda en la composición y la textura observable indican un incremento del  $P_{H_2O}$ . La fuente exacta del  $H_2O$  todavía no es clara; podría corresponder a una concentración debido a la diferenciación o probablemente a la absorción de la roca encajonante durante las fases finales de emplazamiento de los gabros (N.D. Moore, 1979; R.A. Agar, 1978).



#### 2.2.4 SUPER UNIDAD LINGA

Esta súper unidad se caracteriza por mostrar litologías bastante distinguibles como son gabros y dioritas con contenidos relativamente altos de feldespato potásico. Las rocas monzoníticas agrupadas como la súper – unidad Linga registran una edad de 97 millones de años y se asume responsable de la mineralización de Cu, Fe, Mo (Cobbing, E. et al., 1977).

La súper unidad Linga fue descrita en detalle en la quebrada Linga en Arequipa por Stewart (1968, García). Los mayores afloramientos del Linga están restringidos al flanco oeste del batolito. Es la más variable de las súper – unidades del segmento de Arequipa conformada aproximadamente por unas 30 unidades que han sido reconocidas a detalle. La unidad Humay varía de monzogabros a cuarzo – monzonitas, la unidad Rinconada contrasta con la unidad Humay pues es más silícica migrando de un cuarzo – monzodiorita a un monzogranito.

Stewart (1968), Hudson (1974), consideraron la súper – unidad Linga como un grupo de rocas híbridas producidas por un metasomatismo potásico; (Agar y Le Bel, 1978) demostraron convincentemente que la Súper Unidad Linga corresponde a un grupo específico de rocas dentro del batolito derivando de un magma común.

#### 2.2.5 SUPER UNIDAD PAMPAHUASI

El principal afloramiento de esta súper – unidad se ubica en la localidad de Ica – Pisco, estando restringida al flanco oeste del batolito, con una extensión de 100km de largo con rumbo andino y un ancho aproximado de 10km. Está siendo cortado principalmente por la súper - unidad Tiabaya (N.D. Moore, 1979; R.A. Agar, 1978). Las rocas plutónicas dioríticas y tonalíticas, forman parte de la súper – unidad Pampahuasi y reportan una edad de 94 millones de años (Cobbing E. et al., 1977).

Litológicamente en esta súper – unidad está dada por las tonalitas y cuarzo dioritas. Esto conlleva a 2 grandes divisiones una inicial foliada de grano medio a grueso de tonalita – diorita, intruida por una tonalita leucocrata menos foliada, ambas unidades son rocas hornblendicas y biotíticas con similares texturas, (Cobbing E. et al., 1977).

Los contactos entre estas diferentes facies son bastante irregulares sin poderse establecer una cronología relativa confiable. Estos contactos indican diferencias de flujos dentro del Plutón (Cobbing y Pitcher. 1972a).

Relacionando a este estadio es apropiado mencionar la unidad Cotahuasi, que está compuesta por cuarzo dioritas, monzogranitos y principalmente tonalitas. Los afloramientos se localizan al este y norte del segmento de Arequipa, sin tener un cartografiado y estudio en detalle; la relación cronológica relativa y absoluta con otras súper – unidades no ha sido establecida (Cobbing E. et al., 1977).

#### 2.2.6 SUPER UNIDAD INCAHUASI

Esta súper – unidad está dividida en 5 unidades menores cuyo orden de emplazamiento es el siguiente: cuarzo – diorita, cuarzo – monzodiorita, granodiorita, pórfidos monzoníticos y monzograníticos. Siendo la cuarzo – monzodiorita y la granodiorita las de mayor ocurrencia en volumen. La súper Unidad Incahuasi tiene una edad de emplazamiento de 83 millones de años (Moore et al., 1985).



La súper – unidad Incahuasi presenta una fábrica mineral planar siguiendo el trend andino, sin embargo existe una fábrica mineral asociadas a fallas normales regionales de rumbo andino, esto indica que dichas fallas estuvieron activas durante el emplazamiento del Plutón (Santos, 2009).

Se observan 2 sistemas de diques que cortan al Incahuasi, una está relacionada a la súper – unidad Tiabaya, el segundo grupo al emplazamiento de magmas del Incahuasi, estos diques son oscuros y de grano fino probablemente de composición andesítica. La orientación de estas fracturas es de rumbo andino y normal al rumbo andino, indicando que fueron controladas por los mismos esfuerzos regionales que rigieron el emplazamiento de los plutones del Incahuasi (Santos, 2009).

Se ha observado que esta súper – unidad aflora en toda la zona donde se emplazaron las vetas de Sangre de Toro, Santa Rosa, El Viento.

### 2.2.7 SUPER UNIDAD TIABAYA

Esta súper – unidad es la más tardía y la mayor ocurrencia en el segmento de Arequipa, dividiendo las súper – unidades Incahuasi al este y Linga en el flanco oeste del batolito. La súper unidad Tiabaya tiene una edad de emplazamiento 81 millones de años (Moore et al., 1985).

La composición de la súper – unidad Tiabaya varía del rango de tonalita a monzogranito, además se han observado algunos afloramientos de granodioritas. Tiabaya presenta 2 importantes unidades que corresponden a granodioritas de hornblenda – biotita: el principal plutón más pequeño al oeste de grano medio. La relación cronología no está explicada. En menor proporción se observan facies de pórfidos granodioríticos de grano grueso (Santos, 2009).

### 2.2.8 COMPLEJO SANTA RITA

Es un complejo de rocas producto del metamorfismo de contacto, desarrollado por la intrusión del Linga y Tiabaya afectando a rocas sedimentarias, volcánicas, microgabros dioritas precursoras ubicada en sector occidental del cuadrángulo de Jaqui, entre los cerros Cauchete y el Morro. En general las rocas metamórficas son de color gris oscuro, los contactos intrusivos son verticales, encontrándose esquistos silimaníticos, intrusivos gneisoides, hornfels volcánicos y sedimentarios, metasomatitas, dioritas piroxénicas y microgabros hornfelsicos. Los meta volcánicos y meta intrusivos tienen un aspecto lustroso, predominando dioritas piroxénicas, dioritas cuarcíferas y andesitas, cortados por pequeños plutones y diques andesíticos (Santos, 2009).

A continuación se puede observar en el cuadro N° 2 el resumen de las Súper



**Cuadro N° 2: Cuadro resumen de las súper unidades emplazadas en el segmento de Arequipa del Batolito de la Costa.**

<b>SEGMENTO DE AREQUIPA</b>	<b>Tonalita/granodiorita</b>	<b>Tiabaya</b> Se extiende a lo largo de todo el segmento	K – Ar 81  Rb – Sr 80	Granodiorita de hornblenda – biotita, con variaciones menores a tonalita y monzogranito.
		<b>Incahuasi</b> Es la más importante súper unidad del segmento, continuando al sur del río vitor 30 km al NO de Arequipa	K – Ar 83  Rb – Sr 78	Las litologías predominantes son granodioritas de hornblenda – biotita y cuarzo monzodioritas, existiendo variaciones a cuarzo dioritas y monzogranitos.
		<b>Pampahuasi</b> El afloramiento está restringido a unos 105 km de longitud dentro de la franja Ica – Pisco	K – Ar 94  U – Pb 94	Unidad temprana de tonalitas de hornblenda – biotita a cuarzo diorita. Unidad tardía tonalita leucócrata de hornblenda – biotita.
	<b>Monzodiorita</b>	<b>Linga</b> Ocurre a lo largo del flanco oeste del segmento	K – Ar 97  Rb – Sr 96  U – Pb 101	Esta dentro de un rango de litologías monzoníticas, tenemos desde monzogabros a monzogranitos.
		<b>Patap</b> El basamento del segmento Arequipa, se aprecia el afloramiento en la zona de estudio.		Esta unidad está compuesta por rocas de composición básica a intermedia, gabros y dioritas respectivamente.

Fuente: Oallace S. Pitcher, 1985

## 2.3 GEOLOGÍA REGIONAL

Se tomaron como base los estudios realizados por Olchanski E., Dávila D. 1994, representados por los cuadrángulos y los planos del área de trabajo (Serie A, 1987, Hojas 31 –q Cotahuasi, 32 – q Chuquibamba). Considerando el área de influencia de las concesiones, se tienen las rocas sedimentarias y volcánicas aflorando desde edades mesozoicas hasta cuaternarias (ver mapa Litológico Regional).

### 2.3.1 MESOZOICO

#### 2.3.1.1 GRUPO YURA (Titoniano – Neocomiano)

Está conformado por 2 formaciones Labra y Gramadal.

Formación Labra: está constituida por areniscas de color gris claras a verdosas y lutitas también del mismo color, grano fino a medio, con niveles de óxidos de hierro (Olchanski y Dávila, 1994).

Formación Gramadal: constituido por enormes bancos de calizas arrecifales de color marrón a gris oscuro, las que se particularizan por su gran contenido fosilífero, integrado por gasterópodos. En la zona de estudio no es muy común poder observarlos (Olchanski y Dávila, 1994).



## 2.3.2 CENOZOICO

### 2.3.2.1 FORMACION SOTILLO (Paleoceno medio a superior)

Compuesta principalmente de areniscas finas y conglomerados de coloración gris, blancas, amarillentas y rojizas, con predominio de estas últimas. Los sedimentos se encuentran semi consolidados y tienen un alto contenido de material feldespático. Tiene un espesor de +/- 200 metros (Olchanski y Dávila, 1994).

### 2.3.2.2 FORMACION CARAVELI (Paleoceno – Eoceno)

Compuesta principalmente por areniscas de coloración gris, con niveles de areniscas de grano fino de color amarillento; así mismo compuesta también por conglomerados con matriz tobacea, siendo los cantos de naturaleza volcánica y de intrusivos, intercaladas con tobas re depositadas, con una potencia media de +/- 440 metros (Olchanski y Dávila, 1994).

### 2.3.2.3 FORMACION PARACAS (Eoceno medio a superior)

Compuesta por conglomerados, areniscas calcáreas, calcarenitas, tobas y areniscas calcáreas; la coloración de toda la secuencia varía de blanco amarillento a gris blanquecino, dicho color la hace fácilmente reconocible; tiene una potencia +/- 200 metros (Olchanski y Dávila, 1994).

### 2.3.2.4 FORMACION SENCCA (Plioceno medio)

Compuestas por rocas piroclástica, las cuales son dacitas y riocitas, cuyo color predominante es el gris, que puede variar a blanco amarillento y rosado. La potencia estimada es de +/- 150 metros (Olchanski y Dávila, 1994).

## 2.3.3 DEPOSITOS CUATERNARIOS

### 2.3.3.1 DEPOSITOS ALUVIALES (Cuaternario – holoceno)

Están superpuestas a las formaciones Caraveli y Sotillo, están constituidos por rodados de cuarcita, gneises y rocas intrusivas que han sufrido mucho transporte, su superficie es de color gris rojizo, mostrando relieves moderados.



Cuadro N° 3. Columna estratigráfica regional de la zona de estudio

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	ROCA INTRUSIVA	ROCA SUBVOLCANICA	
CENOZOICO	HOLOCENO		Depósitos Aluviales (H-al)			
	PLIOCENO	MEDIO	Formación Sencca (Plm-se)			
	EOCENO	SUPERIOR		Formación Paracas (Ems-pa)		
		MEDIO				
		INFERIOR		Formación Caraveli (Em-ca)		
	PALEOCENO	SUPERIOR		Formación Sotillo (Pm-so)		
MEDIO						
MESOZOICO	CRETACICO	SUPERIOR			Brechas (Ks-br)	
				Súper U. Tiabaya (Ks-to/gd-ti)	Complejo Bella Unión (Ks-bu)	
				Súper U. Incahuasi (Ks-mzgr/gd/to-ln)		
		Super U: Patap (Ks-gb/di-pt)				
JURASICO	SUPERIOR	Grupo Yura (JsKi-yu)				

Fuente: Elaboración propia.

La nomenclatura establecida para las unidades litológicas, han sido consideradas tomando como base los Cuadrángulos Geológicos publicados en el sitio web del INGEMMET.

## 2.4 CONTEXTO TECTONICO

El área de estudio está asociada a la Cordillera de los Andes del Perú central cuya evolución está relacionada a la orogénia andina (Megard, 1978a); que es resultado de la subducción entre la placa de Nazca y la placa ensiálica Sudamericana.

El ciclo andino comienza en el Triásico tardío con un fuerte régimen extensional que se mantuvo hasta fines del Cretáceo inferior; evidenciado por la apertura y relleno de cuencas con secuencias carbonatadas, silicoclasticas (Grupo Yura) y niveles volcánico – clásticos de edad Caloviana – Titoniana (Formación Guaneros – cuadrángulo Chala). En los estadios finales de este periodo (Huaterviano – Albiano medio) se genera el graben Huarmey – Cañete con vulcanismo tholeítico a calcoalcalino (volcánicos del cretáceo superior), (Santos, 2009).

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; Megard et al., 1984a). Esta fase genera ejes de pliegues en dos direcciones, uno principal ligeramente oblicuo al rumbo andino (ENE – OSO) (Myers, 1974; 1980). Asimismo, durante esta fase se desarrollaron sistemas de fallas en echelon 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 – 107 millones de años (Cobbing e. et al., 1977).

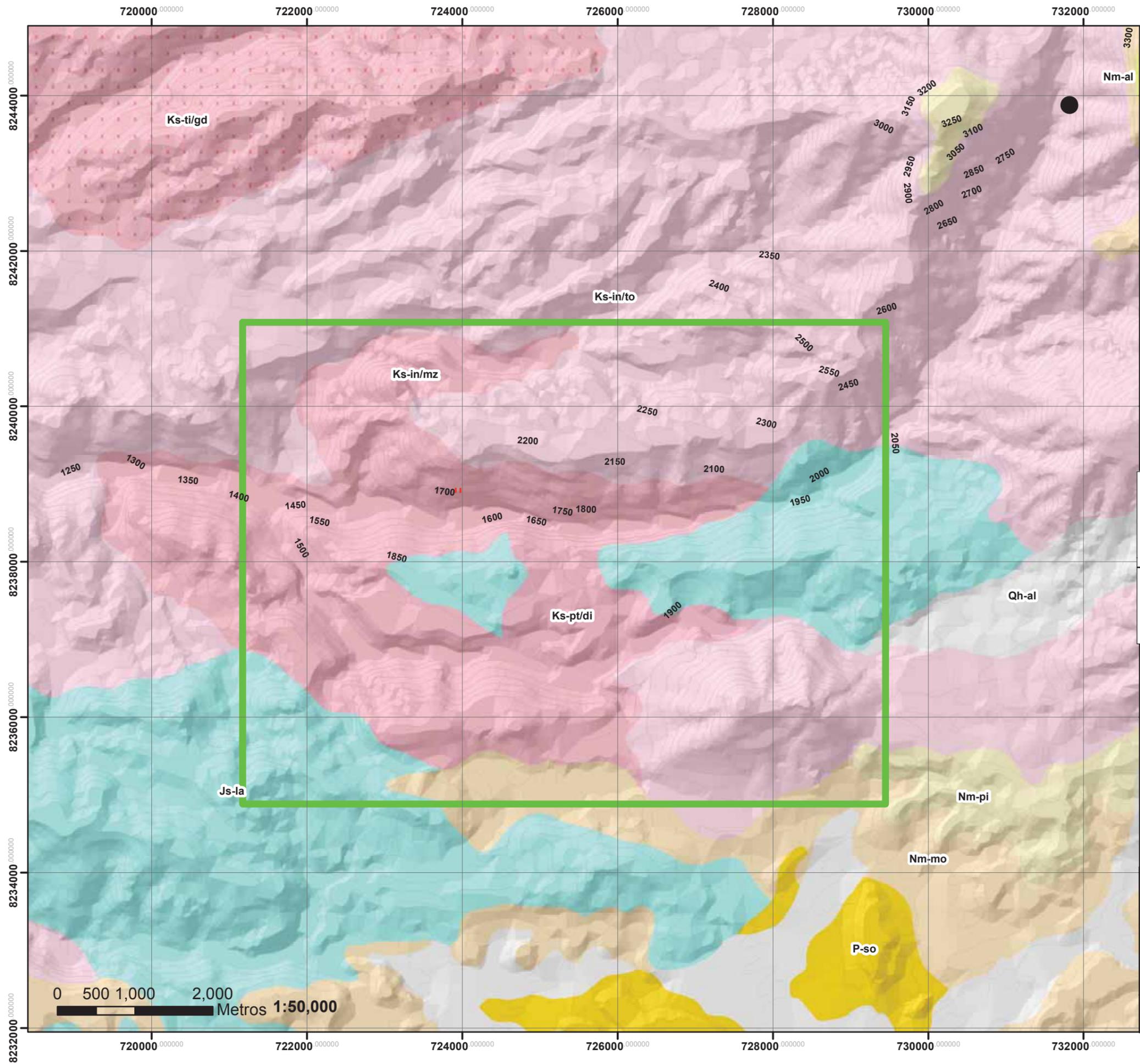


Se define que a partir del Campaniano temprano, se produjeron una serie de fases tectónicas compresivas, como es el caso de la fase Peruana (84 – 79 millones de años), Incaica I (59 - 55 millones de años), Incaica II (43 – 42 millones de años), Incaica III (30 – 27 millones de años), Incaica IV (22 millones de años), Quechua I (17 millones de años), Quechua II (8 – 7 millones de años) y Quechua III (5 – 4 millones de años), (Benavides – Caceres, 1999).

Durante el Paleoceno tardío y Eoceno temprano se desarrolló la fase compresiva Incaica I. Este evento generó ejes de pliegues NO – SE en las capas rojas de la Formación Casapalca, seguido de levantamiento y erosión (Noble et al., 1985).

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.

Entre los 27- 26 millones de años, se registra una fase extensional en la dirección NO – SE, que generó fallas normales, como las identificadas al E de la localidad de Laramate y zonas de tensión NE – SO para el emplazamiento de la mineralización de 23.34 millones de años en la mina Antapite. Benavides – Caceres (1999), en los estadios tempranos del Mioceno (22 millones de años) registra la fase compresiva Incaica IV (Noble et al., 1979<sup>a</sup>). 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; que sirvieron para la deposición de secuencias volcánicas del Grupo Nazca de 20 millones de años (Noble et al., 1979a; Bellon et al., 1977). Alrededor de los 17 millones de años (Mioceno medio), se evidencia una fuerte fase compresiva definida como Quechua I (Steinmann, 1929; Mckee et al., 1982; Megard et al., 1985) relacionada a esta fase se tiene la presencia de extensas superficies de erosión denominada como Superficie Puna (Benavides – Caceres, 1999), que afectó a las secuencias volcánicas oligocenas – miocenas y al Batolito de la Costa (Macharé et al., 1986).



ERATEMA	SISTEMA	SERIE	COLOR	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	ROCAINTRUSIVA
CENOZOICO	HOLOCENO			Depósitos Aluviales (Qh-al)	
	MIOCENO	SUPERIOR		Formación Moquegua (Nm-mo)	
	PALEOCENO	MEDIO		Formación Plisco (Nm-pi)	
MESOZOICO	CRETACICO	SUPERIOR			Súper U. Tiabaya (Ks-ti/gd)
					Súper U. Incahuasi (Ks-in/to)
					Super U. Incahuasi (Ks-in/mz)
					Super U. Patap (Ks-pt/di)
JURASICO	SUPERIOR			Formación Labra (Js-la)	

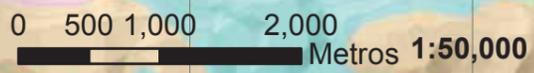
**SIMBOLOGÍA**

Conseción

Mina Chalhuané

**TOPOGRAFÍA**

Curvas\_nivel



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA		
<b>ESCUOLA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</b>		
ELABORADO POR: Jose L. Jordan Luna Gilda M. Merma Ayme		<b>MAPA LITOLÓGICO REGIONAL</b>
FECHA: Diciembre 2018	UTM: WGS84 - 18s	ESCALA 1:50,000 <b>N° 02</b>



## 2.5 LINEAMIENTOS REGIONALES

### 2.5.1 LINEAMIENTOS REGIONALES

La zona de estudio se encuentra en una zona de convergencia de grandes sistemas de fallas interpretadas regionalmente, y estas son:

S.F. IQUIPI: con una dirección E – O, con una ligera flexión hacia el SE en su borde E.

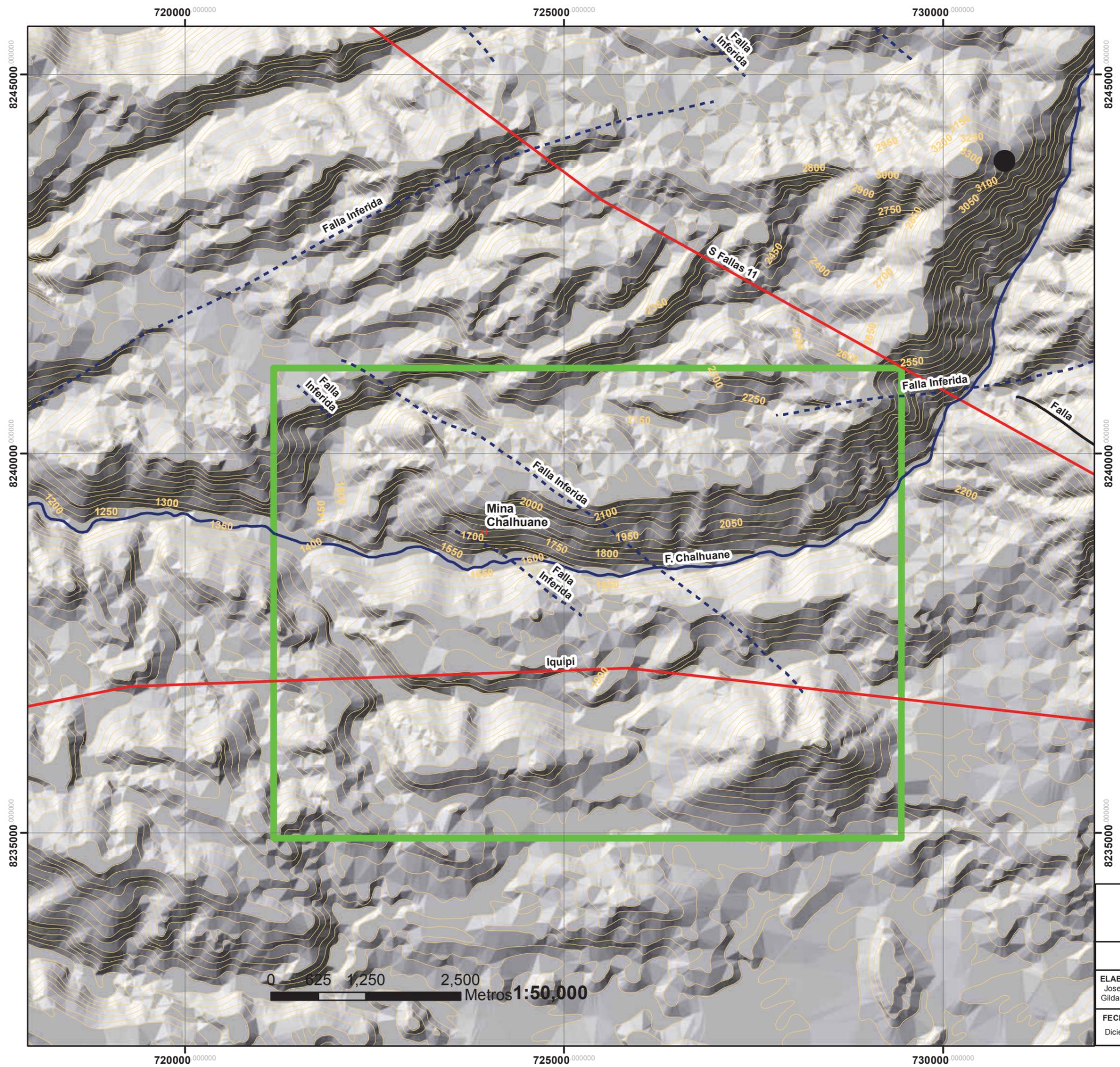
S.F. CINCHA – LLUTA – IMCAPUQUIO (CLI): con dirección NO – SE, atraviesa por el lado E de la zona de estudio.

S.F. 11: Este continúa la prolongación del S.F. CLI, los cuales a la vez son estructuras que separan grandes dominios estructurales.

Según lo analizado y observado en la zona de estudio las fallas regionales forman una zona de cierre, ocasionando así una zona de deformación y metamorfismo de bajo grado (metamorfismo local): la dirección de estas estructuras son de dirección andina NO – SE, y dirección O – E; formando en conjunto una zona de cierre, la que probablemente haya posibilitado la depositación de los minerales económicamente rentables, ello evidenciado por la presencia de varias minas que actualmente están laborando.

En la zona de estudio se ha inferido fallas regionales que atraviesan la zona de estudio las cuales no han sido estudiadas a detalle.

A continuación, se muestra el siguiente "Mapa Estructural Regional", donde se observan las estructuras regionales, recopiladas según información pre existente.



ESTRUCTURAS	
	Fallas Regionales
	Fallas Regionales Secundarias
	Fallas Regionales Inferidas
	Falla Chahuane
TOPOGRAFÍA	
	Curvas_nivel
SIMBOLOGÍA	
	Consección
	Mina Chahuane

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA			
<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA</b>			
ELABORADO POR: Jose L. Jordan Luna Gilda M. Merma Ayme		<b>MAPA ESTRUCTURAL REGIONAL</b>	
FECHA: Diciembre 2018	UTM: WGS84 - 18s	ESCALA 1:50,000	<b>N° 03</b>



## 2.6 GEOLOGÍA ECONÓMICA DEL BATOLITO DE LA COSTA: FRANJA NAZCA - OCOÑA

El tectonismo por efecto de la convergencia de las placas referidas en la orogénea del Cretácico Superior – Cenozoico Inferior dió lugar a la emersión de la Cordillera Occidental provocando el emplazamiento del Batolito de la Costa principalmente, cuyas soluciones residuales fueron ricas en Cu, Au-Cu, originando la provincia Metalogénica de Au-Cu del Batolito de la Costa en Nazca-Ocoña. El Batolito de la Costa es mayormente de composición intermedia a ácida, basándose en las características mineralógicas y geométricas, se han catalogado 7 tipos de depósitos minerales claramente relacionadas al magmatismo y los intrusivos del batolito. De estos 2 son volcanogénicos (IOCG) y los 5 restantes tienen una afinidad plutónica (ver Mapa Metalogénico), (Vidal C., 1980).

Los depósitos de afinidad volcanogénica (IOCG) se definen como capas con concentraciones de baritina, metales base y sulfatos, o cuerpos estratiformes de anfibolitas – pirita – calcopirita, ambos ocurrieron con predominancia de rocas volcánicas durante el cretácico medio – tardío (Santos, 2009).

Los depósitos de afinidad plutónica probablemente están mayormente asociados a los gabros tempranos que a los granitoides tardíos, y estos comprenden cuerpos y vetas irregulares de anfibolitas – magnetita – calcopirita. Los granitoides están asociados a vetas de cuarzo – especularita – calcopirita – (turmalina-k, feldespatos), skarns de calcopirita – molibdenita – schelita, vetas de cuarzo – carbonatos – pirita aurífera, zonas de Stockwork y diseminados de calcopirita – molibdeno – pirita – (cuarzo – sericita) del tipo pórfido de cobre (Santos, 2009).

Regionalmente estos distritos auríferos mesotermiales del Batolito de la Costa están relacionados a las Súper Unidades félsicas Linga, Incahuasi y Tiabaya, asociados a los pórfidos de Cu-Mo teniendo estos alguna vinculación con la mineralización de oro (Santos, 2009).

Para una adecuada comprensión de la distribución espacial, se comenzara a describir los principales yacimientos y ocurrencias del sector.

### Mina Ishihuinca

El depósito se ubica en el cerro de Sunihuilca, distrito y provincia de Caraveli región Arequipa. El yacimiento presenta estructuras de relleno, con mineralización de Au-Cu de origen hidrotermal, con texturas e relleno de fracturas y micro fisuras (Santos, 2009).

La mineralización supergénica se caracteriza por bornita, calcosita, digenita, covelita, malaquita, hematita y limonita. La mineralogía hipógena se observa oro nativo, pirita, calcopirita, arsenopirita, esfalerita, tetraedrita, cuarzo, calcita y esfena o titanita (Santos, 2009).

La pirita es el sulfuro predominante en la veta principal, ocurre diseminada irregularmente en el cuarzo, los cristales de pirita son euhedrales, subhedrales y anhedrales micro fracturas, siendo la pirita el receptáculo fundamental de Au en las estructuras (Santos, 2009).



### **Mina San Juan de Chorunga**

El depósito se ubica en el valle del mismo nombre, distrito de Río Grande, Provincia de Condesuyos, región Arequipa. El yacimiento presenta estructuras de relleno, con mineralización de oro, con texturas de relleno de fracturas y micro fracturas (Zuñiga, 2014).

La mineralización del oro se caracteriza por estar asociada principalmente a pirita, pirrotita fina o masiva asociada al cuarzo con venillas de propilitación.

### **Mina Buenos Aires**

El depósito se ubica en el distrito de Andaray, provincia de Condesuyos, región Arequipa. El yacimiento es de origen hidrotermal, del tipo relleno de grietas de ruptura (fallas) por fluidos magmáticos en rocas plutónicas de composición calco – alcalinas del Batolito de la Costa de la última fase de emplazamiento conocido como súper unidad Tiabaya.

El ensamble mineralógico es pirita, arsenopirita, calcopirita, pirrotita, cuarzo ahumado, lechoso, oro, con una fuerte alteración argílica y filica (Ccallo, 2016).

### **Mina Calpa**

Situada en el distrito de Atico, provincia de Caraveli, región Arequipa. La mineralización de Au (Ag-Cu) se ha emplazado en fracturas formando vetas de origen hidrotermal, facies mesotermal.

Las características mineralógicas en el nivel supergénico son calcosita, digenita, covelita, bornita, marcasita y limonita; nivel hipogeno oro nativo, calcopirita, pirita, galena, esfalerita, pirrotita, arsenopirita tetreadrita, boulangerita, esfena, sericita cuarzo y calcita, agrupando a minerales de mena, ganga y alteración (Santos, 2009).

### **Mina Posco**

Se ubica en la parte inferior de la quebrada Posco, entre los cerros Infiernillo y Cruz Blanca, en la margen derecha del río Ocoña, provincia de Condesuyos, región Arequipa. (Santos, 2009).

Depósitos vetiforme de Au – Cu – (Au) de origen hidrotermal, facies hipotermal superior a mesotermal. La mineralización hipógena está dada por cuarzo, esfena o titanita, pirita, oro nativo, electrum, nagyajita, pirrotita, calcopirita, bismutinita, esfalerita (con exsoluciones de calcopirita), galena, tetraedrita, calcita, sericita, clorita y biotita hidrotermal; muestra ensambles de mena, ganga y alteración (Santos, 2009).

La pirita microfracturada es el principal receptáculo del Au nativo, la tonalidad del Au es variable desde amarillo, blanco amarillento hasta crema (Santos, 2009).

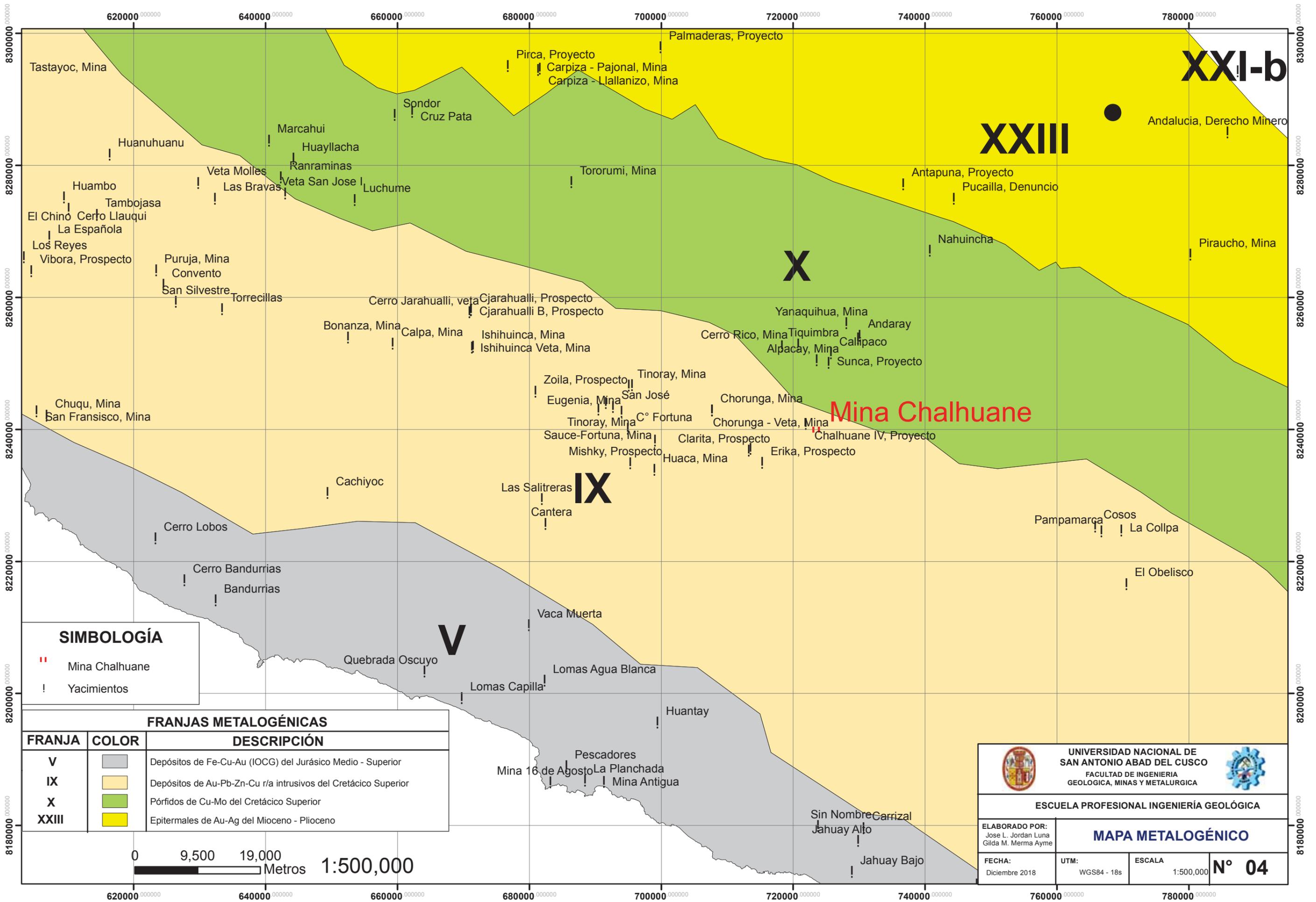
De lo expuesto, la Franja Metalogénica IX, Yacimientos Mesotermales de Au-Pb-Zn del Cretácico Superior, está relacionada a la presencia del Au en vetas de cuarzo, acompañadas por pirita diseminada, con contenidos menores de calcopirita, galena, esfalerita, calcita, este último a manera superficial, ligados directamente a rocas intrusivas del Cretácico Superior, esto en el sector Nazca - Palpa. Las alteraciones hidrotermales son sericitica a filica, inmediatamente al lado de la estructura (Veta Santa Rosa), argílica (veta Sangre de Toro) y cloritica a propilitica (veta El Viento) en halos más externos (Injoque y Aranda, 2005).



