

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA E INGENIERÍA
METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



**“EL SISTEMA DE FALLAS INCAPUQUIO: DINAMICA Y RELACION CON EL
MAGMATISMO REGION OMAE – MOQUEGUA SUR DEL PERU”**

TESIS

Presentado por:

Bach. MAMANI HUACHACA, Hugo Rubén

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO GEOLOGO

MAYO 2009

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA E INGENIERÍA METALÚRGICA
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

**“EL SISTEMA DE FALLAS INCAPUQUIO: DINAMICA Y RELACION CON EL
MAGMATISMO REGION OMATE – MOQUEGUA SUR DEL PERU”**

TESIS

PRESENTADO A LA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA GEOLÓGICA E INGENIERÍA METALÚRGICA, PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

APROBADO POR:

PRESIDENTE DEL JURADO :
Msc. Ing. Hector R. Machaca Condori

PRIMER MIEMBRO :
Ing. Valentín Fernández Valdivia

SEGUNDO MIEMBRO :
Ing. Juan Fredy Calla Fernández

ASESOR DE TESIS :
Msc. Ing. Newton Machaca Cusilayme



Dedicatoria

Gracias a Dios, por ende dedico este trabajo a mi padre, abuelo y amigo Don Clemente Mamani Flores, por enseñarme y hacer de mi un hombre de bien. Para mi familia; mi madre Florencia mi padre Luciano y mis hermanos Luciano, Ruth y Néstor. A mi compañera de vida Isabel, por su aliento y entrega. Con mucho amor a mis hijos Fremy, Jhimzu y David.

AGRADECIMIENTOS

Quiero enfatizar mi agradecimiento en primer lugar a Dios por permitirme la oportunidad de realizar el presente manuscrito final de la presente tesis.

La formulación, desarrollo y conclusión de la presente tesis no hubiera sido posible sin el apoyo de un gran número de personas, por lo que perennizo mi sincero agradecimiento a cada persona que se sienta involucrada con la presente tesis.

Agradezco al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú INGEMMET por el auspicio al presente trabajo. Especial y sincero agradecimiento al Ing. William Martínez, Asesor de Exploraciones de Desafío Minero SAC de Consorcio Minero Horizonte S.A. Ex Jefe de Proyecto del GR-1 “ Estudio de Arcos Magmáticos en el sur del Perú” en la Dirección de Geología Regional del INGEMMET, por la confianza depositada en mi persona, por su desprendimiento en la enseñanza brindada durante las etapas de campo y gabinete. Por el asesoramiento del trabajo y por la dedicación puesta en la revisión del manuscrito.

Agradesco a mis compañeros y amigos Ing. Ramiro Yanqui, Ing. Jhonny Vargas, Ing. Digma Loza , Bach. Cezar Ticona, Bach. Jony Aduviri y Ing. Pedro Chipana por su desprendimiento e invaluable apoyo físico y moral en cada etapa del presente trabajo. Así mismo mi reconocimiento y profundo agradecimiento al staff de Ings. Catedráticos de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

También agradecer al Msc. Agapito Sánchez, catedrático de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por el gran apoyo brindado en algunas salidas de campo, por los consejos y enseñanzas ofrendadas, también extender mi agradecimiento al Ing. Carlos Villafuerte, Ing Cesar Vilca, Silvia Kohler, Msc y amigo Ivar Alcocér por sus consejos y recomendaciones por parte de la Transnacional Vale en Perú.

Mi sincera consideración al Ingeniero y amigo Roberto Zegarra Ponce, catedrático de la Universidad Nacional del Altiplano, al Ing. Newton Machaca Cusilayme asesor de la presente tesis por su apoyo y confianza dada a mi persona. A los Ings. Darwin Romero, Jhon Cervantez, Fredy Cerrón, Víctor Lipa y Washinton Larico, por transmitirme sus experiencias, motivación y constante aliento.

Rubén Mamani H.

ILUSTRACIONES

- Figura N° 1.1. Plano de Accesibilidad del área de estudio.
- Figura N° 1.2. Plano de Unidades Geomorfológicas del SFI.
- Figura N° 2.1. Columna estratigrafica del área de estudio SFI (Este trabajo).
- Figura N° 3.1. Deformación según ambientes de cizalla. Tomado de Wise et. al. (1984).
- Figura N° 3.2. Clasificación de fallas de traslación que conforman sistemas transcurrentes en zonas de falla modificado de (Rangan 1985).
- Figura N° 3.3. Terminología usada en la geología estructural para describir la orientación de un plano.
- Figura N° 4.1. Marco Tectónico de Margen Continental Activa. Tomado de Winter 2001.
- Figura N° 4.2. Plano de distribución regional de unidades intrusivas (INGEMMET).
- Figura N° 4.3. Secciones Geológicas interpretando el emplazamiento magmático de la Súper Unidad Yarabamba.
- Figura N° 4.4. Sistemas de convergencia oblicua tomado de (Blanquat 1998).
- Figura N° 4.5. Mostrando la distribución de las unidades litoestratigráficas en la región del SFI.
- Figura N° 4.6. Interacción entre tectónica y procesos magmático en un marco de arco magmático tomado de Blanquat et, al, 1998.
- Figura N° 5.1. Diagrama de Streickeisen (1967) petrografía de rocas intrusivas (*Este Trabajo*).
- Figura N° 5.2. Diagrama de Harker de la Súper Unidad Yarabamba.
- Figura N° 5.3. Diagrama Multielemental de la Super Unidad Yarabamba.
- Figura N° 5.4. Discriminantes Tectonomagmáticos de la Super Unidad Yarabamba.
- Figura N° 5.5. Estado de Oxidación de la Super Unidad Yarabamba.
- Figura N° 5.6. Diagrama de Harker del Grupo Toquepala.
- Figura N° 5.7. Diagrama Multielemental del Grupo Toquepala.
- Figura N° 5.8. Discriminantes Tectonomagmáticos del Grupo Toquepala .
- Figura N° 5.9. Estado de Oxidación del Grupo Toquepala.
- Figura N° 5.10. Secuencias de tobas de la Formación Paralaque son afectados por fallas dextrales.
- Figura N° 5.11. Emplazamiento de pórfido Los Calatos en una zona de cizalla dextral.
- Figura N° 5.12. Mirando al NE se aprecia la disposición de secuencias de la Formación Paralaque.
- Figura N° 5.13. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación 1.
- Figura N° 5.14. Mirando al SE A) sinclinal con esfuerzo E-W, desarrollo de fracturamiento por compresión.
- Figura N° 5.15. Mirando al NO. Perfil Interpretativo de la disposición de la Fm. Sotillo.
- Figura N° 5.16. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación 2.
- Figura N° 5.17. Falla con comportamiento de componente dextral normal.
- Figura N° 5.18. Falla con rumbo N140° E, buzamiento 70° NE, con una abertura 0.03 m.
- Figura N° 5.19. Proyección estereográfica de fallas con pitch estación-3.
- Figura N° 5.20. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-4.
- Figura N° 5.21. Mirando al NE zona de cizalla estructura sigmoidales.
- Figura N° 5.22. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-5.
- Figura N° 5.23. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-6.
- Figura N° 5.24. Mirando al SE zona de fallas inversas. (8112198,305103)
- Figura N° 5.25. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-7.
- Figura N° 5.26. Mirando al O. planos de falla Normal, que buzanan al SE.
- Figura N° 5.27. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-8.
- Figura N° 5.28. Fracturas secundarias asociada una falla cuya orientación y cinemática acusan el sentido de desplazamiento.
- Figura N° 5.29. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-9.

- Figura N° 5.30. Mirando al NW, se observa una zona de falla con presencia de fallas con las siguientes componentes. (8108070,302730).
- Figura N° 5.31. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-10.
- Figura N° 5.32. Mirando al NO zona de falla al oeste del trazo de falla Incapuquio.
- Figura N° 5.33. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación 11.
- Figura N° 5.34. Zona de cizalla simple que indica un desplazamiento hacia el E.
- Figura N° 5.35. Zona de falla con rumbo N160°E buzamiento 45° SO con un movimiento dextral inverso.
- Figura N° 5.36. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-12.
- Figura N° 5.37. Falla con rumbo NE-SO buzamiento al SO estrías 85° I con un movimiento Inverso dextral. (8103570, 296839)
- Figura N° 5.38. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-13.
- Figura N° 5.39. Mirando al NE, tenemos un juego de fallas. (8105997, 306875).
- Figura N° 5.40. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación 14.
- Figura N° 5.41. Falla de bajo ángulo que corta las secuencias de la Formación Paralaque.
- Figura N° 5.42. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-15.
- Figura N° 5.43. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-16.
- Figura N° 5.44. Mirando al NW espejo de falla, zona de falla Incapuquio.
- Figura N° 5.45. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-17.
- Figura N° 5.46. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-18.
- Figura N° 5.47. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-19.
- Figura N° 5.48. Mirando al SE relación de campo de la Fm. Asana.
- Figura N° 5.49. Sistemas de Falla con componentes dextrales de distensión.
- Figura N° 5.50. Granodiorita cortada por secuencias de vetillas qzt-ser apreciando la zona central.
- Figura N° 5.51. Procedimientos de proyección estereográfica Estación-20.
- Figura N° 5.52. Mirando al SE, relación de la Fm. Huaylillas. (8110729, 314091)
- Figura N° 5.53. Mirando al SO. Fm. Asana. (8110250, 309190)
- Figura N° 5.54. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-21.
- Figura N° 5.55. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-22.
- Figura N° 5.56. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-23.
- Figura N° 5.57. Estación Viña Blanca, en el sector Cujajone se observa la zona de falla de Viña blanca.
- Figura N° 5.58. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-24.
- Figura N° 5.59. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-25.
- Figura N° 5.60. Se observa el sector de la falla Micalaco.
- Figura N° 5.61. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-26.
- Figura N° 5.62. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-27.
- Figura N° 5.63. Mirando al N apreciamos tobas de la Formación Paralaque ligeramente argilizado.
- Figura N° 5.64. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-28.
- Figura N° 5.65. Observamos una falla inversa de bajo ángulo de contacto entre la formación sotillo y el Grupo Toquepala. (8065857, 338696).
- Figura N° 5.66. Se observa el perfil de la estación transversal a la zona de falla del sistema de fallas Incapuquio. (8071776,339116).
- Figura N° 5.67. Izquierda, se observa el perfil interpretativo de la sección transversal a la zona de falla Incapuquio. (8075704,340657)
- Figura N° 5.68. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-29.
- Figura N° 5.69. Mirando al Norte zona de falla en el margen derecho del río Ilabaya.
- Figura N° 5.70. Afloramientos volcánicos afectados por fallas de rumbo de componente siniestral predominantemente.
- Figura N° 5.71. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-30.
- Figura N° 5.72. Zona de compresión.

- Figura N° 5.73. El presente cuadro nos puede explicar los tipos de desarrollo de estrías, en las fallas del sistema de fallas Incapuquio.
- Figura N° 5.74. Observamos estructuras con comportamiento de contracción en las zonas distales del sistema Incapuquio, sector Otorá.
- Figura N° 5.75. Estructura en flor positiva, sector Tumilaca.
- Figura N° 5.76. Ubicación de 30 estaciones de análisis estructural.
- Figura N° 5.77. Diagrama del vector de deslizamiento.
- Figura N° 5.78. Diagrama del vector de deslizamiento en el Sector Pre Toquepala.
- Figura N° 5.79. Diagrama del vector de deslizamiento en el Sector Torata I.
- Figura N° 5.80. Vector de desplazamiento del sector Torata II.
- Figura N° 5.81. Vector de desplazamiento del sector Cuajone Quellaveco.
- Figura N° 5.82. Vector de desplazamiento del sector Asana.
- Figura N° 5.83. Vector de desplazamiento del sector Incapuquio.
- Figura N° 5.84. Vector de desplazamiento del sector Micalaco.
- Figura N° 5.85. Vector de desplazamiento del sector Ilabaya.
- Figura N° 5.86. Mapa de Control Estructural.

TABLAS

Tabla N° 5.2.1. Parámetros de los Tensores de Esfuerzo Desviatorio en el SFI.

CUADROS

- Cuadro N° 5.1. Análisis Litogeoquímicos de las unidades litoestratigráficas del SFI.
- Cuadro N° 5.2. Muestras de la Super Unidad Yarabamba realizado en roca total.
- Cuadro N° 5.3. Características Petroquímicas de los magmas de arco volcánico del sur del Perú y algunas regiones de Chile.
- Cuadro N° 5.4. Resultados de laboratorio de las rocas del Grupo Toquepala colectadas en la hoja de Moquegua.
- Cuadro N° 5.5. Compilación de elementos estructurales a coleccionar en campo.
- Cuadro N° 5.6. Movimientos Transpresivos y Transtensivos en el SFI
- Cuadro N° 5.7. Relación de Régimen Tectónico con ambientes estructurales asociados a PCD.
- Cuadro N° 5.8. Yacimientos metálicos en el presente estudio.
- Cuadro N° 5.9. Yacimientos Metálicos de Cobre Porfirítico.

FOTOS

- Foto N° 5.1.** Afloramientos de oxidación Goe, Lim en una aureola argilizada.
- Foto N° 5.2.** Apreciamos a secuencias basales del Grupo Toquepala.
- Foto N° 5.3.** Sección perpendicular a la zona de falla Incapuquio. (8089097, 320667).
- Foto N° 5.4.** Movimientos tectónicos Post deposición de la Formación Moquegua 25.3 +- 0.8.