Con respecto a la profundización de las vetas, se considera que en el sector de Caravelí, vetas como Ishuinca, Calpa, Posco, San Juan de Chorunga, profundizan casi hasta un kilómetro, con mineralización y leyes persistentes, (De Montreuil, 1987). Según lo expuesto también se estimaría que las Vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento también profundizarían alrededor de un kilómetro aproximadamente.

La mineralización de Au-Pb-Zn-Cu es considerada siempre como típica del Batolito de la Costa y aunque se presenta asociada a casi todas las súper unidades, aparecen preferentemente vinculadas con las unidades félsicas de Tiabaya e Incahuasi. (Injoque et al., 2002). Esta mineralización no es típica en las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento; siendo estas vetas auríferas, ligadas a las Súper Unidades del segmento de Arequipa, del Batolito de la Costa.

A continuación se muestra "Mapa Metalogénico", franja IX, Yacimientos Mesotermales de Au-Pb-Zn del Cretácico Superior, propuesto y modificado la Sociedad Geológica del Perú. 2009, el cual se describe líneas arriba.



**SIMBOLOGÍA**

- Mina Chaluane
- ! Yacimientos

**FRANJAS METALOGÉNICAS**

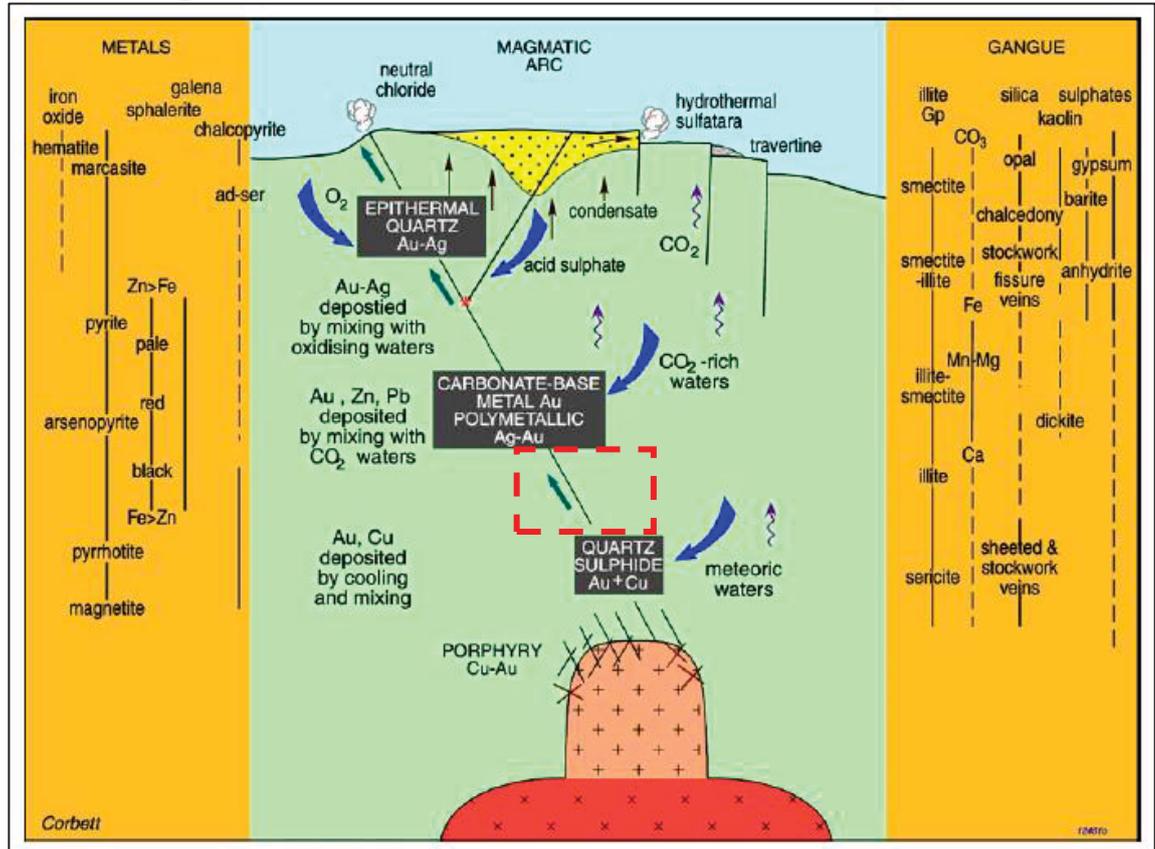
FRANJA	COLOR	DESCRIPCIÓN
V	■	Depósitos de Fe-Cu-Au (IOCG) del Jurásico Medio - Superior
IX	■	Depósitos de Au-Pb-Zn-Cu r/a intrusivos del Cretácico Superior
X	■	Pórfidos de Cu-Mo del Cretácico Superior
XXIII	■	Epitermales de Au-Ag del Mioceno - Plioceno

0 9,500 19,000 Metros 1:500,000

 <p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA</p>			
<b>ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA GEOLOGICA</b>			
ELABORADO POR: Jose L. Jordan Luna Gilda M. Merma Ayme		<b>MAPA METALOGÉNICO</b>	
FECHA: Diciembre 2018	UTM: WGS84 - 18s	ESCALA 1:500,000	<b>N° 04</b>



Figura N° 3: Modelo esquemático de la transición de niveles hipotermales – mesotermales. Epitermales, mostrando ensambles de mineralización y alteración.



Fuente: Cobertt and Leach 1997

Según el esquemático de la transición de niveles hipotermales – mesotermales y epitermales, mostrando ensambles de mineralización y alteración (Cobertt and Leach 1997), nos muestra la distribución vertical de la mineralización asociada al oro.

Para nuestro caso las Vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento, están conectados a un intrusivo, el cual corresponde a la Súper Unidad de Inchahuasi, intruyendo y fracturando a la Super Unidad de Patap.

En la figura N° 3, muestra ubicación espacial, está marcada por el recuadro punteado de color rojo; según se puede apreciar, la posición nos indica un ambiente dúctil, el cual es evidente en las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento; así mismo las asociaciones mineralógicas como la pirita, pirrotita, calcopirita, +/-esfalerita, son los minerales que están ligadas directamente a la presencia del oro, siendo este el mineral económico el que está en producción actualmente; pero no se descarta en profundidad la presencia de un Pórfido ligado a la mineralización de Au – Cu, tal y como se ha podido apreciar en los trabajos de exploración en profundidad.



## CAPÍTULO III

### CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1 GEOMORFOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO

##### 3.1.1 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

La zona de estudio, se caracteriza por tener relieve abrupto, formado por las elevaciones de los cerros Chaluane, Antane y Esperanza, los cuales evidencian el modelamiento de la superficie bastante fuerte, el cual ha formado fuertes incisiones denominadas quebradas profundas en forma de V, de laderas fuertemente elevadas cuyas pendientes van 45° a 60° y ocasionalmente en algunos sectores son escarpas (ver mapa Geomorfológico Local).

##### 3.1.1.1 Cerros Intrusivos

Son elevaciones moderadas con una superficie algo cóncava, con escasa vegetación, típico de las zonas costeras. Es predominante en toda la zona de estudio, constituido principalmente por rocas intrusivas pertenecientes a la Súper Unidad Incahuasi, Patap, Linga.

De lo anterior, se puede decir que gracias a la resistencia de los materiales, las labores en interior mina son relativamente estables, salvo en zonas donde las fallas han tenido fuertes movimientos.

##### 3.1.1.2 Quebradas Coluviales en V

Corresponde a la parte más profunda de la zona de estudio, el cual está atravesado por el río Chaluane, el cual ocasionalmente sufre grandes avenidas durante los periodos de lluvia, generando huaycos. En los alrededores del río Chaluane los terrenos de cultivo son bastante fértiles y productivos. Debido a que los materiales fragmentados no sufren mucho transporte estos son angulosos y el suelo generado es fértil.

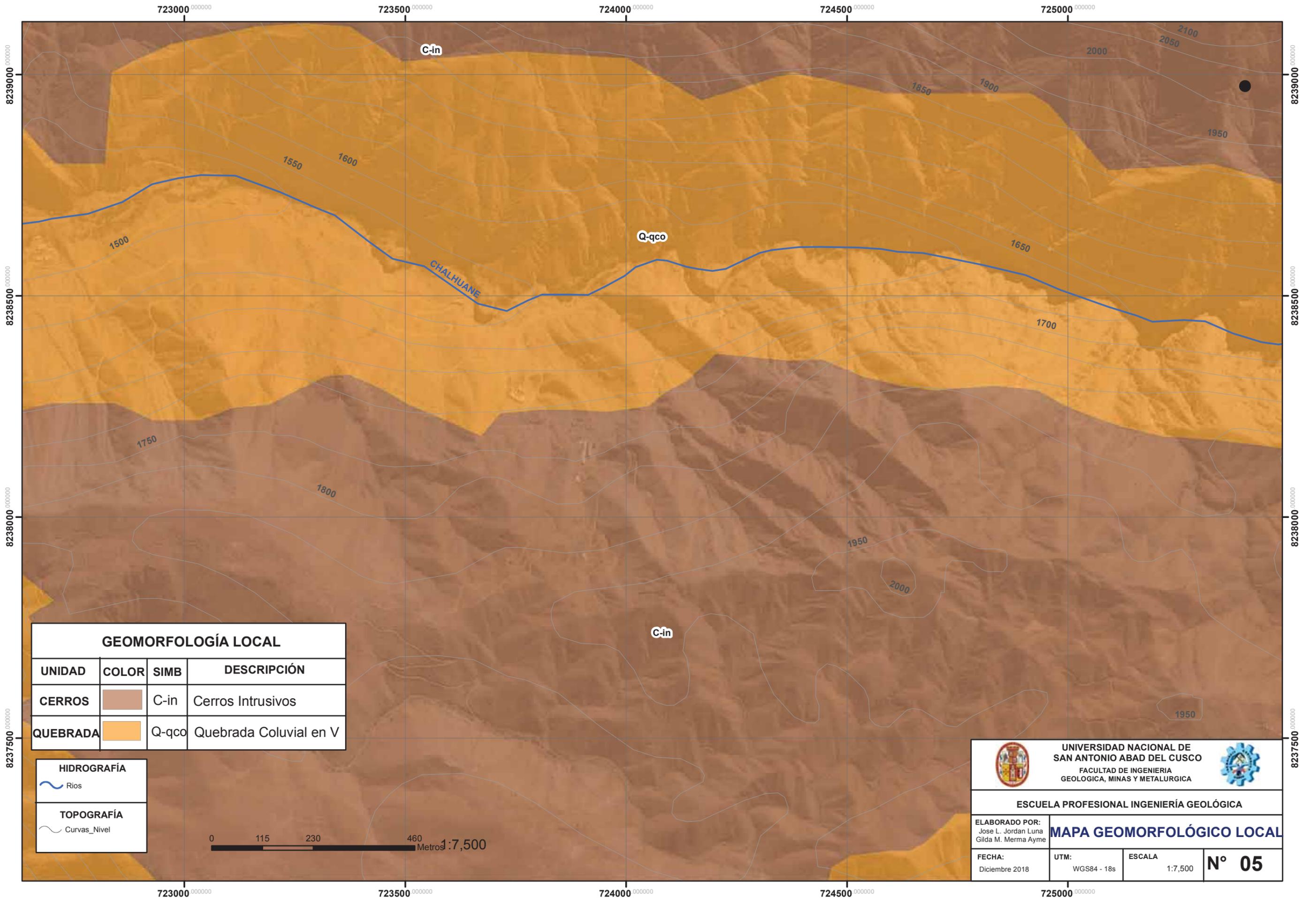


Imagen N° 1: Quebradas en V, río Chaluane, vista hacia el NO.



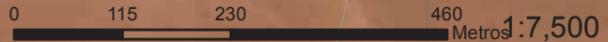
Fuente: Marcial Choque

En la imagen N° 1, se puede apreciar que en el fondo de la quebrada se tiene terrenos de cultivo, así mismo como el río Chaluane que atraviesa dicha quebrada. Las laderas fuertemente inclinadas evidencian la resistencia de los materiales resistentes a la erosión.



GEOMORFOLOGÍA LOCAL			
UNIDAD	COLOR	SIMB	DESCRIPCIÓN
CERROS		C-in	Cerros Intrusivos
QUEBRADA		Q-qco	Quebrada Coluvial en V

HIDROGRAFÍA	
	Rios
TOPOGRAFÍA	
	Curvas_Nivel



 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA			
<b>ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA GEOLÓGICA</b>			
ELABORADO POR: Jose L. Jordan Luna Gilda M. Merma Ayme		<b>MAPA GEOMORFOLÓGICO LOCAL</b>	
FECHA: Diciembre 2018	UTM: WGS84 - 18s	ESCALA: 1:7,500	<b>N° 05</b>



## 3.2 GEOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO

En el área de estudio se han identificado rocas intrusivas, rocas volcánicas, que son de edades del Jurásico superior al cenozoico, seguidas de depósitos cuaternarios erosionados. Con respecto a las estructuras estas tienen dirección NO – SE, conectados con la falla geológica Chaluane y las fallas de escala regional Sistema 11 e Iquipi; para la escala de trabajo, se consideran a estructuras locales como las fallas que desplazaron dextralmente a las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento, así como las fallas que craquelaron y deformaron ligeramente las vetas, razón por la cual se les denomina veta-falla.

### 3.2.1 GEOLOGÍA LOCAL

La litoestratigrafía está definida por los intrusivos emplazados durante el Cretácico Superior, así como depósitos cuaternarios que reflejan los últimos eventos acontecidos, las cuales están definidas en el área de estudio (ver mapa Geológico Local).

#### LITO ESTRATIGRAFIA

##### 3.2.1.1.1 Formación Sencca (Plioceno medio: Plm-se)

Esta formación aflora en los alrededores de la zona de estudio, y diferenciándose claramente de los intrusivos, pues este tiene una geoforma muy definida a modo de mesetas. Según se ha observado está compuesta por tobas dacíticas, con una coloración típica amarillento a marrón; así se puede observar una notable influencia supergénica.

#### Imagen N° 2: Formación Sencca, ubicadas en el lado NO de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia

En la imagen N° 2, el polígono de color amarillo, indica las zonas donde aflora la Formación Sencca, se puede apreciar claramente que forma una pequeña meseta, la cual se diferencia claramente de las rocas intrusivas que afloran en la zona de estudio. Esta formación no tiene gran influencia en la mineralización, mas solamente una influencia supérgena muy local, evidente en la veta Sangre de Toro, debido a su naturaleza volcánica y composición esta formación es reactiva,



razón por la cual tiene una influencia supérgena en la veta Sangre de Toro, como ya se había mencionado anteriormente.

### 3.2.1.2 MAGMATISMO

#### 3.2.1.2.1 Super Unidad Patap (Ks-pt/di)

Esta unidad aflora en toda la unidad minera, siendo albergante o roca huésped para la mineralización de las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento; la cual está compuesta por feno cristales de hornblenda y piroxenos, así mismo contiene plagioclasas y cuarzo.

Así mismo está súper unidad presenta un metamorfismo local de bajo grado, que solo ha re cristalizado los componentes de la diorita, denominándolo, así como metadiorita, con una coloración verde oscura.

**Imagen N° 3: Roca Intrusiva metadiorita, que corresponde a la roca caja de la veta El Viento, corresponde a una Galería del Nivel 1755.**



Fuente: Elaboración propia

En la imagen N° 3, se puede apreciar la roca caja metadiorita, el cual es producto del metamorfismo de contacto entre las Súper Unidades Patap e Incahuasi, notese además las venillas de cuarzo que evidencian el proceso metamórfico y estructural. A simple vista no se puede apreciar los cristales, pues debido al proceso sometido, este es de grano fino y ligeramente deformado.

#### 3.2.1.2.2 Super Unidad de Incahuasi (Ks-mzg-in)

Así mismo se ha podido observar en la zona de estudio se ha podido identificar unidades intrusivas de composición granítica, siendo notable la presencia de fenocristales de plagioclasas; se ha podido observar cristales de hornblenda con ligera alteración a epidota, ocasionando ello que tenga una transición a monzogranito, esto implicaría una notable reacción de la roca madre frente



a un fluido hidrotermal. Esta unidad intruye a las rocas que corresponden al intrusivo de la Súper Unidad Patap.

**Imagen N° 4: Contacto entre intrusivos dioríticos y granodioríticos de la Súper Unidad Patap, y monzogranitos a granitos de la súper Unidad Incahuasi.**



Fuente: Elaboración propia

En la imagen N° 4, se puede apreciar los intrusivos de la Súper Unidad Incahuasi y Patap, en las cuales se han emplazado las vetas auríferas Sangre de Toro, Santa Rosa y el Viento.

### 3.2.1.2.3 Diques Intrusivos

Estos diques, atraviesan a todas las unidades intrusivas de la zona; dichos diques tienen una composición ácida, con fenocristales de plagioclasas y biotita, indicando una alteración potásica, así mismo presenta anfíboles con moderada a poca alteración a epidota, dichos diques son de composición diorítica.

Así mismo se ha podido observar otros cuerpos pequeños intrusivos cuya composición son graníticos, esto debido a la coloración que presentan blanco rojizo, producto de la alteración de las plagioclasas que son abundantes; al cual se le denomina como diques aplíticos.

En algunos casos estos diques perturban la mineralización del oro, pues estos al ser tardíos o post minerales, disminuyen la concentración del oro en las vetas; debido a que los diques aplíticos son productos de un fluido de altas temperaturas y de enfriamiento rápido, lo que ha posibilitado la migración y re flujo de los minerales depositados en las vetas. En mención de lo anterior, en las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento, se ha apreciado que por la presencia de los mencionados diques, las leyes de concentración del oro caen fuertemente, de ahí se interpreta que estos cuerpos disminuyen la concentración aurífera.



**Imagen N° 5: Afloramiento de diques aplíticos hacia el SO de la zona de estudio, presentan notable coloración de óxidos.**



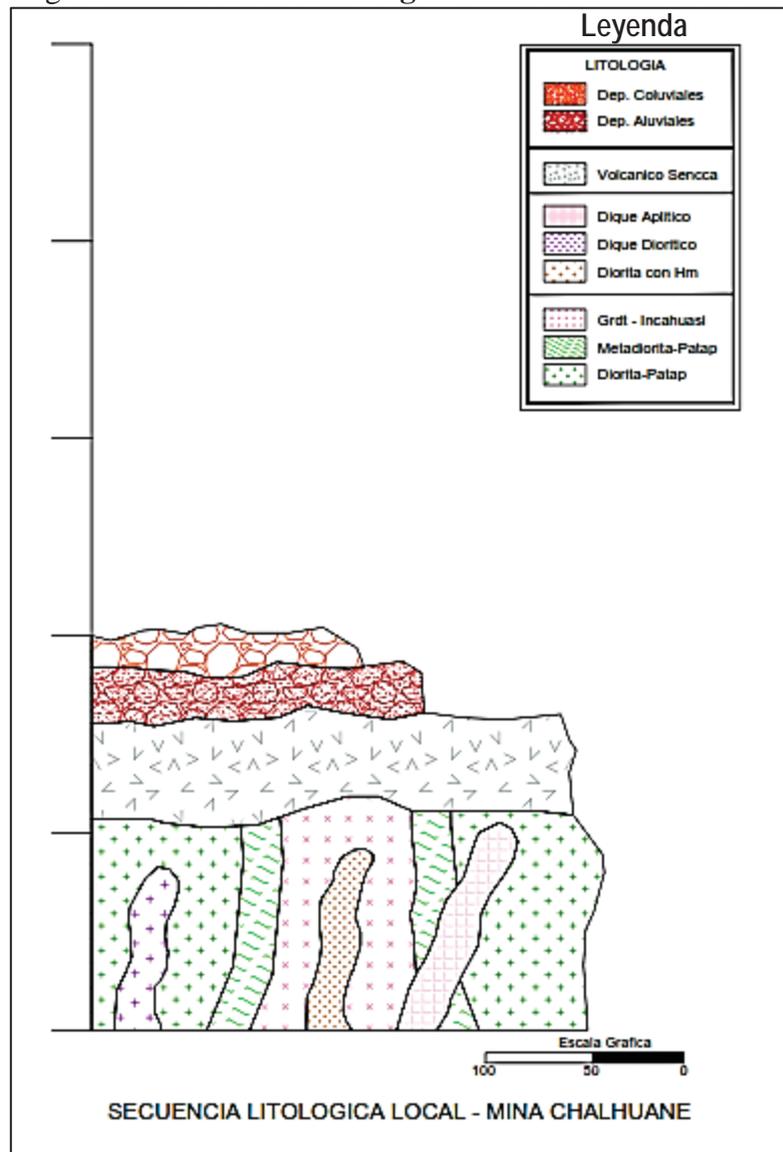
Fuente: Elaboración propia

En la imagen N° 5, se puede apreciar como es que los diques atraviesan las rocas ígneas pertenecientes a la Súper Unidad Incahuasi. Con respecto a los diques estos varían de grano grueso euhedrales a subhedrales de grano fino, evidencias de una gradiente térmica muy fuerte.

A continuación, se muestra la secuencia litológica de la zona de estudio, la cual muestra a modo de gráfico las unidades litológicas identificadas en la zona de estudio.

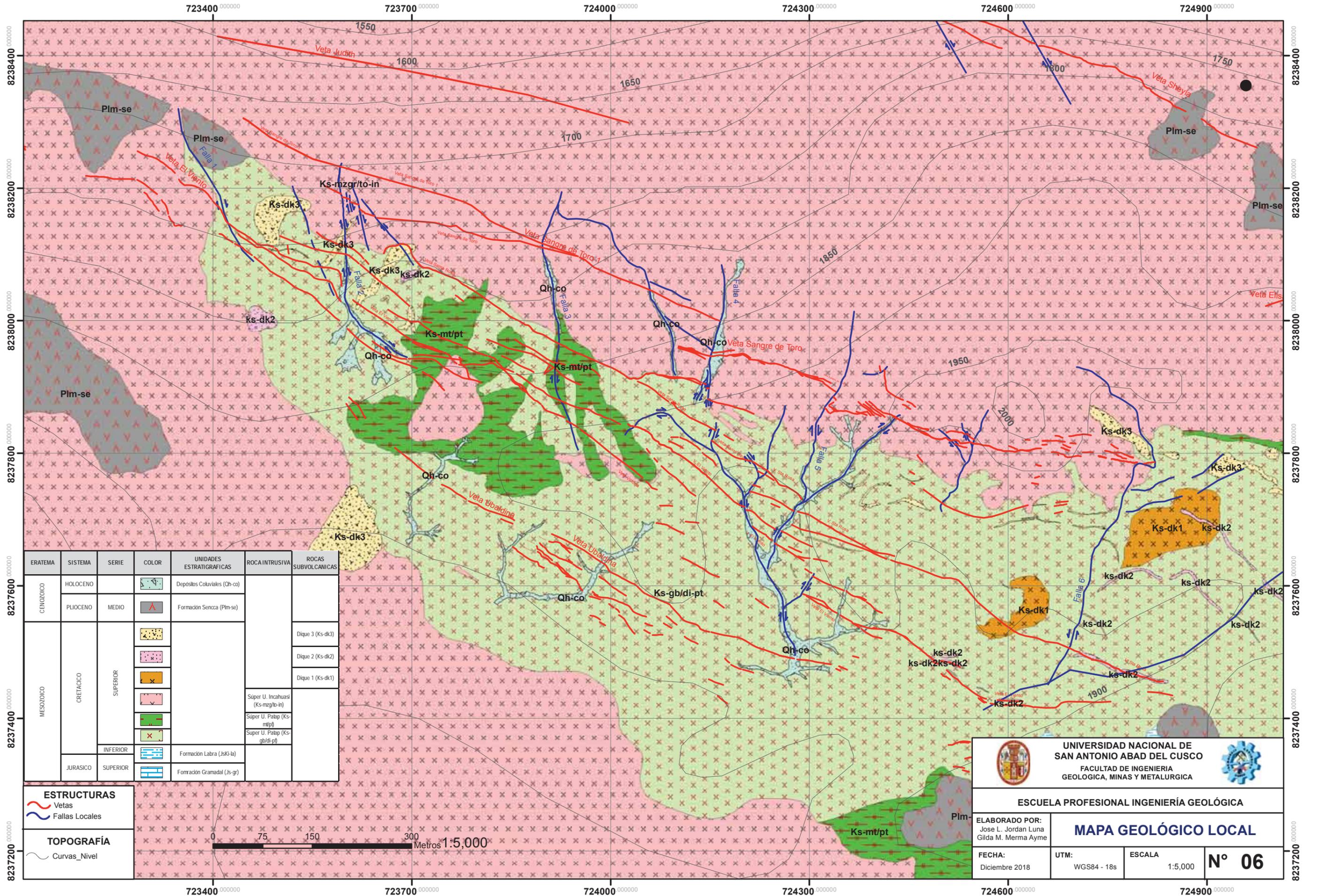


Figura N° 4. Secuencia litológica local de la mina Chaluane



Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 4, se puede apreciar como es que los diques han intruido en las Súper Unidades Patap e Incahuasi, estos últimos diques corresponden a un último pulso magmático de composición intermedia a ácida. Se puede apreciar también que en el contacto entre los intrusivos de las Súper Unidades Patap e Incahuasi se observa la metadiorita, producto de la interacción entre las unidades antes mencionadas.



ERATEMA	SISTEMA	SERIE	COLOR	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	ROCA INTRUSIVA	ROCAS SUBVOLCANICAS
CENOZOICO	HOLOCENO			Depositos Coluviales (Qh-co)		
	PLIOCENO	MEDIO		Formación Sencca (P1m-se)		
MESOZOICO	CRETACICO	SUPERIOR				Dique 3 (Ks-dk3)
						Dique 2 (Ks-dk2)
						Dique 1 (Ks-dk1)
					Super U. Incahuasi (Ks-mzgr/to-in)	
				Super U. Patap (Ks-mt/pt)		
				Super U. Patap (Ks-gb/di-pt)		
JURASICO	SUPERIOR			Formación Labra (Js-lb)		
				Formación Gramadal (Js-gr)		

**ESTRUCTURAS**  
 Vetas  
 Fallas Locales

**TOPOGRAFÍA**  
 Curvas\_Nivel



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA

ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA GEOLOGICA

ELABORADO POR:  
 Jose L. Jordan Luna  
 Gilda M. Merma Ayme

**MAPA GEOLOGICO LOCAL**

FECHA:  
 Diciembre 2018

UTM:  
 WGS84 - 18s

ESCALA  
 1:5,000

**N° 06**

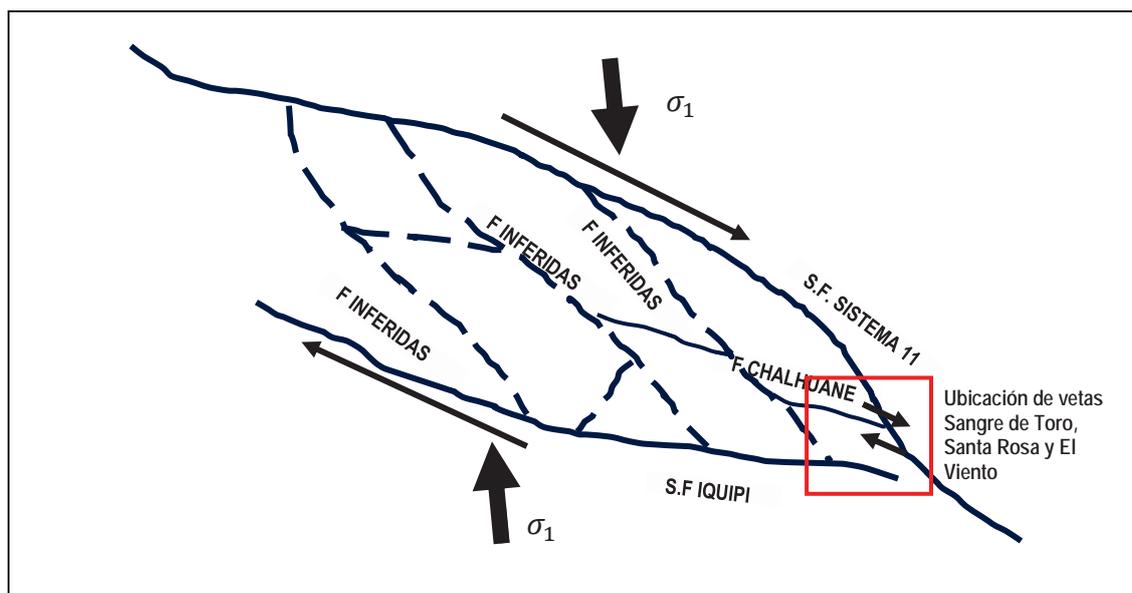


Según se ha podido observar superficialmente, se puede enunciar que la roca caja corresponde a las unidades de la súper unidad intrusiva Patap y que este ha sufrido un metamorfismo local de bajo grado producto de la interacción con las unidades intrusivas del Incahuasi; así mismo la mineralización ha sido producto de este último intrusivo (Incahuasi), y perturbado por las últimas pulsaciones magmáticas que afloran e irrumpen como diques de lento enfriamiento (dioritas fracturadas y alteradas) y aplitas (rápido enfriamiento).

### 3.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

Desde un punto de vista estructural, las fallas que han generado los ambientes propicios (zona de cierre) para la generación de las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento son las fallas regionales Sistema de Fallas Iquipi y el Sistema 11, a ello se suma la falla local de orden inferior inmediato que ha influido en la disposición actual de las vetas, nos referimos a la Falla Chaluane, la cual atraviesa el río del mismo nombre, esto al norte de las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento. De lo enunado las fallas mencionadas generaron las trampas estructurales que favorecieron y controlaron el emplazamiento de las vetas en estudio (ver figura N° 5).

Figura N° 5. Esquema idealizado a escala regional de la configuración estructural concerniente al área de estudio.



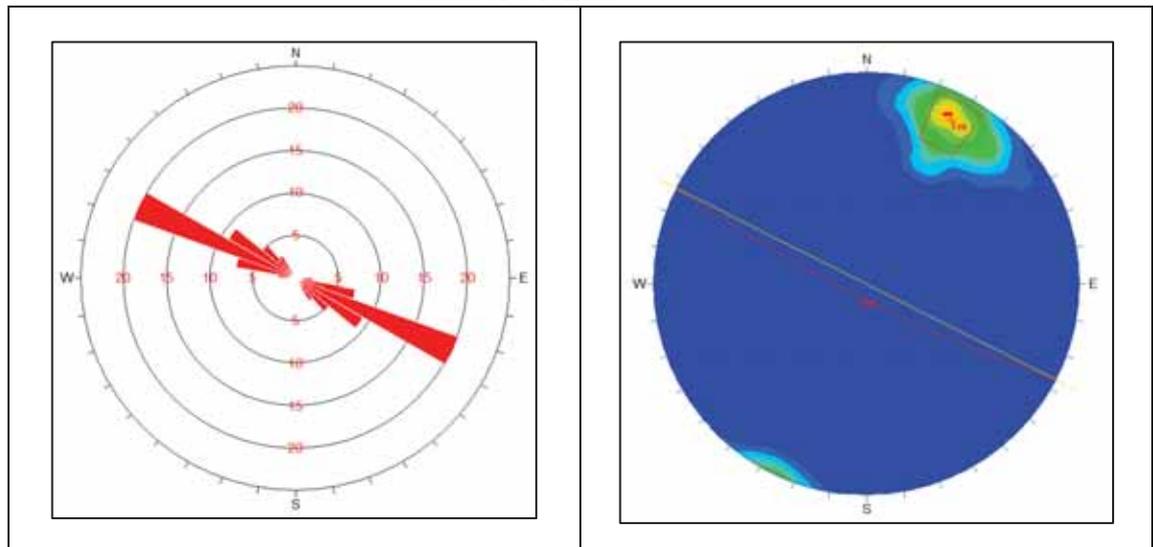
Fuente: Elaboración propia



### Veta El Viento

Una de las de las vetas de mayor persistencia y mayor profundidad, muestra tendencia NO-SE, con un buzamiento  $79^{\circ}\text{SO}$  y ocasionalmente en algunas flexiones que buzanan al NE, las potencias de esta veta varían de 0.20 a 0.30 metros.

Figura N° 6: **Izquierda, diagrama de rosetas. Derecha diagrama de contornos de polos.**  
**Veta el Viento.**



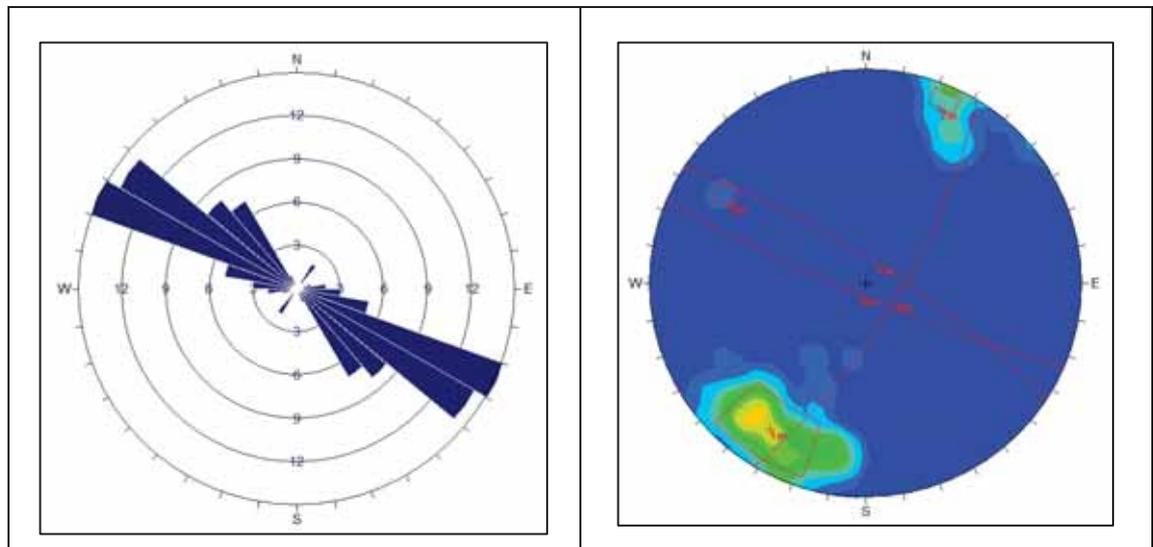
Fuente: Dips 5.0

En la figura N° 6, a la izquierda, diagrama de rosetas muestra la clara tendencia de  $\text{N}50^{\circ}\text{-}70^{\circ}\text{O}$  de las estructuras mineralizadas, la cual concuerda con la dirección andina, y guarda relación con la Falla Chaluane, la cual a su vez forma parte de la zona de cierre Sistema 11 - IQUIPI. Derecha diagrama de contornos de los polos nos indica la tendencia de las estructuras mineralizadas NO-SE y su clara tendencia de buzamiento hacia el SO, corresponde a la veta el Viento.

En la figura N° 7, se puede apreciar la influencia de las fallas sobre la veta El Viento, las que se encargaron de desplazarla y perturbarla; también se ha podido observar que en ocasiones la concentración del metal económico se encuentra diseminado en el panizo de falla, esto como consecuencia de la magnitud e intensidad de la falla. Se puede apreciar en el lado izquierdo, diagrama de rosetas, muestra la tendencia de las fallas con rumbo  $\text{N}60^{\circ}\text{-}80^{\circ}\text{O}$ , y algunas tensionales  $\text{N}30^{\circ}\text{-}40^{\circ}\text{E}$ . Derecha, diagrama de contornos de polos, corroboras las tendencias en del buzamiento hacia el NE, la cual representa a las flexiones que sufre la falla, esta flexión indica en ocasiones la apertura o aumento de potencia de veta y en ocasiones estrangula la veta, de ahí la importancia de estas flexiones, pero con una ligera tendencia en su buzamiento que es hacia el NO opuesto a la veta El Viento. Son fallas post mineralización.



Figura N° 7: Izquierda, diagrama de rosetas. Derecha, diagrama de contornos de polos. Son fallas post mineralización.



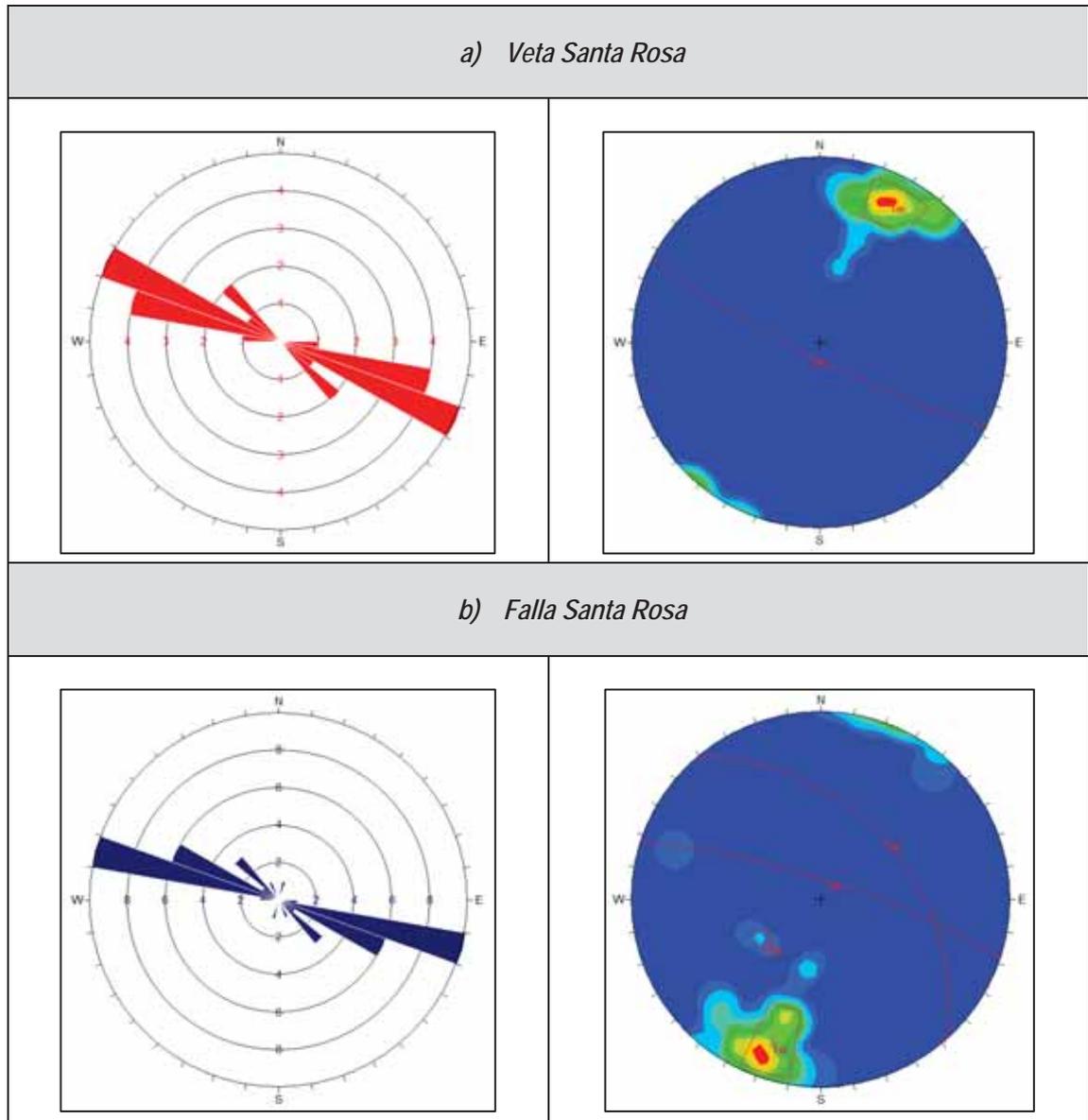
Fuente: Dips 5.0

### Veta Santa Rosa

Esta veta es la que menos profundiza, con una clara tendencia en su rumbo NO-SE, buzamientos  $77^{\circ}$ SO y felxiones de  $78^{\circ}$ NE, con una potencia que varías en 0.15 a 0.25 metros. Esta veta tiene una marcada alteración filica, que persiste a lo largo de toda la veta, diferenciándola de las otras vetas, según lo que se ha ido explicando en capítulos anteriores, esta sería la segunda veta en precipitar.



Figura N° 8: En a) Izquierda Superior, diagrama de rosetas. Derecha Superior, diagrama de contornos de polos; veta Santa Rosa. En b) Izquierda Inferior, diagrama de rosetas. Derecha Inferior, diagrama de contornos de polos. Son fallas post mineralización.



Fuente: Dips 5.0

En la figura N° 8, en a) Izquierda Superior, diagrama de rosetas, muestra la tendencia de la veta Santa Rosa con rumbo N70°-80°O, la cual guarda relación con la veta Sangre de Toro y El Viento. Derecha Superior, diagrama de contornos de puntos nos indica la tendencia de las estructuras mineralizadas NO-SE, lo cual se corrobora con el diagrama de rosetas. En b) Izquierda Inferior, diagrama de rosetas, muestra la tendencia de la falla post mineralización con rumbo N80°-90°O, evidencia clara que esta falla ha afectado directamente a la veta Santa Rosa. Derecha Inferior, diagrama de contornos de polos, se puede apreciar que esta falla tiene el mismo rumbo, pero con un buzamiento contrario, el cual es evidencia flexiones y ello conlleva generar zonas de apertura y ocasionalmente zonas de cierre y desplazamiento vertical. Son fallas post mineralización.



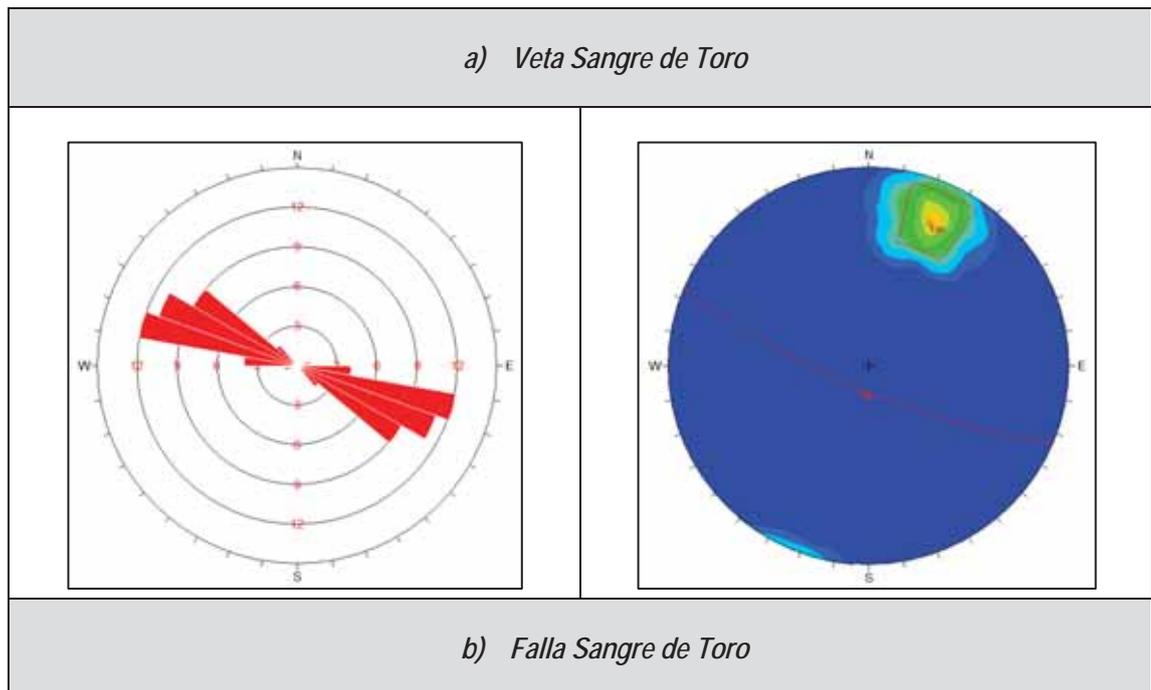
Con respecto a la tendencia de la falla, esta deforma, la cual se encarga de desplazar y perturbar; se repite la tendencia de las fallas tensionales semejante a la veta El Viento, las cuales indican flexiones de gran importancia en las fallas principales; con respecto a su geometría esta aparentemente corresponde a la zona de cierre de un sistema de falla dextral, razón por la cual esta veta no tiene profundidad aparentemente.

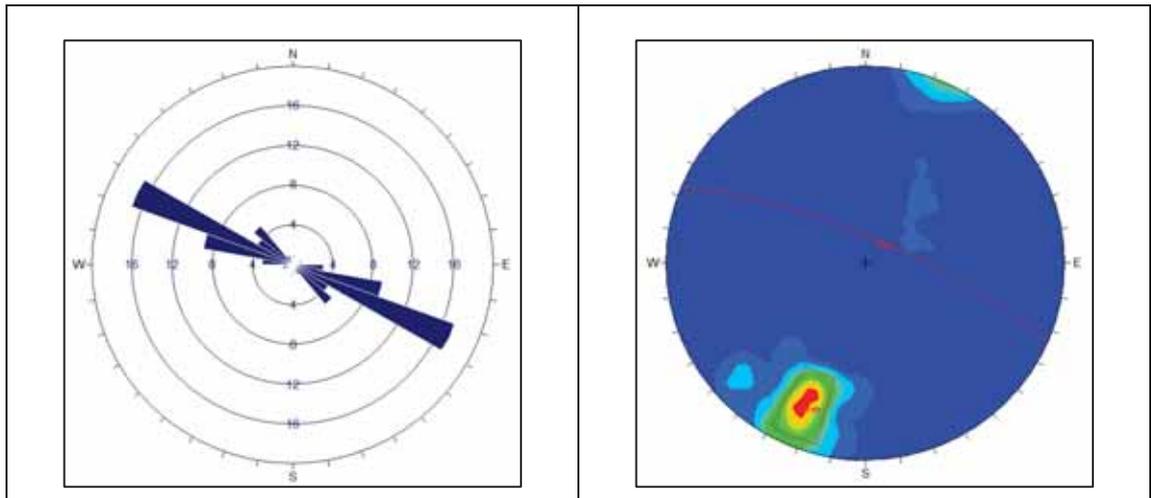
### Veta Sangre de Toro

Esta veta tiene una particularidad la cual de ahí viene su nombre, pues está dominada por limonitas y hematitas, razón por la cual tiene un color rojizo y de ahí su nombre. Esta es la tercera veta de gran persistencia en la zona de estudio; con buzamientos de  $75^{\circ}\text{SO}$  y otras flexiones de  $74^{\circ}\text{NE}$ , con potencia de 0.20 a 0.30 metros. La roca caja de esta veta es bastante inestable por la alteración (Argílica) que la afecta.

Esta veta hacia el Sureste, se ve bastante perturbada, denominándose a esta prolongación Sangre de Toro 2, comparten las mismas características mineralógicas y estructurales con la veta Sangre de Toro, pero con una fuerte perturbación, lo cual indicaría una fuerte actividad tectónica, lo cual coincide con la zona de cierre generado por las fallas regionales Sistema 11 e Iquipi.

Figura N° 9: En a) Izquierda Superior, diagrama de rosetas. Derecha Superior, diagrama de contornos de polos, veta Sangre de Toro. En b) Izquierda Inferior, diagrama de rosetas. Derecha Inferior, diagrama de contornos de polos, fallas post mineralización.





Fuente: Dips 5.0

En la figura N° 9, en a) Izquierda Superior, diagrama de rosetas, muestra la tendencia de la veta Sangre de Toro con rumbo N50°-80°O, el cual sigue manteniendo la misma tendencia que las vetas anteriores Santa Rosa y El Viento, esto evidencia la misma configuración y la conexión genética con la falla Chahuane. Derecha Superior, diagrama de contornos de polos nos indica el buzamiento local SO en cual coincide con las vetas Santa Rosa y El Viento. En b) Izquierda Inferior, diagrama de rosetas, muestra la tendencia de la falla post mineralización con rumbo N70°-80°O, falla que acompaña a la veta Sangre de Toro, la cual la deforma y perturba. Derecha Inferior, diagrama de contornos de polos, esta falla tiene el mismo rumbo pero con buzamiento inverso NE, ocasionando así que la veta Sangre de Toro se flexione y genere zonas de apertura y zonas de cierre. Son fallas post mineralización, así mismo también se puede observar fallas tensionales de rumbo NE-SO, estas a su vez desplazan horizontalmente a la veta Sangre de Toro.

Las fallas en la veta Sangre de Toro, definen una zona de apertura semejante al de la veta El Viento, así mismo se ha podido observar una pequeña presencia de fallas tensionales; estas fallas han permitido una mayor alteración, cuya coloración típica hace alusión al nombre del mismo. A continuación se describe las fallas y vetas identificadas a escala local en la zona de estudio.

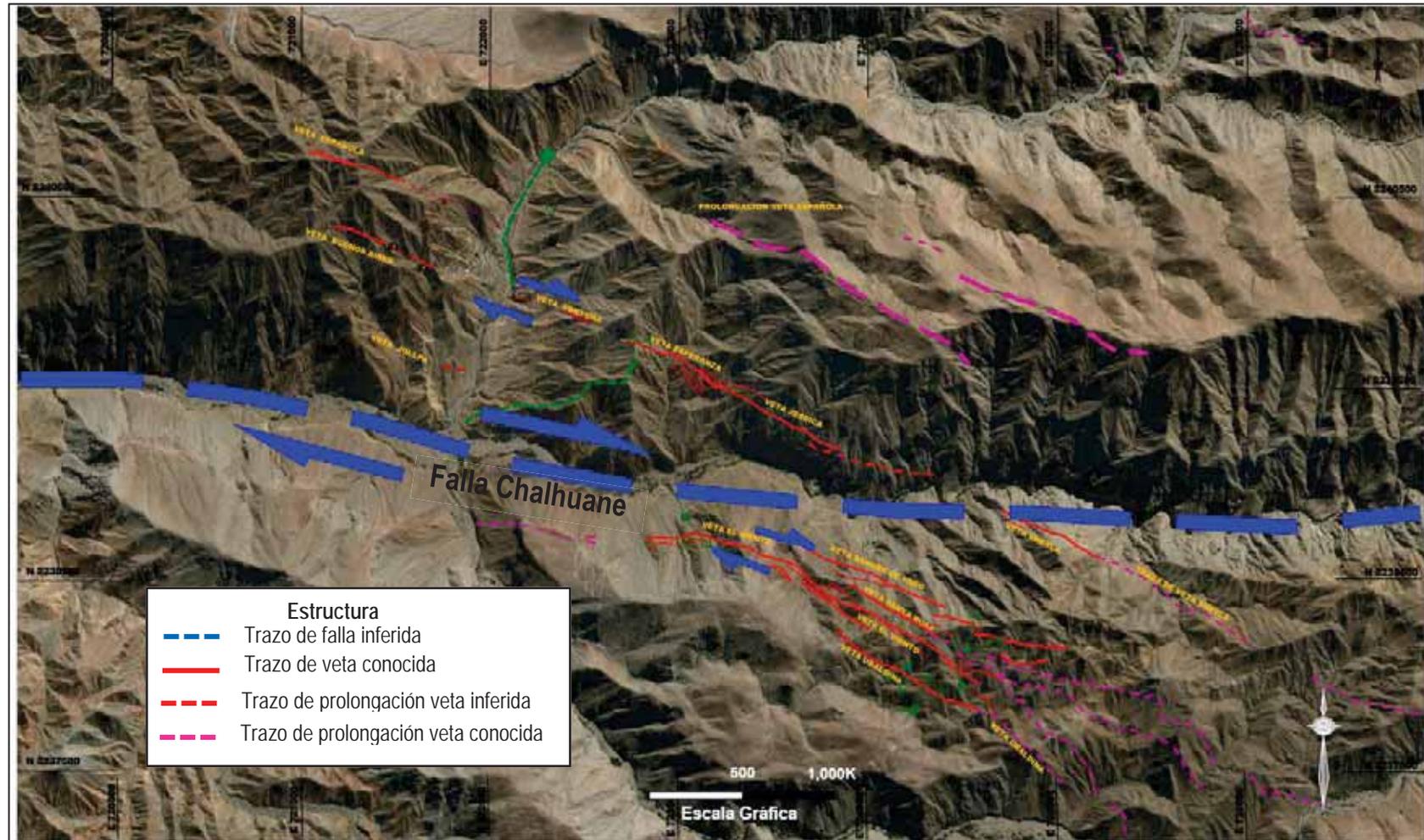
### Fallas de 1er Orden

#### Falla Chahuane

Esta falla se encuentra ubicada en la zona norte del afloramiento de las vetas El Viento, Santa Rosa y Sangre de Toro. Esta falla denominada Falla Chahuane, con rumbo S79°O, en la parte central; con una ligera flexión en el flanco oriental cuyo rumbo es S65°E, atraviesa el río del mismo nombre; se pudo observar y determinar que esta falla es de naturaleza Normal Dextral, evidenciado con el notable desplazamiento que se observa en la imagen satelital.



Figura N° 10: Imagen satelital de la zona de estudio, se aprecia Falla Chaluane.



Fuente: Elaboración propia



De la figura N° 10, se evidencia que las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento, son estructuras tensionales de la falla Chaluane, las primeras apreciaciones indican una clara estructura en "Cola de Caballo" de las tres vetas mencionadas, hacia el Norte se puede apreciar estructura que podría tener conexión con las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento. Con respecto a lo mencionado se corrobora que la falla Chaluane tiene un marcado movimiento dextral.

De los trabajos de exploración tanto superficial como subterráneo, se ha prologando la continuidad de las vetas hacia el SE; pero en el caso de la veta Sangre de Toro, este tiene mayor perturbación en su prolongación al SE.

### **Fallas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7**

Estas son fallas conjugadas las cuales desplazan perpendicularmente al trazo de veta, afectando a las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento con notables desplazamientos dextrales - inversos:

Falla 1 : N66°O / 57°NE (Inversa Dextral)

Falla que afecta directamente a la veta El viento, esto sucede en el extremo NO.

Falla 2 : N3°O / 69°NE (Inversa Dextral)

Es un conjunto de fallas que afectan directamente a las vetas Santa Rosa y El viento, esto sucede en el extremo NO, perturbando fuertemente a la veta El Viento.

Falla 3 : N7°O / 65°NE (Inversa Dextral)

Falla que afecta a las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento, así como a la roca caja (metadiorita).

Falla 4 : N3°E / 87°NO (Inversa Dextral)

Afecta fuertemente a la veta Sangre de Toro, ocasionando un desplazamiento de 50 metros hacia el SO; es en este tramo que la veta Sangre de Toro se presenta bastante perturbada.

Falla 5 : N15°E / 84°NO (Inversa Dextral)

Corta un lazo sigmoidal, en la parte intermedia de la veta Sangre de Toro, a escala local, esta es una clara evidencia del grado de perturbación que han sufrido las vetas en estudio.

Falla 6 : N23°E / 72°NE (Inversa Sinetral)

Esta falla aparentemente corta la continuidad de las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y el viento en el extremo SO.

De las fallas descritas, se puede interpretar que estas corresponden a un evento posterior a la formación de las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento, Según la interpretación estas estructuras corresponden a una última fase, denominada Fase IV.



El desplazamiento que generan estas fallas son del orden de 5 metros a 10 metros como en el caso de la veta Sangre de Toro; estos desplazamientos son horizontales.

Estas fallas se aprecian mejor en el "Mapa Geológico Local", ya que por la escala estas estructuras se pueden observar a mayor detalle en el mapa mencionado.

Las fallas que a continuación se describen toman el mismo nombre que las vetas en estudio, esto debido a que estas fallas afectan y perturban directamente a las vetas, tomando el mismo rumbo y el mismo buzamiento en ciertos tramos, pero también tienen buzamientos inversos, ello genera flexiones en las vetas, así como zonas de apertura y cierre. De ahí que las vetas adquieren la denominación de vetas-fallas.

### **Falla Sangre de Toro**

Esta estructura acompaña a la veta del mismo nombre y en conjunto con las fallas 4, 5 y 6 perturban fuertemente a la veta Sangre de Toro. La cinemática de esta falla es de tendencia normal dextral, siendo a su vez post mineral.

### **Falla Santa Rosa**

Esta falla deforma y estrangula la veta del mismo nombre, tiene un movimiento sinistral inverso, ha permitido una notable alteración filica en toda la veta, siendo esta la característica más resaltante, la potencia de esta falla es de 0.15 a 0.20 metros con panizo de color gris blanquesino, con presencia de sericita.

### **Falla EL Viento**

Esta es la falla que deforma y perturba la veta del mismo nombre, con un marcado movimiento dextral, siendo a su vez post mineral. El rumbo de esta falla es semejante al de la veta El Viento, con potencias de 0.10 a 0.15 metros acompañados de un panizo de coloración gris oscuro.



## CAPÍTULO IV

### PARAGÉNESIS

Como ya se había analizado en el acápite de "Geología Económica del Batolito de la Costa: Franja Nazca - Ocoña", la zona de estudio está dentro de la Franja Metalogénica IX: Depósitos Mesotermiales de Au-Pb-Zn-Cu relacionados a Intrusivos del Cretácico Superior; en la cual se concluyó que la zona de estudio es una zona aurífera, en vetas tipo rosario, emplazadas en rocas del Cretácico Superior. Teniendo como roca caja a la Súper Unidad Patap (diorita), roca intruyente Súper Unidad Incahuasi (granodiorita).

Entonces en función de lo mencionado líneas arriba, se puede inferir preliminarmente que la asociación mineralógica está ligada al cuarzo como fluido de transporte, a los sulfuros como catalizadores para la migración de los iones de Au; a ello se suma los controles litológicos, permiten que las reacciones geoquímicas se aceleren y generen o lo contrario; los controles estructurales generan trampas idóneas para la precipitación y flujo del fluido mineralizante. Todo este proceso conlleva a una secuencia mineralógica que describe dichos eventos, esto en función a su textura, forma, tamaño y cantidad.

A continuación se desarrolla el análisis macroscópico de estos eventos que dieron lugar a la acumulación y precipitación del oro, así como su concentración para que sea económicamente rentable.

#### 4.1 ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN

De lo observado en superficie e interior mina en diversas estructuras mineralizadas, se puede tener una idea general de la distribución espacial de la alteración y mineralización. Con respecto a la alteración se han reconocido las siguientes:

- Argílica, con presencia de hematita, limonita, cuarzo blanquecino, puntos pirita diseminada alterada, arcillas; esta alteración es dominante en la veta Sangre de toro, así como en las partes superficiales de manera muy baja en la veta El Viento. La presencia de hematita y limonita nos estaría indicando un enriquecimiento supergénico.
- Cloritización, con presencia de clorita, cuarzo hialino, pirita diseminada, limonita; esta alteración afecta principalmente a la veta El Viento, esto en niveles intermedios a inferiores.
- Fílica, con presencia de sericita, cuarzo hialino, pirita diseminada y limonita; esta alteración es moderada y persistente en la veta Santa Rosa.

De lo mencionado se interpreta lo siguiente:

La presencia de la limonita y hematita, es la que afecta a la primera fase, ligeramente a la segunda fase y muy escasamente a la tercera fase, de ahí las características y alteraciones marcadas en las vetas en estudio Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento respectivamente.

La veta más afectada por la argilización y oxidación es Sangre de Toro, obteniendo así una coloración rojiza muy típica, esto debido a la presencia de la hematita, limonita y jarosita, indicando ello una fuerte influencia supérgena; estos procesos de alteración tanto la argílica, como la



supérgena, inestabilizaron los iones de sulfuros como la pirita, calcopirita liberando así los iones de oro, de ahí que en esta veta se puede apreciar el oro de manera libre.

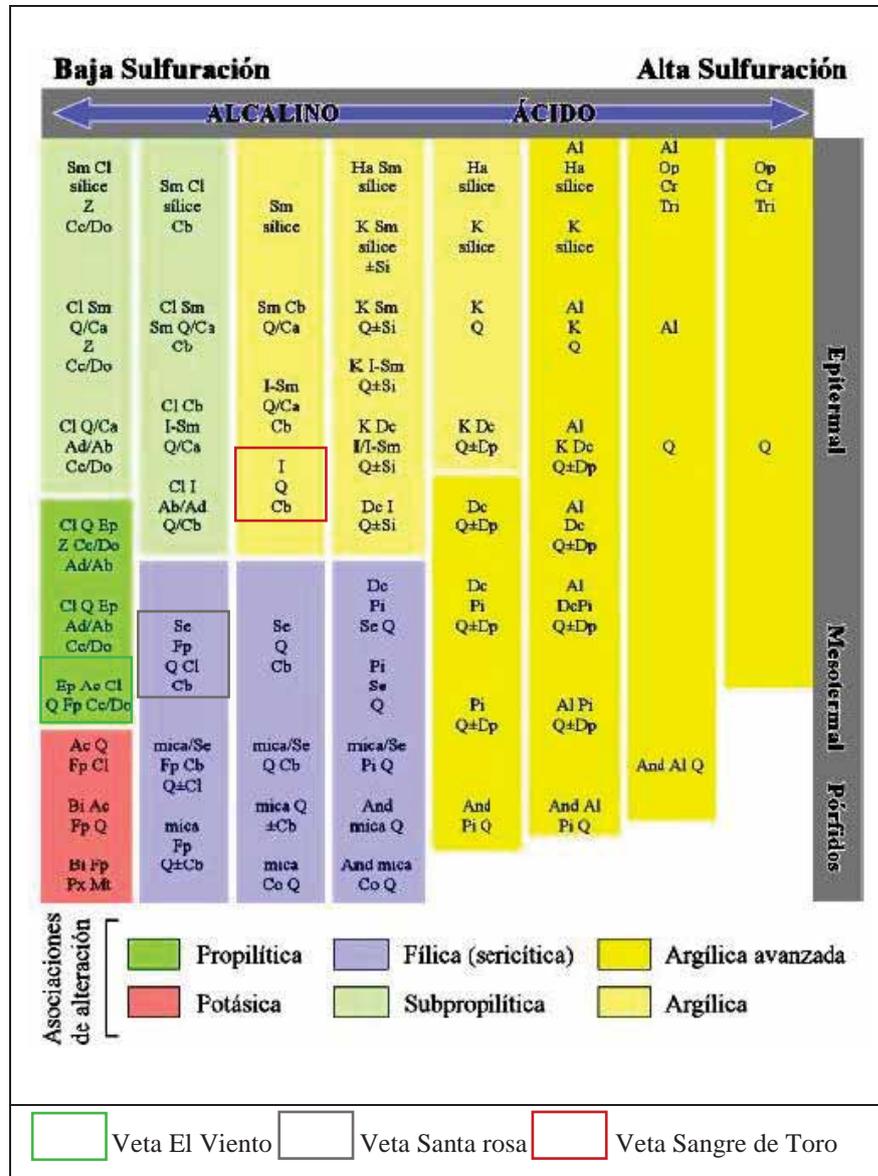
La veta que es afectada por una alteración filica y oxidación es Santa Rosa, visualizándose en niveles superiores sericita de brillo untuoso, acompañado de cuarzo, pirita y puntos de calcopirita. Esta veta corresponde a un segundo evento de mineralización cuya composición del fluido primario sería más alcalino, de ahí que esta veta tiene esas características.

La veta que se ve afectada por una alteración propilitica y oxidación es El Viento, visualizándose en niveles inferiores a intermedios presencia de clorita, calcita y trazas de epidota. Corresponde a una de las últimas pulsaciones y está menos afectada por los procesos supérgenos.

De los enunciados anteriores, la oxidación es producto de los procesos supérgenos, dando lugar a la presencia del oro libre, razón por la cual el proceso de recuperación es más efectivo y de ahí valores altos en leyes. Cabe mencionar que este proceso afecta a todas las vetas pero en diferente grado, posibilitando así la recuperación en menor costo y mayor volumen.



Figura N° 11: Esquema de la composición mineralógica de la alteraciones hidrotermales asociadas a la formación de depósitos minerales Epitermales, mesotermales y porfídicos, según el pH de las soluciones mineralizantes.



Fuente: Modificado y simplificado de Corbett y Leach, 1998

De la figura N° 11, se puede apreciar una idea más clara de la distribución y composición mineralógica de las vetas en mención, entonces podemos decir que la ubicación de las vetas, corresponden a un ambiente mesotermales relacionados a intrusivos, que en este caso corresponden al Batolito de la Costa.

La mineralización determinada varía según la ubicación, nivel de profundidad en las diversas estructuras, por esto se describirán las tres vetas más importante de la zona:



### Veta Sangre de Toro

Rumbo  $N50^{\circ} - 80^{\circ}O$ , buzamiento  $75^{\circ}SO$  y con flexiones de  $74^{\circ}NE$ , con potencias variables de 0.20 a 0.30 metros. Esta veta se encuentra emplazada en rocas granodioríticas y metadioríticas del Batolito de la Csta, tiene una particular coloración debido a la oxidación con la presencia de hematita y limonita, de ahí el nombre de Sangre de Toro.

Esta veta tiene una longitud aproximada de 550 metros, afectada por las fallas 4 y 5, las cuales hacen que los clavos mineralizados estén perturbados.

La mineralización que presenta es cuarzo blanquecino y en partes cuarzo con boxworks, pirita, puntos de calcopirita y oro libre en el cuarzo.

#### **Imagen N° 6: Veta de Sangre de Toro. Tajo 130 E-O, Nivel 1614.**

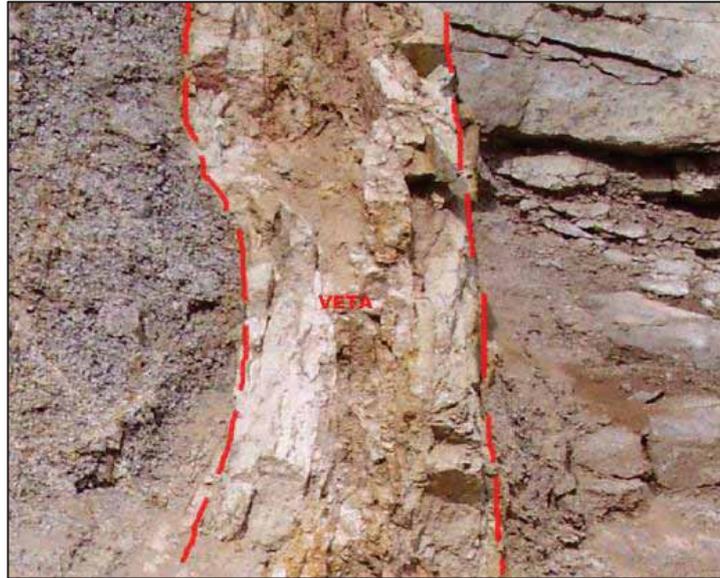


Fuente: Elaboración propia

De la imagen N° 6, se aprecia que la veta Sangre de Toro, es la primera en emplazarse, esto se interpreta en función a la alteración argílica y oxidación a la que ha sido expuesta, con notable perturbación en el extremo NE. Con respecto a la roca caja (S.U. Incahuasi - granodiorita) también se ve afectada por la oxidación.



**Imagen N° 7: Afloramiento de la veta Sangre de Toro con moderada alteración.**



Fuente: Marcial Choque

En la imagen N° 7, se aprecia un afloramiento en superficie, afectada por una fuerte alteración argílica e influencia supérgena, ello es evidenciada por la presencia de minerales arcilla de color blanco, así como óxidos de hierro producto de la influencia supérgena.