SIGLAS

GR-1	Geología Regional - 1
INGEMMET	Instituto Geológico Minero Metalúrgico del Perú
SFI	Sistema de Fallas Incapuquio
EPD	Depósitos de Epitermales de Au-Ag
PCD	Depósitos Pórfido de Cobre
ICP-MS	Inductible Couple Plasma Mass Spectrometry
CAMPO (VSO)	Oxido muy fuerte (Very Strong Oxide)
QAP	Quartz, Plagioclase, Alkaline
COLG	Granitos de Colisión
Czdi	Cuarzo diorita
Mz	Monzonita
pág.	Página
Fm.	Formación
ET	Elementos Traza
Oxs	Oxidos
(LILE)	Light Ion Elements
HFSE	High Field Strength Elements
La	Lantano
Yb	Yterbio
IS	Inverso Sinistral
DN	Dextral Normal
Pitch	Estrías
PGLs	Plagioclasas
FMs	Ferromagnesianos
Bta	Biotita
Qda.	Quebrada
Fm.	Formación
Strike Slip	Rumbo, Dirección
σ_1	Sigma 1
σ_2	Sigma 2
σ_3	Sigma 3.

Resumen

El estudio del Sistema de fallas Incapuquio Dinámica y relación con el Magmatismo en la región de Omate a Moquegua Sur del Perú se ha basado en observaciones microtectónicas nuevas así como reinterpretaciones de informaciones publicadas. Ha permitido caracterizar el magmatismo y establecer la evolución del sistema de fallas Incapuquio. Manifestando un engrosamiento cortical relacionado a sistemas transcurrentes transpresivos y transtensivos a partir del Cretáceo Inferior.

El presente trabajo es transcrito en función a los avances de los estudios del GR-1 INGEMMET tanto ensayos geoquímicos como trabajos de cartografiado relacionados con el Proyecto de Arcos Magmáticos en el Sur del Perú. El área de estudio esta localizada en los Andes Central circunscrito en las Hoja de Moquegua y Omate.

El estudio del Sistema de Fallas Incapuquio está enmarcado en el arco magmático del Cretáceo Superior, conformado en el basamento por secuencias de lavas y tobas de carácter andesítico y dacítico asignadas al Grupo Toquepala del Cretáceo Superior llegando a su máxima exposición en el Paleoceno; estas secuencias son intruídas por facies de dioritas gradando a monzonitas en su nivel de mayor engrosamiento cortical, estos cuerpos intrusivos se emplazan en forma de placolito conformando la Super Unidad Yarabamba atribuido al Cretáceo Superior. Estos cuerpos se emplazan en forma sin-magmática con el desarrollo estructural de rumbo paralelo a la falla Incapuquio.

El magma de la Súper Unidad Yarabamba se caracteriza por presentar una composición ácida a calcoalcalina con una correlación positiva de SiO_2 , K_2O ; por lo que se tipifica como moderadamente evolucionado con presencias diferenciación lateral representada por dioritas y desarrollo de mayor fraccionamiento controlado por fallas litosféricas Micalaco denotándose a granodioritas y monzonitas en un nivel máximo de ascenso magmático (ver cuadro 5.3).

El espectro litogeoquímico para el ratio La/Yb del placolito Yarabamba presenta un rango de (9-15) lo que indicaría la interpretación de una corteza engrosada > 40 km y un mayor fraccionamiento y una varianza de SiO_2 del 65% en condiciones hidratadas de alta presión (Figura 5.4).

El espectro litogeoquímico para el ratio de La/Yb del Grupo Toquepala, presenta un rango de (8-18) por lo que se interpreta una inversión proporcional del engrosamiento de la corteza > 40-50 km. de profundidad (Figura 5.8).

Se realizó ensayos petroquímicos de rocas frescas en los laboratorios de la Geological Survey Canada, por el método ICP-MS para 81 muestras (roca total). Por lo que se logró determinar el estado de oxidación del magma tanto para el Grupo Toquepala como para el placolito Yarabamba. Derivándonos un resultado de 0.3 – 0.8 visto en el cuadro según Blevin. Tipificándolo en el campo VSO relacionado a niveles de oxidación fuerte a muy fuerte por lo que afirmamos la presencia de un magma de ambiente oxidante, propicio para emplazamientos subvolcánicos tipo PCD (Figura 5.5 – 5.9).

El estudio de los controles tectónicos y magmáticos se efectuó en el sistema de fallas Incapuquio que se extiende en un área de 140 km. De largo y 20 km. de ancho aproximadamente.

El sistema de fallas Incapuquio tiene dos regímenes tectónicos bien marcados transpresivo para el sector Torata y Transtensivo entre el Sector LLoquene y Quellaveco (*Ver plano Tectonomágmatico*). El Sistema de Fallas Incapuquio está constituido por una zona de cizalla frágil en su configuración actual; presenta sin embargo en la zona de la traza de falla Incapuquio fallas de carácter dúctil en un ambiente de componente transtensivo (Estación LLoquene).

Interacción entre tectónica y procesos magmáticos a partir del manto , arco magmático el circuito del primer comentario describe la interacción dinámica entre los dos principales componentes de **sobrepresión de magma**, la inducción tectónica y fuerzas que indican flotabilidad, ambos actúan para facilitar el movimiento de magma, el segundo comentario está relacionado a la cinemática. El magma es transferido y emplazado dentro del arco magmático para el Cretáceo Superior.

“EL SISTEMA DE FALLAS INCAPUQUIO: DINAMICA Y RELACION CON EL
MAGMATISMO REGION OMATE – MOQUEGUA SUR DEL PERU”

INDICE

Dedicatoria
Agradecimientos
Lista de Ilustraciones
Lista de tablas
Lista de cuadros
Lista de siglas y abreviaturas
Resumen

CAP. I: INTRODUCCIÓN

1.1	Planteamiento del problema.....	01
1.2	Hipótesis.....	02
1.3	Objetivos.....	02
	1.3.1. Objetivos Generales.....	02
	1.3.2. Objetivos Especificos.....	02
1.4	Justificación.....	02
1.5	Antecedentes.....	02

Aspectos generales de localización

1.6	Ubicación y Accesibilidad.....	03
1.7	Historia.....	03
1.8	Fisiografía y Clima.....	08
1.9	Recursos.....	08
1.10	Rasgos Geomorfológicos.....	09
	1.10.1 Zona de Montañas.....	09
	1.10.2 Superficie Disectadas.....	10
	1.10.3 Escarpa de Escombros de Deslizamientos.....	10
	1.10.4 Incisión de valles.....	10
	1.10.5 Terrazas Aluviales.....	11

CAP. II: MARCO TEORICO CONCEPTUAL y GEOLOGICO

2.1.	Marco Conceptual.....	14
2.1.1.	Magmatismo.....	14
2.1.2.	Vulcanismo.....	14
2.1.3.	Proyección Estereográfica.....	14
2.1.4.	Reología.....	15
2.1.5.	Análisis geométrico o descriptivo.....	15
2.1.6.	Análisis cinemático.....	15
2.1.7.	Análisis Dinámico.....	15
2.1.8.	Zona de Cizalla.....	15
2.1.9.	Lineamiento.....	16
2.1.10.	Fractura.....	16
2.1.11.	Falla.....	16
2.1.12.	Estratificación.....	16
2.1.13.	Esquistosidad.....	17
2.1.14.	Lineación.....	17
2.1.15.	Tectoglifos o microestructuras frágiles.....	17

2.1.16. Brechas tectónicas.....	17
2.1.17. Fuerza.....	17
2.1.18. Esfuerzo.....	17
2.1.19. Deformación.....	17
2.2. Marco Geológico Regional.....	18
2.2.1 Mesozoico.....	18
2.2.1.1 Cretácico Inferior.....	18
2.2.1.1.1. Formación Matalaque.....	18
2.2.1.2 Cretácico Superior.....	18
2.2.1.2.1 Grupo Toquepala.....	18
2.2.1.2.1.1 Formación Huaracane.....	19
2.2.1.2.1.2 Formación Inogoya.....	21
2.2.1.2.1.3 Formación Paralaque.....	21
2.2.2 Cenozoico.....	22
2.2.2.1. Paleoceno.....	22
2.2.2.1.1 Grupo Toquepala.....	22
2.2.2.1.1.1 Formación Quellaveco.....	22
2.2.2.1.1.2 Miembro Asana.....	22
2.2.2.1.1.3 Miembro Carpanito.....	22
2.2.2.1.1.4 Miembro Yarito.....	22
2.2.2.2. Eoceno.....	23
2.2.2.2.1. Miembro Samanape.....	23
2.2.2.2.2. Formación Sotillo.....	23
2.2.2.3. Oligoceno.....	24
2.2.2.3.1. Formación Moquegua.....	24
2.2.2.4. Mioceno.....	24
2.2.2.4.1. Formación Huaylillas.....	24
2.2.2.5. Mio-Plioceno.....	25
2.2.2.5.1. Formación Millo.....	25
2.2.2.6. Pleistoceno-Holoceno.....	25
2.2.2.6.1. Depósitos Aluviales.....	25
2.2.2.6.2. Depósitos Fluvio Aluviales.....	25
2.2.3 Rocas Intrusivas.....	26
2.2.3.1 Súper Unidad Yarabamba.....	26

CAP. III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. Metodología descriptiva.....	27
3.2. Procedimiento de la investigación.....	27
3.3. Técnicas Utilizadas.....	28
3.3.1. Base Cartográfica.....	28
3.3.2. Geoquímica Magmática.....	28
3.3.3. Análisis Estructural.....	28
3.3.3.1. Fases de Análisis Estructural.....	29
3.3.3.2. Escala de Estudio.....	30
3.3.3.3. Propiedades Geométricas de las Rocas.....	30
3.3.3.4. Elementos de Fabricas Lineares y Planares.....	31
3.3.3.5. Tratamiento Gráfico de los Datos de Fabrica...	31
3.3.3.6. Metodología de Trabajo.....	32

CAP. IV: CARACTERIZACION DEL AREA DE INVESTIGACION

4.1	Magmatismo.....	37
4.1.1.	Distribución Regional de Unidades Intrusivas.....	38
4.1.2.	Mecanismo y Emplazamiento del Complejo Plutónico Súper Unidad Yarabamba.....	38
4.1.3.	Distribución de Unidades Litoestratigráficas en el Sistema de Fallas Incapuquio.....	43
4.1.3.1.	Distribución de Unidades Intrusivas en el SFI.....	46
4.1.3.1.1.	Area los Calatos.....	46
4.1.3.1.2.	Area Cuajone.....	47
4.1.3.1.3.	Area Quellaveco.....	48
4.1.3.1.4.	Area Toquepala.....	49
4.1.3.2.	Distribución de Unidades Volcánicas en el SFI.....	50
4.1.3.2.1.	Area los Calatos.....	50
4.1.3.2.2.	Area Cuajone.....	50
4.1.3.2.3.	Area Quellaveco.....	51
4.1.3.2.4.	Area Toquepala.....	51
4.2	Geología Estructural.....	52
4.2.1.	Introducción.....	52
4.2.2.	Estudio Estructural.....	52
4.3	Geología Económica.....	52
4.3.1.	Introducción.....	52
4.3.2.	Cretáceo Inferior.....	52
4.3.3.	Cretáceo Superior.....	53
4.3.4.	Paleoceno medio y Eoceno medio-inferior.....	53

CAP. V: EXPOSICION Y ANALISIS DE RESULTADOS

5.1.	Litogeoquímica.....	54
5.1.1.	Geoquímica Plutónica.....	54
5.1.1.1.	Diagrama de Streickeisen.....	54
5.1.1.2.	Diagrama de Harker.....	56
5.1.1.3.	Diagrama Multielemental.....	57
5.1.1.4.	Discriminantes Tectonomagmáticos.....	57
5.1.1.5.	Estado de Oxidación.....	59
5.1.2.	Geoquímica Volcánica.....	62
5.1.2.1.	Diagrama de Harker.....	62
5.1.2.2.	Diagrama Multielemental.....	63
5.1.2.3.	Discriminantes Tectonomagmáticos.....	65
5.1.2.4.	Estado de Oxidación.....	67
5.2.	Análisis Estructural.....	69
5.2.1.	Procedimiento del Trabajo	69
5.2.2.	Estaciones.....	70
5.2.2.1.	Estación 1- los Calatos.....	70
5.2.2.2.	Estación 2 - Jahuay Chico.....	76
5.2.2.3.	Estación 3 - Río Otorá.....	78
5.2.2.4.	Estación 4 – Torata I.....	80
5.2.2.5.	Estación 5 – Torata II.....	81
5.2.2.6.	Estación 6 – Torata III.....	83
5.2.2.7.	Estación 7 – Torata IV.....	84

5.2.2.8. Estación 8 – Torata V.....	86
5.2.2.9. Estación 9 – Torata VI.....	88
5.2.2.10. Estación 10 – Cerro Mejía.....	89
5.2.2.11. Estación 11 – Sílica.....	91
5.2.2.12. Estación 12 – Estuquiña I.....	93
5.2.2.13. Estación 13 – Estuquiña II.....	95
5.2.2.14. Estación 14 – Pocata I.....	97
5.2.2.15. Estación 15 – Pocata II.....	98
5.2.2.16. Estación 16 – LLoquene.....	100
5.2.2.17. Estación 17 – Cimarrona.....	101
5.2.2.18. Estación 18 – Qda. Ichupampa.....	103
5.2.2.19. Estación 19 – Qda. Charaque.....	105
5.2.2.20. Estación 20 – Qda. Asana.....	106
5.2.2.21. Estación 21 – Qda. Cocotea.....	108
5.2.2.22. Estación 22 – Qda. Chuntacala.....	111
5.2.2.23. Estación 23 – Capilluni.....	113
5.2.2.24. Estación 24 – Viña Blanca.....	114
5.2.2.25. Estación 25 – F. Botiflaca.....	116
5.2.2.26. Estación 26 – Toquepala.....	117
5.2.2.27. Estación 27 – F. Micalaco.....	118
5.2.2.28. Estación 28 – F. Incapuquio.....	120
5.2.2.29. Estación 29 – Ilabaya.....	122
5.2.2.30. Estación 30 – Río Ilabaya.....	125
5.2.3. Deformación.....	127
5.2.4. Estructuras Locales.....	127
5.2.4.1. Falla Micalaco.....	127
5.2.4.2. Falla Botiflaca.....	127
5.2.4.3. El Sistema de Fallas de Incapuquio (SFI).....	128
5.2.5. El Sistema Transcurrente del Sistema de Fallas Incapuquio.....	131
5.2.6. Parámetros de los Tensores de Esfuerzo.....	134
5.2.7. Distribución de los Estados de Esfuerzo.....	134
5.2.7.1. Sector Jahuay Chico.....	137
5.2.7.2. Sector Pre Toquepala.....	138
5.2.7.3. Sector Torata I.....	139
5.2.7.4. Sector Torata II.....	141
5.2.7.5. Sector Cuajone Quellaveco.....	142
5.2.7.6. Sector Asana.....	143
5.2.7.7. Sector Falla Incapuquio.....	144
5.2.7.8. Sector Falla Micalaco.....	146
5.2.7.9. Sector Ilabaya.....	146
5.2.8.. Tectónica Compresiva.....	147
5.2.9. Tectónica Tensional.....	148
5.2.10. Evolución Dinamica del Sistema de Fallas Incapuquio.....	148
5.2.10.1. Evento Pre Toquepala.....	148
5.2.10.2. Evento Sin Magmático.....	150
5.2.10.3. Evento Post Magmático.....	150
5.3 Propuesta para Prospección Metálica.....	151
CONCLUSIONES.....	156
RECOMENDACIONES.....	157
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	158
Anexos	
Apéndice	

CAP. I: INTRODUCCIÓN

La Cordillera de los Andes es una de las principales cadenas montañosas existentes en la corteza terrestre. Desde muchos años, el conocimiento de la Tectónica es de importancia relevante el cual se quiere afianzar en la Zona Volcánica Central en el Sur del Perú. Así mismo es el principal objetivo de muchos estudios científicos.