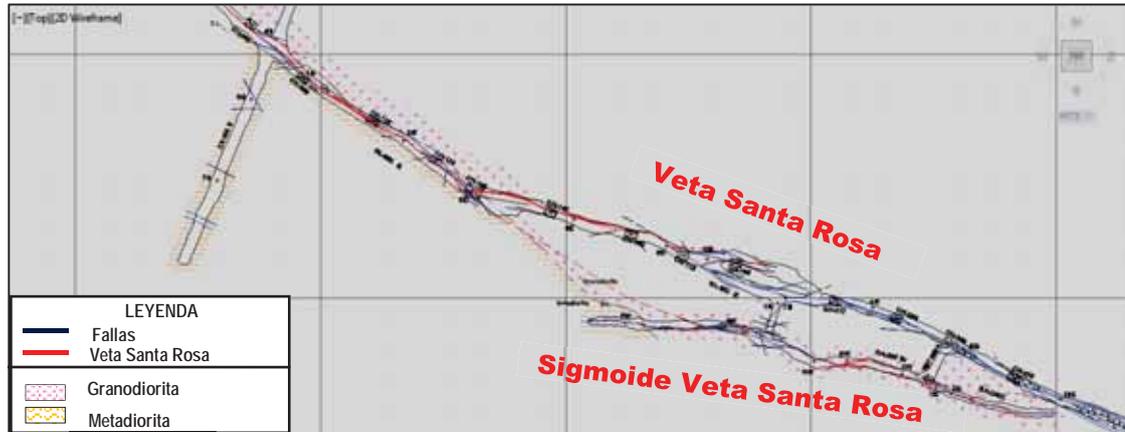
**Veta Santa Rosa**

La estructura tiene un rumbo de  $N70^{\circ}-80^{\circ}O$ , buzamiento  $77^{\circ}SO$  y con ciertas flexiones  $78^{\circ}NE$ , con potencias variables de 0.15 a 0.25 metros, la asociación mineralógica es cuarzo hialino, pirita, puntos de calcopirita y oro libre en el cuarzo. A esta veta acompaña una alteración fílica de bajo grado, esto se evidencia en que en algunos niveles se ha podido identificar sericita de color blanquecino y típico brillo suntuoso.

Se ha observado también que esta veta forma un lazo sigmoidal, en dicho lazo se evidencia que la concentración de oro libre es rentable.



Figura N° 12: Plano geológico de la veta Santa Rosa, se puede apreciar el lazo sigmoidal, Nivel 1755.



Fuente: Mina Chahuane

En el plano en planta mostrado en la figura N° 12, se puede apreciar que la veta Santa Rosa forma un lazo sigmoidal, el cual según los trabajos de muestreo la ley aumenta en dicho lazo sigmoide y disminuye considerablemente en la estructura principal, debido a ello se interpreta que en zonas donde se aprecia los sigmoides se distribuyen las leyes de Au, tal y como ocurre en el nivel 1755 de la figura mostrada; así mismo se puede apreciar que el sigmoide, se ha emplazado el contacto entre las rocas metadiorita y granodiorita. También se puede apreciar un movimiento aparente dextral y ligera flexión de la estructura, lo cual es evidencia de los últimos episodios de deformación.

### Veta El Viento

Esta estructura tiene un rumbo de  $N50^{\circ}-70^{\circ}O$ , con buzamiento de  $79^{\circ}SO$ , con potencias variables 0.20 a 0.30 metros, presenta una asociación mineralógica bien definida por: cuarzo hialino a blanco de textura masiva, pirita masiva y diseminada, calcopirita en hilos, puntos de pirrotita (en los niveles inferiores, tal es el caso del nivel 1545) y oro libre puntualmente con abundante oxido cerca a la superficie.

Con respecto a la roca caja (diorita), el cual ha sufrido un ligero metamorfismo a la que se le denomina metadiorita, así esta veta al igual que las otras vetas se encuentra intruida por diques aplíticos, los cuales en muchas ocasiones han disminuido la concentración mineral. La alteración que se ha podido observar en niveles intermedios como nivel 1755, nivel 1715 y nivel 1666, es propilitica de bajo grado, la presencia de clorita, calcita, epidota y limonita.



Imagen N° 8: Muestra de mano de la veta El Viento. Corresponde al Tajo 407 E/O, Nivel 1755.



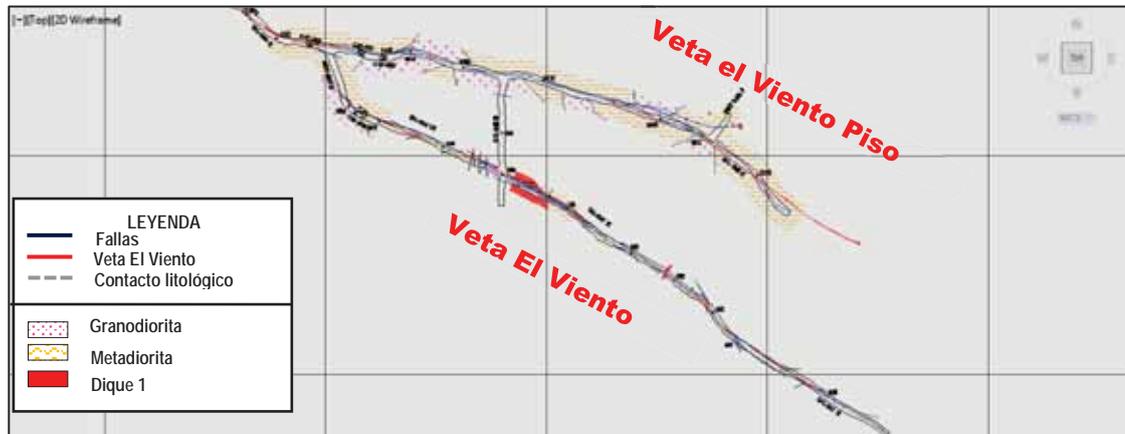
Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar en la imagen N° 8, la típica asociación mineralógica, de cuarzo blanco a hialino, pirita diseminada y masiva, puntos de calcopirita y pirrotita, así mismo halos de oxidación en los extremos de la veta, clara evidencia de una ligera influencia supérgena.

Esta es una de las vetas más importantes y de mayor continuidad y moderada profundización, pudiendo haber probabilidad que en profundidad se encuentren sulfuros hipógenos, esto se evidencia por la presencia de pirrotita en los niveles inferiores de dicha veta.



Figura N° 13: Plano geológico de la veta El Viento y su lazo sigmoidal denominado El Viento Piso, Nivel 1814.



Fuente: Mina Chaluane

De la figura N° 13, se puede apreciar, que la veta El Viento forma un lazo sigmoidal, esto debido a los esfuerzos de deformación a los que fue sometido, muestra un aparente movimiento dextral, así mismo se puede apreciar lo perturbado que esta la veta, debido a la constante e irregular presencia de los contactos litológicos y presencia de diques, lo cual hace interpretar la fuerte influencia estructural. También se puede apreciar que la veta el Viento pierde continuidad en la estructura principal, mas solo se aprecia fallas que han craquelado completamente la veta El Viento; pero es contrario en la veta El Viento Piso, pero en este ultimo la ley de Au no acompaña, es decir hay continuidad de veta, pero no de concentración de oro, es todo lo contrario en la estructura principal, no hay continuidad de veta, pero si acompaña concentración de Au. Una de las características muy evidentes de estas vetas.

## 4.2 PARAGÉNESIS

Habiendo realizado las respectivas descripciones macroscópicas de las muestras de mano obtenidas (vetas-fallas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento), en labores subterráneas y superficie, se obtuvo una interpretación preliminar para generar la secuencia paragenética del yacimiento y los posibles eventos mineralizantes dados en la zona de estudio.

El siguiente análisis paragenético es preliminar, ya que aún no se cuenta con las secciones delgadas, para una mejor interpretación, pero no resta seriedad a la interpretación realizada; dentro de las recomendaciones, se hace hincapié sobre la importancia de los estudios petrográficos al microscopio que se debe realizar en futuros estudios.

**Paragénesis:** La secuencia preliminar determinada es la siguiente:

- I. En esta etapa se habría depositado el cuarzo blanquecino a hialino, el mismo que ocupó principalmente los espacios abiertos en la roca caja (diorita –metadiorita), en algunos lugares donde la fractura es estrecha solo se tiene el cuarzo, con puntos de pirita diseminada y oro nativo.
- II. En esta etapa se inyectó al mismo tiempo los sulfuros (pirita, calcopirita y trazas de pirrotita), cuarzo hialino con oro nativo asociado a la pirita.



- III. En esta otra etapa también se incorpora algo de pirita diseminada, calcopirita y puntos de pirrotita.
- IV. Esta etapa corresponde al proceso de meteorización, donde la presencia de minerales de origen supérgenos se hacen evidentes, como los óxidos de hierro (limonita, hematita y jarosita) y calcita proveniente de fluidos meteóricos.

A continuación en el cuadro N° 4, se muestra un cuadro resumen de la secuencia paragenética, producto de las observaciones en campo y muestras en mano.

**Cuadro N° 4: Secuencia paragenética preliminar de las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa, El Viento.**

Eventos	Composición	I Etapa		II Etapa		III Etapa	IV Etapa
		Qz I	Py I	Qz II	Py II	Metales Base	meteorización
Oro Nativo	<i>Au</i>	—	■	· ·	—	·	
Cuarzo	<i>SiO<sub>2</sub></i>	■	· ·	■	· ·	·	
Pirita	<i>FeS<sub>2</sub></i>	—	■	· ·	—	·	
Calcopirita	<i>CuFeS<sub>2</sub></i>				■ ·	— ■ —	
Pirrotita	<i>FeS<sub>1-x</sub></i>				— ■ —	· · —	
Limonita	<i>Variable oxido Fe</i>						— · · ■ · ·
Hematita	<i>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>						— · · ■ · ·
Calcita	<i>CaCO<sub>3</sub></i>					— · · ■ · · —	

fuelle: Elaboración propia

— · ■ — · · Alta depositación    — · ■ — · · Baja depositación  
 — · · — · · Muy baja depositación

Del cuadro N° 4, se puede describir lo siguiente:

I Etapa: El fluido silicatado que esta enriquecido con volátiles como complejos bisulfurados (HS) y metales, de ahí la presencia de la pirita masiva, la cual transporta los iones de oro dentro de sus redes cristalinas. Y este a medida que va migrando y reaccionando con la diorita de la Súper Unidad de Patap, crean los catalizadores para que la migración continúe. En esta etapa el fundido se encuentra saturado por los complejos antes mencionados, razón por la cual en esta etapa se puede apreciar la mayor precipitación del oro tal y como se puede evidencia en la veta Sangre de Toro, posteriormente a la veta Santa Rosa y finalmente a la veta el Viento.

II Etapa: El fluido silicatado, sufre un nuevo pulso magmático, con las condiciones de gradiente térmica, presión, permeabilidad sigue migrando; al ser un nuevo pulso magmático residual, baja su contenido en pirita, pero tiene presencia de calcopirita y trazas de pirrotita (minerales que indican altas temperaturas), las cuales aún llevan iones de oro. En esta etapa, las rocas que interactúan generan un halo de metamorfismo de contacto al cual se le denomina metadiorita.



III Etapa: Se trata de un último pulso de fluido silicatado, pero la concentración de complejos bisulfurados ha caído fuertemente, razón por la cual en esta etapa solo se aprecian pequeños puntos de calcopirita y pirrotita, siendo este último el que decae en su concentración, afectando la concentración del oro, siendo este no visible y restringiéndose a la red cristalina de la calcopirita, pirrotita y escasamente a la pirita. El halo de metamorfismo se ha definido completamente como metadiorita en la parte central de la zona de estudio.

IV Etapa: Es un proceso netamente supergéneo, donde el agua superficial actúa directamente sobre las vetas y las rocas circundantes, de ahí los halos de alteración, que afectan directamente a la veta Sangre de Toro, seguidamente a la veta Santa Rosa y finalmente a la veta El Viento.

### 4.3 CONTROLES DE MINERALIZACION

En función a lo observado en las ocurrencias de oro en las estructuras mineralizadas dentro del área de estudio, se han determinado una serie de controles de mineralización de importancia para el desarrollo y exploraciones futuras del yacimiento aurífero.

#### 4.3.1 CONTROL LITOLOGICO

Las estructuras mineralizadas se encuentran emplazadas en rocas de composición calcoalcalinas; caracterizados por granodiorita, diorita y diques aplíticos, a los cuales se le considera como "Franja Metalogénica IX: Yacimientos Mesotermales de Au-Pb-Zn-Cu relacionado a Intrusivos del Cretácico Superior".

Así mismo, cabe indicar que el metalotecto es favorable para la mineralización aurífera en la zona Sur del Perú, esto debido a la composición de las rocas, como ya se había mencionado anteriormente.

En la zona de estudio, la roca caja es la metadiorita, la cual es una roca metamórfica de acción local, producida por el contacto entre roca caja diorita (inicialmente) y la roca intrusiva granodiorita, estos corresponden a los intrusivos de las Super Unidades Patap e Incahuasi respectivamente.



Imagen N° 9: **Veta Sangre de Toro, emplazada en roca granodiorita perteneciente al complejo de Incahuasi.**



Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar en la imagen N° 9 que la veta Sangre de Toro, tiene una marcada alteración argílica e influencia supérgena, la coloración rojiza se debe a los minerales producto de las alteraciones antes mencionadas, también se puede apreciar lo craquelado que está, debido a los esfuerzos tectónicos a los que fue sometido; es en esta veta donde la concentración del oro fue bastante, pudiéndose observar a simple vista, de ahí que en esta veta el oro está de manera libre.

Como conclusión del control litológico nos remitimos a las rocas que interactúan, Súper Unidad Patap – diorita y Súper Unidad Incahuasi – granodiorita, los cuales generaron las reacciones químicas que hicieron posible el enriquecimiento y posterior precipitación del oro en las tres vetas en estudio Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento.

#### 4.3.2 CONTROL MINERALOGICO

En Chahuane como en otros yacimientos de la franja Nazca – Ocoña, que pertenecen a la "Franja Metalogénica IX: Yacimientos Mesotermiales de Au-Pb-Zn-Cu relacionados a los Intrusivos del Cretácico Superior", el oro se asocia directamente a la mineralización de pirita de textura fina y al cuarzo hialino a blanquecino. En profundidad el ensamble de pirita – cuarzo es indicador de valores de oro.

La oxidación en forma de hematita, limonita y jarosita es una guía determinante para prospectar veta con oro libre, esto debido a la influencia supérgena. El oro en las tres vetas, está asociado a la pirita, pirrotita, calcopirita y cuarzo, tal y como ya se había mencionado anteriormente.

De lo expuesto, se tiene que considerar que para que haya un transporte de oro, el fluido debe estar saturado en complejos clorurados (Cl<sup>-</sup>) o bisulfurados (HS<sup>-</sup>); estos varían en el transporte del oro, según los siguientes parámetros:

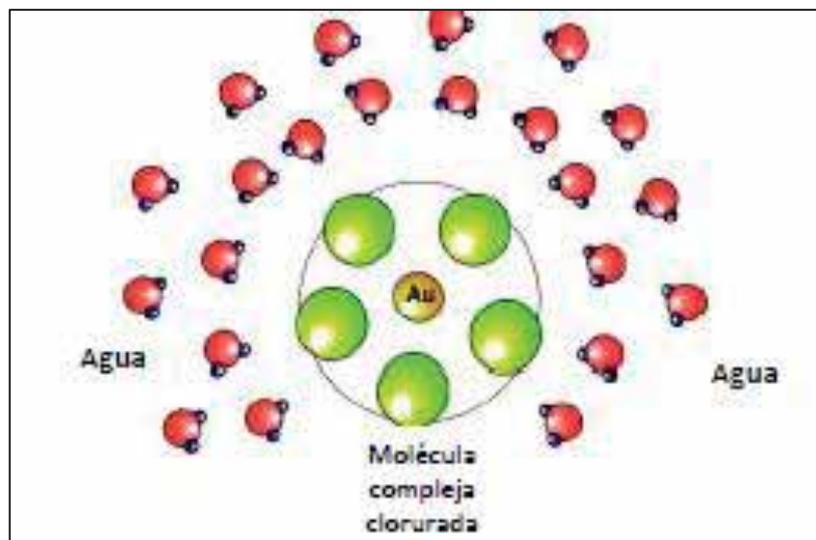
- Temperatura



- pH
- Salinidad (concentración de Cl<sup>-</sup>)
- fO<sub>2</sub> relacionada con la fH<sub>2</sub>
- Concentración de S

Según Seward, (1973); Hyashi & Ohmoto, (1991); indican que el oro es más soluble como complejo clorurado en soluciones ácidas y oxidantes, donde el azufre estaría como HSO<sub>4</sub><sup>-</sup> o como SO<sub>4</sub><sup>=</sup>. Y como complejos bisulfurados en soluciones alcalinas y reductoras, donde el azufre estaría como H<sub>2</sub>S o HS<sup>-</sup>. De lo mencionado se interpreta que el fluido tiene que estar sobresaturado para que la concentración sea mayor y condiciones favorables de presión, temperatura y pH para su movilidad y posterior precipitación, tal y como se muestra en la figura N° 14.

Figura N° 14. **Modelo Esquemático de un fluido saturado por complejos clorurados y sulfurados**



Fuente: [www.minssa.co.za](http://www.minssa.co.za)

De experimentos con soluciones acuosas con NaCl y H<sub>2</sub>S a 250 – 350°C, Hayashi & Ohmoto (1991) concluyen que:

- a) La solubilidad del oro en fluidos mineralizadores en equilibrio con Pirita +/- Pirrotita en este rango de temperatura esta típicamente entre 0.1 ppb y 1 ppm de Au, mayoritariamente como complejos bisulfurados.
- b) El complejo bisulfurado dominante es HAu(HS)<sub>2</sub><sup>0</sup> a pH<5.5

De lo anterior podemos mencionar que la solubilidad de los complejos clorurados y bisulfurados aumenta con el aumento de la temperatura (Henely, 1973; SeOard, 1973, Oord et al. 1994), con ello se podría deducir que un descenso de temperatura debería conducir a la precipitación de oro a partir de una solución saturada en oro. Tal y como sucede en las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento.



El descenso de temperatura por sí solo no es un mecanismo efectivo para la precipitación del oro en forma de complejo bisulfurado, puesto que las constantes de estabilidad para complejos bisulfurados de oro cambian muy poco con la temperatura dentro del rango de 150 - 350°C (Seward, 1973; Hayashi & Ohmoto, 1991).

Si  $\text{HAu}(\text{SH})_2^0$  es la especie de oro dominante, un cambio de pH puede no causar la precipitación del oro, pero un descenso en el pH puede causar la precipitación de oro si  $\text{Au}(\text{HS})_2^-$  es la especie de oro dominante.

De lo mencionado anteriormente, se puede concluir que este fluido mineralizante ha sido rico en complejos sulfurados, debido a la fugacidad del  $\text{O}_2$  y el  $\text{H}_2$  ha precipitado el oro. Todo lo mencionado se refuerza con la presencia de la pirita, pirrotita e influencia supérgena para poder precipitar dicho metal blando (según clasificación de Lewis).

#### 4.3.3 CONTROL ESTRUCTURAL

La estructura más importante en el depósito aurífero de Chaluane, es la falla Chaluane con rumbo andino (NO – SE), siendo este el que generó trampas estructurales, que luego posibilitaron el emplazamiento de las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento.

Los cambios de buzamiento y de rumbo que sufrió la falla Chaluane afectó directamente a las estructuras pre existentes que luego favorecieron la mayor concentración de valores de oro.

Según la imagen N° 10, la veta El Viento, muestra los efectos de los diferentes episodios tectónicos a los cuales fue sometido durante su emplazamiento y posterior emplazamiento; así mismo se puede apreciar que la naturaleza de las fallas que afectan a la veta El Viento son de naturaleza dextral (observar la imagen adjunta con vista hacia arriba), formando pequeños lentes anastomazados los cuales hacen entender la fuerte deformación a la que ha sido sometida. Esto se refleja en todas las vetas emplazadas en la zona de estudio, pero más aún en la veta Sangre de Toro por ser la primera en emplazar y la más expuesta a procesos supérgenos.



Imagen N° 10: Veta El Viento afectada por fallas.



Fuente: Elaboración propia

Entonces de todo lo expuesto, se puede concluir que la falla Chahuane es la que generó las trampas estructurales por donde migró el fluido mineralizante, y emplazó a las vetas auríferas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento. Posteriormente los siguientes eventos tectónicos configuraron a las vetas auríferas tal y como se les puede apreciar actualmente.



## CAPITULO V

### ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

#### 5.1 ANÁLISIS GEOMÉTRICO DEL SISTEMA DE VETAS – FALLA SANGRE DE TORO, SANTA ROSA Y EL VIENTO

Este tipo de análisis se desarrolla mediante el estudio de la geometría de las fallas y sistemas de vetas con vista en planta y cortes en sección, que permitan comparar estas geometrías con modelos conocidos de sistemas de formación de fallas (ver mapa Estructural Local).

Las estructuras del área de estudio presentan geometrías similares, en vista en planta muestran formas sinuosas con rumbos  $N50^{\circ}$ - $80^{\circ}$ O buzamientos variables  $75^{\circ}$ - $79^{\circ}$ SO principalmente, y ciertas flexiones  $76^{\circ}$ - $79^{\circ}$ NE.

La denominación de veta-falla hace referencia a las vetas que han sufrido desplazamientos tanto vertical como horizontalmente.

**Geometría veta – falla Sangre de Toro:** Esta estructura tiene un rumbo  $N50^{\circ}$  -  $80^{\circ}$ O, buzamiento  $75^{\circ}$ SO y con flexiones de  $74^{\circ}$ NE, con potencias variables de 0.20 a 0.30 metros. La vista en planta presenta formas sinuosas pero mantienen su orientación promedio, con ensanchamientos y adelgazamientos tipo rosario en la vertical y la horizontal, también se ha podido observar sigmoides. En superficie se puede apreciar pequeños desplazamientos con rumbo N-S y NE-SO en el extremo O y E respectivamente; también en el extremo O se ha podido un lazo sigmoidal de naturaleza dextral (verificar el plano estructural). Verticalmente la estructura tiene comportamiento ondulantes o sinuosos, cortadas y deformadas por fallas inversas post mineralización con rumbo  $N70^{\circ}$ - $80^{\circ}$ O y buzamiento  $88^{\circ}$ SO, con algunas flexiones  $79^{\circ}$ NE que desplazan la veta de 0.5 a 5.0 metros a manera puntual.

Los clavos mineralizados dentro de la estructura se distribuyen claramente con extensiones de 290 metros de longitud aproximadamente, la cual ya está en producción y laboreo subterráneo, ubicado al NO; el segundo clavo mineralizado se encuentra al SE con una longitud de 260 metros aproximadamente, la cual se encuentra en exploración actualmente.

**Geometría veta – falla Santa rosa:** La estructura tiene un rumbo de  $N70^{\circ}$ - $80^{\circ}$ O, buzamiento  $77^{\circ}$ SO y con ciertas flexiones  $78^{\circ}$ NE, con potencias variables de 0.15 a 0.25 metros, en ocasiones llega 0.50 metros. La veta en planta muestra pequeños lazos sigmoideos, tal y como se observó en superficie y niveles 1755, 1814 de laboreo subterráneo. El adelgazamiento y ensanchamiento de la veta hace que esta sea tipo rosario en la vertical y la horizontal. En superficie se puede apreciar desplazamientos con rumbo N-S y NE-SO en el extremo E, naturaleza dextral. Verticalmente la estructura es sinuosa u ondulante cortadas y deformadas por fallas inversas post mineralización con rumbos  $N80^{\circ}$ - $90^{\circ}$ O y buzamiento  $87^{\circ}$ SO, con algunas flexiones  $80^{\circ}$ NE, las que desplazan la veta de 0.6 a 5 metros.

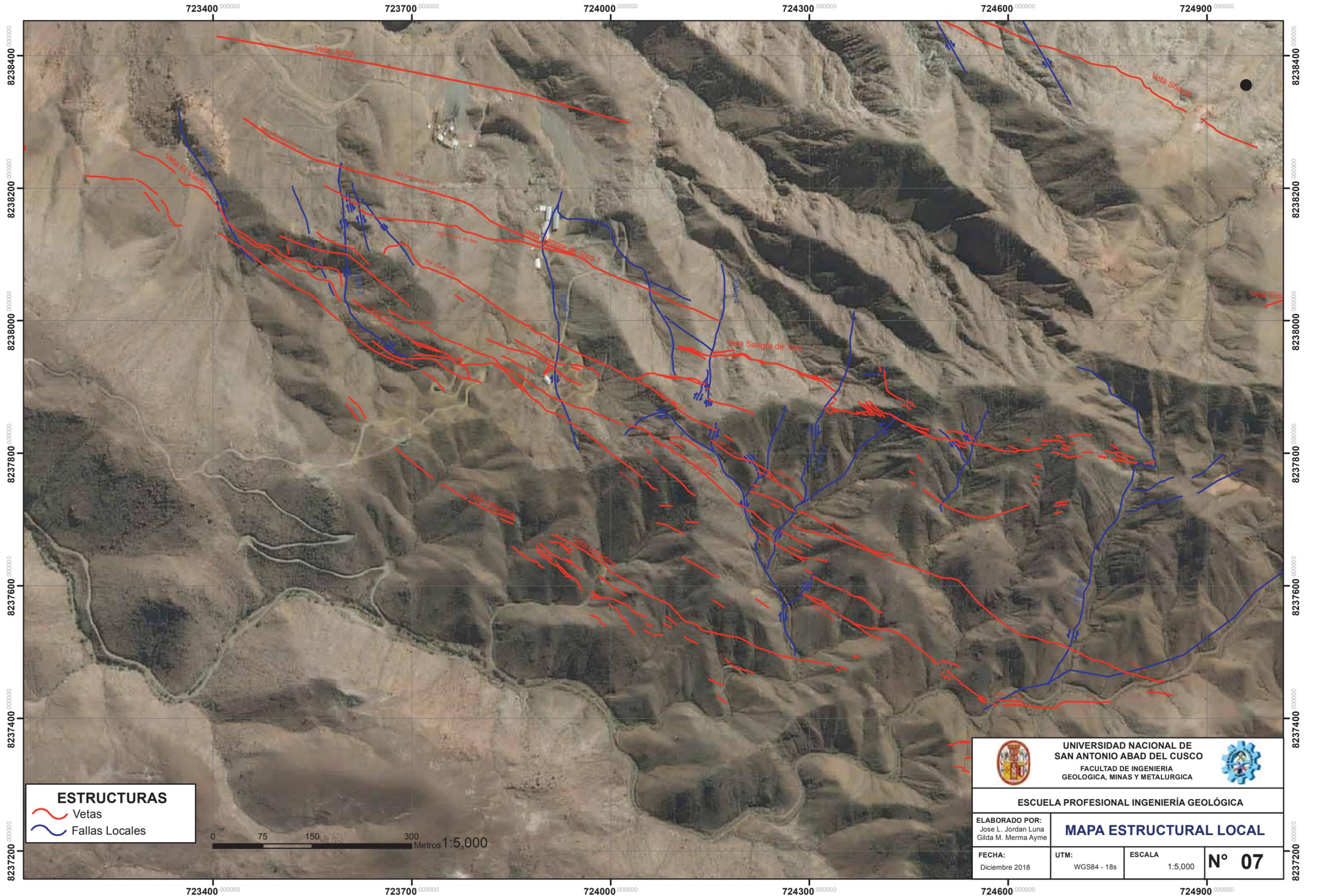
Los clavos mineralizados dentro de la estructura se distribuyen claramente con extensiones de 270 metros de longitud aproximadamente, la que ya está en producción y laboreo subterráneo; el segundo clavo mineralizado se encuentra en un lazo sigmoidal de 100 metros, en el nivel 1755. Esta veta aparentemente no profundiza, y es menos persistente hacia el lado SE.



**Geometría veta – falla El viento:** La estructura tiene rumbo de  $N50^{\circ}-70^{\circ}O$ , buzamiento  $78^{\circ}SO$ , cuyas potencias varían entre los 0.15 – 0.30 metros. La veta en planta muestra pequeños lazos sigmoidales hacia el piso, denominado El Viento Piso, el cual tiene semejanza en composición mineralógica, se evidencia claramente del nivel 1614 hacia niveles superiores, pero no visible en superficie. El adelgazamiento y ensanchamiento de la veta hace que esta sea tipo rosario en vertical y horizontal. En superficie se puede apreciar desplazamientos con rumbo N-S y NE-SO en el extremo E, igual que las vetas Sangre de Toro y Santa Rosa; las vetas transversales que cortan a la veta El Viento son dextrales normales; así como también fallas con NO – SE, de naturaleza inversa.

En afloramiento se reconoció dos clavos mineralizados, una primera que consta de 350 metros de longitud aproximadamente, la misma que está siendo explotado por laboreo subterráneo; y un segunda clavo que se ubica al NO con una longitud de 200 metros aproximadamente, la misma que ya se encuentra en proyecto.

A continuación se muestra el "Mapa Estructural Local", donde podemos apreciar que las tres vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento, se abren más hacia el SE, ello es indicativo claro de que los trabajos de exploración tanto superficial y subterráneo deben dirigirse hacia el lado SE, y otro hacia el SO, pues se aprecia pequeñas estructuras mineralizadas, que carecen de continuidad en superficie pero probable continuidad en profundidad, tal y como se ha podido ver en las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento.



**ESTRUCTURAS**  
 Vetas  
 Fallas Locales

0 75 150 300  
 Metros 1:5,000

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE        SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA			
<b>ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA GEOLÓGICA</b>			
ELABORADO POR: José L. Jordan Luna Gilda M. Merma Ayme		<b>MAPA ESTRUCTURAL LOCAL</b>	
FECHA: Diciembre 2018	UTM: WGS84 - 18s	ESCALA: 1:5,000	<b>N° 07</b>

SO

NE

1950 m.s.n.m.

NV 1935

1900 m.s.n.m.

NV 1900

1850 m.s.n.m.

NV 1868

1800 m.s.n.m.

NV 1814

NV 1805

1750 m.s.n.m.

NV 1755

1700 m.s.n.m.

NV 1715

1650 m.s.n.m.

NV 1666

1600 m.s.n.m.

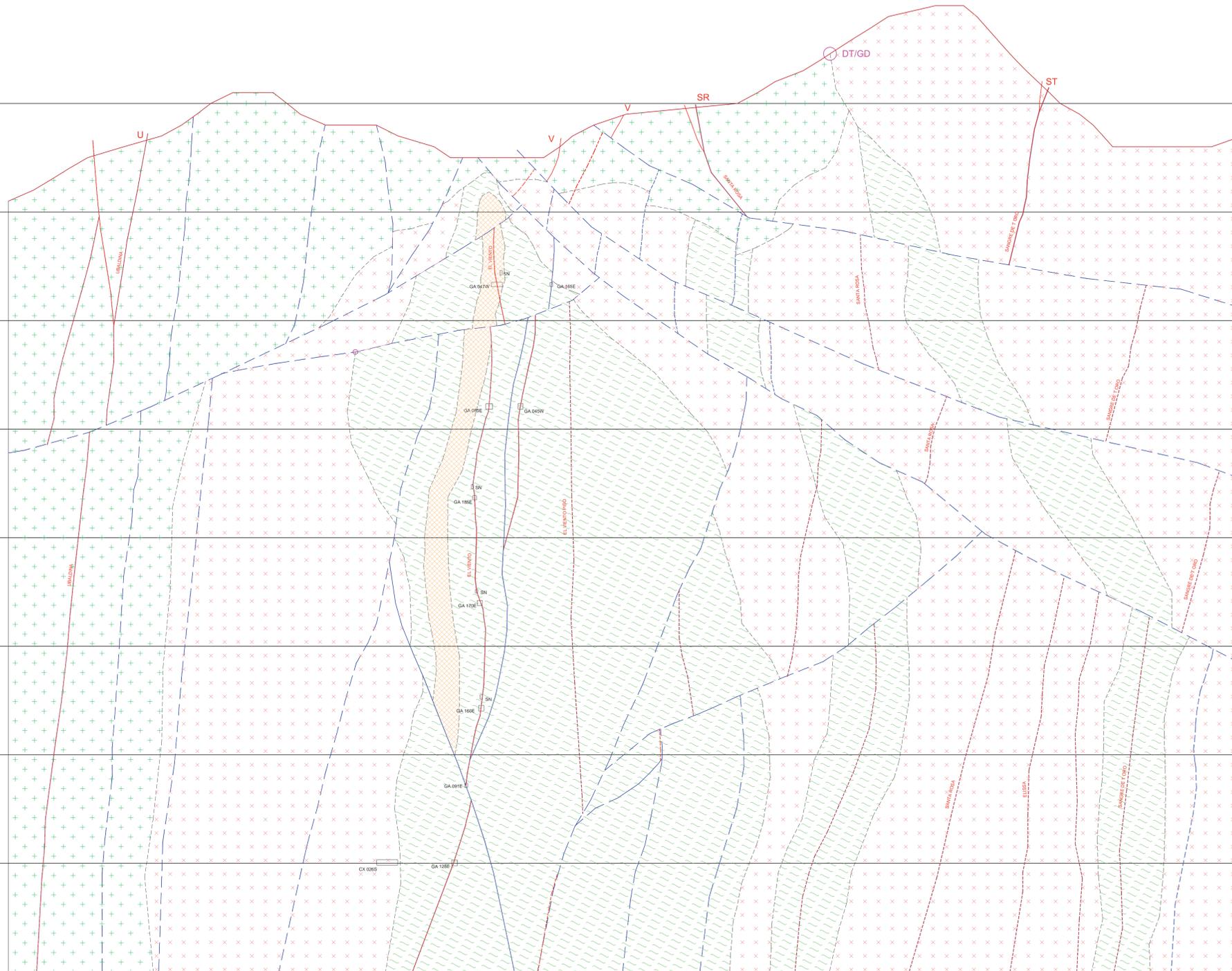
NV 1614

1550 m.s.n.m.

NV 1580

1500 m.s.n.m.

NV 1545



Simbolo	Litología
	Diqwa apfllico
	Super Unidad Incahuasi - granodiorita
	Super Unidad Palpa - metadiorita
	Super Unidad Palpa - diorita

LEYENDA			
	Vetas	NV 1545	NV 1755
	Fallas	NV 1580	NV 1805
	Labores	NV 1814	NV 1814
	Terreno S.	NV 1868	NV 1868
		NV 1900	NV 1900
		NV 1715	NV 1715
		NV 1935	NV 1935



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA  
SECCION GEOLOGICA  
Vetas: Sangre de Toro - Santa Rosa - El Viento

FORMA: Horizontal  
ETAPA: 002 de 05 de 102  
ESCALA: 1:1000  
PLANO N°: 1

SO

NE

1950 m.s.n.m.

NV 1935

1900 m.s.n.m.

NV 1900

1850 m.s.n.m.

NV 1868

1800 m.s.n.m.

NV 1814

NV 1805

1750 m.s.n.m.

NV 1755

1700 m.s.n.m.

NV 1715

1650 m.s.n.m.

NV 1666

1600 m.s.n.m.

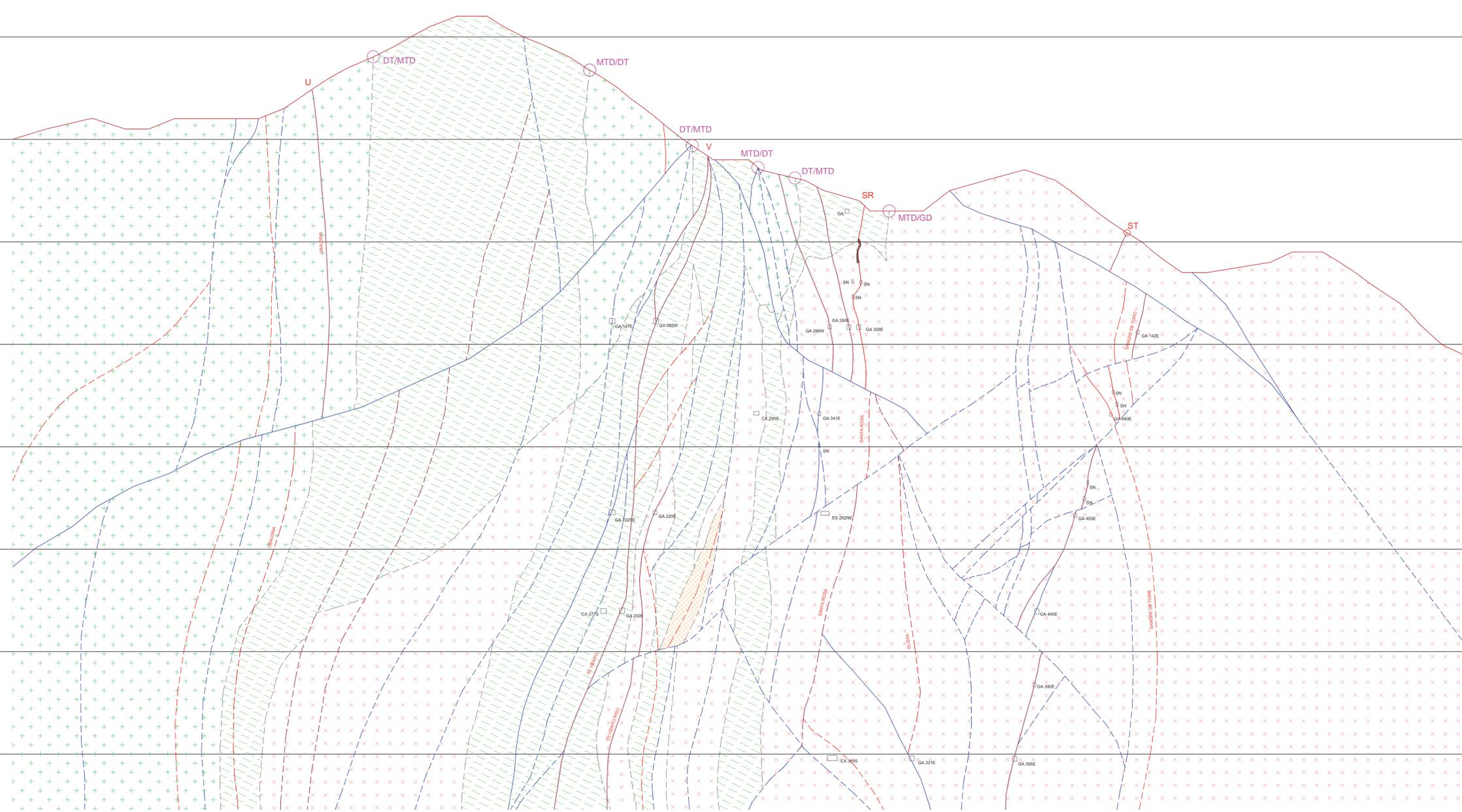
NV 1614

1550 m.s.n.m.

NV 1580

NV 1545

1500 m.s.n.m.



Simbolo	Litología
	Diqwa apfítico
	Super Unidad Incahuasi - granodiorita
	Super Unidad Palpa - metadiorita
	Super Unidad Palpa - diorita

LEYENDA			
	Vetas	NV 1545	NV 1755
	Fallas	NV 1580	NV 1805
	Labores	NV 1814	NV 1814
	Termino S.	NV 1868	NV 1868
		NV 1900	NV 1900
		NV 1715	NV 1715
		NV 1580	NV 1580
		NV 1935	NV 1935

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA SECCION GEOLOGICA Vetas: Sangre de Toro - Santa Rosa - El Viento <b>2NO</b>	Formato: Presentación Dibujo: 100x150 - 20x100 Escala: 1:1000 Plano N.º
	<b>2</b>
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA SECCION GEOLOGICA Vetas: Sangre de Toro - Santa Rosa - El Viento <b>2NO</b>
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA SECCION GEOLOGICA Vetas: Sangre de Toro - Santa Rosa - El Viento <b>2NO</b>
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA SECCION GEOLOGICA Vetas: Sangre de Toro - Santa Rosa - El Viento <b>2NO</b>

SO

NE

1950 m.s.n.m.

NV 1935

1900 m.s.n.m.

NV 1900

1850 m.s.n.m.

NV 1868

1800 m.s.n.m.

NV 1814

NV 1805

1750 m.s.n.m.

NV 1755

1700 m.s.n.m.

NV 1715

1650 m.s.n.m.

NV 1666

1600 m.s.n.m.

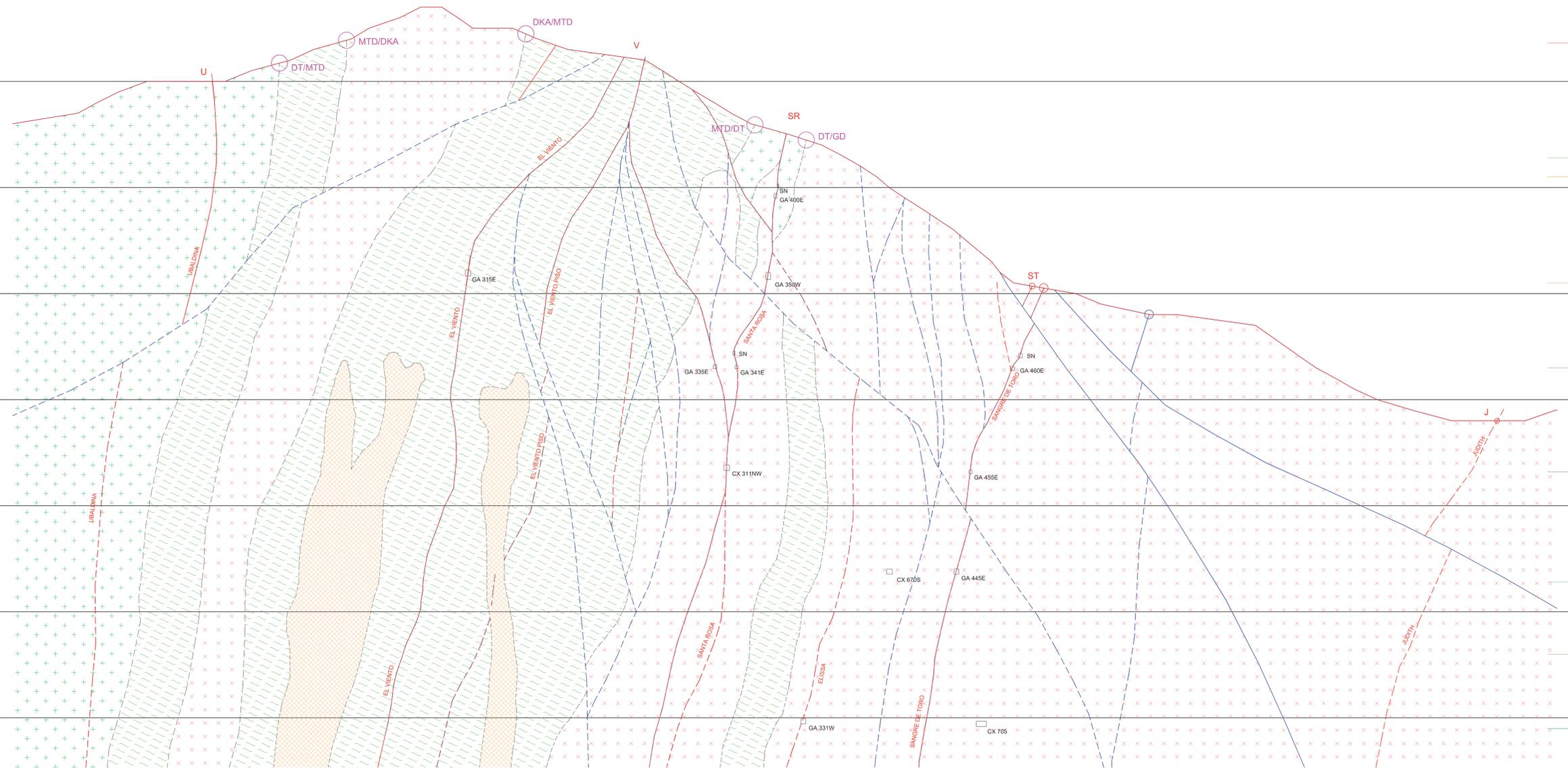
NV 1614

1550 m.s.n.m.

NV 1580

1500 m.s.n.m.

NV 1545



SIMBOLO	LITOLOGIA
	Diqwa apfllco
	Super Unidad Incahuasi - granodiorita
	Super Unidad Palpa - metadiorita
	Super Unidad Palpa - diorita

LEYENDA			
	Vetas	NV 1545	NV 1755
	Fallas	NV 1580	NV 1805
	Labores	NV 1814	NV 1814
	Termino S.	NV 1868	NV 1868
		NV 1900	NV 1900
		NV 1715	NV 1715
		NV 1935	NV 1935



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA  
SECCION GEOLOGICA  
Vetas: Sangre de Toro - Santa Rosa - El Viento  
**3NO**

FORMATO: Presentación  
DISEÑO: 1000x1400 - 20x100  
ESCALA: 1:10000  
PLANO N° **3**



### SECCION GEOLOGICA 1NO

Esta sección se realizó en el extremo SE, con vista hacia el SO, podemos apreciar que la veta Sangre de Toro, sufre desplazamientos hacia el SO en profundidad, debido a fallas sub horizontales de tipo inverso, la veta atraviesa a la metadiorita y posteriormente a la granodiorita, esto nos indicaría que esta veta se emplazó casi durante el pulso magmático de la Súper Unidad Incahuasi. Así mismo la veta Sangre de Toro está acompañado por una falla, lo cual nos indica un alto grado de deformación.

Con respecto a la veta central Santa Rosa, en esta sección está bastante perturbada, el desplazamiento hacia el SO, esta veta atraviesa a la granodiorita y diorita, con ciertas flexiones y cambios de buzamiento, también no tiene mucha continuidad vertical, debido a las fallas que las desplaza, pero en profundidad ese contexto cambia.

La veta El Viento, atraviesa la metadiorita y tiene mayor continuidad vertical, con buzamiento subvertical, con ligero desplazamiento hacia el NE, un movimiento contrario al de las otras fallas que afectan a las vetas Sangre de Toro y Santa Rosa; la presencia de labores subterráneas, son un claro indicio de que esta veta tiene continuidad hacia el SE.

Con respecto a la litología, se puede apreciar que la diorita aflora en superficie, en profundidad la metadiorita tiene mayor continuidad, la cual es atravesada por la veta El Viento, de ahí su asociación mineralógica, la granodiorita aflora hacia el NE, donde es atravesado por las vetas Sangre de Toro y Santa Rosa, de ahí las alteraciones hidrotermales son bien marcadas en estas vetas, hacia el lado SO la granodiorita no aflora en superficie; un dique acompaña a la veta El Viento, siendo este dique un pulso casi simultaneo a la granodiorita, razón por la cual en el nivel 1814, la veta El Viento atraviesa al dique aplítico, sin perder continuidad.

En esta sección, se aprecia que las vetas Sangre de Toro y Santa Rosa no tienen continuidad en laboreo subterráneo hacia el SE, esto debido a que la concentración de ley no acompaña a la veta, una clara evidencia de que la concentración mineralógica está focalizada en el extremo NO.

### SECCION GEOLOGICA 2NO

En esta sección, la veta Sangre de Toro, está bastante perturbada a partir del nivel 1715, con ligeros desplazamientos hacia el NE, la continuidad no es persistente hacia niveles superiores, así mismo se puede apreciar que la veta Sangre de Toro varía su buzamiento haciendo que este sea más echado en los niveles inferiores.

La veta Santa Rosa, sufre un notable desplazamiento entre los niveles 1666 y 1715, donde se intersectan dos fallas sub horizontales con buzamientos opuestos, a partir del nivel 1715, se puede apreciar tres estructuras mineralizadas que acompañan a la veta Santa Rosa, pero no tienen continuidad en profundidad.

La veta El Viento, se muestra menos perturbada por estructuras tensionales, con mayor continuidad, atraviesa a la roca metadiorita, así mismo en los niveles 1666 y 1715 se aprecian estructuras tensionales mineralizadas; se puede apreciar otra estructura importante veta El Viento Piso, el cual pierde mineralización desde el nivel 1715 y en cual no aflora en superficie.

La presencia de una falla con una fuerte flexión desplaza todas las estructuras hacia el NE, a esta estructura acompaña otra falla con las mismas características en el nivel 1666 y 1715.



La litología es dominada por la granodiorita la cual aflora en el sector NE, la metadiorita presente en la parte central y en el extremo SO aflora la diorita; la metadiorita se aprecia bastante perturbada debido a las intrusiones granodioríticas.

### SECCION GEOLOGICA 3NO

Esta sección se ubica en la parte central, sector NO de las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento.

El relieve del terreno se hace menos abrupto y disminuye su altura, evidencia de una fuerte erosión, la veta Sangre de Toro no sufre muchas perturbaciones y mantiene su buzamiento local hacia el SO, es afectada por dos fallas de buzamiento NE los cuales desplazan la veta hacia el SO.

La veta Santa Rosa, se mantiene casi vertical y no sufre mucha perturbación, en el nivel 1666, hacia profundidad se aprecia un lazo sigmoidal, el cual es un punto a explorar y explotar; hacia niveles superior en el nivel 1715 la veta Santa Rosa se vuelve a bifurcar, el lazo sigmoidal con buzamiento hacia el NE se une a la veta EL Viento Piso que aflora hasta superficie. Esta veta acompaña por otra veta denominada Elissa, la cual se estrangula completamente en el nivel 1666, dicha veta es bastante angosta con potencia promedio de 0.10 metros y en esta parte se separa más de la veta Santa Rosa, probablemente es un tercer lazo sigmoidal de la veta Santa Rosa.

La veta El Viento, mantiene continuidad, con menos influencia estructural, pero con una fuerte inflexión en el nivel 1755 haciéndola casi sub horizontal, esto debido a la falla que se encuentra en niveles superiores a unos 30 metros por encima de la veta El Viento; la veta El Viento Piso es afectada por fallas en el nivel 1715 el cual los desplaza hacia el SO ligeramente.

En esta sección se hace más notable la presencia de los diques post mineralización que afectan directamente a la veta El Viento Piso, la diorita va disminuyendo su afloramiento, siendo predominante la metadiorita en el sector SO de la sección y la granodiorita predomina en el sector NE.

De las secciones elaboradas e interpretadas, se concluye:

La veta Sangre de Toro tiene continuidad hacia el SE, pero la mineralización no es constante, pues se ha evidenciado según los muestreos superficiales que la concentración mineralógica se acumula en tramos discontinuos, mas no en toda la veta, ello también se evidencia en los laboreos subterráneos los cuales no tienen continuidad hacia este lado; así mismo se evidencia que hacia el SE hay mayor perturbación o influencia estructural, el cual también ha podido contribuir a la re movilización del mineral económico.

La veta Santa Rosa es la veta más perturbada y afectada por fallas, las cuales la han desplazado tanto hacia el NE y SO razón por la cual esta veta no tiene muchas labores hacia el lado NE, así mismo se ha podido apreciar un pequeño lazo sigmoidal en el nivel 1755, con buena concentración de oro reflejado en sus leyes. También a esta veta acompaña otra pequeña veta denominada Elissa, la cual se estrangula completamente en el nivel 1715.

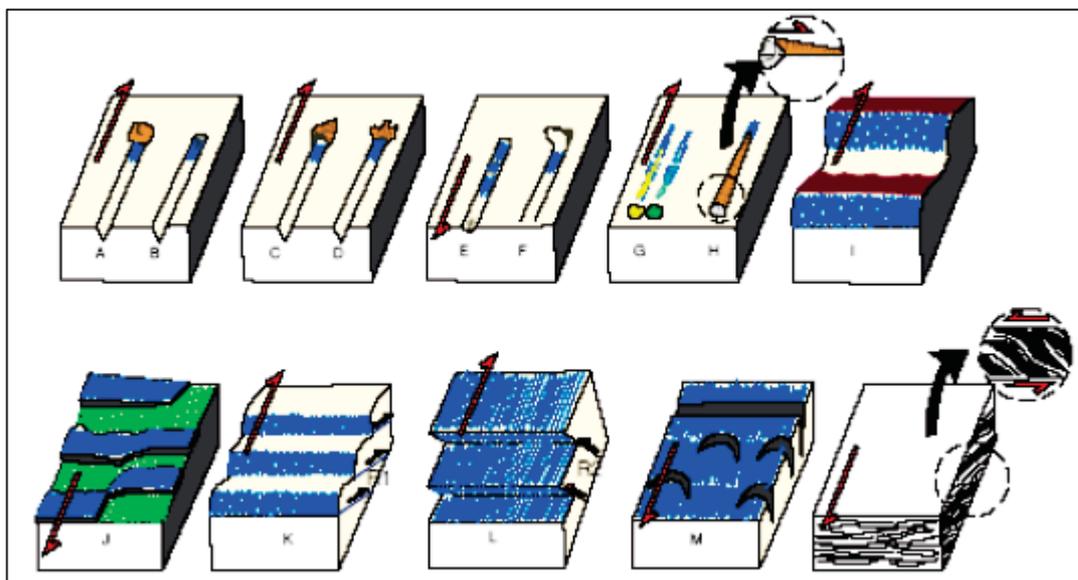


La veta El Viento, sigue presentando continuidad hacia el SE, evidenciado en las labores subterráneas y trazo en superficie, también a esta veta acompaña la concentración del mineral económico hacia este lado SE; es evidente que existe una estructura tensional denominada veta El Viento Piso la cual también tiene considerable concentración del mineral económico y probable continuidad hacia el SE, esta veta atraviesa a la metadiorita, de ahí su típica alteración.

## 5.2 ANALISIS CINEMÁTICO

El análisis cinemático está basado en el estudio del movimiento de las fallas sea transcurrente, normal, o inverso, tomando como base la identificación y entendimiento de unas pequeñas estructuras asociadas a las estrías en los planos de falla llamadas tectoglifos.

Figura N° 15: **Tectoglifos.**



Fuente: Quispe J., 2006. Et al Macharé J. 2001

Tectoglifos (Quispe J., 2006. Et al Macharé J. 2001); figura N° 15 muestran los diferentes rasgos que se debe de tener en cuenta para poder determinar la cinemática de las fallas, y con ello poder determinar las direcciones preferentes que tomaron las estructuras principales, donde: A) Elemento estriador al cabo de la estría, B) materia triturado al cabo de la estría, C) Banqueta al cabo de la estría. D) Escama de arrastre, E) Nichos de Arranque, F) Escama de arranque, G) Colas de Mineral, H) Lomos al abrigo, I) Planos ondulados: facetas estriadas, J) Cristalización al abrigo, K) Ridel R1, L) Ridel R2, M) lúnulas de tracción, N) Lenticulaciones.

### 5.2.1 INDICADORES CINEMÁTICOS

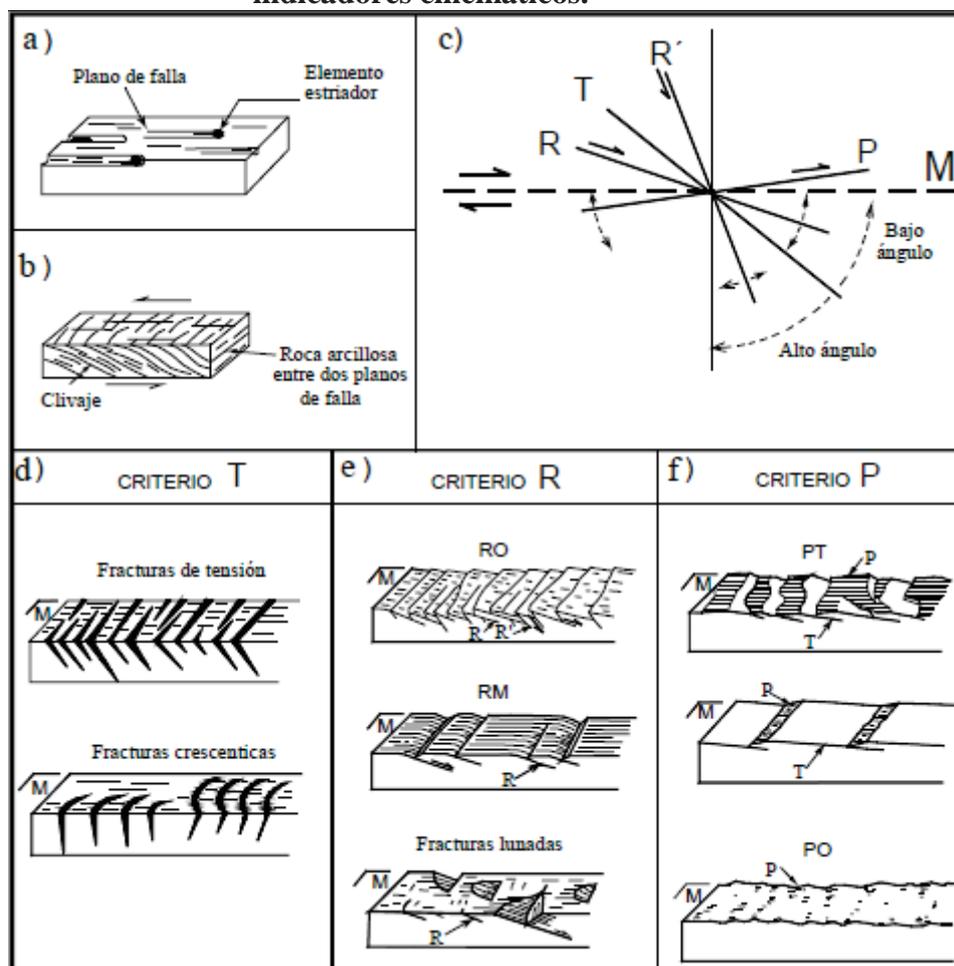
La fracturación es considerada, como una deformación continua debido a la acción de los esfuerzos  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ . Los modelos de fracturación conocidos han sido desarrollados a partir de observaciones múltiples durante ensayos de mecánica de rocas o en zonas de cizallantes naturales.



Estos modelos de fracturación, en un plano de falla indican el movimiento, dirección de movimiento y los datos que corresponden al datum estructural que permite clasificar a las fallas.

Para los indicadores cinemáticos, se asume que el conjunto de fallas generadas bajo un mismo estado de esfuerzo (falla maestra o principal y secundaria) debe reunir las relaciones angulares que se muestran en la figura N° 16. En tales circunstancias se dice que las fallas tienen compatibilidad cinemática; si hubiera planos de fallas en orientación incompatibles, estos serían interpretados como fallas generadas bajo un estado de esfuerzo distinto o bien por rotación de las estructuras.

Figura N° 16: a) relaciones angulares entre las fallas maestras, secundarias y grietas de tensión. B) clivaje de falla desarrollado entre dos plano de falla. c), d), e), f) criterios de indicadores cinemáticos.



Fuente: Petit, 1987

Siendo la estría el primer indicador cinemático empleado. Dentro del conjunto de fallas compatibles destaca la falla maestra M, el cual guarda las siguientes relaciones angulares:

- $45^\circ$  entre falla M y fracturas de tensión T (estas no tienen estrías).
- Las fallas ridel (R - R') se generan en pares conjugados con  $60^\circ$  entre sí, y son  $15^\circ$  (R) y  $75^\circ$  (R') con respecto a M.
- Las fallas T, R, R' están orientados con un ángulo agudo en el sentido del movimiento de la falla.



- Las fallas P, con bajo ángulo respecto a M e inclinación opuesta a su sentido de movimiento.
- Las fallas R son sintéticas o de bajo ángulo.
- Las fallas R' son antitéticas o de alto ángulo.
- Las fallas P son de bajo ángulo y su relación con las fallas R permite distinguir morfologías importantes en la superficie de los planos de falla.

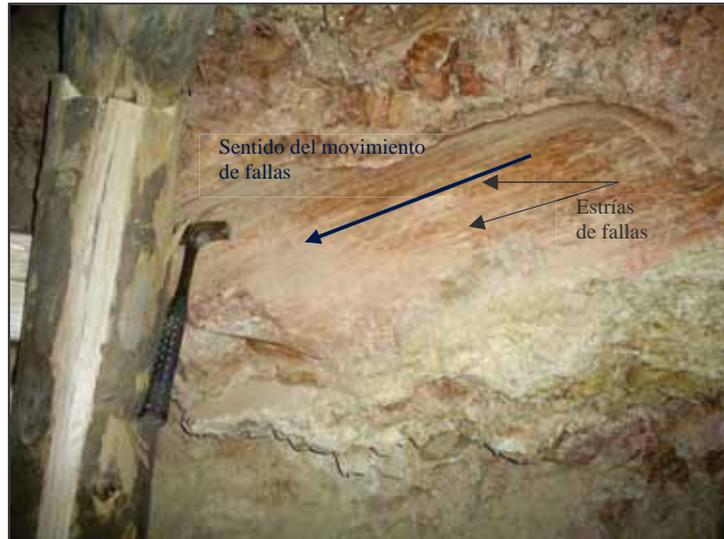
Según lo expuesto se tienen tres criterios importantes:

- CRITERIO T:  
Emplea fracturas de tensión, probablemente generadas por intemperismo mecánico y más antiguas que la falla M. estas fracturas buzcan en dirección de movimiento de la falla maestra.
- CRITERIO R:  
Se aplica si las fallas estriadas R y R' se observan sobre el plano de falla principal formando escalones contrarios a la dirección del movimiento del bloque faltante, estos escalones encaran al movimiento del bloque opuesto se denominan incongruentes. En los casos donde estos escalones están pulidos generalmente corresponden con el criterio PT. Si el plano de falla está completamente estriado el criterio se denomina RM y los escalones formados no encaran al bloque opuesto denominándose escalones congruentes en los que tiene lugar crecimiento de mineral estriado. También dentro del criterio r se encuentran las estructuras cuyo lado curvo indica el sentido de movimiento de bloque que la contiene.
- CRITERIO P  
Comúnmente se emplea en combinación con grietas de tensión no estriadas y se da por la alternancia de planos uno estriado y uno sin estrías, que generan escalones incongruentes estriados o congruentes con crecimiento de mineral estriado. La letra O se emplea si en el plano se observan ya sea las fallas R o la P.

Por lo expuesto en el modelo descrito, las fracturas tensionales asociadas a cizallamiento son muy importantes, debido a que son las más favorables para albergar mineralización; estos ocurren a diferentes escalas y pueden adoptar geometría complejas.



Imagen N° 11 Plano estriado, estrías sub horizontales, indicando el descenso de la caja techo, Nivel 1545, Galeria 128E, Veta El Viento.



Fuente: Elaboración propia

## 5.2.2 ZONAS DE TRANSTENSION O TRANSPRESION

Las zonas de transtensión o transpresión, están estrechamente relacionadas a fallas transcurrentes y el origen de la una o la otra; va a depender fundamentalmente del sentido del movimiento de las fallas transcurrentes.

En la zona de estudio, se puede apreciar que la falla Chaluane tiene un rumbo que atraviesa a toda la quebrada Chaluane, el movimiento de esta falla, concuerda con la configuración regional, que se ha descrito anteriormente (Sistema 11 e IQUIPI), en el lado SE, se ramifican las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y EL Viento, tal y como se puede apreciar en la imagen N° 12, estas tres vetas son controladas por la falla Chaluane, a la vez que estas vetas se abren hacia el lado SE, prolongando su continuidad al lado mencionado, de ahí que es de vital importancia programar los trabajos de exploración superficial y subterránea hacia el lado SE. De la imagen N° 12 se puede apreciar que el bloque del lado NE de la falla Chaluane, se puede observar una veta con el mismo rumbo que tienen las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento y un claro desplazamiento hacia el lado SE, de ahí que la falla Chaluane tiene esa naturaleza dextral. La concentración mineralógica está en las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento. Con esto se puede interpretar, que las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento en un tramo hacia el lado SE disminuirá su concentración mineral, pero que luego la concentración mineral aumentará, esto también debido a la naturaleza de las vetas tipo rosario.

Según lo observado, las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa, El Viento y la falla Chaluane, en conjunto el modelo de su estructura se asemeja a la "Cola de Caballo", entonces también se podría proponer explorar hacia el lado Este y poder identificar nuevas vetas tensionales tales como Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento (ver imagen N° 12).

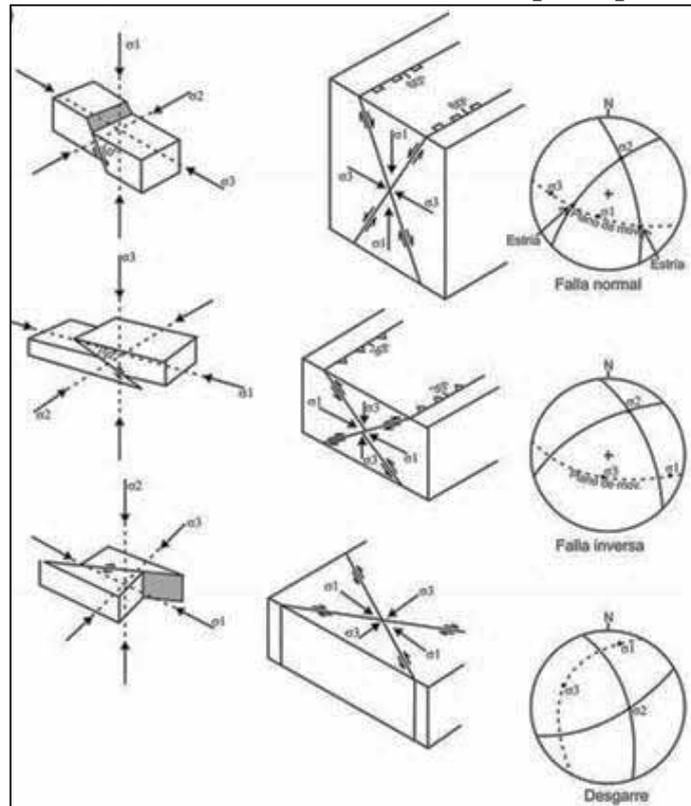




### 5.2.3 ANÁLISIS CINEMÁTICO – MINA CHALHUANE

Para el análisis cinemático, se toma en consideración el modelo de Anderson (1905 y 1951), el cual describe la orientación de los esfuerzos principales, los cuales describen los principales tipos de falla: falla normal (esfuerzo principal vertical), falla inversa (esfuerzo principal horizontal) y las fallas de desgarre (esfuerzo principal sub horizontal y oblicuo a la falla maestra); en la figura N° 17 a continuación se muestran los principales tipos de fallas y los esfuerzos principales.

Figura N° 17: **Modelo teórico de la distribución de los principales esfuerzos.**



Fuente: Anderson (1905 y 1951)

Así mismo también se ha tomado el modelo de PT Diedra o Diedros Rectos, el cual distribuye e identifica las zonas de Extensión y las zonas de Compresión.



Cuadro N° 5. Modelo teórico de PT Diedra o Diedros Rectos.

FALLAS NORMALES	FALLAS INVERSAS	FALLAS DE DESGARRE
A: Acortamiento	E: Extensión	

Fuente: Marrett y Allmendinger (1990)

Los modelos que se aprecian en el figura N° 17 y cuadro N° 5, son los que se han podido apreciar en las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento; entonces según los modelos de Anderson y el modelo de los diedros rectos realizaremos las interpretaciones necesarias, para poder determinar la cinemática y proponer un modelo estructural.

Se obtuvieron datos de campo en diferentes proporciones de cada una de las estructuras estudiadas, esto implica a mayor cantidad de datos analizados los resultados son más fehacientes y consistente, por esto en los sectores o estructuras con baja recopilación de datos, se han tomado como medidas referenciales para correlacionar con zonas de mayor peso estructural.

A continuación se realiza el análisis estructural independiente de las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento, utilizando los modelos de Anderson (1905 y 1951) y Marrett y Almendinger (1990). Así mismo también se plantea la siguiente simbología para el análisis estructural de las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento (ver cuadro N° 6).



Cuadro N° 6. **Simbología propuesta para el análisis estructural de las vetas-falla Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento.**

SIMBOLO	PARÁMETRO
	Falla normal, bloque caído
	Falla inversa, bloque levantado
	Dirección de esfuerzo principal
	Movimiento lateral del bloque

Fuente: Elaboración Propia

### 5.2.3.1 Veta – falla Sangre de Toro

Esta veta-falla Sangre de Toro, tiene un rumbo  $N50^{\circ} - 80^{\circ}O$ , buzamiento  $75^{\circ} - 80^{\circ}SO$  y flexiones de  $70^{\circ} - 74^{\circ}NE$ , potencias variables de 0.15 – 0.30 metros, acompañado generalmente con panizo de falla; el panizo de falla y la veta-falla están oxidadas, razón por la cual el nombre, y en alguna zonas se puede apreciar brechas de falla, el cual tiene mayor potencia que las fallas que solo generan panizo.

Los datos tomados, corresponden a todos los niveles en las cuales existen labores en producción y exploración:

- Nivel 1545, nivel 1614, nivel 1666, nivel 1715, nivel 1755, nivel 1805, nivel 1900, nivel 1935; en estos niveles se ha identificado plenamente la veta Sangre de Toro y de los cuales se han tomado los datos estructurales que utilizaremos para el análisis estructural.



Imagen N° 13: Veta Sangre de Toro, con típica asociación mineralógica, asociada a óxidos. Nivel 1755.



Fuente: Elaboración propia

Las fallas post mineralizantes que acompañan a la veta, tienden a mantener el mismo rumbo con la veta y también lateralmente.