Dentro del marco del Plan de Capacitación 2005, por parte del Instituto Geológico Minero Metalúrgico de Perú (INGEMMET) y como uno de los medios el otorgamiento de planes y becas de Tesis, para seguir en el planteamiento para el Sur del Perú por la Dirección de Geología Regional. El objetivo principal de la tesis es entender comprender y establecer un modelo Tectonomagmático de emplazamiento y los procesos sedimentarios, magmáticos y tectónicos, preorogénicos y sinorogénicos, que se desarrollaron en este segmento de la cadena andina.

La actividad en la cuenca Moquegua en el segmento Moquegua - Omate durante el Mesozoico a Cenozoico en sur del Perú, constituye una etapa preorogénica y para la actualidad tenemos presente un Antearco de Ambiente extensional (Martínez, 2002).

El interés científico sobre los procesos preorogénicos y la importante actividad geoeconómica motivaron la realización del estudio "El Sistema de Fallas Incapuquio Dinámica y Relación con el Magmatismo Región Omate –Moquegua Sur del Perú".

En el cual se presenta datos nuevos referentes a la dinámica y emplazamiento magmático y actividad de los procesos sedimentarios que se produjeron durante este intervalo estratigráfico, y su relación con la fuerte actividad magmática registrada en la zona de estudio Omate – Moquegua.

1.1 Planteamiento del problema

Debido a la información que se conoce hasta el momento y a los trabajos que requiere el Sistema de fallas Incapuquio, vemos por conveniente realizar estudios de análisis dinámico entorno al emplazamiento magmático.

Es evidente que la prospección minera afianza los programas de exploración a una mínima etapa de recopilación de estudios realizados con anterioridad. por el cual pretendemos ejecutar el presente proyecto de Investigación buscando una nueva alternativa que explique el modo de emplazamiento magmático como producto de una cinemática Transpresiva. por lo que surge la curiosidad de conocer intrusivos con ambientes estructurales favorables relacionados con actividad hidrotermal.

Por lo que planteamos el problema ***¿Cuáles son las Características de la Dinámica y Magmatismo en el Sistema de Fallas Incapuquio Región Omate – Moquegua Sur del Perú?***¹.

Estudios de análisis dinámico del sistema de fallas Incapuquio y su relación directa con el magmatismo derivaría un modelo Tectonomagmático que apoye a futuros trabajos de exploración para priorizar ambientes estructurales favorables para el emplazamiento de actividad hidrotermal en el sur del País. Se destacaría

¹ El enunciado del problema de investigación constituye sin dudas la interrogante central. La mejor manera y práctica de formular enunciado del problema es ***bajo una pregunta*** precisa de acuerdo al nivel y magnitud de análisis deseado (Romero, 2005 pág. 74.)

los rasgos estructurales y su asociación con el emplazamiento del magma por deformación cortical.

El sistema de fallas transcurrentes en el basamento han sido sustentadas igualmente para otros arcos volcánicos en el SO asiático (Corbett & Leach, 1994). Estas fallas generarían zonas de debilidad por la que circularían el magma en ascenso, controlando de esta manera el vulcanismo y la actividad hidrotermal subsecuente.

1.2 Hipótesis

El sistema de fallas Incapuquio se caracteriza por generar zonas de transpresión y transtensión de carácter transcurrente, asociado a emplazamiento magmático calcoalcalino; debido a comportamiento de intra placa; con movimientos de convergencia oblicua; movimientos relacionados con aperturas de zonas de extensión que propician el emplazamiento de intrusivos subvolcánicos relacionados con actividad hidrotermal².

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Determinar las características generales de la dinámica y su relación con el magmatismo en el sistema de fallas Incapuquio región Omate - Moquegua Sur del Perú”.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Establecer la evolución del sistema de fallas Incapuquio.
- Actualizar el cartografiado geológico de las áreas involucradas en la investigación.
- Interpretar el emplazamiento de las rocas magmáticas relacionadas con la Tectónica.
- Conocer el origen, evolución, tiempo, relaciones espaciales, petrogenéticas y su relación con los recursos minerales.
- Establecer sus relaciones con las mineralizaciones cupríferas y polimetálicas.

1.4 Justificación

No existen antecedentes de trabajos de investigación para esta zona específica en el sistema de fallas Incapuquio con relación al magmatismo. Esta investigación permite desarrollar nuevas interpretaciones y definir mejor la Geología relacionada al emplazamiento magmático en el Sur del Perú en el sistema de falla Incapuquio.

1.5 Antecedentes

En 1962, J. Wilson y W. García realizaron el levantamiento geológico de los cuadrángulos de Pachía y Palca, como parte del programa de la Carta Geológica Nacional, presentando un boletín para las cartas geológicas 36–V (Pachía) y 36–X (Palca).

² La hipótesis es la respuesta tentativa al problema de investigación, la hipótesis se debe formular como una oración afirmativa o como un enunciado aseverativo (Romero, A. 2005 pág 85).

En 1978 García, W. Realiza el cartografiado Geológico de los cuadrángulos de Puquina, Omate, Huaitire, Mazo Cruz y Pizacoma. Carta Geológica Nacional, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.

En 1979 Bellido, E. Realiza la Geología del cuadrángulo de Moquegua. Boletín No. 15.

Cobbing, E.J. (1985) Presenta la Publicación The Tectonic Setting of the Peruvian Andes llegando a segmentar el Batolito de la Costa asignando su emplazamiento al Cretáceo Superior.

En 1985, France, L., Realiza estudios Titulado Geochronology, stratigraphy, and petrochemistry of the Upper Tertiary Volcanic Arc, Southernmost Peru, Central Andes.

Carlier et al. (2000), Presenta estudios de El Magmatismo Cenozoico del Sur del Perú y sus Implicaciones Geodinámicas. Publicado en el XI Congreso Peruano de Geología.

Jacay et al. (2002), Presenta algunas características estructurales del Sistema de Fallas Incapuquio. XI Congreso Peruano de Geología En: Sociedad Geología del Perú, Resúmenes Extendidos, p-29.

Martínez, W.; Zuloaga, A. (2002) Determinan Nuevas Contribuciones a la Caracterización Geoquímica del Grupo Toquepala; Sector Moquegua Sur del Perú. XI Congreso Peruano de Geología.

En el 2003, Martínez, W.; Cervantes, J.; Publican el Boletín de Rocas Igneas en el Sur del Perú. Boletín No. 26, Serie D: Carta Geológica Nacional, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.

Marocco, R.; Delfaud, J.; Lavenu, A. (1985) Presentan el estudio titulado Ambiente Depositional de una Cuenca Continental Intramontañosa Andina: El Grupo Moquegua (Sur del Perú). Primeros resultados.

Aspectos de Localización

El estudio en referencia se llevo a cabo dentro del programa de levantamiento geológico sistemático del territorio nacional por el Instituto Geológico Minero Metalúrgico del Perú. Por la Dirección de Geología Regional GR-I Proyectos de Arcos Magmáticos en el Sur del Perú.

1.6 Ubicación y Accesibilidad

La zona de estudio se encuentra localizada, en la Cordillera Occidental y Peniplanicie Costanera del sur del Perú. Políticamente se encuentra ubicada entre los Departamentos de Moquegua y Tacna, La altitud promedio esta definida entre los 2900 y 5000 m.s.n.m., La zona de estudio ocupa una extensión de 5250 Km².
Coordenadas UTM:

- V1-336000, 8064000
- V2-354000, 8082000
- V3-296000, 8140000
- V4-278000, 8122000

Cuadro N° 1.1 La accesibilidad es posible a través del siguiente itinerario

No	De	A	Tiempo / hrs.	Distancia / Km.	Vía
1	Lima	Arequipa	14	1000	Asfaltada
	Arequipa	Moquegua	4	150	Asfaltada
	Moquegua	Omate	5	200	Afirmado
	Moquegua	Cuajone	0.3	35	Asfaltado
	Cuajone	Quellaveco	0.5	25	
	Cuajone	Toquepala	2	30	Afirmado
2	Lima	Tacna	16	1100	Asfaltada
	Tacna	Moquegua	2	70	Asfaltada

1.7 Historia

La historia esta, referida al avance de 3 pórfidos de categoría mundial desarrollado actualmente por SOUTHERN PERU los mismos que son los siguientes Cuajone y Quellaveco al NE de Moquegua, Toquepala al SE de Moquegua. Asimismo estos trabajos fueron inicialmente realizados por antiguos mineros del lugar que prevalecieron desde antes de la Colonia.

1.7.1. Toquepala

Siglo XVIII: Toquepala fue reconocido por los españoles en época de la colonia a fines de siglo como un yacimiento de baja ley. Siglo XIX: Toquepala fue descrito brevemente en la bibliografía geográfica como deposito de cobre. Aunque se dice que el famoso explorador y hombre de ciencia Antonio Raimondi visito Toquepala en 1870, él no menciona este yacimiento en su "Catalogo Razonado de Minerales del Perú" publicado en Lima en 1878.

1908: El **Ing. Velarde**, menciona por primera vez el yacimiento cuprífero de Toquepala en sus estudios sobre "La minería en el Perú" publicado por el Boletín del Cuerpo de Ingenieros de Minas. 1917: Robert March Jr. Ingeniero experto en evaluación de yacimientos de porfidos de cobre, examino Toquepala y llego a la conclusión: "Dada la ubicación, ley baja de mineral, etc., al momento no es oportuno hincar una campaña de exploración y desarrollo. 1918: El Dr. Ing. Carlos Basadre, cita a Toquepala y Quellaveco

como yacimiento cupríferos de baja ley en su informe "Estado Actual y Porvenir de la Industria Minera en los Departamento del Sur". 1930: El geólogo Alemán G. Steinmann, reconoce también el área de Toquepala en su libro Geología del Perú afirmando: "En el distrito de Moquegua se halla el yacimiento de Toquepala, formado en parte por impregnaciones y guías de cobre"; en otro lugar dice: "En Toquepala, cerca de la frontera con Chile, se encuentran grandes cantidades de mineral finamente distribuidos en la riolita". 1937: A fines de año, el Sr. Juan Oviedo denuncia la zona central de Toquepala. Por primera vez fue reconocida como una zona mineralizada de importancia real por el geólogo A.C. Schemedeman durante un viaje de exploración por cuenta de Cerro de Pasco Coper Corporation (CPCC). 1938 – 1942: CPCC exploró parcialmente el yacimiento bajo una opción de compra previamente acordada con el propietario de la concesión. Se perforaron 34 taladros diamond drill con 7,741 m. al término de está exploración CPCC dejo que su acuerdo de compra caducara y fuera tomada y ejercida por Northern Perú Mining & Smelting Co, luego siguieron 6 años de paralización de trabajos de exploración mientras se definía a los nuevos dueños

de la concesión en las cortes de justicia de Lima – Perú. 1945 – 1949: Northern Perú, subsidiaria 100% de American Smelting and Refining Company (Asarco) realizo estudio regionales de Ingeniería, Geología, Fotogeología y Metalurgia. En 1949 – 1952: Northern Perú con 1398 taladros (108 churn drill y 31 ddh totalizaron 41,371 metros lineales llego a cubicar 426 Mtc con 1.05% Cu entre los niveles 3600 – 3100.

1955: En septiembre, Asarco, dueña de Northern Perú a su vez era propietaria de las minas de Toquepala y Quellaveco, acordó con las compañías Cerro de Pasco y Newmont Mining Corporation, propietarias ambas de la mina Cuajone y Phelps Dodge Corporation, crear a Southern Perú Koper Corporation (SPCC) como suela de las propiedades, a cambio de acciones y cederle los fondos necesarios mediante convenio bilateral con el gobierno de Perú, para el financiamiento de las obras de instalación y equipamiento de la mina Toquepala hasta ponerla en producción. En 1955 – 1998: Desarrollo de diferentes programas de perforación: churn drill, diamantina y circulación reversa, totalizando 570 taladros y 170,000 m. de perforación que permitieron: a) Profundizar el diseño del tajo del nivel 3100 al 2665 b) Incrementar en 437 Mtc con 1.01% Cu. c) Otros programas de perforación desarrollados en este periodo fueron de investigación geomecánica y optimización de malla de perforación para calculo de reservas, diseño de tajos y construcción de modelos geológicos, etc.