Los datos que a continuación se muestran, se obtuvieron como promedio de cada uno de los niveles en los que se labora actualmente y los mapeos que se realiza, esto para llevar el control estructural (ver cuadro N° 7):

Cuadro N° 7: Estaciones micro tectónicas de las fallas que perturban la veta Sangre de Toro.

NIVEL	RUMBO	BUZAM	PITCH	CINEMATICA	OBSERVACION
1545	S58°E	65°SO	49°NO	Normal dextral	Tendencia de la falla, igual a la veta
	N37°O	81°NE	57°SE	Normal dextral	Flexión de falla.
1614	S68°E	75°SO	52°NO	Normal dextral	Tendencia de la falla, igual a la veta
	N33°O	30°NE	43°SE	Inversa sinistral	Flexión de falla
1666	S63°E	76°SO	63°NO	Normal dextral	Tendencia de la falla, igual a la veta
	N12°O	43°SE	58°SE	Normal dextral	Flexión de falla
1715	S65°E	77°SO	56°NO	Normal dextral	Tendencia de la falla, igual a la veta
	N48°O	50°NE	58°SE	Normal dextral	Flexión de falla
1755	S59°E	69°SO	56°NO	Normal dextral	Tendencia de la falla, igual a la veta
	N41°O	43°NE	55°SE	Normal dextral	Flexión de falla
1805	S74°E	75°SO	56°NO	Normal dextral	Tendencia de la falla, igual a la veta
	N56°O	36°NE	68°SE	Normal dextral	Flexión de falla
1900	S71°E	88°SO	27°SE	Inversa sinistral	Estructura perturbada, veta Sangre Toro II, no es muy claro aun
	N77°O	82°NE	26°SE	Inversa sinistral	Flexión de falla perturbada
1935	N61°O	60°NE	31°SE	Inversa sinistral	Falla bastante fracturada, no se identifica veta.

Fuente: Elaboración propia

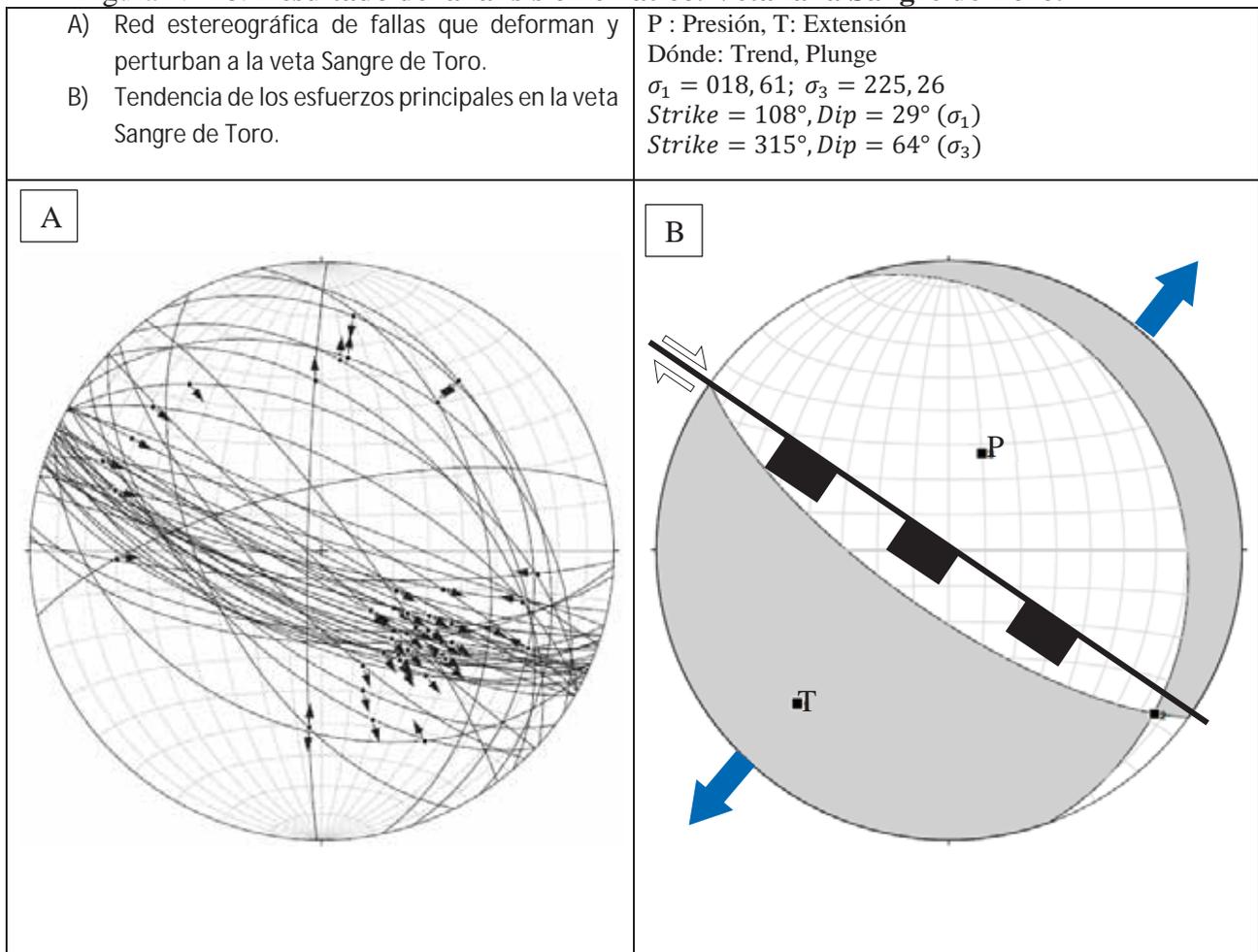


Claramente se observa que la veta Sangre de Toro, mantiene un rumbo NO - SE, un buzamiento SO, con flexiones hacia el NE; estas flexiones están asociadas en la mayoría de los casos a la generación de sigmoides, esto en el caso de la veta Sangre de Toro; según los nuevos trabajos de exploración, el cual se va dirigiendo hacia el SE, dicha veta se presenta muy perturbada, al cual se le ha denominado Sangre de Toro II. Con los indicios en superficie se propuso sellar una nueva Galería para explorar veta Sangre de Toro II, pero toda la zona está bien fallada, y las concentraciones de leyes de oro no acompañan a la estructura, la veta aparentemente ha sufrido desplazamiento bastante fuerte del orden de los 10 metros.

### Análisis cinemático

Según los datos obtenidos en campo, se tiene los siguientes resultados.

Figura N° 18: **Resultado del análisis cinemático. Veta falla Sangre de Toro.**



Fuente: FaultKin

Del análisis anterior en la figura N° 18, se concluye lo siguiente

Se ha identificado estructura tensional de Az=181°N, Bz=86°NO, fallas con esta dirección tienden a desplazar la veta sinistral, esto se puede apreciar en A.

Así mismo las estructuras que acompañan a la veta, pero con diferente dirección Az=287°N, Bz=80°NE, tienden a formar lazos sigmoidales, esto se puede apreciar en A.



La gran variación de los azimuts indica una gran actividad tectónica, se puede apreciar en A.

El movimiento en general para la veta-falla Sangre de Toro, es sinistral normal, con azimut  $117.5^{\circ}N$  y buzamiento de  $71^{\circ}SO$ ; el esfuerzo principal, tiene un trend de  $195.1^{\circ}$  y plunge de  $24.6^{\circ}$ , este resultado corresponde a la influencia sinistral algunas fallas de esta naturaleza.

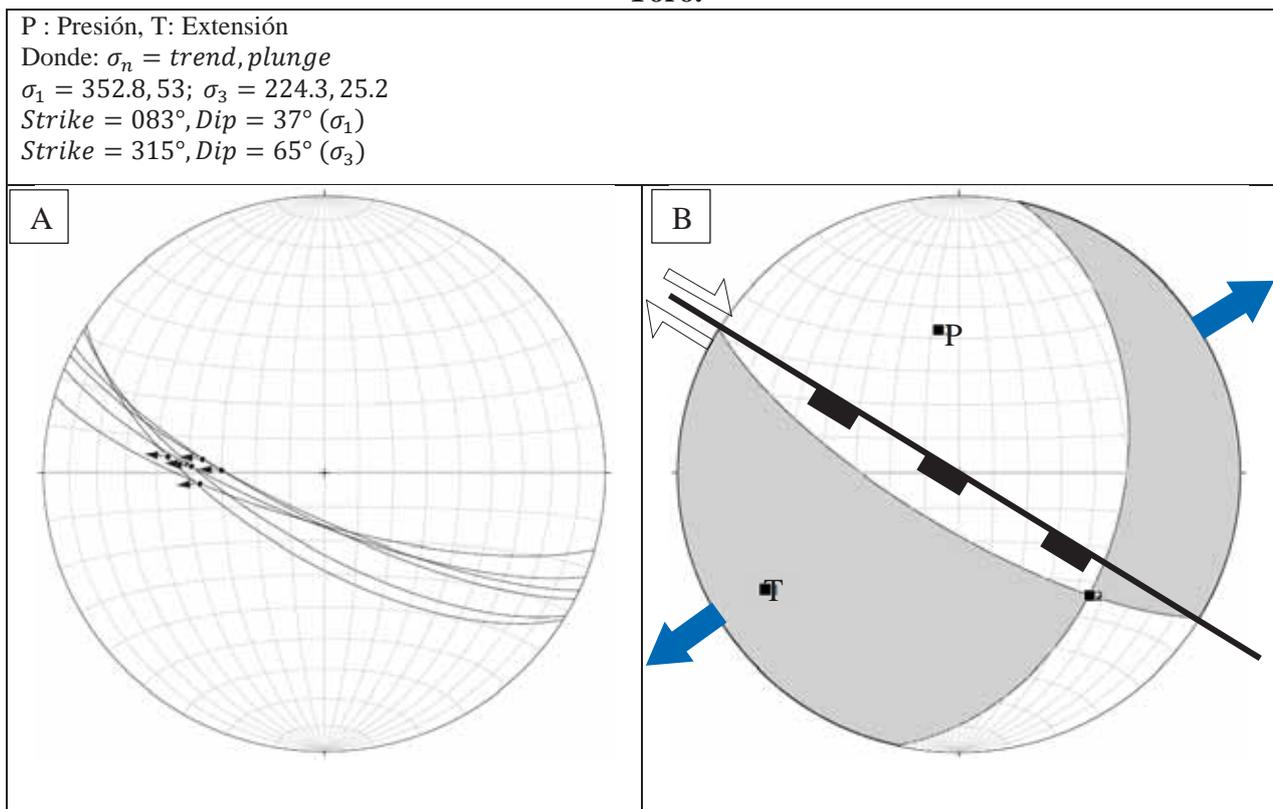
Con el análisis estereográfico hemos podido observar que la veta Sangre de Toro ha tenido una actividad tectónica bastante intensa.

Siendo esta veta una de las primeras vetas en emplazarse, razón por la cual la alteración es más intensa, notable oxidación, de ahí la presencia de limonitas, jarositas. Razón por la cual se le denomina Sangre de Toro.

### Análisis independiente de los estereogramas

A continuación se realiza el análisis de cada estructura identificada, en la veta Sangre de Toro.

Figura N° 19: **Fallas normales dextrales, dirección principal de la Veta falla Sangre de Toro.**



Fuente: FaultKin

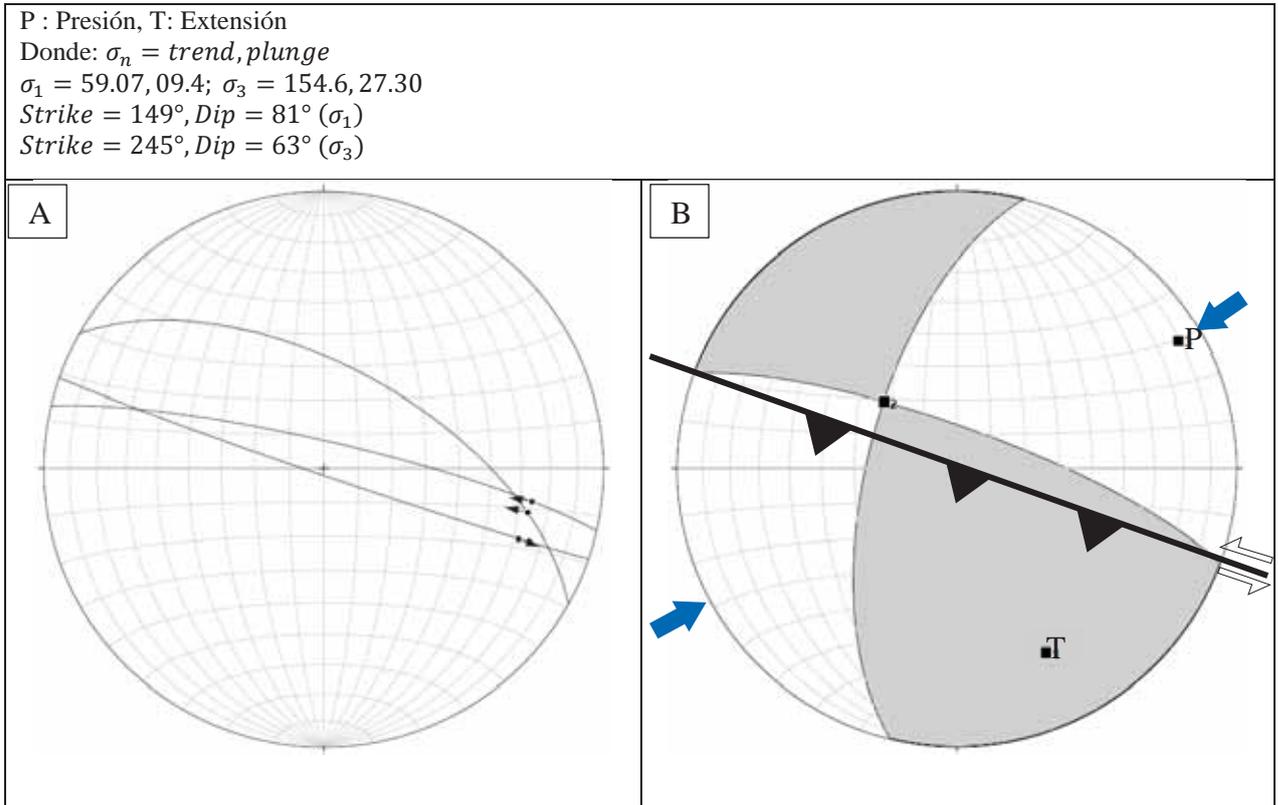
De la figura N° 19, el estereograma muestra un claro movimiento normal dextral, el cual deforma y acompaña la veta Sangre de Toro, siendo esta misma dirección, la que propicio la apertura de los espacios necesarios para la precipitación de las vetas auríferas.

Estas fallas son post mineralización, y que han mantenido su dirección de esfuerzos.

A continuación se muestra el siguiente análisis estructural de las fallas inversas sinistral:



Figura N° 20: **Falla Inversa Sinistral, corresponde a zonas de flexión de la veta Sangre de Toro.**



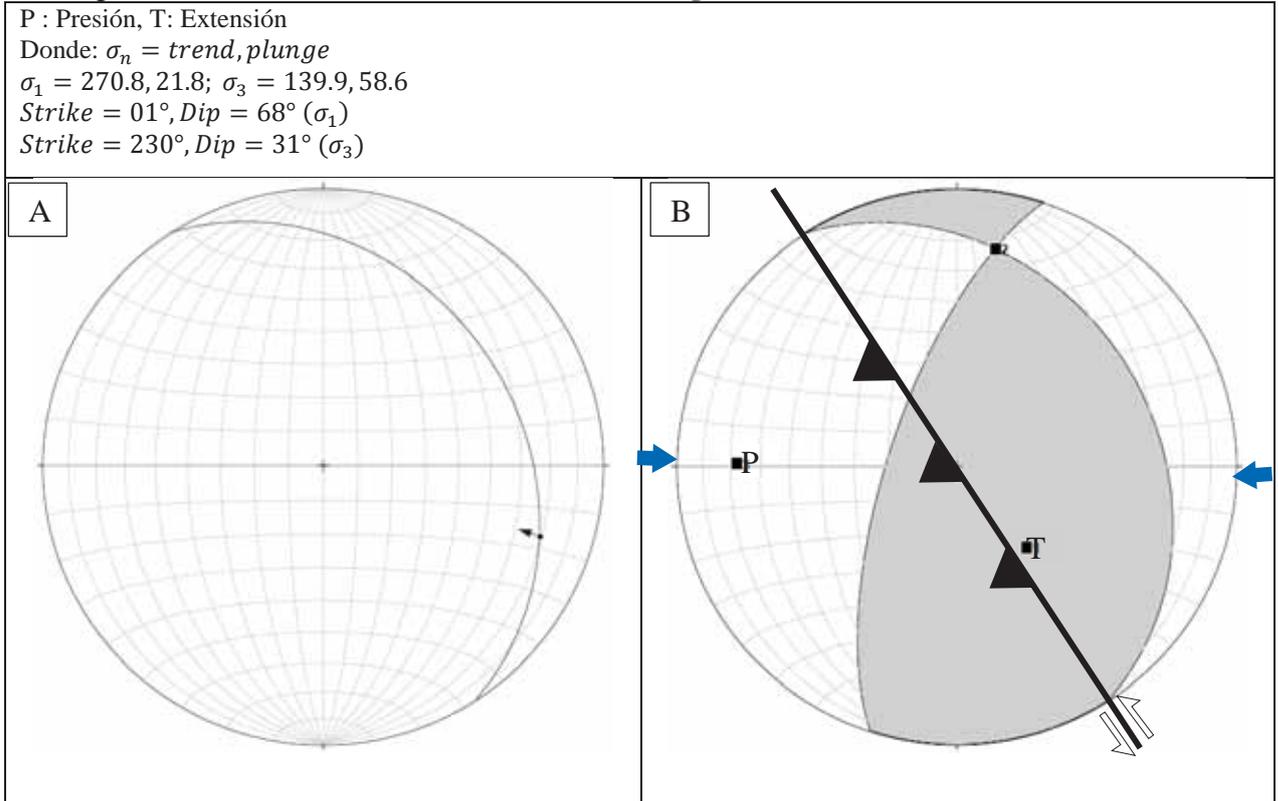
Fuente: FaultKin

De la figura N° 20, estas estructuras corresponden a zonas donde la veta Sangre de Toro, sufren un flexión, esto debido al proceso de cizallamiento, el cual es este caso ha generado un cambio de movimiento.

El plunge del esfuerzo mayor ( $\sigma_1$ ) es  $09.4^\circ$ , el cual nos indica un esfuerzo casi horizontal, el cual nos hace entender un cambio de régimen, de distensivo a compresivo.



Figura N° 21: Falla Inversa Sinistral, veta Sangre de Toro, flexión de estructura



Fuente: FaultKin

De la figura N° 21, el notable cambio de dirección de los esfuerzos principales, estos con trend ( $\sigma_1$ : E/O), corresponde a periodos de variación en esfuerzos.

El plunge de  $\sigma_1 = 21.8^\circ$ , evidencia de que esta fase tectónica estuvo sometida a compresión, luego de estar precedida por un proceso distensivo, con pequeños episodios compresivos.

### 5.2.3.2 Veta - falla Santa Rosa

Esta estructura tiene un rumbo de  $N70^\circ - 80^\circ O$ , buzamiento  $77^\circ SO$  y con ciertas flexiones  $78^\circ NE$ , con potencias variables de 0.15 a 0.25 metros, esta veta en superficie no tiene importante afloramiento como las vetas Sangre de Toro y El Viento, pero su contenido en oro es también alto. Hacia el flanco Este la veta se encuentra perturbada por fallas de cortes transversal, la responsable de los movimientos transversales en escala métrica.

La toma de datos se ha realizado en los siguientes niveles:

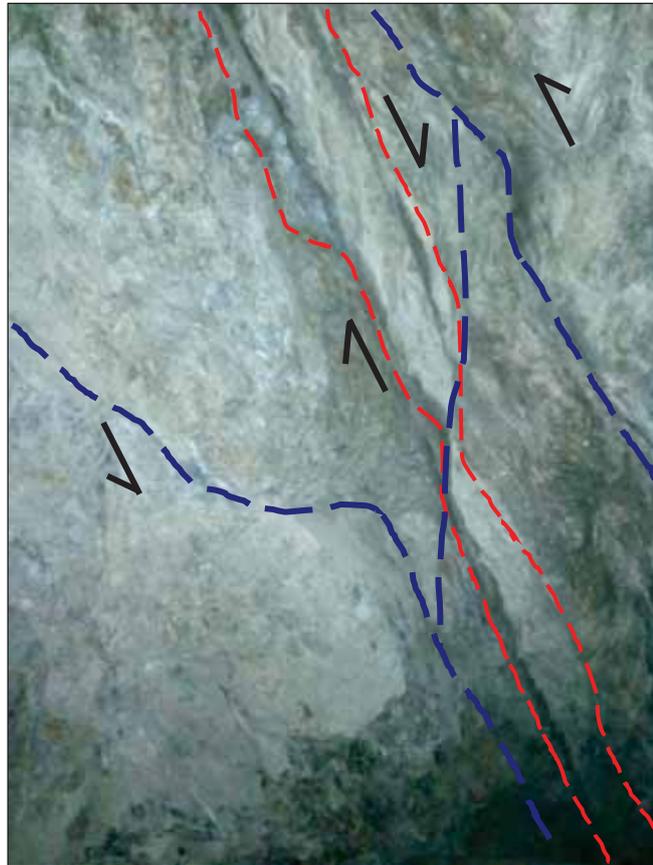
- Nivel 1666, nivel 1715, nivel 1755, nivel 1814, son los niveles donde se ha identificado a la veta Santa Rosa.
- La veta Santa Rosa, tiene sigmoides de gran importancia como las que se identificó en el nivel 1715, se ha identificado indicios de que la veta Santa Rosa forme un sigmoide. Esto se corrobora en el nivel 1755, se confirma dicha estructura, con alta ley en oro, así como en potencia 0.20 metros.



- La intensa actividad tectónica hace que la veta en profundidad no tenga continuidad notoria. En el nivel 1545, solo se ha identificado la estructura falla con  $Az = 303^\circ N$ ,  $Bz = 70^\circ NE$ , de cinemática dextral normal.

Imagen N° 14: **Veta Santa Rosa, se puede ver la típica alteración propilítica.**

Nivel 1755



Fuente: Elba roción propia

De la imagen N° 14, se puede apreciar la veta-falla Santa Rosa, con su típica asociación mineralógica; en la imagen se puede apreciar, la roca caja metadiorita, tal y como se había visto en las secciones geológicas interpretadas anteriormente, esta veta atraviesa la roca metadiorita; la línea punteada azul, representa a la falla, y la línea punteada roja representa a la veta.

La cinemática de las fallas inversas, las cuales reducen la potencia y trituran la veta.



**Cuadro N° 8: Estaciones micro tectónicas de las fallas que perturban la veta Santa Rosa.**

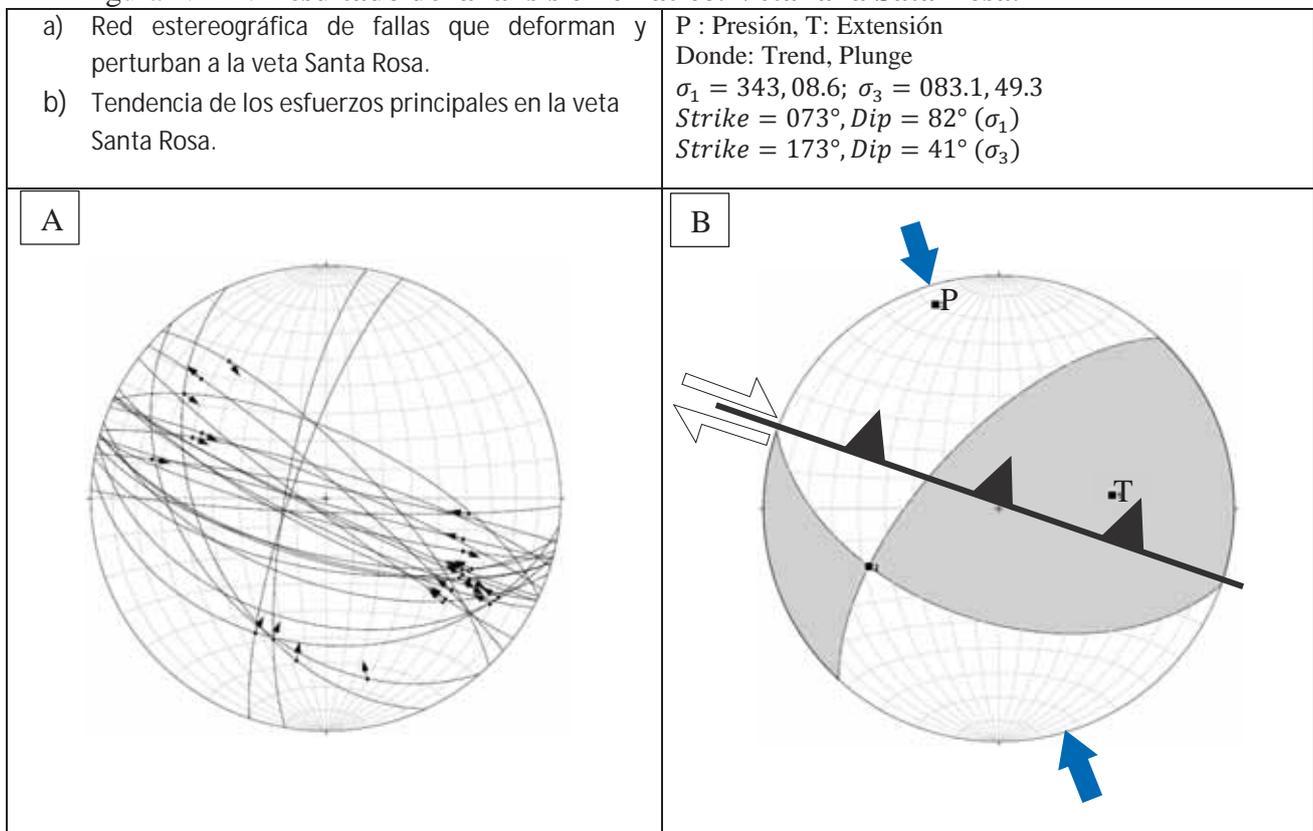
NIVEL	RUMBO	BUZAM	PITCH	CINEMATICA	OBSERVACION
1666	S61°E	55°SO	36°SE	Inversa dextral	Tendencia de la falla igual a la veta
1715	S71°E	79°SO	36°SE	Inversa dextral	Tendencia de la falla igual a la veta
	S5°O	77°NO	37°SO	Inversa dextral	Falla tensional.
1755	S70°E	75°SO	34°SE	Inversa dextral	Tendencia de la falla igual a la veta
	N66°O	78°NE	32°NO	Inversa dextral	Falla tensional.
1814	S72°E	75°SO	35°NO	Inversa sinestral	Tendencia de la falla igual a la veta
	N49°O	84°NE	27°SE	Inversa sinestral	Falla tensional.

Fuente: Elaboración propia

### Análisis Cinemático

Según los datos obtenidos en campo, se tiene los siguientes resultados.

**Figura N° 22: Resultado del análisis cinemático. Veta falla Sata Rosa.**



Fuente: FaultKin

De la figura N° 22, se interpreta lo siguiente:

Se ha identificado estructura tensional de Az=195°N, Bz=77°NO, fallas con esta dirección tienden a desplazar la veta sinestral, se observa en A.

La gran variación de los azimuts indica una gran actividad tectónica, se observa en A.

En B se puede apreciar, que el esfuerzo principal tiene un trend 343 y plunge 8.6, este resultado demuestra que esta veta-falla Santa Rosa, tiene dirección andina.

La veta Santa Rosa, está sometida a un movimiento Inverso, en un contexto distensivo.



### Análisis independiente de los estereogramas

Agrupados según su azimut, y su buzamiento, permite describir de manera puntual los diferentes cambios de dirección de esfuerzos principales.

Figura N° 23: **Falla Inversa dextral, dirección principal veta Santa Rosa**

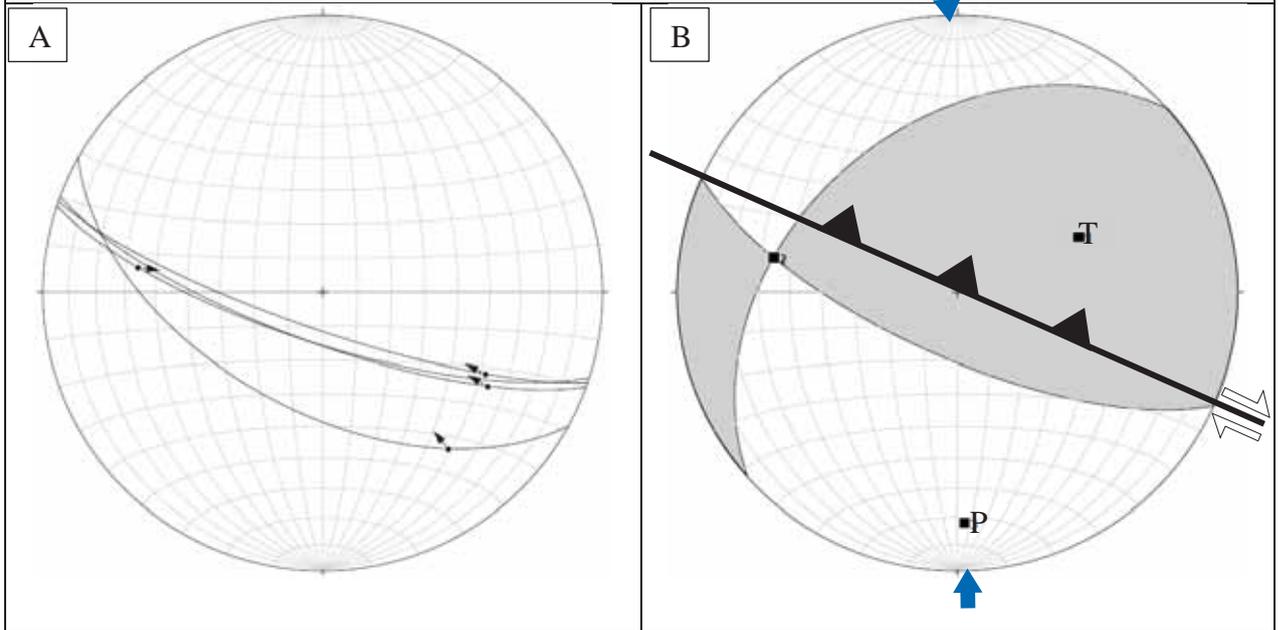
P : Presión, T: Extensión

Donde:  $\sigma_n = trend, plunge$

$\sigma_1 = 178.4, 18; \sigma_3 = 065, 50.7$

Strike =  $268^\circ, Dip = 72^\circ (\sigma_1)$

Strike =  $155^\circ, Dip = 39^\circ (\sigma_3)$



Fuente: FaultKin

De la figura N° 23, la dirección principal de la veta Santa Rosa es de NO – SE, con un marcado movimiento inverso dextral, razón por la cual esta veta no profundiza, así como tiene una configuración bastante perturbada.

La dirección del esfuerzo principal  $\sigma_1 = 178.40, 18$ , practicamente N-S, con un notable plunge típico de este tipo de estructuras, corresponde a un periodo compresivo en régimen distensivo.



Figura N° 24: **Falla inversa dextral, estructura que desplaza la veta Santa Rosa.**

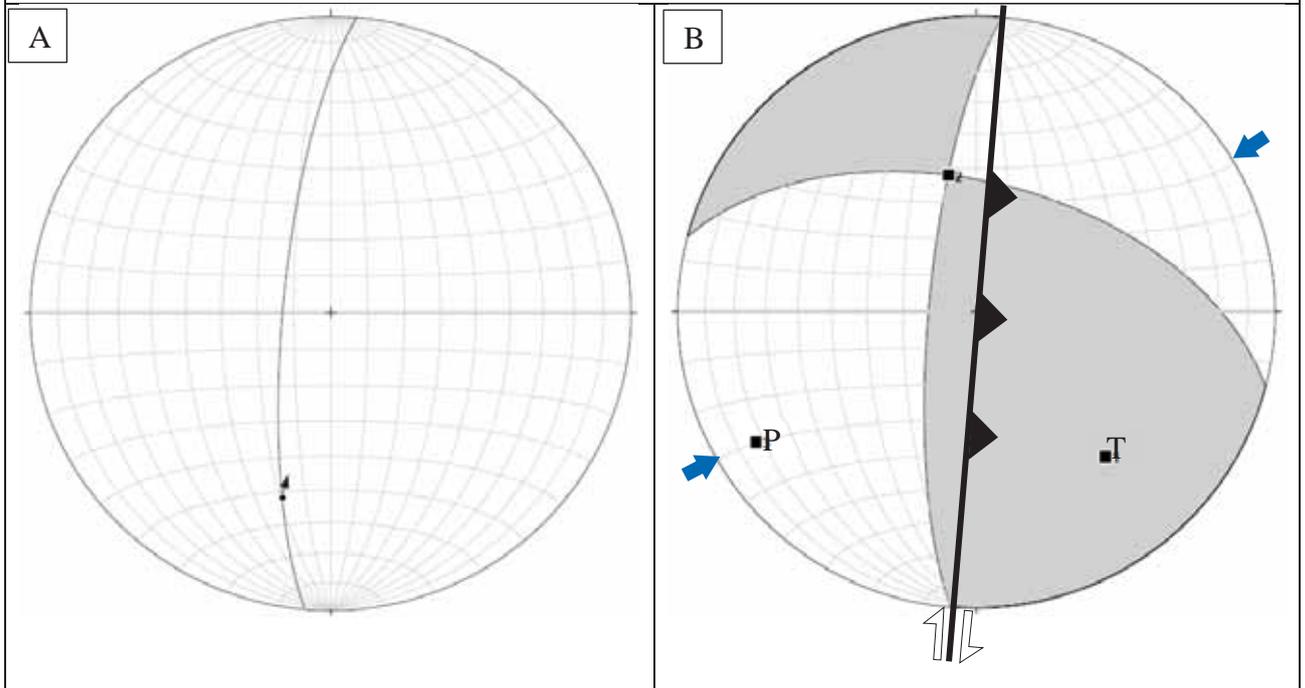
P : Presión, T: Extensión

Donde:  $\sigma_n = \text{trend, plunge}$

$\sigma_1 = 239.3, 14.8$ ;  $\sigma_3 = 138.6, 35$

Strike =  $329^\circ$ , Dip =  $75^\circ$  ( $\sigma_1$ )

Strike =  $229^\circ$ , Dip =  $55^\circ$  ( $\sigma_3$ )



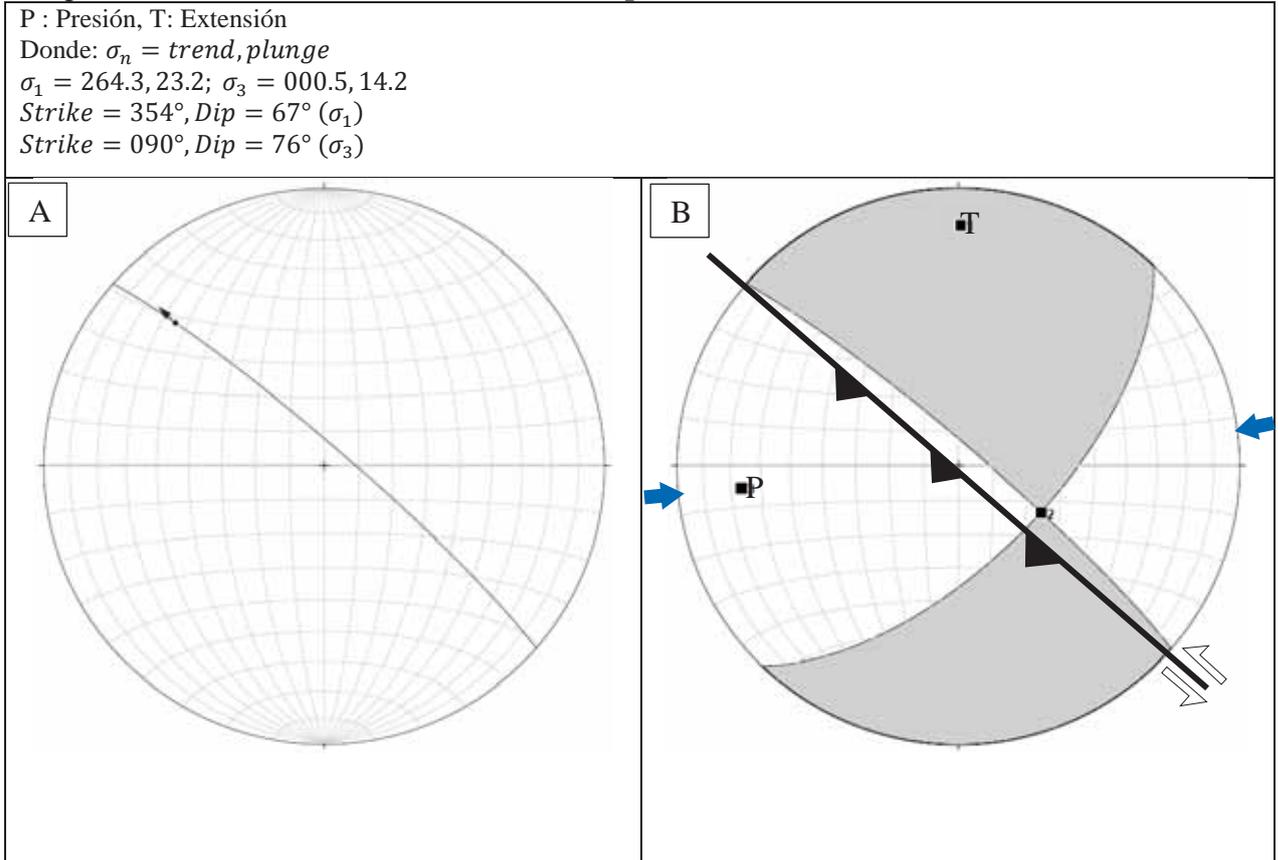
Fuente: FaultKin

De la figura N° 24, la estructura desplaza transversalmente a la veta Santa Rosa, razón por la cual muchos tramos de veta no tienen continuidad.

Esta estructura tiene un trend 239.3 y plunge 14.8 correspondiente al esfuerzo principal ( $\sigma_1$ ), este esfuerzo corresponde a etapas posteriores a la mineralización (régimen compresivo).



Figura N° 25: **Falla inversa sinistral, corresponde a flexión de veta-falla Santa Rosa.**



Fuente: FaultKin

De la figura N° 25, corresponde a la flexión que sufre la veta Santa Rosa, invirtiendo el buzamiento de la veta falla.

Esta inflexión indica una variación en la dirección de los esfuerzos principales, que en este caso es casi E-O.

### 5.2.3.3 Veta El Viento

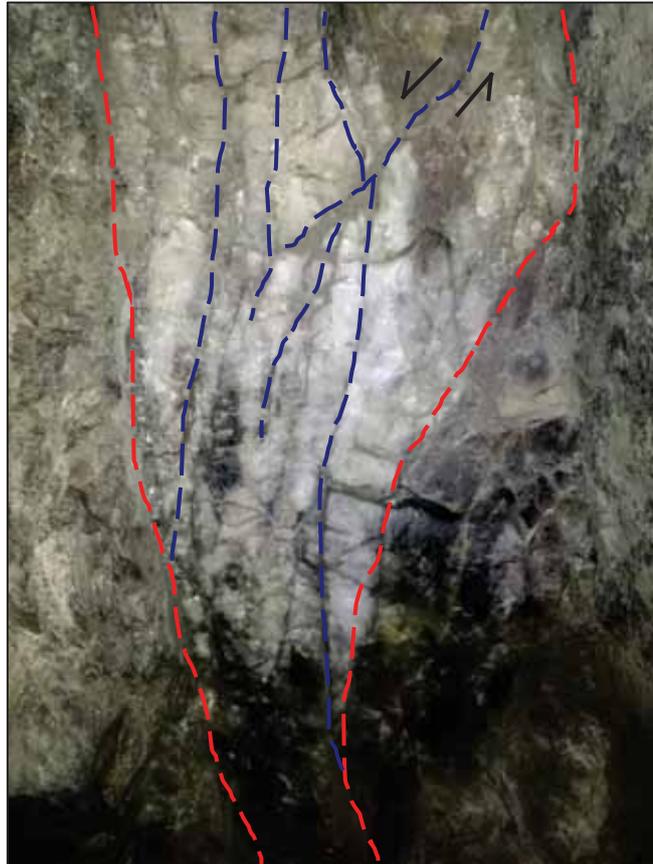
Esta estructura tiene un rumbo de  $N50^\circ-70^\circ O$ , buzamiento  $78^\circ SO$ , cuyas potencias varían entre los 0.15 – 0.30 metros. La veta en planta muestra pequeños lazos sigmoidales hacia el piso, denominado El Viento Piso, el cual tiene semejanza en composición mineralógica, se evidencia claramente del nivel 1614 hacia niveles superiores. En superficie se ha podido observar que esta veta tiene un marcado movimientos de cizalla dextral, bajo un régimen distensivo.

- En el nivel 1545, la veta el Viento se ha podido evidenciar la presencia de diques que perturban la continuidad de la veta, así mismo as fallas que los acompañan de igual manera lo perturban. Todo ello indicaría que esta veta no tiene continuidad en profundidad.
- En el nivel 1614, se evidencia la presencia de la veta El Viento Piso, el cual se evidencia hasta el nivel 1814.
- En el nivel 1755, se tiene un clavo mineralizado, de leyes en promedio de 79gr/tn Au, a esa misma altura tienen ese mismo promedio de ley.



- Una aparente falla con movimiento dextral, evidenciado en el nivel 1814, el cual perturba la continuidad del lazo sigmoidal de la veta El Viento Piso.

Imagen N° 15: Veta El Viento, evidencia de la veta y su típica asociación mineralógica. Nivel 1545



Fuente: Elaboración propia

De la imagen N° 15, la veta El Viento, se caracteriza por la asociación mineralógica, la cual consta de cuarzo blanco a hialino, pirita diseminada, puntos de calcopirita e implícito el oro en la estructura cristalina de los sulfuros. Así mismo se puede apreciar que esta veta está afectada por fallas que perturban la veta El Viento; las líneas punteadas de azul representa a las fallas, las líneas punteadas de rojo representa a la veta El Viento.

A continuación en el cuadro N° 9 se muestran los datos estructurales para realizar el análisis estructural de la veta El Viento.

Cuadro N° 9. Estaciones micro tectónicas de las fallas que perturban la veta El Viento.

NIVEL	RUMBO	BUZAM	PITCH	CINEMATICA	OBSERVACION
1545	S47°E	66°SO	32°SE	Inversa dextral	Dirección de veta falla
	S4°O	59°NO	27°SO	Inversa dextral	Estructura tensional
1585	S61°E	78°SO	45°NO	Normal dextral	Dirección de veta falla
	N69°O	83°NE	50°SE	Normal dextral	Estructura tensional
1614	S63°E	76°SO	49°NO	Normal dextral	Dirección de veta falla
	N57°O	75°NE	57°SE	Normal dextral	Flexión de la veta falla
	N31°E	72°SE	37°SO	Inversa sinetral	Estructura tensional
1666	S59°E	76°SO	45°NO	Normal dextral	Dirección de veta falla
	N61°O	77°NE	28°SE	Inversa sinetral	Estructura tensional
1715	S57°E	68°SO	58°NO	Normal dextral	Dirección de la veta falla
	N10°O	20°NE	35°SE	Inversa sinetral	Flexión de veta falla



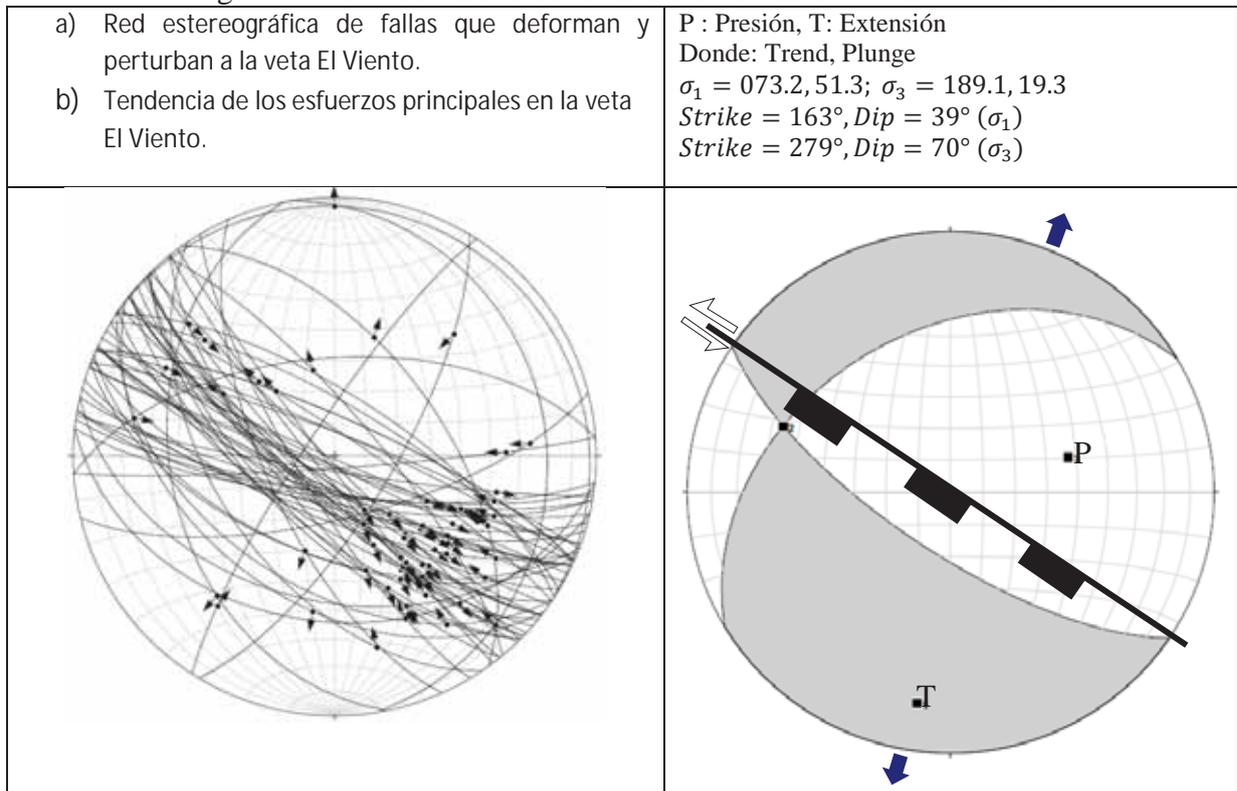
1755	N61°O	81°NE	61°SE	Normal dextral	Flexión de la veta falla
	S55°E	79°SO	60°NO	Normal dextral	Dirección veta falla
	N38°O	67°NE	67°SE	Normal dextral	Flexión de veta falla
	N76°E	70°SE	28°SO	Inversa sinistral	Estructura tensional
	S45°E	88°SO	57°NO	Normal dextral	El Viento 1
1814	S77°E	79°SO	36°NO	Inversa sinistral	Dirección de veta falla
	S56°E	69°SO	56°NO	Normal dextral	Dirección de veta falla
	N59°O	74°NE	35°NO	Inversa dextral	Flexión de veta falla
	S57°O	81°NO	28°NE	Inversa sinistral	Estructural tensional
1868	S67°E	58°SO	57°NO	Normal dextral	El Viento 1
	S71°E	80°SO	36°SE	Inversa dextral	Dirección de veta falla

Fuente: Elaboración propia

### Análisis Cinemático

Según los datos obtenidos en campo, se tiene los siguientes resultados.

**Figura N° 26. Resultados del análisis cinemático. Veta El Viento.**



Fuente: FaultKin

Según la figura N° 26 se han identificado estructuras tensionales de Az=213°N, Bz=81°NO, Az=031°N, Bz=72°SE, fallas con esta dirección tienden a desplazar la veta sinistral, se puede apreciar en A.

También se han identificado flexiones importantes de Az=324°N, Bz=56°NE, dichas flexiones forman lazos sigmoidales, los cuales habrían posibilitado la bifurcación de la veta El Viento.

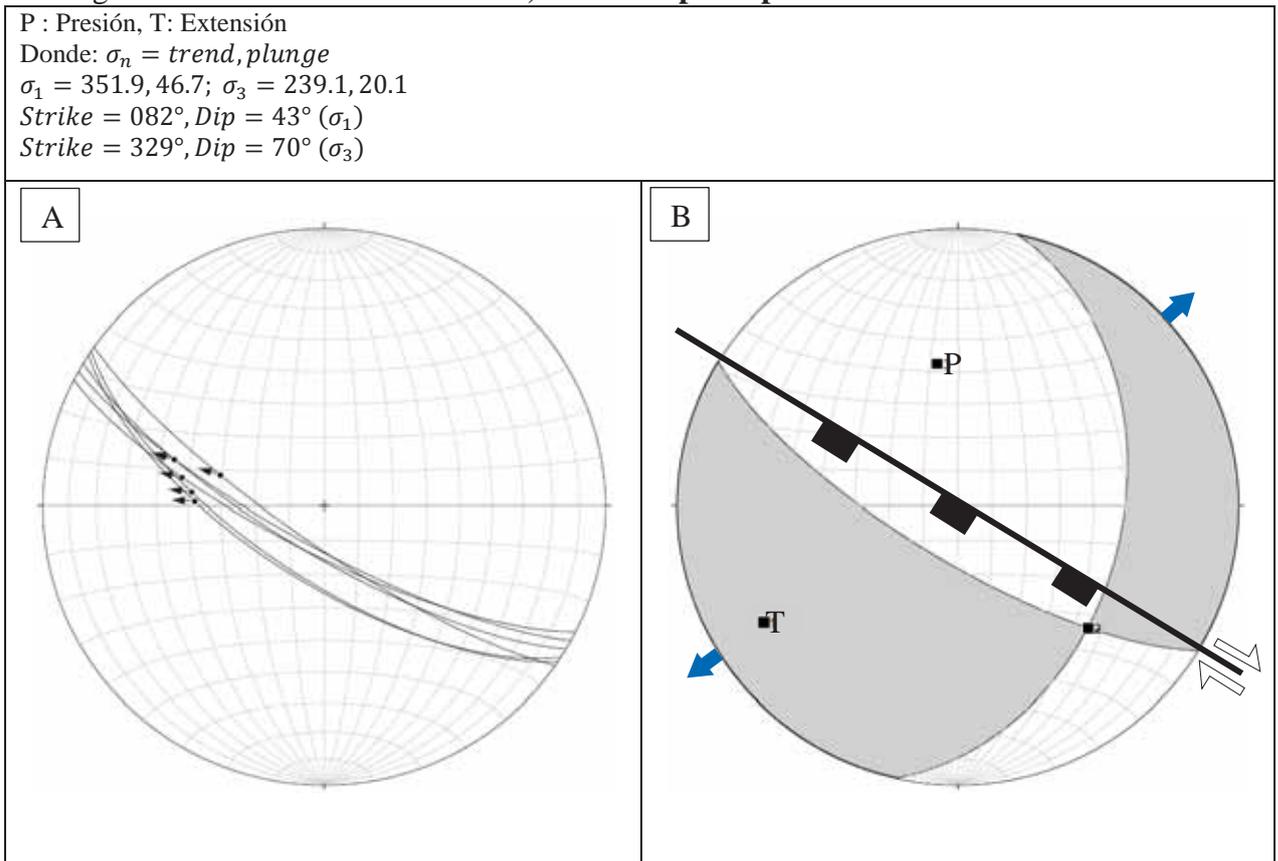


La veta El Viento, está sometida a un movimiento inversa dextral y normal dextral, en un contexto distensivo, cuyo trend 149.1 y plunge 51.8, el cual corresponde a un periodo distensivo.

### Análisis independiente de los estereogramas

Según los datos recopilados e interpretados, se ha podido obtener los siguientes resultados.

**Figura N° 27: Falla normal dextral, dirección principal de la veta-falla El Viento**



Fuente: FaultKin

De la figura N° 27, el esfuerzo principal de la veta El Viento tiene dirección NO – SE, el esfuerzo principal tiene dirección NO – SE, cuyo trend 341.9 y plunge 46.7.



Figura N° 28: **Falla normal dextral, corresponde a la flexión de la veta falla El Viento.**

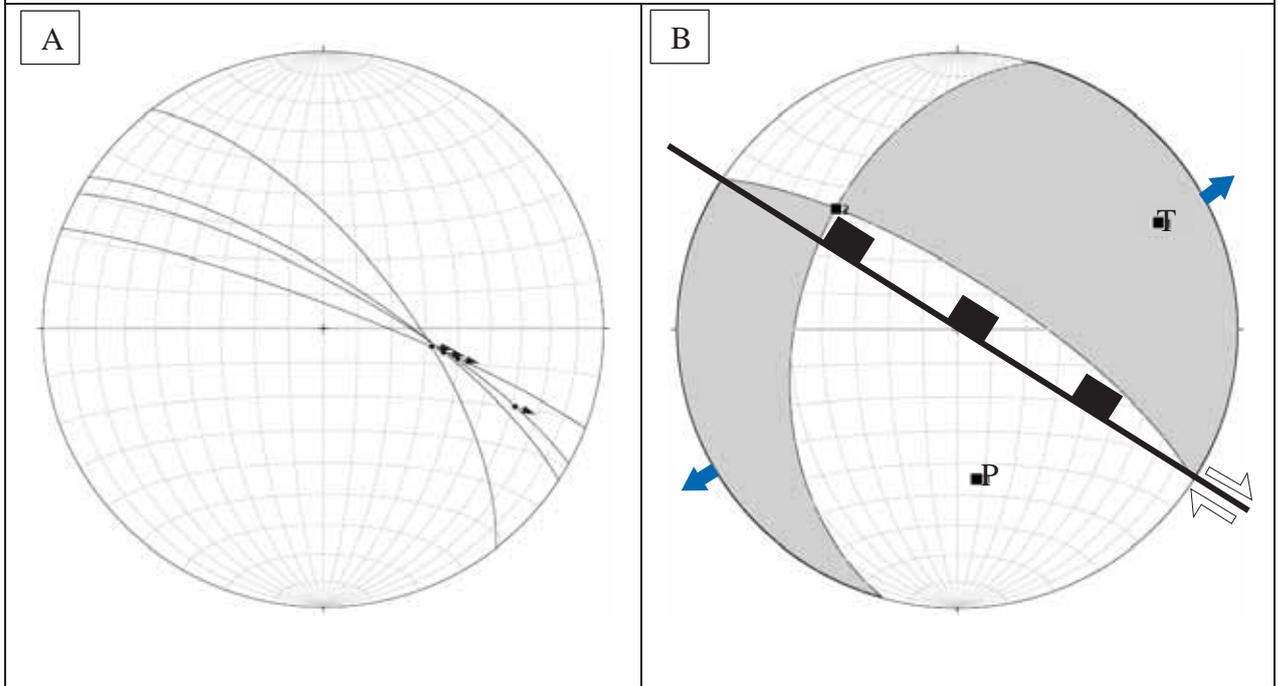
P : Presión, T: Extensión

Donde:  $\sigma_n = \text{trend, plunge}$

$\sigma_1 = 172.8, 44.9$ ;  $\sigma_3 = 061.7, 19.8$

Strike =  $263^\circ$ , Dip =  $45^\circ$  ( $\sigma_1$ )

Strike =  $152^\circ$ , Dip =  $70^\circ$  ( $\sigma_3$ )



Fuente: FaultKin

De la figura N° 28, la falla normal dextral, el cual muestra una inflexión en la veta falla El Viento, el trend del esfuerzo principal se mantiene en la misma dirección NO – SE.

El esfuerzo principal ( $\sigma_1$ ) con trend 172.8 y plunge 44.9, inflexiona la veta falla El Viento bajo el mismo regimen distensivo.



Figura N° 29: **Falla inversa dextral, corresponde a estructura tensional, que desplaza a veta falla El Viento.**

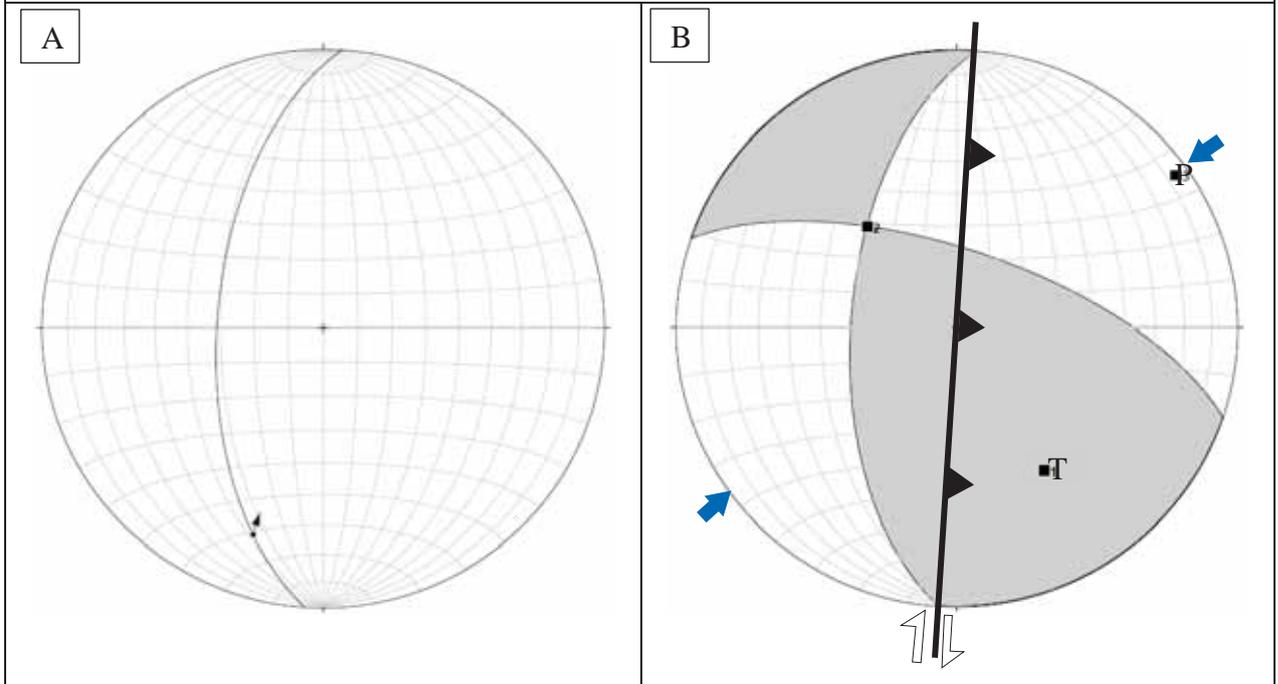
P : Presión, T: Extensión

Donde:  $\sigma_n = \text{trend, plunge}$

$\sigma_1 = 54.8, 05.1$ ;  $\sigma_3 = 149, 39.7$

Strike =  $145^\circ$ , Dip =  $85^\circ$  ( $\sigma_1$ )

Strike =  $239^\circ$ , Dip =  $50^\circ$  ( $\sigma_3$ )



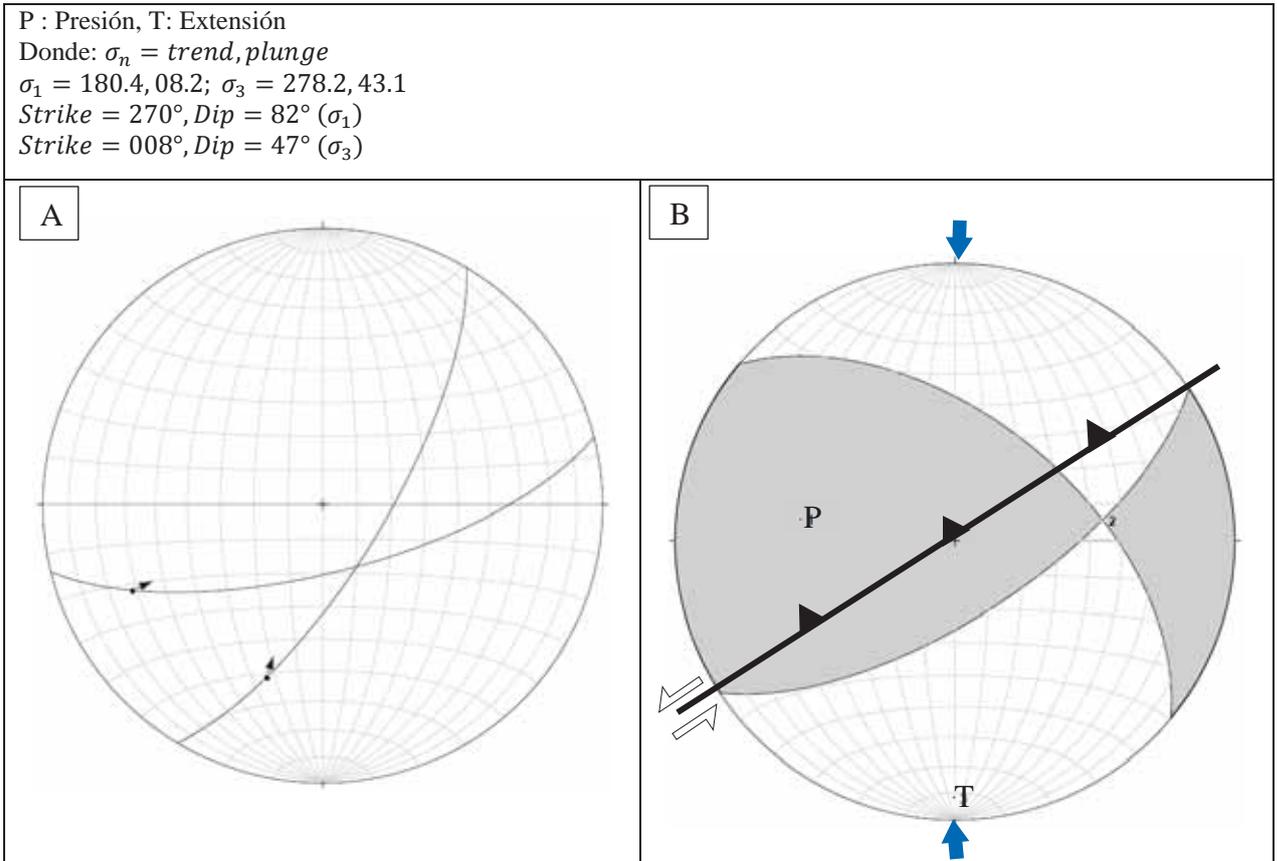
Fuente: FaultKin

De la figura N° 29, la falla inversa dextral, el cual cambia notablemente de dirección en los esfuerzos principales, generando así estructuras tensionales, las cuales desplazan a la veta falla El Viento.

La dirección del  $\sigma_1$ , es NE - SO, cuyo trend 054.8 y plunge 05.1, siendo este esfuerzo prácticamente de un bajo ángulo, el cual tiene implicancias importantes en la configuración actual de la veta falla El Viento.



Figura N° 30: **Falla inversa sinistral, corresponde a estructura tensional, que desplaza a veta falla El Viento.**



Fuente: FaultKin

De la figura N° 30, la estructura identificada, de naturaleza inversa, desplaza sinistralmente a la veta falla El Viento, dicho movimiento compuesto inverso está sometido bajo un régimen compresivo.

La dirección de  $\sigma_1$  es N - S, con trend 180.4 y plunge 08.2, dicho plunge es casi horizontal, razón por la cual de su naturaleza inversa, corresponde a evento post mineralización.

De los análisis estructurales realizados en este capítulo, se elabora la siguiente secuencia de fases de deformación en los análisis independientes en las diversas estructuras reconocidas y evaluadas (ver cuadro N° 10).



Cuadro N° 10. Mina Chaluane, cuadro resumen de las fases de deformación en análisis independiente en las diversas estructuras reconocidas y evaluadas, mostrando un esfuerzo resultante final del conjunto de esfuerzos observados.

Veta - Falla	1era Pre Fase	1era Fase	2da Fase	3era Fase	4ta Fase?
Sangre Toro		(N44E)	(N59E)	(N89O)	(N89O)
Santa Rosa		(N05O)	(N59E)	(N84E)	(N84E)
El Viento		(N59E)	(N55E)		(N62E)
General		(N48E)	(N58E)	(N87E)	

Fuente: Elaboración propia



## CAPITULO VI

### INTERPRETACIONES

#### 6.1 EVOLUCION TECTONICA Y FASES DE DEFORMACION EN LA ZONA DE ESTUDIO

Las estructuras frágiles de la Mina Chalhuane presentan por lo menos 4 fases de deformación que han afectado en diferente medida la geometría inicial del yacimiento. Para un mejor entendimiento de los eventos tectónicos responsables de las deformaciones descritas a escala regional, teniendo en cuenta que esta relación presentada como resultado es relativa, por no tener datos comprobables que verifiquen esta afirmación, la cual solo se basa en la comparación de eventos tectónicos y mineralizantes de alcance regional.

A continuación describiremos las 4 fases de deformación presentes en la Mina Chalhuane:

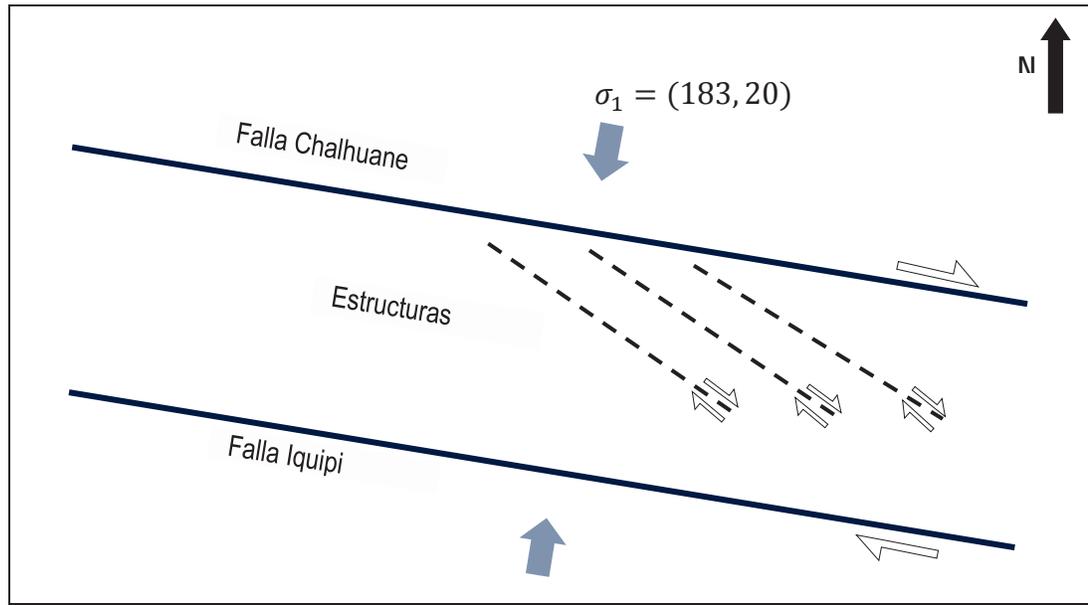
##### Pre Fase I:

Esta dada por una primera pre fase transcurrente  $N03^{\circ}E - S03^{\circ}O$ , en la zona de la Mina Chalhuane, se ha observado este movimiento en la falla Chalhuane el cual habría generado las fisuras que luego servirán de trampa para las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa, El Viento. Según la dirección de los esfuerzos compresivos la falla falla Chalhuane tiene movimiento dextral, esta fase se considera Pre Mineral; dicha estructura se puede observar a lo largo de la quebrada Chalhuane.

Esta fase considerada como Pre fase I, estaría ubicada entre un evento tectónico compresivo denominado orogenia Mochica (Albiano medio – Cenomaniano) y una fase compresiva que sería la fase Peruana (112 – 93 millones de años), ver figura N° 31.