1.7.2. Cuajone

El conocimiento de la existencia de yacimiento de cobre en la ladera Sur de la Quebrada Torata data de fines del siglo XIX en que, por breves referencias en la literatura geográfica, se mencionan ocurrencias de cobre en forma generalizada entre Cuajone y Toquepala, donde delgadas vetas de óxidos de cobre y material enriquecido se explotaron a una escala muy limitada; pero por el difícil acceso, la naturaleza desértica y la lejanía de estos lugares, se descontinuaron las operaciones mineras. Fue en el año de 1929, después de resolverse el Conflicto de Limites entre Perú y Chile, en que se renovó el interés en estas áreas por los mineros locales, entre los que se encontraba el Sr. Julio E. Gianella que fue el propietario de los denuncias de la zona de Cuajone. En el año de 1937, el prospecto de Cuajone fue **reconocido como un proyecto** de yacimiento potencial de Cobre Porfiritico por el geólogo **A.C. Schemedeman** quien trabajaba en una campaña de exploración realizadá por la Cerro Pasco Koper Corporation. Posteriormente la misma compañía bajo la opción de compra comienza a perforar taladros exploratorios en el año 1945 y adquiere los denuncios de Cuajone en 1943. Algunos años después, en un joint venture con Newmont Corporation continúan la exploración con sondajes diamantinos, geofísica con el método de pulso geoquímica. Con la factibilizacion del proyecto de Toquepala, en 1954 se formo Southern Perú Koper Corporation (SPCC) entre Asarco, Cerro de Pasco, Newmont y Phleps Dodge, quienes mantuvieron la propiedad hasta que el 19 de diciembre de 1969; después de 18 meses de negociaciones, se suscribe un convenio bilateral con el Gobierno revolucionario de la Fuerza Armada del Perú para llevar a cabo el proyecto de Cuajone. Entre 1969 y 1970 se realizan tres campañas mas de perforación diamantina y se inicia la etapa de construcción, infraestructura y desbroce de material del yacimiento cuprífero de Cuajone con la implementación de carreteras, túneles, campamentos, talleres, oficinas, redes de agua y electricidad que finalmente daría a luz el proyecto. Fue en el año **1976** en que se inicia la producción de la operación minera mas grande del Perú y hasta estos momentos representa uno de los proyectos mas importantes del país. Hacia 1980 se inicia la separación del molibdeno de los concentrados en la nueva plata construída para ese fin. En 1995 en el mes de noviembre de inicia la explotación

de los óxidos de cobre cuyas soluciones son enviadas a través de tubería a Toquepala donde se encuentra la Planta de Lixiviación. Entre 1994 y 1997 se realizó una nueva campaña de perforación diamantina y de RC con la finalidad principal de aumentar sustancialmente las reservas de mineras y realizar exploraciones al noroeste y sureste del Tajo. En 1996 se realiza una campaña de Magnetometría. Y a fines del año 1998, se terminan la ampliación de la Concentradora de Cuajone que tiene una capacidad de tratamiento de 96,000 TC por día.

1.7.3. Quellaveco

A mediados de 1955 la compañía Newmont Exploration Ltd. realizó un levantamiento geofísico con mediciones de “pulso” y de “resistividad” a lo largo de doce perfiles orientados NE-SO, principalmente siguiendo de los cursos de quebradas, del río Asana y con alguna líneas intermedias. El nombre de “pulso” se usaba, entonces, para lo que en la actualidad conocemos como “cargabilidad eléctrica”. La resistividad y la cargabilidad son las dos propiedades que se miden con el método de Polarización Inducida. Este método, desarrollado por la Newmont desde 1948 con la investigación doctoral de Harold O. Siegel, en la Universidad de Toronto (Canadá), tuvo sus primeras aplicaciones comerciales en Cuajone (Cerro de Pasco Corporation), cerro verde (Anaconda) y Quellaveco (Northern Perú Mining & Smelting Co.). Robert W. Baldwin estuvo a cargo del trabajo de campo, Paul A. Head intervino su formulación matemática para calcular valores reales y profundidades a partir de un cierto numero de curvas de sondeo (expanders) vertical. L.S. Collet (1990), quién formo parte del grupo Newmont que desarrollo el IP asegura que en casi cuatro años de trabajo en el Perú, solo uno de los sondeos diamantino recomendados no encontró sulfuros en cantidad razonable a las profundidades calculadas. Las limitaciones instrumentales de los equipos de 1955, los primeros construidos para aplicar el método de “pulso” (también conocido como el de overvoltage) forzaron la ejecución del levantamiento a lo largo de depresiones topográficas, las mismas que, en las condiciones morfológicas locales tienen orientaciones predominantes NE-SO. Por ello, mientras a lo largo de los perfiles (configuración PoloDipolo Equidistante, o 3-Array) las estaciones fueron colocadas cada 100, 200 y 300 metros, las distancias entre líneas resultaron variables entre 100 y 500 metros. La zona con lecturas de “pulso” anómalas fue definida con orientación NO-SE en el flanco norte del valle del río Asana y con orientación N-S en ambos flancos de la quebrada de Charaque, conformando una extensión aproximada de 4.5 Km. por 1 – 2 Km. de extensión limitada por la curva de 1.5% de sulfuros totales por volumen. Esta deducción empírica corresponde a una cargabilidad de uno 10mV/V, de acuerdo con la manera vigente de medir la polarización inducida.

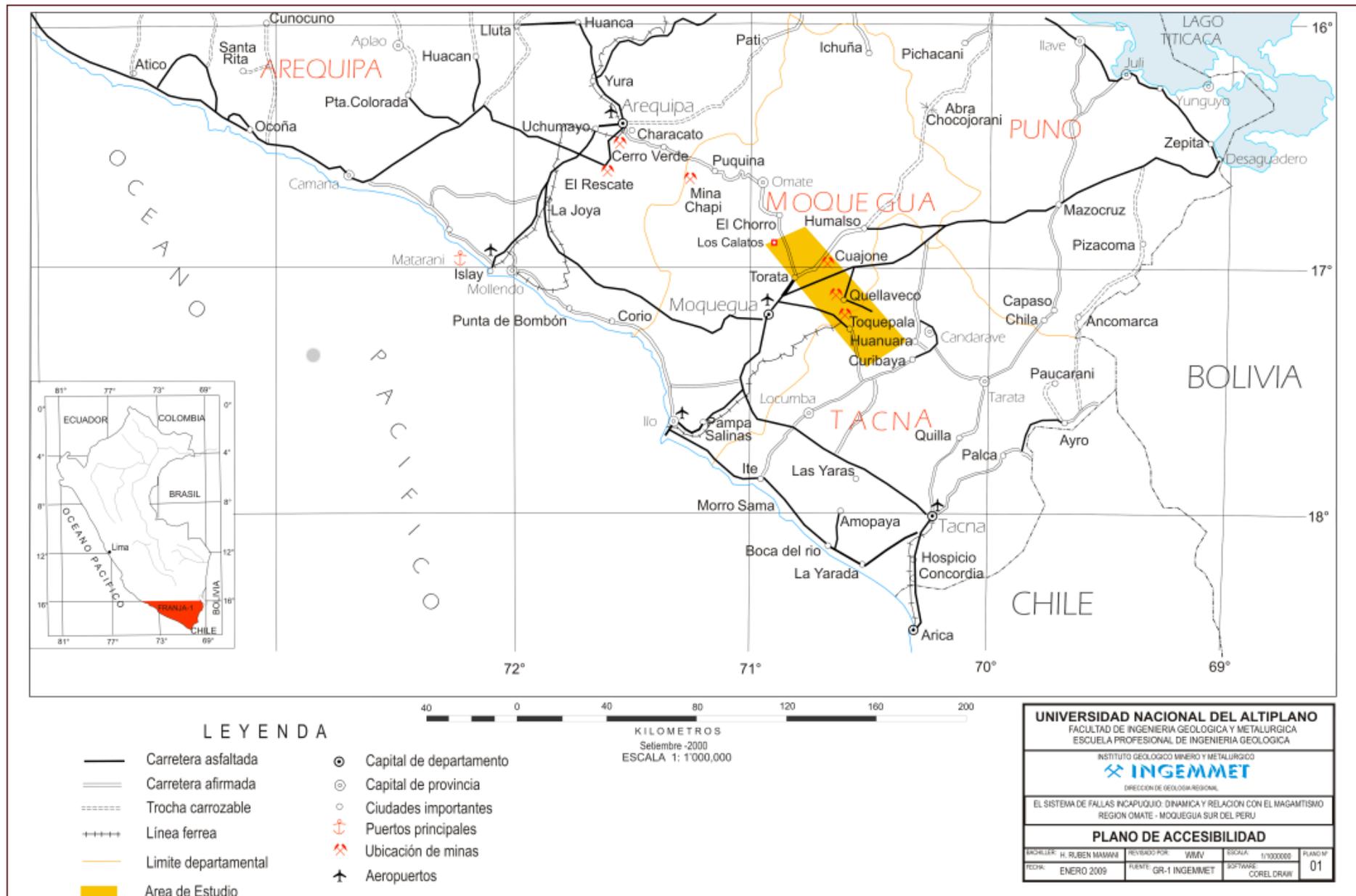


Figura N° 1.1. Plano de accesibilidad del área de estudio.

1.8. Fisiografía y Clima

1.8.1. Fisiografía

Considerando la clasificación geográfica altitudinal del Dr. Javier Pulgar Vidal el área de Proyecto abarca las regiones Chala o Costa, Yunga, Quechua las mismas que se basan en un conjunto de características geográficas propias según la altitud sobre el nivel del mar. El área de estudio está enmarcado en la parte sur de los Andes Centrales. Específicamente el estudio está en la cadena montañosa de la Cordillera occidental del sur del Perú. La vegetación es escasa, estando restringida a algunas variedades de cactus y corotillas, así como algunas plantas silvestres, arbustos y hierbas silvestres como los líquenes que forman costras sobre las rocas con tonos amarillentos a rojizos, y las cactáceas sin hojas de formas alargadas, aplanadas y espinosas. La fauna está restringida a lagartijas, zorrillos y vizcachas. En base a los criterios de clasificación de Köppen para el Perú (ONERN, 1985), que considera 8 tipos climáticos principales, que varían según la altura sobre el nivel del mar teniendo en cuenta la vegetación como indicador climático, en el área se tienen los siguientes tipos de climas 1.- Semi – cálido muy seco, 2.- Templado Subhúmedo, 3.- Frío o boreal, 4.- Frígido o de Tundra.

1.8.2. Clima

Según esto se tiene que el primero corresponde a la zona costera desde el litoral hasta los 2000 msnm, con temperaturas medias anuales de 18° a 19° C y una precipitación anual de 150 mm. El segundo, conocido como clima templado sub-húmedo, corresponde a los valles situados entre los 1,000 y 3,000 msnm con temperaturas que sobrepasan los 20° C y una precipitación anual debajo de los 500 mm en el que se desarrollan cultivos tropicales.

presenta dos estaciones bien marcadas, con precipitaciones pluviales entre Diciembre y Marzo, mientras que en el Invierno el clima se hace frígido entre Abril y Julio, en el mes de Agosto se presentan los vientos cuyas direcciones se efectúan de NE a SW hacia la mañana cambiando su orientación de SW a NE por la tarde.

Considerando que el grueso de la exploración y actividad minera se desarrolla en alturas mayores a 3,500 msnm es necesario considerar el factor climático en el planeamiento de las actividades de campo.

1.9. Recursos

1.9.1. Centros Poblados y Recursos Humanos

Los centros poblados principales constituyen las capitales de provincia y capitales de Departamento, donde se concentran las actividades económicas, comerciales y políticas de la región. Las principales ciudades del área estudiada son: Omate, Quinistaquillas, Torata, Otoro, Istuquiña. En el departamento de Moquegua, Toquepala en el departamento de Tacna. Los pueblos y pequeñas agrupaciones humanas del área de Moquegua están ubicados a lo largo de los valles y de su desenvolvimiento depende principalmente.

1.9.2. Recursos Naturales

Los principales recursos de la región, a parte de los relacionados a la agricultura, ganadería y el comercio, lo constituyen los Recursos Mineros, Hídricos (fluviales y limnográficos) y Energéticos. Los minerales que se extraen en esta área constituyen los principales recursos naturales por su impacto directo en la generación de trabajo y en el movimiento de capitales en la región. Es en esta área donde se encuentran las minas productoras de Cobre más importantes del Perú: Cuajone y Toquepala y Cerro Verde más al Norte, También se tiene importantes yacimientos vetiformes en Omate. Como ejemplo mencionaremos que en 1998 Southern Perú operadora de las Minas de Cuajone y Toquepala, produjo el 62.54% de la producción nacional de cobre. (Revista Minería, Diciembre 1999).

Los recursos hídricos están dados por los sistemas fluviales que vierten sus aguas hacia la cuenca hidrográfica del Pacífico, cuyos principales drenajes constituyen el Río Tambo, Los recursos Limnográficos están dados por las grandes lagunas ubicadas en las altiplanicies andinas, siendo las principales: las Lagunas de Vizcachas, Moriscota y Suches. En la región de Moquegua. La zona de aporte al escurrimiento superficial se encuentra entre los 2500 y 3000 msnm en la cuenca Jahuay. Estableciéndose una descarga media mensual multianual de 0.992 m³/s, con mínimas de 0,105 m³/s y máximas de 21,904 m³/s (PAMA, INADE, 2000).

1.10. Rasgos Geomorfológicos

En el área de estudio se ha logrado determinar cinco unidades geomorfológicas: zona de montañas, superficie fuertemente disectada, superficie de escombros de deslizamiento, incisión de valles y terrazas aluviales (Marca, F.O. 2001)³.

Se han definido 5 unidades geomorfológicas locales dentro de la zona de estudio, que a su vez se hallan dentro de la Ladera Pacífica de los Andes. se muestra un mapa morfológico donde se diferencia estas unidades locales descritas.