Figura N° 31. Mina Chaluane, esquema conceptual de los esfuerzos compresivos efectivos en la primera fase de deformación y las estructuras resultantes observadas dentro del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia

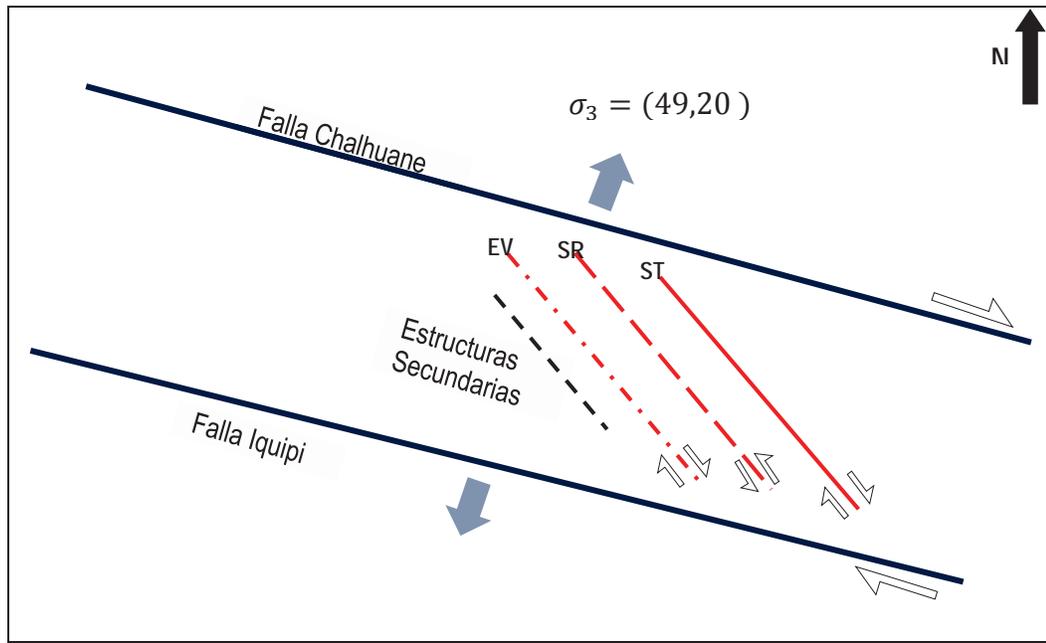
### Fase I

Después de la pre primera fase, es seguida de un periodo distensivo. Durante este proceso se da un régimen extensional evidenciado por la presencia de cuencas intermontanas, rellenas por capas rojas como la Formación Casapalca (Benavides-Caceres, 1999) y vulcanismo relacionado a calderas (Noble et al, 2005). En la mina Chaluane este periodo de esfuerzos distensivos estaría ligada a los procesos de **inicios de mineralización y mineralizaciones regionales** que aportaron el enriquecimiento del yacimiento.

Por lo tanto esta fase estaría ligada a un régimen extensional ubicado entre los pulsos finales de la fase peruana (84 – 79 millones de años), ver figura N° 32 y 33.



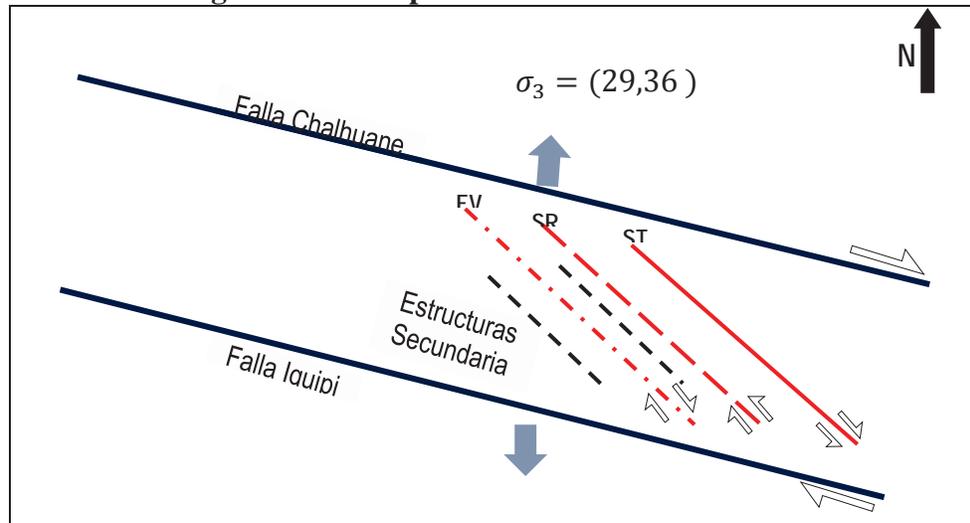
Figura N° 32. Mina Chaluane, modelo esquemático de la fase extensional, que originó la apertura de estructuras pre existentes, 1era etapa de Mineralización.



Fuente: Elaboración propia



Figura N° 33. Mina Chaluane, modelo esquemático de la fase extensional, durante la cual se genera 2da etapa de mineralización.



Fuente: Elaboración propia

## Fase II

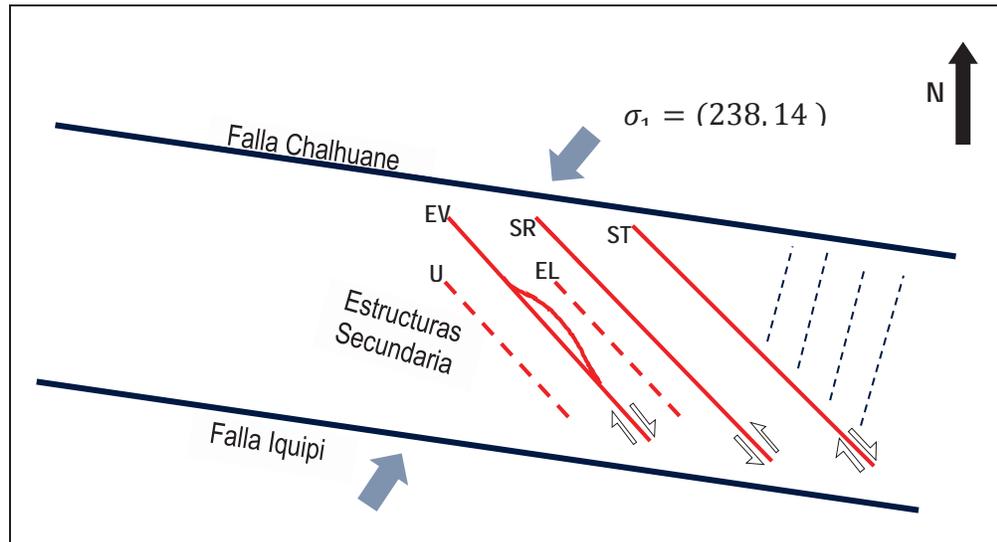
Es la segunda fase transcurrente, en la dirección N58°E – S58°O, en la mina Chaluane, este movimiento inverso dextral se advierte en las tres vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento, esta fase es considerada como **finalización de la mineralización (3era etapa de mineralización)**, debido a que en esta se van precipitando metales base como Pirrotita ( $FeS_{1-x}$ ) y Calcopirita ( $CuFeS_2$ ).

Así mismo se presume, comenzaron a generarse estructuras antitécticas.

Por lo Expuesto esta fase lo podemos ubicar en la fase Incaica I (59 – 55 millones de años) y la fase incaica II (43 – 42 millones de años) ambas de naturaleza compresiva (ver figura N° 34).



Figura N° 34. Mina Chalhuane, esquema de la fase sinistral que produjo la fragmentación de las estructuras mineralizadas, y generación de nuevas estructuras. Se inicia la 3era etapa de mineralización.



Fuente: Elaboración propia

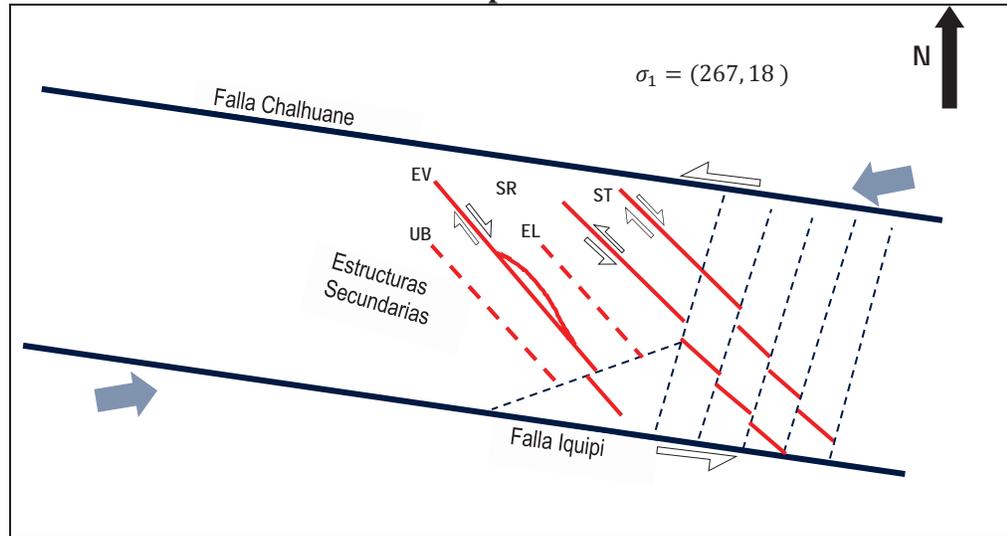
### Fase III

En esta tercera fase transcurrente, tiene dirección N87°E – S87°O. En la mina Chalhuane se puede observar que las estructura falla (estructura antitéticas), desplazan las vetas dextralmente. Esta fase se considera como **post – mineralización ( finaliza 3era etapa e inicia 4ta etapa de mineralización)**. Así mismo en esta etapa se presume inicio del proceso destructivo de alteración, el cual daría el nombre actual a la veta Sangre de Toro y Santa Rosa.

Este periodo de deformación estaría relacionado a la fase incaica IV (22 millones de años), esta fase corresponde a un evento compresivo (ver figura N° 35).



Figura N° 35. Mina Chaluane, modelo conceptual mostrando la reactivación sinistral de las fallas regionales, influyendo ello en las vetas, así mismo genera fallas que desplazan las vetas. Inicio de la 4ta etapa de Mineralización.



Fuente: Elaboración propia

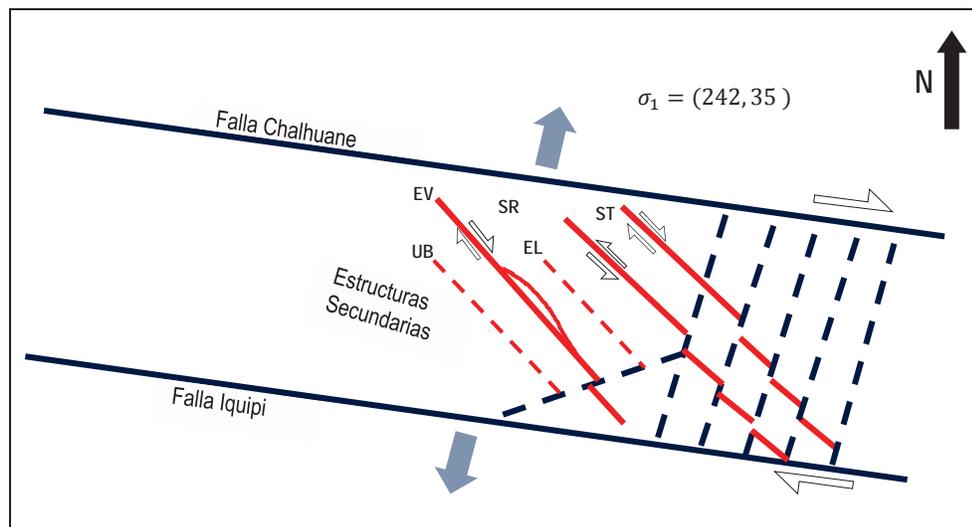
#### Fase IV

En esta fase también transcurrente, de dirección N62°E – S62°O, este último está dominado por una etapa extensiva con movimiento dextral, el cual afecta las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa principalmente.

Con este último evento se configuran las vetas a su estado actual, así mismo donde se evidencia la mayor intensidad de alteración supérgena.



Figura N° 36. Mina Chalhuane, esquema en la fase final dextral, se produce la mayor parte de la alteración hidrotermal, afectando principalmente a la veta Sangre de Toro, Santa Rosa y ligeramente en El Viento. Corresponde a la finalización de 4ta etapa de mineralización.



Fuente: Elaboración propia

En este evento se desarrolló una nueva apertura de estructuras, en las cuales se dieron las más fuertes alteraciones hidrotermales, con ello terminó todo este proceso formativo. Este periodo de deformación estaría relacionado al final de la fase Incaica IV (18 millones de años), ver figura N° 36.

## 6.2 CONTEXTO TECTONICO Y RELACION CON LA MINERALIZACION AURIFERA

Como resultado de los estudios se podría tener una serie de interpretaciones relativas que se ajusten al emplazamiento de los intrusivos, formación de las estructuras con las reactivaciones respectivas y ocurrencia de los diferentes eventos de mineralización (ver figura N° 37).

**El primer evento (Pre fase I)**, observado se relaciona con la orogenia Mochica del Albiano Medio – Cenomaniano, siendo en este periodo donde se formaron la estructuras de alcance regional con las subsecuentes estructuras secundarias que son motivo de estudio, además se emplazaron los intrusivos Patap.

**El segundo evento (fase I)**, corresponde a la edad de mineralización en el batolito de la costa fluctúa entre 70 a 50 millones de años, esto tiene un nexo con la fase extensional (**fase I**) entre finales de la orogenia peruana (84 – 79 millones de años) y el inicio de la fase Incaica I (59 – 55 millones de años), Campaniano tardío – Paleoceno. Durante este periodo ocurrieron los eventos de mineralización (que contribuyeron al enriquecimiento en Au en las vetas del Batolito de la costa (segmento Arequipa).

Este evento corresponde a la 1era y 2da etapa de mineralización: **1era etapa** (precipitación de Qz-I y Py-I, donde Au (máxima precipitación que acompaña a Py-I), corresponde a las vetas Sangre de Toro y moderadamente a Santa Rosa), **2da etapa** (precipitación de Qz-II, Py-II, Cpy, +/-Po (estos dos últimos minerales, aseguran la presencia del Au en la Py diss), donde se ha podido observar que Py-II es



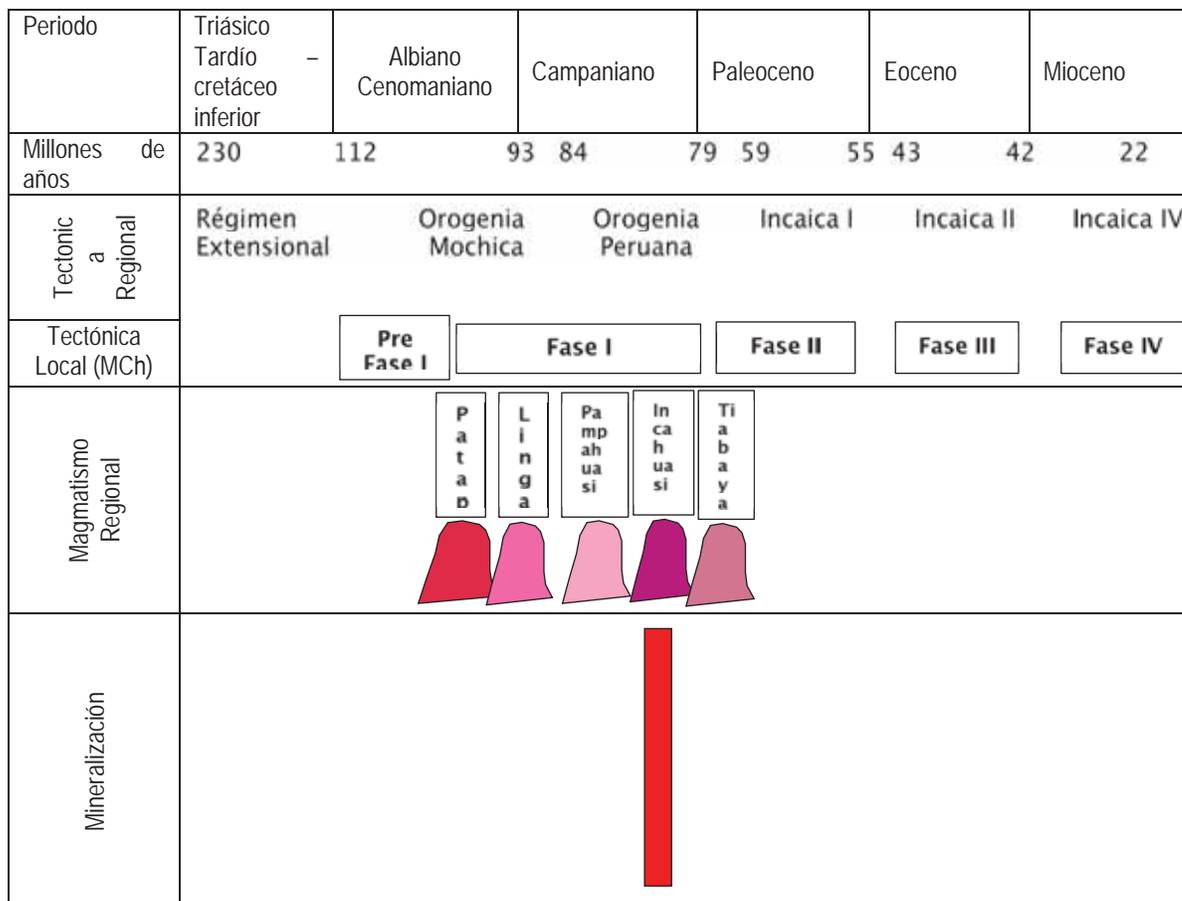
diseminado y así mismo acompañado de Au (moderada precipitación), dicha etapa correspondería a la veta El Viento).

**El tercer evento (fase II y III)**, estaría ubicada entre los periodos Incaica I y II, se ha podido relacionar con los estadios finales de la mineralización (continua precipitación de Po, Cpy), corresponde a la **3era etapa**.

Así mismo las estructuras comienzan a ser deformadas y perturbadas, esto corresponde a la fase III, donde se inician los proceso post mineralización (deformación y alteración), esta fase III (finalización de la **3era etapa** de mineralización) correspondería a los inicios de la fase Inca IV.

**El cuarto evento (fase IV)**, es de naturaleza dextral, este evento afecta a las estructuras mineralizadas, en esta etapa se ha podido relacionar con la influencia directa a intensa de la alteración supérgena. Corresponde a la **4ta etapa** de mineralización, es decir a los **procesos de alteración** ya mencionados. Esto relacionado con el estadio final de la fase Inca IV.

Figura N° 37. **Mina Chaluane, cuadro esquemático conceptual relacionando las fases tectónicas en la mina con eventos tectónicos, magmáticos y mineralización.**



Fuente: Elaboración propia



### 6.3 AREAS DE INTERES PROSPECTIVO

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

En función al análisis geoquímico realizado en superficie, se recomienda taladros tentativos, los cuales tienen el objetivo de reconocer las vetas en profundidad (ver figura N° 38).

#### Veta Sangre de Toro

##### DDH – ST2 – 01

Este taladro se ubica en superficie luego de habilitar una plataforma, idónea para realizar los trabajos respectivos. Tiene las siguientes especificaciones:

Coordenadas : X = 724352.35 Y = 8237753.51 Z = 1890.067  
Azimut : 51°N  
Inclinación : -12°  
Distancia : 210 metros

Explorar y confirmar la presencia de la veta Sangre de Toro 2 en profundidad.

##### DDH – ST2 – 02

Este taladro se ubica en superficie luego de habilitar una plataforma, idónea para realizar los trabajos respectivos. Tiene las siguientes especificaciones:

Coordenadas : X = 724352.35 Y = 8237753.51 Z = 1890.067  
Azimut : 47°N  
Inclinación : -21°  
Distancia : 230 metros

Explorar y confirmar la presencia de la veta Sangre de Toro 2 en profundidad.

##### DDH – ST2 – 03

Este taladro se ubica en superficie luego de habilitar una plataforma, idónea para realizar los trabajos respectivos. Tiene las siguientes especificaciones:

Coordenadas : X = 724352.35 Y = 8237753.51 Z = 1890.067  
Azimut : 13°N  
Inclinación : -14°  
Distancia : 180 metros

Explorar y confirmar la presencia de la veta Sangre de Toro 2 en profundidad.

##### DDH – ST2 – 04

Este taladro se ubica en superficie luego de habilitar una plataforma, idónea para realizar los trabajos respectivos. Tiene las siguientes especificaciones:

Coordenadas : X = 724352.35 Y = 8237753.51 Z = 1890.067  
Azimut : 342°N  
Inclinación : -31°



Distancia : 190 metros  
Explorar y confirmar la presencia de la veta Sangre de Toro 2 en profundidad.

### Veta Santa Rosa

#### DDH – SR – 01

Este taladro se ubica en superficie luego de habilitar una plataforma, idónea para realizar los trabajos respectivos. Tiene las siguientes especificaciones:

Coordenadas : X = 724352.35 Y = 8237753.51 Z = 1890.067  
Azimut : 228°N  
Inclinación : -36°  
Distancia : 220 metros

Explorar y confirmar la presencia de la veta Santa Rosa en profundidad.

#### DDH – SR – 02

Este taladro se ubica en superficie luego de habilitar una plataforma, idónea para realizar los trabajos respectivos. Tiene las siguientes especificaciones:

Coordenadas : X = 724352.35 Y = 8237753.51 Z = 1890.067  
Azimut : 193°N  
Inclinación : -48°  
Distancia : 120 metros

Explorar y confirmar la presencia de la veta Santa Rosa en profundidad.

#### DDH – SR – 03

Este taladro se ubica en superficie luego de habilitar una plataforma, idónea para realizar los trabajos respectivos. Tiene las siguientes especificaciones:

Coordenadas : X = 724352.35 Y = 8237753.51 Z = 1890.067  
Azimut : 154°N  
Inclinación : -58°  
Distancia : 175 metros

Explorar y confirmar la presencia de la veta Santa Rosa en profundidad.

### Veta El Viento

#### DDH – V – 01

Este taladro se ubica en superficie luego de habilitar una plataforma, idónea para realizar los trabajos respectivos. Tiene las siguientes especificaciones:

Coordenadas : X = 724299.08 Y = 8237512.21 Z = 1854.000  
Azimut : 13°N  
Inclinación : -19°  
Distancia : 240 metros

Explorar y confirmar la presencia de la veta El Viento en profundidad.



### **DDH – V – 02**

Este taladro se ubica en superficie luego de habilitar una plataforma, idónea para realizar los trabajos respectivos. Tiene las siguientes especificaciones:

Coordenadas : X = 724299.08 Y = 8237512.21 Z = 1854.000

Azimut : 13°N

Inclinación : -54°

Distancia : 140 metros

Explorar y confirmar la presencia de la veta El Viento en profundidad.

### **DDH – V – 03**

Este taladro se ubica en superficie luego de habilitar una plataforma, idónea para realizar los trabajos respectivos. Tiene las siguientes especificaciones:

Coordenadas : X = 724271.84 Y = 8237466.31 Z = 1822.181

Azimut : 44°N

Inclinación : -19°

Distancia : 180 metros

Explorar y confirmar la presencia de la veta El Viento en profundidad.

### **DDH – V – 04**

Este taladro se ubica en superficie luego de habilitar una plataforma, idónea para realizar los trabajos respectivos. Tiene las siguientes especificaciones:

Coordenadas : X = 724422.62 Y = 8237419.22 Z = 1859.000

Azimut : 15°N

Inclinación : -27°

Distancia : 115 metros

Explorar y confirmar la presencia de la veta El Viento en profundidad.

### **DDH – V – 05**

Este taladro se ubica en superficie luego de habilitar una plataforma, idónea para realizar los trabajos respectivos. Tiene las siguientes especificaciones:

Coordenadas : X = 724422.62 Y = 8237419.22 Z = 1859.000

Azimut : 45°N

Inclinación : -46°

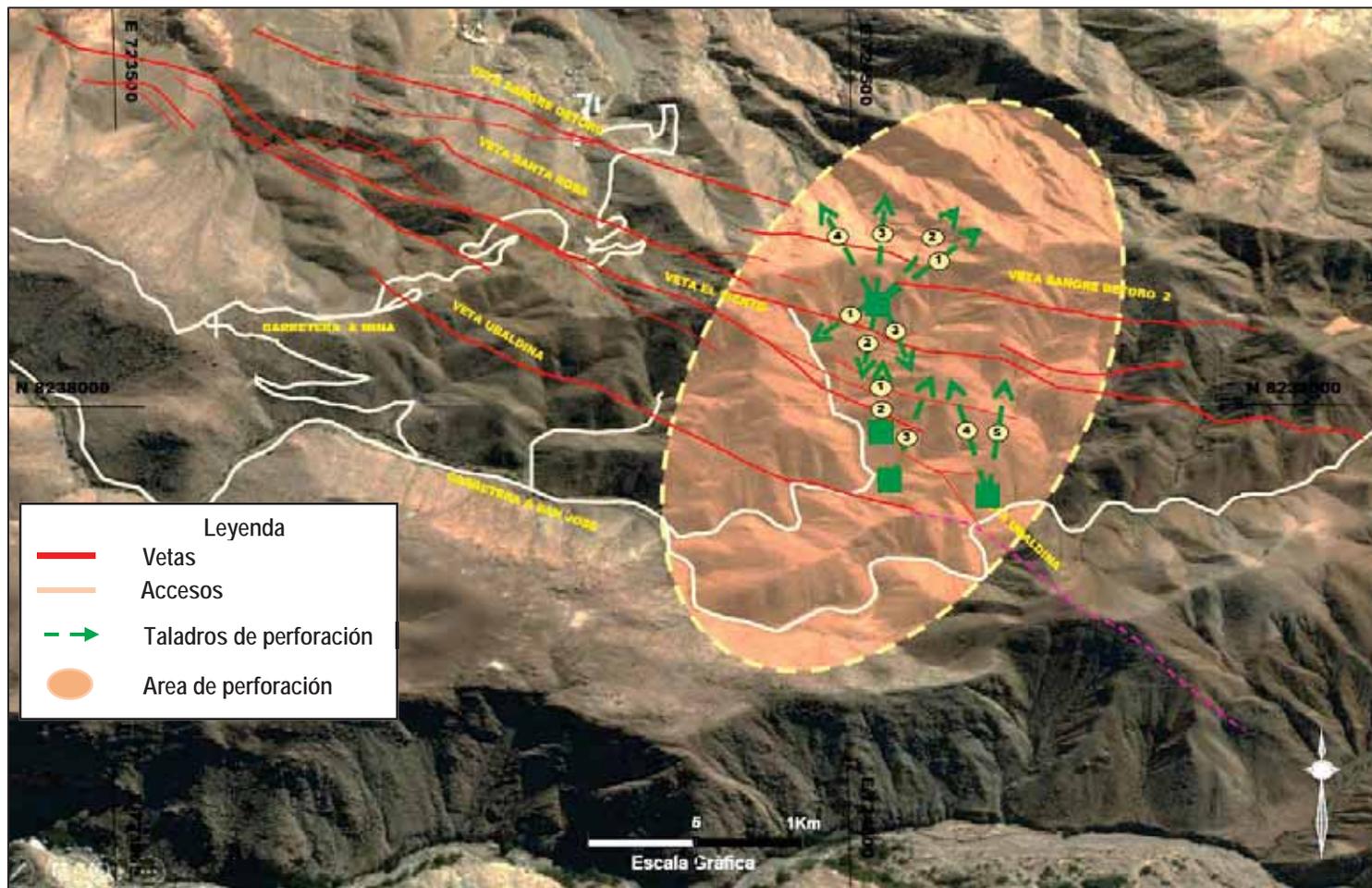
Distancia : 120 metros

Explorar y confirmar la presencia de la veta El Viento en profundidad.



*"Análisis Estructural Y Paragenético de las Vetas Auríferas Sangre de Toro, Santa Rosa, y El Viento, de la Minera Chalhuane, Distrito de San Juan de Chorunga, Camana - Arequipa".*

Figura N° 38. Ubicación de los taladros en superficie dirigidos hacia las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa, El Viento.



Fuente: Elaboración propia



## CONCLUSIONES

- 1 El control estructural estuvo dominado por 4 fases que permitieron el emplazamiento de las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento; siendo la falla Chaluane y Sistema de Fallas Iquipi las que actuaron directamente a nivel local, generando trampas estructurales que permitieron la precipitación de las vetas en mención. Dichos controles estructurales tuvieron su actividad probablemente divididas en 4 fases:

Pre Fase I,  $\sigma_1 = 183, 20$ , generación de fracturas.

Fase I,  $\sigma_3 = 49, 20$ ,  $\sigma_3 = 29, 36$ , inicio del proceso de mineralización (Sangre de Toro, Santa Rosa).

Fase II,  $\sigma_3 = 238, 14$ , finalización del proceso de mineralización (El Viento).

Fase III,  $\sigma_3 = 267, 18$ , post mineralización, inicia procesos supérgenos, ligado probablemente a la presencia de diques aplíticos los cuales en la mayoría de los caso has cerrado la mineralización o perturbado la continuidad de los mismos.

Fase IV,  $\sigma_3 = 242, 45$ , intensificación de proceso de alteración supérgena.

Las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa, El Viento pasan a ser Vetas – falla al sufrir acción tectónica. (Post – mineralización).

Con acción de estas cuatro fases mencionadas, la configuración estructural de las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento, están dispuestas en forma de cola de caballo, con notables desplazamiento transversal de las vetas, por acción de las fallas tensionales.

- 2 La probable secuencia paragenética, descrita macroscópicamente nos indica lo siguiente:

Sangre de Toro, inicia con Cuarzo I – blanco - hialino saturado con Pirita diseminada I, acompañado del Oro, de ahí la alta concentración de este mineral precioso. Luego de la precipitación de la veta Sangre de Toro, el fluido sigue siendo Cuarzo I- hialino, acompañado de Pirita I, con +/- Calcopirita, corresponde a la veta Santa Rosa. Después de este evento que involucra a Sangre de Toro y Santa Rosa, probablemente sigue una siguiente etapa de mineralización, compuesto por Cuarzo II – Hialino, Pirita diseminada II color con tonalidades verdosas, Calcopirita, +/- Pirrotita, Oro, corresponde a la veta El Viento. De ello que la probable secuencia de precipitación es Sangre de Toro, Santa Rosa, El Viento.



- 3 Las principales estructuras asociadas a las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento, son las fallas que tienen el mismo azimut que las vetas, pues estas han desplazado horizontal y verticalmente a las vetas mencionadas. Con una notable prolongación hacia el SE y ligera flexión hacia el E, los trabajos de exploración deben direccionarse hacia el sector SE y SO.

En las secciones geológicas analizadas e interpretadas, se ha demostrado que las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento tienen lazos sigmoidales, tal es el caso del sigmoide de la veta Santa Rosa, así mismo la veta El Viento Piso, las cuales mostraron cierta concentración de mineral económico. Es importante poder identificar e interpretar los lazos sigmoidales. Así mismo según las secciones geológicas hay otras estructuras denominadas Ubaldina y Elissa, vetas identificadas en el extremo SO y junto a la veta El Viento y Santa Rosa respectivamente.

- 4 Los minerales guía para poder determinar la presencia de oro en las vetas Sangre de Toro, Santa Rosa y El Viento, son los siguientes:

Veta Sangre de Toro: los minerales guía son: cuarzo blanco, venillas de cuarzo hialino, acompañado de pirita diseminada, óxidos de pirita, jarosita, hematita, limonita, óxidos de hierro, panizo de falla color rojo.

Veta Santa Rosa: los minerales guía son: cuarzo blanco hialino, con pirita diseminada fina, limonita, panizo de falla color rojo y gris, sericita.

Veta El Viento: los minerales guía son: cuarzo hialino, pirita diseminada, puntos de calcopirita y pirrotita, panizo de falla color gris, en roca caja cloritización.



## RECOMENDACIONES

- 1.- Continuar el estudio de análisis estructural de deformación al detalle en el sistema de vetas de la Mina Chalhuane, para elaborar un modelo 3D.
- 2.- Efectuar estudios de la mineralogía de las vetas con el microscopio polarizante de reflexión y microscopio electrónico de barrido.
- 3.- Proponer trabajos de exploración en superficie y subterráneo (profundidad) para corroborar la continuidad de las vetas hacia el lado SE.



## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Ccallo M. Y. Alcides. (2016). "Caracterización Geomecánica y Mineralización en la Veta Buenos Aires Andaray – Condesuyos - Arequipa". Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería Geológica y Metalúrgica – UNA. Puno – Perú.
- Castro, A. Lino F. (1978). "Interpretación Metalogenética de la Veta San Juancito Ramal Sur - Minas Ocoña S.A.". Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería Geológica, Geofísica y Minas - UNSA. Arequipa - Perú.
- Dávila, J. (2011). "Diccionario Geológico". (3a ed.). Lima - Perú.
- De Montreuil L. (1979). Ocurrencia de oro y sus asociaciones mineralógicas en la faja aurífera Nazca-Ocoña. Programa Científico – Cultural. INGEMMET.
- Loaiza, C. E. Zárate H. & Galloso, C. A. (2008). "Mineralización y Explotación Minera Artesanal en la Costa Sur Media del Perú". Boletín No 4, Serie E - INGEMMET. Lima - Perú.
- Núñez, F., Condori, A., Jara, M. & Linares, F. (1991). "Características Metalogenéticas de la Mineralización Aurífera Asociada al Segmento Sur Del Batolito de la Costa (Nazca-Ocoña)". Resumen Extendido VII Congreso Peruano De Geología. Lima - Perú.
- Olchanski, L. Enrique & Dávila, M. D. (1994). "Geología de los Cuadrángulos de Chuquibamba y Cotahuasi 32-Q, 31-Q". Boletín No 50, Serie A - INGEMMET. Lima - Perú.
- Pecho, V. (1983). "Geología de los Cuadrángulos de Pausa y Caravelí". Boletín No 37, Serie A - INGEMMET. Lima - Perú.
- Pitcher, Atherton P., Cobbing E.J. & Beckinsale R.D. (1977). A Model for the Coastal Batholith. Magmatism at a Plate Edge: The Peruvian Andes. Department of Geology University of Liverpool.
- Santos C. J. Michael, (2009). "Controles Geológicos – Estructurales de la Mineralización Aurífera en el Sistema de Vetas de la Mina Orion Chala - Arequipa". Tesis de Grado. Escuela Profesional de Ingeniería Geológica – UNI. Lima - Perú
- SRK consulting, (2017). "Structural Geology Investigation of the Yanquihua Project, Arequipa, Peru". Minera Yanaquihua SAC.
- Steinmann, G. (1930). "Geología del Perú". Lima - Perú.
- Tumialan, P. & Ballón, A. (1982). "Contribución de la Geología Económica de la Provincia Metalogenética Nazca-Ocoña". Programa Científico Cultural - INGEMMET. Lima – Perú.
- Tumialan de la Cruz, P. (2013). "Compendio de Yacimientos Minerales del Perú". Boletín No 10, Serie B - INGEMMET. Lima – Perú.
- Vidal C. (1977). Metallogenesis associated with the coastal batholith of Peru: a review. Magmatism at a Plate Edge: The Peruvian Andes. Buenaventura Ingenieros S.A.
- [www.minssa.co.za](http://www.minssa.co.za)