1.10.1. Zona de Montañas

Esta unidad ocupa el 60 % de la zona de estudio. Las montañas presentan elevaciones que oscilan entre los 3600 msnm (Cerro Paralaque), en los sectores noreste y sureste respectivamente. Las elevaciones que superan los 2500 msnm se encuentran predominantemente en los sectores Noreste y Sureste de la zona de estudio, podemos mencionar los cerros Ilubaya, Quele Grande, Pocata. Estas elevaciones son predominantemente escarpadas y rugosas, ya que están formadas en su mayoría por rocas volcánicas del Grupo Toquepala, los cuales están en zona de cizalla (Figura N°1.2). En el sector Jahuay Chico se observa una línea de cumbre con alturas que fluctúan en 2500 a 3000 m. están formadas por secuencias sedimentarias, por lo que presentan formas menos rugosas a excepción de las escarpas formadas por potentes niveles de conglomerados y areniscas en el cerro Terrones con 2600 m. El sistema de drenaje preponderante en esta unidad local, es de tipo dendrítico, presentando algunas

³ Las unidades geomorfológicas fueron interpretadas a partir de imágenes de satélite Landsat Banda 4 Pancromático, la textura y tonalidad ha permitido una subdivisión nítida, habiendo conjugado Además otros elementos importantes como son el drenaje y la expresión topográfica.

variaciones, en cuanto a su densidad y forma, debido a los diferentes tipos de rocas que afloran en la zona. Cada sistema de drenaje tiene una confluencia hacia los principales ríos o quebradas como son los ríos Torata, Caplina y río Tambo.

1.10.2. Superficie Disectada

En la zona de estudio. Se preservó en varios sectores de la región debido a la existencia de un clima desértico y a la debilidad de los fenómenos erosivos. La superficie disectada se observa en la Formación Huaylillas correspondiente a la superficie de deposición de las últimas ignimbritas esta asignadas al Mioceno. Fue descrita inicialmente por J. Wilson (1962) en el cuadrángulo de Huaylillas, donde se puede apreciar una topografía que se distingue ampliamente de la circundante, Esta distinción se basa en un drenaje paralelo conformado por pequeñas quebradas no muy profundas en forma de "V", que presentan una dirección casi constante, con un promedio de N75°E, la dirección del drenaje varía progresivamente.

Presentando una tendencia a orientarse más hacia el Este. Esta morfología se puede apreciar en el extremo Superior Noroeste de la zona de estudio.

1.10.3. Escarpas y escombros de deslizamiento

Existe una serie de deslizamientos asociados a los afloramientos de la Formación Sotillo, se observa también en la Formación Paralaque en la cual evidencian una tectónica activa, que han dejado restos como escarpas y depósitos de escombros que forman una topografía particular que merece ser diferenciada de las demás unidades geomorfológicas. Esta unidad ha sido descrita en la quebrada de Torata, donde presenta una escarpa de deslizamiento de aproximadamente 10 Km. de longitud. También ha sido definida en el Sector del río Otorá y a todo lo largo del río Tumulaca. El fracturamiento y deslizamiento de bloques de la Formación Paralaque generó la acumulación de depósitos de escombros en la base de las escarpas.

Estos depósitos están conformados por bloques angulosos de Ignimbrita soportados en una matriz generada por la trituración de la misma roca. Estos depósitos presentan una topografía suave e irregular.

1.10.4. Incisión de Valles

Dentro de la zona de estudio es muy visible la presencia de grandes socavaciones, cuyas dimensiones, en comparación con el resto del sistema de drenaje, permiten diferenciarlas como una unidad propia del área de estudio. Las incisiones que forman parte de esta unidad, y sus profundidades, son las siguientes:

- la quebrada Torata con 300 m,
- la quebrada Tumulaca con 800m,
- el valle del río Pocata con 300 m.

Las profundidades han sido definidas en los puntos con mayor socavación dentro de su curso. La incisión de los valles se debe a un proceso erosivo controlado por dos factores: • el desnivel entre el nivel de base (el Océano Pacífico) y la Ladera Pacífica de los Andes, el cual es una consecuencia de la orogenia andina. • la cantidad de aguas pluviales recibidas por la vertiente. En el área Omate Moquegua, estos valles transversales presentan una dirección Noreste-Suroeste, y registran sus zonas más profundas en el lado noreste (sus nacientes), con profundidades que superan los 1000 m Estos valores demuestran la intensidad del proceso erosivo.

1.10.5. Terrazas Aluviales

En el sector de Jahuay al Norte de la zona de estudio, en los alrededores del caserío se han reconocido depósitos cenozoicos compuestos por facies de origen aluvial. Estos depósitos han formado terrazas a lo largo de 4 Km. en la margen derecha de la quebrada Jahuay Chico.

En el río Tumilaca se observa también terrazas aluviales de piedemonte. La terraza presenta una superficie regular, con una ligera inclinación subhorizontal en dirección noroeste-oeste en Moquegua. La superficie es atravesada por una serie de quebradas paralelas con dirección noreste. Estas pequeñas quebradas confluyen en la quebrada Tumilaca.

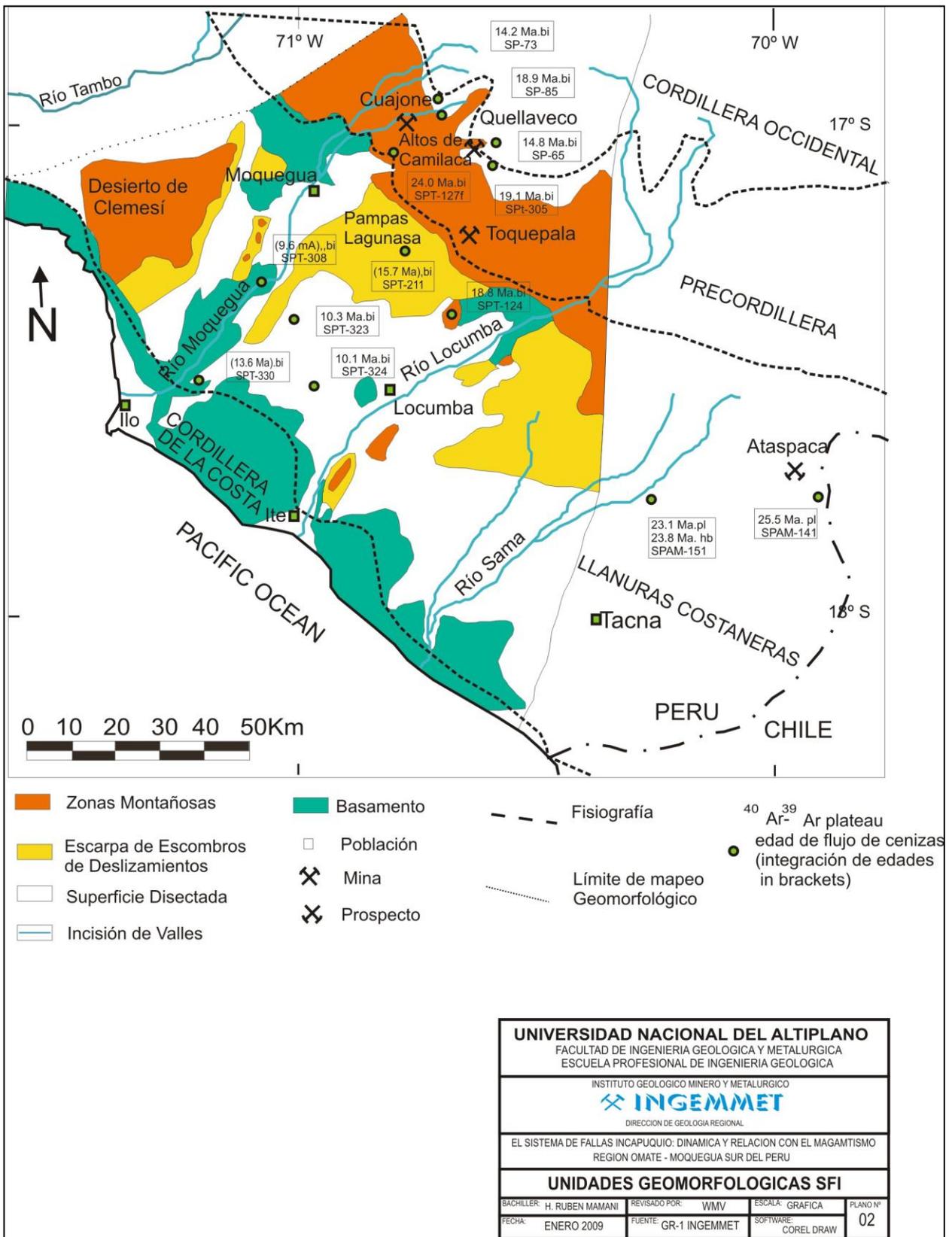


Figura N° 1.2. Plano de Unidades Geomorfológicas del SFI modificado de Quang, C.X.(2005).

CAP. II: MARCO TEORICO CONCEPTUAL y GEOLOGICO

Lineamiento Estructural

El análisis estructural se fundamenta en la descripción e interpretación de la geometría de los rasgos estructurales. Esto incluye el estudio de las orientaciones de estructuras planares o lineales y también sus posibles deformaciones. Para el tratamiento de los datos geológicos es usual el empleo de la técnica estereográfica, la cual nos permite definir las relaciones geométricas y las posibles implicaciones cinemáticas en las estructuras estudiadas y poner en evidencia la evolución dinámica.

“Durante mucho tiempo los geólogos han cartografiado y registrado los mas conspicuos rasgos estructurales de rocas naturalmente deformadas y han discutido sus posibles significados dinámicos; para lo cual buscaron en las **relaciones geométricas** de los elementos geológicos (tales como paralelismo y alineación) no solo sus posibles simetrías, sino también buscaron entender la naturaleza de las fuerzas a las que fueron sometidos, para así poder reconstruir sus desarrollos.” (F. J. Turner y L.E. Weiss, 1963, Structural Análisis of Metamorphic Tectonites).

“Un análisis estructural completo de un cuerpo de roca deformada prosigue dentro de tres fases: geométrica, cinemática y dinámica” (F. J. Turner, 1963. Cáp.1).

“Los elementos de fabrica lineales y planares pueden representar diferentes estructuras planas o lineales en las rocas, bien sea separadas o combinadas. En un afloramiento o en una muestra de mano, las estructuras planas o lineales aparecen como trazas en las capas visibles. Si la estructura es simple y esta bien desarrollada, puede ser fácil determinar su naturaleza y orientación; pero cuando las trazas son poco aparentes o cuando en la misma superficie se presentan diferentes trazas, puede resultar difícil decir si una estructura plana o lineal esta o no presente, solo mirando afloramientos de dos dimensiones. Si se miden las trazas y los planos de afloramiento en los cuales están contenidas las trazas, la formación puede componerse en un cuadro tridimensional en la estéeofalsilla.” (Ragán 1969. Cáp. 12).

“La mayor parte de los depósitos minerales fueron controlados, ya sea directamente o indirectamente. Por lo tanto, los depósitos minerales controlados estructuralmente poseen una geometría y una relación con las estructuras relativamente sencilla de predecir. El análisis del control estructural comprende la incorporación de modelos de orientación y patrón estructural dentro de modelos de procesos de formación de depósitos minerales; siendo los principales herramientas de análisis estructural: Análisis de pliegues, análisis de fallas y sistemas de fallas, análisis de vetas y fracturas, análisis de densidad de fracturas, análisis de orientación de fracturas y análisis de la geometría de las vetas.” (Eric. P. Nelson, 2003, p. 49. Geología Estructural Aplicada a la Exploración).

Lineamiento Magmático

El magmatismo en el sur del Perú están mayormente compuestas por rocas intrusivas mayormente son de naturaleza calcoalcalina, conformada por las superunidades Linga (+- 97 Ma), Tiabaya (+_80 Ma) y la superunidad Yarabamba todos del Batolito Costanero (Segmento Arequipa), se emplazaron desde fines del Cretáceo hasta el Paleógeno, en un lapso de aproximadamente 20 Ma. (Cobbing et al., 1979).

La teoría de Tectonica de Placas Publicado por (Isacks, 1968; Lepichon, 1968; Morgan, 1968). “Establece que los Andes, que yace paralela a las zonas de confluencia compresiva de las placas, no tienen como base una columna inmóvil de material de manto, sino que por el contrario, se encuentran sobre una placa inclinada de litosfera oceánica que se va sumergiendo constantemente”. Mario Samame Boggio (1980).

En las fajas orogénicas del occidente de América del Norte y América del Sur, las provincias metalogénicas están alineadas aproximadamente paralelas a los márgenes continentales, y a pesar de las irregularidades, existen una distribución general de provincias, con la siguiente secuencia de oeste a este: Fe, Cu, Cu (Au – Mo), Zn y Ag; y en algunas regiones Sn o Mo. La génesis de estas provincias metalogénicas es atribuida al desprendimiento de metales o de asociaciones de metales de la corteza oceánica basáltica y sedimentos pelagicos, durante la fusión parcial a niveles cada vez mas profundos en las zonas de subducción. En consecuencia, los metales ascienden como elementos componentes de un **magma calco-alkalino**. Inicialmente, los metales se desprenden del manto que se presenta en la cordillera del pacifico este (East Pacific Rise) transportados a las márgenes de la cuenca del pacifico e introducen debajo de las márgenes continentales por las presiones de expansión de los fondos marinos, este modelo supera el problema de interpretar la existencia de extensas zonas angostas caracterizadas por contener la concentración de un metal o una asociación de metales, en la corteza o manto superior.

En el contexto de este modelo, pueden adelantarse algunas explicaciones posibles sobre algunos rasgos o características de la distribución en tiempo y espacio de las provincias metalogénicas del Oeste de América, incluyendo: la ocurrencias de múltiples épocas metalogénicas dentro de una provincia metalogénica dada; la diferencia en edad, respecto a la época metalogénica dominante, de una región a otra; y la concentración o escasez de depósitos metálicos en algunas regiones. (Sillitoe, R.1972). Relaciones de las Provincias Metalogénicas de América Occidental con la Subducción de la Litosfera Oceánica. (Geological Society of América Bulletin v. 83 Abstract).

2.1 Marco Conceptual

2.1.1. Magmatismo

El emplazamiento de magma es uno de los procesos fundamentales de transferencia de calor y material en la corteza, los mecanismos de emplazamiento tiene una implicancia importante para la interpretación del origen y la evolución de Arcos y Cortezas Oceánicas. (Hamilton, 1981).

Los modelos de emplazamiento plutónico se dan puntualmente en zonas extensionales (SCOTT R. PATERSON; FOWLER T. K. 1993).

2.1.2. Vulcanismo

Son los Procesos por los cuales el magma y sus asociaciones con gases dentro de la corteza, son extruidos sobre la superficie de la tierra y dentro de la atmósfera. (JACKSON J. 1997)

2.1.3. Proyección Estereográfica

La red estereográfica es una proyección gráfica de una esfera en la que se pueden volcar la orientación de líneas, planos y conos. Tenemos tipos básicos de redes:

- Red de Wulff-red equiangular
- Red de Schimdt o Lambert red equiareal, puede analizar datos de distribución estadística.
- Red Polar-equiareal, proyección polar; puede plotear únicamente puntos, no es necesaria una rotación del papel.
- Red Kalsbeek-puede contar la densidad de datos. (Nelson, E. P. 2003, p. 25).

2.1.4. Reología

El comportamiento de las rocas durante las deformaciones es controlado por varios factores que incluyen tipo de roca, temperatura, presión, presión de fluidos, tasa de deformación; el modo de deformación varía de frágil, pasando por la transición frágil-dúctil, a dúctil. (Nelson, E. P. 2003, p. 07).

2.1.5. Análisis geométrico o descriptivo

Comprende directamente la medición y observación de la geometría y las propiedades físicas del cuerpo deformado. Solo las propiedades geométricas son necesarias si subsecuentemente a este análisis se debe hacer uno puramente cinemática; pero posteriormente para el análisis dinámico las otras propiedades físicas tales como elasticidad y ductilidad llegan a ser significantes. Idealmente el análisis geométrico es descriptivo y libre de inferencia. (Nelson, E. P. 2003, p. 47).

2.1.6. Análisis cinemático

Desde los datos del análisis geométrico una tentativa es hecha para reconstruir los movimientos, deformación, rotación, traslación y otros que tomaron lugar dentro del cuerpo durante la deformación. Tal análisis cinemático puede ser hecho de dos modos:

- Las características geométricas de un cuerpo deformado pueden ser interpretadas directamente en términos de conceptos cinemáticos, en la suposición empírica que la naturaleza del orden geométrico del cuerpo refleje el orden geométrico de los desplazamientos diferenciales, rotaciones y deformaciones que deben estar presentes durante la deformación de un cuerpo policristalino real.
- El estado final observado de un cuerpo deformado es comparado con algún estado inicial asumido, y es propuesta una trayectoria de desarrollo cinemático. (MALDONADO N. 1999, p. 49).

2.1.7. Análisis Dinámico

El objetivo del análisis dinámico es reconstruir esfuerzos dentro de un cuerpo geológico, fuerzas “externas o impresas” y superficies de tracción o fuerzas del cuerpo en reacción a los cuales los esfuerzos internos se desarrollan. (TURNER, 1963. Cáp. 1).

2.1.8. Zona de Cizalla

Una zona de cizalla es un volumen de roca deformado esencialmente por esfuerzos de cizalla y limitado por rocas que no sufrieron deformación contemporánea con la de la zona de cizalla. La geometría mas común es aproximadamente tabular, aunque muchas zonas de cizallas no tienen sus límites paralelos y en otras, estos no son planos si no curvados. (MARTINEZ, C. J. 2002, p. 132).

Son zonas planares o curvoplanares con fuerte deformación nocoaxial, comúnmente con lados paralelos o subparalelos y con relaciones de longitud.

En las zonas de cizalla las deformaciones cizallantes son no-coaxiales y rotacionales. Estas características son extremadamente importantes pues, durante el cizallamiento progresivo, las rocas dentro de la zona de cizalla, pueden sufrir deformación polifásica no-coaxial, dando lugar a patrones complejos de interferencia de pliegues, lineaciones deformadas y pliegues. Las zonas de cizalla son comúnmente lugares de circulación focalizada de fluidos de metamorfismo retrógrado, alteración y metasomatismo. (MACHARE, O. J. 2001, p. 45)

2.1.9. Lineamiento

Rasgo lineal, con uno o varios segmentos rectos o ligeramente curvos, identificado en una imagen de satélite, aerofotos, mapas topográficos o geofísicos, por lo tanto, de tamaño grande, los grandes lineamientos son interpretados como la expresión superficial de antiguas estructuras corticales profundas o trans-litosféricas. Aunque por su tamaño, muchas veces es difícil apreciarlos en el campo, es conveniente intentar confirmar su carácter, antes de su tratamiento. En general, solo se dispone del rumbo y longitud de los segmentos. (MACHARE, O. J. 2001, p. 25).

2.1.10. Fractura

Las juntas y las fallas son estructuras resultantes de un comportamiento frágil por el cual unos bloques de roca se desplazan respecto a otros según discontinuidades estrechas y aproximadamente planas. (HOBBS, B. E. 1984, p. 260).

Discontinuidad planar en una roca producida por un mecanismo de ruptura frágil asociado a un estado de esfuerzos local dado. Existen prácticamente en todas las escalas. En el campo se mide, en general, su rumbo y buzamiento. Se podría también anotar su longitud observada y si tiene signos de abertura, por ejemplo algún relleno mineral (cuarzo, calcita). Pero estas fracturas sin desplazamiento, también llamadas diaclasas (junturas, joints), siempre son numerosas y en múltiples direcciones, así que el geólogo explorador duda cuales son importantes y frecuentemente las desprecia. El geólogo de producción, en cambio, siempre los mapea y evalúa su densidad, con fines geomecánicos y caminos preferenciales de soluciones. (MACHARE, O. J. 2001, p. 25)

2.1.11. Falla

Fractura sobre la que hubo uno o mas movimientos relativos entre los bloques que ella separa. Dichos movimientos son puestos en evidencia por el desplazamiento de marcadores en los bloques, o por pequeñas estructuras indicadoras en el plano de falla conocidas como tectoglifos, cada movimiento de la falla corresponde a la acción de un estado de esfuerzos temporal en el área. Existen fallas de todos los tamaños y con desplazamientos desde milímetros hasta cientos de kilómetros. Los datos útiles para el análisis incluyen:

- i. Rumbo y buzamiento del plano de falla
 - ii. Indicadores cinemáticos:
 1. Pitch de las estrías y su tipo
 2. Distancia de elementos desplazados como contactos o vetas
 3. Características del gouge o brecha de falla: potencia, granulometría, composición de clastos y matriz, textura
- (MACHARE, O. J. 2001, p. 25).

2.1.12. Estratificación

Es por tanto la disposición en estratos de los sedimentos, rocas sedimentarias y algunas rocas metamórficas. Al basarse la definición en la de estrato, el termino estratificación se refiere tanto al aspecto geométrico (dispositivo en capas sucesivas) como al genético (intervalos sucesivos de sedimentación). Son indicadores de deformación y se emplean para el análisis. El rumbo y buzamiento son corrientemente anotados por el geólogo de campo, para confirmar si los estratos inclinados están en posición normal o inversa es una costumbre conveniente. En levantamientos rutinarios, se puede medir, con pequeño esfuerzo, las características de los ejes y planos axiales de los pliegues. (VERA, T. J. 1994, p. 23).

2.1.13. Esquistosidad

Estructura tectónica penetrativa en la masa de la roca que confiere a esta un aspecto en planos paralelos. Frecuentemente, es la expresión microscópica de una fábrica o arreglo mineralógico planar más fino. Es generada por procesos de aplanamiento o flujo, en deformación dúctil. Existen varias clases, las medidas son las de elementos planares, es decir, rumbo y buzamiento. (MACHARE, O. J. 2001, p. 25).

2.1.14. Lineación

Estructura tectónica penetrativa, similar a la anterior, pero que da a la roca una partición linear (astillas, columnas, fibras). Puede generarse por la intersección de estructuras planares o por alargamiento en ciertos procesos dúctiles, las medidas, en el campo, son las de elementos lineares: inclinación y azimut. (MACHARE, O. J. 2001, p. 25).

2.1.15. Tectoglifos o microestructuras frágiles

Son una serie de estructuras pequeñas (mm a m), desarrolladas en medio frágil y asociadas a las fallas. Se emplean para determinar la dirección y sentido de desplazamiento sobre un plano de falla y por lo tanto son datos esenciales en los análisis cinemáticos y dinámicos, corresponden mayormente a dos grupos:

- iii. **Marcadores lineales sobre los espejos de falla.-** encontrando: Estrías mecánicas, ranuras, acanaladuras, arañazos, estrías estilolíticas formadas por procesos de disolución.
- iv. **Formas especiales del plano y fallas secundarias.-** caracterizándolos a los siguientes: Plano ondulado, cristalización al abrigo, fracturas de Riedel, fracturas y lúnulas tensionales, denticulación (MACHARE, O. J. 2001, p. 25).

2.1.16. Brechas tectónicas

Son creadas cuando un proceso de deformación en medio frágil fragmenta una porción de la masa rocosa, las brechas más conocidas son aquellas asociadas a fallas, donde ellas forman un nuevo tipo de rocas, pero también existen brechas asociadas a pliegues. (MACHARE, O. J. 2001, p. 43).

2.1.17. Fuerza

Las fuerzas son generadas en la tierra por actividad tectónica y por gravedad, también fuerzas debido a expansión térmica son importantes en ciertas clases de depósitos minerales. La fuerza aplicada a una superficie de área determinada es llamada esfuerzo. (Nelson, E. P. 2003, p. 06).

2.1.18. Esfuerzo

El esfuerzo es un campo como el campo magnético; aplicado en todas direcciones, en tres dimensiones a un cuerpo de roca, y es la combinación de todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo. El campo de esfuerzo, también llamado estado de esfuerzo, es comúnmente definido en magnitud y orientación por los esfuerzos principales x, y, z. (los que son mutuamente perpendiculares y representan el máximo, intermedio y mínimo componente del tensor de esfuerzo), otra característica del campo de esfuerzo es que es instantáneo, y puede cambiar con el tiempo. (Nelson, E. P. 2003, p. 06).

2.1.19. Deformación

La deformación involucra movimiento de partículas y cinemática, la deformación puede ser elástica (no permanente) o permanente. La deformación elástica se produce, por ejemplo,

durante el paso de ondas sísmicas a través de la tierra, y es un concepto importante en los métodos de exploración sísmica. (Nelson, E. P. 2003, p. 06).

2.2. Marco Geológico

El área del presente estudio esta comprendida en el flanco occidental de la Cordillera occidental, o Piedemonte del Pacifico, el cual esta disectado por numerosas quebradas de corto recorrido y muy empinadas, por lo que se puede observar la secuencias estratigráfica del Mesozoico y Cenozoico, En la parte Norte del área, se pueden distinguir secuencias clásticas de la formación Matalaque, y flujos lavicos del Grupo Toquepala (Cretaceo superior Paleoceno), la formación Sotillo del eoceno, el Grupo Moquegua del Oligoceno (Marocco 1984 y Marocco et al, 1985), volcánicos Huaylillas del Mioceno, la Formación Millo del Mio-Plioceno; toda esta serie estratigráfica esta cortada por plutones ígneos pertenecientes a la Super Unidad Yarabamba con dataciones de 52 y 56 Ma (Clark et al, 1990). Estructuralmente se tiene al Desarrollo del sistema de fallas Incapuquio de rumbo Andino.

La estratigrafía local comprende unidades desde el Cretáceo hasta sedimentos aluvionicos recientes, en mas del 50% del área total las secuencias volcanoclásticas son las mas extensas del Grupo Toquepala. Los rasgos estructurales mas resaltantes corresponden a los sistemas de Fallas de Incapuquio, Micalaco y Quellaveco cuyas cizallas transversales albergan a los pórfidos cupríferos de Cuajone, Quellaveco y Toquepala. El Grupo Toquepala ha sido actualizado en las formaciones Huaracane, Inogoya, Paralaque y Quellaveco, las formaciones Huaracane y Quellaveco han sido subdivididas en otras unidades volcánicas cuyas características, morfológicas e interpretativas son resaltantes. La Formación Moquegua ha sido redefinida y diferenciada como formaciones Sotillo (antes Moquegua inferior) y Moquegua (antes Moquegua superior). Y posteriormene se dispone las secuencias cuaternarias.

2.2.1 Mesozoico

2.2.1.1 Cretácico Inferior

2.2.1.1.1 Formación Matalaque (Ki-ma)

Aflora restringidamente al Norte del poblado de Ilabaya, infrayaciendo a tobas soldadas de la Formación Paralaque e intruído por dioritas de la superunidad Yarabamba, consiste en rocas volcánicas gris oscuras afaníticas, de composición química andesítica-basáltica, moderadamente estratificada, formando farallones en la Qda. Calumbraya. Esta afectada por el sistema de fallas Incapuquio por movimientos sinistralas. En el área tiene un grosor máximo de 250 m. Su edad esta asignada al Cretácico inferior en base a dataciones radiométricas tomadas cerca de Quinistaquillas se fecharán en 75 Ma (Sánchez & Martínez 2002).

2.2.1.2 Cretácico Superior

2.2.1.2.1 Grupo Toquepala (Ksup-to)

Esta denominación fue empleada por BELLIDO Y GUEVARA (1963), para describir a un conjunto de rocas volcánicas⁴. En el cuadrángulo de Moquegua el

⁴ Las unidades superiores de este grupo están presentes en el área de la mina de Toquepala, Quellaveco y Cuajone, donde fueron estudiados por los Geólogos Richard & Courtright (1958), Lacy (1958) y otros de Southern Copper Corporation.

grupo Toquepala se ha dividido, en las siguientes formaciones: Formación Toquepala, formación Inogoya, volcánico Paralaque, volcánico Quellaveco. (Bellido, E. 1979). Los resultados obtenidos del control de las secuencias volcánicas del Grupo Toquepala a lo largo de los ríos Huaracane, Torata y entre los yacimientos de Cuajone y Toquepala. Las secuencias volcánicas con inclinaciones al NE, esta compuesta desde la base, por las formaciones Huaracane (07 miembros), Inogoya (sedimentario), Paralaque (03 miembros), Quellaveco (03 miembros); (Martínez, W. & Zuloaga, A. 2002).

Agrupada a un conjunto de cuatro formaciones volcánicas y sedimentarias que afloran ampliamente en la región de estudio ha sido dividida en las siguientes unidades:

2.2.1.2.1.1. Formación Huaracane (Ks-hu)

Tiene un grosor mayor a 1000 m. descrita anteriormente como Formación Toquepala (Bellido y Landa, 1965), en el río Torata se ha subdividido en un conjunto de siete unidades volcanoclásticas:

Miembro 1 (Ks-hu/tb+lt)

Consiste en Toba - lapilli, soldados, presencia de líticos volcánicos grises porfídicos la posición de estas secuencias no está bien estratificada, con un espesor de 310 m. su base es desconocida y se presume que sobreyace sobre tobas rosadas que afloran en el sector oriental de la hoja de Cemesi, infrayace a tobas estratificadas (miembro 02). Afloran en la boca de los ríos Huaracane y Torata.

Miembro 2 (Ks-hu/tbl+eu)

Tobas soldadas bien estratificadas con textura eutaxítica, lamelas de biotita alteradas, con un espesor de 110 m.

se intercalan secuencias de toba - lapilli grises siendo intruido por cuerpos sub volcánicos oscuros siendo vitrófiros de composición riolítica. Aflora en la carretera antigua Moquegua - Torata (Sector Suroeste del Cerro Los Angeles).

Miembro 3 (Ks-hu/tbl+lh)

Consiste de Tobas-lapilli, bien soldadas, sin estratificación visible color pardas, con un espesor de 220 m. se intercala facies de conglomerados y brechas sedimentarias color marrón - violáceo, compuesto por clastos flotantes de rocas volcánicas grises porfídicas subredondeadas a subangulosas cuyos tamaños varían de 0.05 a .0.20 m de diámetro, encerrados en matriz de grava y arena gruesa se sobreponen secuencias de areniscas volcánicas bien estratificadas con estructuras de corriente (sesgamiento). Conforman canales de corte y relleno y la secuencia es estrato-decreciente su estratotipo aflora entre Mollesaja y Cerro Los Ángeles (curso inferior del río Torata).

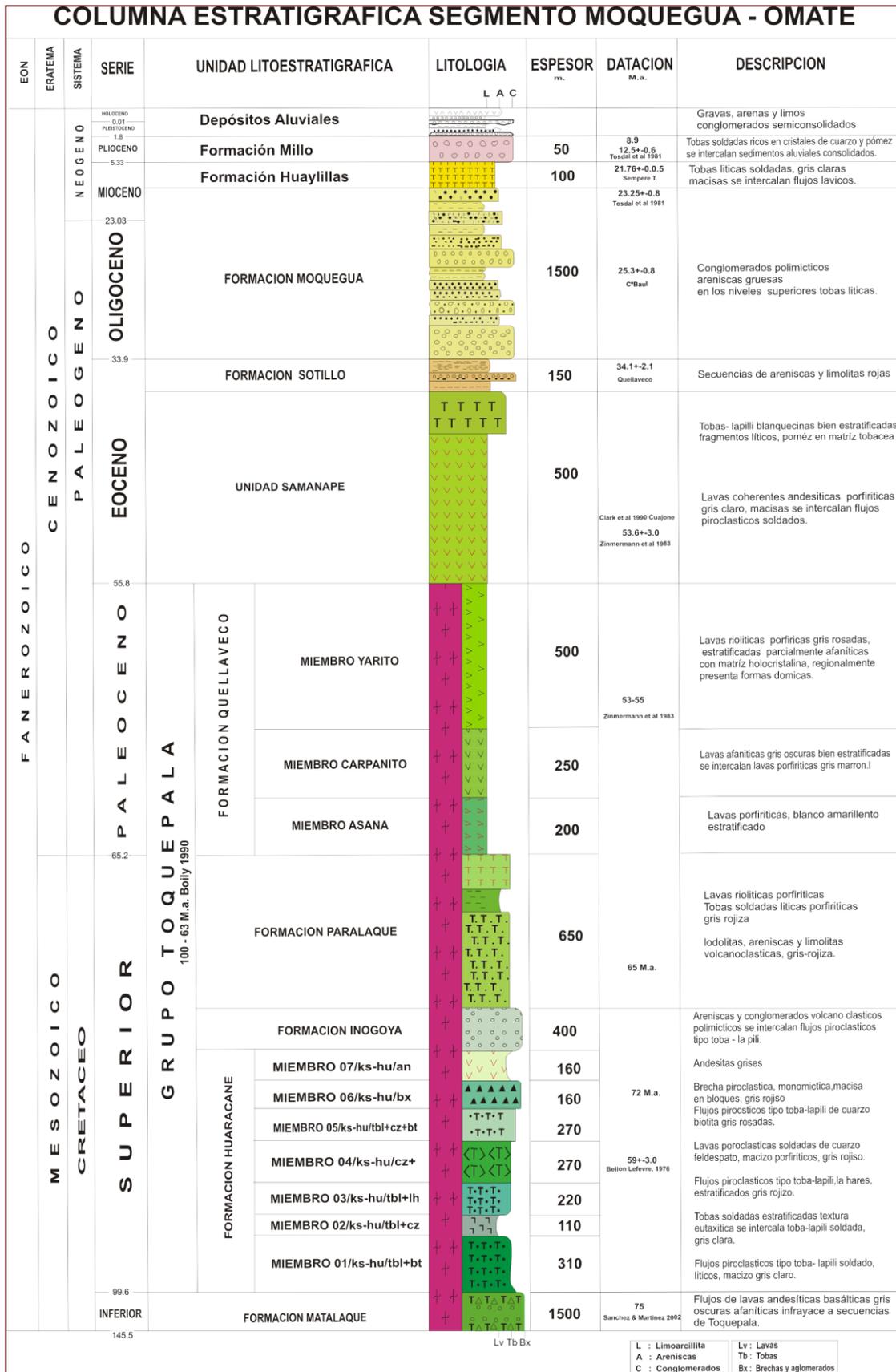


Figura N° 2.1. Columna estratigráfica del área de estudio SFI (Este trabajo).

Miembro 4 (Ks-hu/cz+fk)

Presenta Tobas soldadas con textura porfídica, cristales de cuarzo-feldespatos y color gris - rojizo, con un espesor de 270 m. conforman estructuras macizas y farallones prominentes. Aflora en el Cerros de Huaracane, Estuquiña, Los Ángeles, Quillinquilini (Ciudad de Moquegua), Cerros de Alegoma y Mejia (Torata), y en las Qdas. De Cuculi y Huanacune (SE de Moquegua). Esta unidad fue datada radiométricamente en 59 ± 3.0 Ma. (Bellon-Lefevre, 1976).

Miembro 5 (Ks-hu/tbl+cz+bt)

Tobas de color gris - rosado matriz presenta cristales de cuarzo-biotita, con un espesor de 270 m. Las tobas constan de fragmentos líticos y cristales volcánicos subangulosos, fragmentos de pomez y vidrio. Aflora entre Coplay y Mollesaja.

Miembro 6 (Ks-hu/bx)

Brechas piroclásticas grises-rojiza con tonalidades pardas, bloques angulosos, monomícticos, porfídicas, de origen volcánico. Con un espesor de 160 m. Aflora a 5 Km. río debajo de la localidad Inogoya.

Miembro 7 (Ks-hu/an)

Lavas de composición andesitas grises, afaníticas, parcialmente estratificadas con ligera inclinación al SO, con un espesor de 160 m. esta unidad aflora restringidamente en las cabeceras de la Qda. Chilcal al oeste de Otorá.

2.2.1.2.1.2 Formación Inogoya (Ks-in)

Sedimentitas (Bellido y Landa, 1965), compuesta de conglomerados, areniscas, gravas consolidadas, con un grosor de 400 m. bien estratificadas de coloración gris a tonalidades claras, esta diferenciadas en varias litofacies que van desde conglomerados gruesos en el sector oriental (Cerro Vizcachane) areniscas y limolitas claras (Hda, Inogoya), intercalaciones de flujos piroclásticos porfídicas con grises de poco grosor (0.10 m), tabulares (C° Alegoma). Sobreyace a la Formación Huaracane (miembros 04, 06 y 07), e infrayace disconforme a tobas soldadas macizas (Formación Paralaque), Su localidad tipo se encuentra en las inmediaciones de la Hda. Inogoya. La edad es asignada al Cretácico superior y se correlaciona tentativamente con parte de la Formación Muñani del altiplano.

2.2.1.2.1.3 Formación Paralaque (Ks-pa/lo+ar+li - Ks-pa/tb+li)

Tobas (Bellido y Landa, 1965), altamente soldadas porfídicas, textura eutaxítica (Ks-pa/tb+li) con minerales esenciales plagioclasas y cuarzo, como accesorios, biotita, fragmentos líticos vidrio y opacos, con un espesor de 650 m. color gris rojizo, conforman farallones abruptos y extensas plataformas como las observadas en Otorá, y en la carretera que va de Torata a Cuajone. En el sector de Otorá afloran secuencias sedimentarias (Ks-pa/lo+ar+li) compuestas por lodolitas y areniscas finas rojizas a grises bien estratificadas que se definen como un miembro para esta formación, Sobreyace disconforme a la Formación Inogoya e

infrayace en igual relación a la Formación Quellaveco. Esta asignado al Cretácico superior.

2.2.2. Cenozoico

2.2.2.1 Paleoceno

2.2.2.1.1 Grupo Toquepala

2.2.2.1.1.1 Formación Quellaveco

Comprende un conjunto de cinco unidades volcánicas cuya composición química riolítica abarca mas del 80% de toda la secuencia, (Bellido y Landa, 1965).

2.2.2.1.1.1.1. Miembro Asana (KsP-ri/as)

Lavas coherentes, de composición química riolítica, color gris claro, porfiríticas con cuarzo libre y feldespatos mayormente alterados, el cuarzo hialino es flotante en matriz media compuesta por cuarzo-feldespato. Su estratotipo se encuentra en las inmediaciones del poblado de Asana, la Cimarrona y Villa Toquepala. Su espesor es de 200 m. (Bellido 1969, lo describió como Pórfido Quellaveco).

2.2.2.1.1.1.2. Miembro Carpanito (KsP-do/ca)

Lavas coherentes de grano fino gris oscuras, estratificadas, de textura porfirítica seriada con plagioclasas y ortopiroxenos esencialmente. Con un espesor de 250 m Afloran en los valles del rio Capillune, cerros Carpanito y Pedregal, denominado Antes Serie Toquepala.

2.2.2.1.1.1.3. Miembro Yarito (KsP-ti/ri)

Lavas porfídicas gris rosadas, matriz fina, muy resistentes y silicificadas, con un espesor de 550 m. bien estratificados, químicamente son riolitas alteradas a arcilla-sericita, parcialmente afaníticas con matriz holocristalina. Aflora extensamente al NO de la mina Toquepala entre los cerros Yarito y Cruz Laca, regionalmente tiene forma domica e intruye a las secuencias volcánicas Samanape y Paralaque, presenta contacto fallado (Falla Micalaco) con la Superunidad Yarabamba y las andesitas Carpanito.

Edad y correlación

El Grupo Toquepala representa el intervalo entre el Cretáceo inferior al Paleógeno; para las secuencias basales, (C. Los Angeles), se obtuvo una edad por el método de datación radiométrica de 59.3+/-2 Ma (Vatin N. Perignon, 1982),

posteriormente se dataron por Rb/Sr de 63 a 74 – 100 Ma entre Moquegua y Torata, bajando hasta el Cretaceo inferior? (Boily, M. et al 1990), para las secuencias superiores observadas en el sector de Quellaveco dieron 53-55 M.a. por datación radiométrica en promedio (Zimmermann y Kihien, 1983), la edad más inferior obtenida puede distar mucho de ser la isocrona inicial del volcanismo Toquepala, debido a que se cuenta con una secuencia piroclástica/epiclastica bastante grueso (> 500 m), los primeros eyectos de ignimbritas cristalolíticas y lavas aun no ha podido ser datadas por abundancia de líticos y alteración, siendo a la fecha una interrogante sobre la edad más cercana para el inicio del evento Toquepala. (Martínez, W. 2003).

2.2.2.2. Eoceno

2.2.2.2.1. Miembro Samanape (KsP-sa/an-KsP-sa/tb)

Al techo del Grupo Toquepala con un espesor de 500 m., está dividida en dos unidades:

Inferior (KsP-sa/an)

Lavas coherentes de composición química andesítica, porfiríticas bien estratificadas color gris en fresco y blanquecino en afloramiento, se intercalan tobas grises con tono violáceo con fragmentos de plagioclasas y cuarzo la mayoría silicificados y sericitizados, se inclinan ligeramente (15°) en dirección SO encontrándose expuesto a lo largo de la carretera Quellaveco-Qda. Honda, Qda Cocotea, Cuajone y Chujulay. Se cuenta con dataciones radiométricas para esta unidad; 52.3 ± 1.6 ; 52.43 ± 1.7 ; (Mina Cuajone, Clark, et.al. 1990), 53.6 ± 3.0 ; 55 ± 1.10 ; 56.2 ± 2.10 (Yacimiento Quellaveco, Zimmermann y Kihien 1983). Sobreyace disconforme sobre la riolita Asana.

Superior (KsP-sa/tb)

Tobas-lapilli, blanquecinas bien estratificadas que presentan formas redondeadas en afloramiento, esta compuesta por fragmentos líticos, pómez en matriz tobácea bastante alterada, en algunos sectores presentan textura eutaxítica y reomórficas, se intercalan sistemas de lahares gris marrones compuestos de guijas polimícticas la mayoría de origen volcánico englobados en matriz de arenas gruesas, intercalándose con estratos de limolitas grises y areniscas finas. Se expone ampliamente a lo largo de la carretera Qda Honda - Mina Toquepala, sobreyace disconforme sobre la unidad inferior e infrayace a la Formación Huaylillas .

2.2.2.2.2. Formación Sotillo (P-so)

Areniscas y arcósas (Jenks, 1948), volcanoclásticas, grises con tonalidades rojizas, se encuentra disconforme sobre volcanitas jurásicas e intrusivos cretácicos, con un espesor de 150 m. estratificación paralela y subhorizontal predominando las lodolitas en los niveles superiores así como las capas de yeso,

estas se incrementan en su tercio superior, la transición con la Formación Moquegua esta señalado por un banco de 15 a 20 cm. de Yeso, estas facies se ubican al SO de la ciudad de Moquegua, Qdas Seca y Santallana. Asimismo aflora al SO del poblado de Torata (C° San Miguel). Se correlaciona lateralmente con parte de la Formación Huanca, y Grupo Puno del altiplano.

2.2.2.3. Oligoceno

2.2.2.3.1. Formación Moquegua (PN-mo_s)

Sedimentitas (Adams, 1906), conformada por conglomerados polimícticos, clasto soportado, guijas y areniscas gruesas, medianamente estratificadas, se intercalan algunos niveles de tobas grises blanquecinos en las secuencias superiores⁵ Con espesor de 1500 m. Los clastos corresponden a andesitas y riolitas e intrusivos dioríticos. Estas secuencias presentan numerosas estructuras sedimentarias (Estratificación sesgada - gradada, canales de corte y relleno). en la localidad de Mirave - Ilabaya, esta unidad esta compuesta por conglomerados redondeados (PN-mo_i) clasto, polimícticos sin estratificación cuyos clastos presentan imbricación al SO el incremento de la matriz arenosa con reducción de los materiales gruesos en dirección SO, originando un cambio de facies laterales que gradan a las secuencias de arenas medias y lodolitas de la Formación Sotillo. Las tobas han sido datadas cerca al Cerro Baúl en $25,3 \pm 0.8$; Cerro Blanco; 22.7 ± 0.8 (bt); Cerro Purgatorio; 23.25 ± 0.8 (Tosdal, et.al. 1981) Ma. Es asignada al Oligoceno llegando al Mioceno Inferior.

2.2.2.4 Mioceno

2.2.2.4.1. Formación Huaylillas (Nm-hu)

Tobas-lapilli (Wilson y García, 1962), de composición química ríolítica a dacíticas de color grises, blanco a rosadas. Está compuesta por feldespatos fragmentados, biotitas con escasas hornblendas, fragmentos de pómez y líticos es frecuente, con un espesor de 100 m. (oriente)-350 m. (occidente). Los rangos generales van desde tobas blancas friables hasta niveles altamente soldadas, muchas de estas unidades presentan estructuras en fiamme de pómez aplastadas y alteradas.

La denominada Formación Chuntacala ha sido incluida dentro de esta unidad de acuerdo a las relaciones de campo y composiciones petrográficas similares observadas en los cuadrángulos de Locumba, Pachia, La Yarada, Huaylillas y Tacna. Debido a su dureza forman farallones y en superficie formas elongadas y redondeadas Las dataciones (K-Ar), comprenden edades; 22.8 ± 0.7 ; Tala - Coscori; 17.6 ± 0.6 ; Cerro Piedra labrada y Tala 18.4 ± 0.6 (Tosdal, et.al. 1981), Ma. Sobreyace disconforme a la Formación Moquegua e infrayace a la unidad Millo, es asignada al Mioceno.

⁵ La Formación Moquegua sobreyace en discordancia angular al Grupo Toquepala, subdividido en unidad inferior constituido por secuencias finas, facies de arenas finas limosas; la unidad superior tiene una secuencia basal conglomeradica granodecreciente de intercalación de ignimbritas rosadas hacia el techo (Acosta, 2002).

2.2.2.5 Mio-plioceno

2.2.2.5.1. Formación Millo (Np-mi)

Secuencia de conglomerados (Vargas, 1969), intercalado con niveles de tobas - lapilli, de composición química riolítica, con un espesor de 50 m. los aluviones consisten de clastos subangulosos polimícticos clasto soportado, ligeramente inconsolidado, de grosor variable (50 m), las tobas de coloración pardas a marrones presentan cristales (plagioclasas), y pómez así como escasos líticos y lámelas de biotitas. Estas tobas fueron datadas en 8.9 (K-Ar); 14.2 (K-Ar); 12.5±0.6, (Tosdal, et.al. 1981), Ma. Es asignada a una edad Pliocena - Pleistocena.

2.2.2.6 Pleistoceno-Holoceno

2.2.2.6.1. Depósitos Aluviales

Mezcla heterogénea de gravas angulosas de naturaleza volcánica soporte de matriz areno arcillosa y en cuyos flancos conservan bloques erráticos, estos sedimentos se encuentran consolidados, topográficamente forman lenguas morrenicas de suave superficie. Estos depósitos se distribuyen en el sector NE del área de estudio, en el flanco sur del aparato volcánico Chuquiananta, y las nacientes del río Asana y Pampa del Calvario, se observa también en la cuenca Jahuay al N de la zona de estudio, a lo largo del río Otorá.

2.2.2.6.2. Depósitos Fluvio - Aluviales

Compuestos de gravas, arenas, en canales activos, polimícticos, subredondeados a subangulares, soporte de matriz areno limoso asociados a flujos de barro y conos aluviales, estos se encuentran semiconsolidados, están divididos en cinco depósitos aluviales:

-Qh-al1 (Antes parte de la Formación Inogoya); corresponde a pie de monte de antiguos sistemas orogénicos, litológicamente esta compuesta por clastos flotantes en matriz areno - arcillosa deleznable y con ligera inclinación al Oeste, se encuentra sobreescorrido por la Formación Paralaque.

-Qh-al2 (Antes sistemas aluviales generalizados); corresponde al pie de monte producto de la erosión de los cerros Baúl y Trebolar, consiste de conglomerados pardo amarillentos de clastos subangulosos y polimícticos en matriz areno arcillosa, no consolidados se distribuyen en las faldas de los afloramientos mencionados.

-Qh-al3 canales activos de los ríos secos de Panicon, Saucine, Qdas. Seca y Los Burros, esta compuesta de conglomerados inconsolidados de origen fluvial color gris y clastos subredondeados se distribuye ampliamente en las pampas de San Antonio y Qda. Seca.

-Qh-al4 sistemas de pie de monte del cerro Huaracane y Qda. Capiurus, consisten de conglomerados semiconsolidados de clastos angulosos ligera estratificación y algunos niveles de tobas blancas recicladas y deleznales, se distribuye en las pampas de Trapiche.

-Qh-al5 sistemas fluvi aluviales de sedimentos activos compuestos de gravas, arenas gruesas, medias y niveles de limolitas producto de llanuras de inundación, aquí es donde se ha establecido la agricultura para la región, se distribuye ampliamente en el valle del río Moquegua, Torata, Río Cinto e Ilabaya.

2.2.3 Rocas Intrusivas

Las rocas Intrusivas son observadas al NO del área de estudio en el sector los Calatos se observaron Monzonita, dioritas que cortan a la monzonita gradando a Monzodiorita, y afloramientos de gabrodioritas y dioritas Estas rocas pertenecen a la Super Unidad Yarabamba datada, esta Unidad aflora a lo largo del área de estudio de sur a norte.

Los afloramientos de rocas intrusivas son cartografiadas y vistas en el plano Geológico (Anexo N°1), sin embargo el desarrollo de las facies ígneas son analizadas previamente en las Secciones geológicas ver en (Anexo N°3).

Sin embargo el desarrollo del complejo plútonico de la Super Unidad Yarabamba se presenta en forma de placolito con un desarrollo en la horizontal emplazado en las secuencias volcánicas del Grupo Toquepala asignado al cretáceo superior.

2.2.3.1 Super Unidad Yarabamba

Esta unidad está descrito ampliamente en el acápite de magmatismo con mas detalle, sin embargo Litologicamente está constituido por facies ígneas de composición intermedia a alcalina, observando de dioritas gradando lateralmente a monzonitas llegando a granodioritas.

Su emplazamiento se observa en tres perfiles estructurales en observamos su distribución y su comportamiento que es rígidamente controlado por el sistema de fallas Incapuquio (evento del cretáceo superior a eoceno).

Fue datada, por el INGEMMET en 5 lugares: 1) en Clemesi 81 M.a. 2) en Moquegua la edad fue de 60.4 M.a.en Dioritas y Granodioritas (Martínez, W & Zuloaga, A. 2000).

3) en la Joya, Monzogranito en 84 M.a. (Valencia, M & Chacaltana, C. 2000) lo cual era probable que fuese un pulso tardío asociado a la Super Unidad Linga. Que en la región estan representados por Monzodioritas.

4) en Palca en una granodiorita que intruye a secuencias volcánicas de la formación Matalaque con una edad de 70.1 m.a.⁶

Algunas edades superiores a 80 M.a, corresponden a relictos de dioritas y gabros presentes en el núcleo de la Super Unidad Yarabamba (La Cimarrona) que pueden corresponder a antiguos cuerpos que fueron refundidos para dar materiales mas diferenciados: Granodioritas que forman la mayoría de esta Unidad⁷.

⁶ Martínez, W. et. al. (2004) XII Congreso Peruano de Geología, Perú.

⁷ Martínez, W. (2002).

CAP. III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. Metodología Descriptiva

El presente trabajo de investigación esta enmarcado en el campo cualitativo⁸ y aplica metodologías descriptiva en relación a datos de campo, y correlacional por precisar muestreo Geoquímico asociado a unidades litoestratigráficas, aplicando la metodología explicativa para las interpretaciones en base a la cartografía geológica elaborada, en esta sección se hace el desarrollo teórico y metodológico de las técnicas que han de utilizarse en la recolección de la información.

3.2. Procedimiento de la Investigación

3.2.1. Primera Fase: Recopilación de Información

Recopilación de bibliografía, revisión de trabajos realizados anteriormente en el área de estudio. En esta fase se trató de obtener toda la información disponible relacionada con el interés científico que se tiene sobre la zona de estudio. Esto comprendió la interpretación de fotos aéreas e imagen satelital Bandas 7,4, 2. Con el fin de realizar un mapeo geológico y estructural a escala 1/50000. Para el tratamiento de la imagen satelital se uso el software de procesamiento digital ENVI 3.5. en INGEMMET hoy Versión 4.0. Si bien no existen muchos estudios sobre la Dinámica y Cinemática del Sistema de Fallas Incapuquio (SFI) en el intervalo Cretáceo inferior – Paleoceno, en esta parte de la región, se obtuvo una base de datos suficiente para plantear una estratigrafía local preliminar, y así mismo se analizó los modelos de evolución tectónica con respecto a la convergencia oblicua en arcos magmáticos en el extremo sur del Perú.

3.2.2. Segunda Fase: Primera Salida de Campo

- Posteriormente según al cronograma de actividades se realizó una primera salida al campo que consto de 24 días.
- En la presente salida se efectuó análisis microtectónico por estaciones y la cartografía respectiva.
- Concluida la etapa de campo se procesaron los datos de la primera salida de campo.
- Muestreo de rocas intrusivas (ICP-MS).

3.2.3. Tercera Fase Segunda Salida de Campo

- Se realizó la segunda salida de campo a la zona de estudio en el cual se corroboró los datos de avance del 3 de Agosto al 26 de Agosto del 2005.
- Culminada la etapa de campo, se procesó toda la Información recolectada con la finalidad de interpretarla y, por último, establecer las conclusiones de la investigación realizada. Las interpretaciones del presente estudio fueron confrontadas con Teorías propuestas por otros autores en investigaciones anteriores.

⁸ Evaluación de las deficiencias en el conocimiento del problema y definición inicial del problema del ambiente o contexto. Sin embargo, los objetivos y las preguntas son más generales y su delimitación es menos precisa Sampieri, R. H. (2006) pág. 523.

- Muestreo de rocas intrusivas (ICP-MS).

3.2.4. Cuarta Fase: Análisis de Resultados.

Siguiendo un método de investigación descriptivo nos permitiría responder las preguntas:

1. ¿Cómo se va realizar la investigación?
2. ¿Qué es lo que se quiere estudiar?
3. ¿Cuáles son sus alcances?
4. ¿El porque de la investigación?

En función a estas interrogantes planteadas, orientamos el presente proyecto de investigación centrandonos en el planteamiento del problema procediendo a la realización la investigación en función a las técnicas sucesivas en acápite abajo mencionadas.

3.3. Técnicas Utilizadas

3.3.1. Base Cartográfica

El área de trabajo cubrió parte de las hojas catastrales: 35-U, 34-U, 34-T, 35-V. levantadas por el Instituto Geográfico Nacional a una escala de 1/50000, con una equidistancia de curvas de nivel a 50 m. el sistema de cuadrícula es UTM, cada 4 Km. Zona 19 del esferoide Internacional, Proyección Transversa de Mercator, Datum Horizontal: Sistema Geodésico Mundial de 1984 (WGS-84) El presente trabajo tuvo participación en el relevamiento geológico, como parte de la actualización de las cartas geológicas realizadas por el INGEMMET, utilizando fotografías aéreas de proyección vertical, a la escala aproximada de 1:50000, tomadas en Junio de 1955 y Mayo de 1956.

3.3.2. Geoquímica Magmática

- En base al cartografiado podemos determinar la interrelación de las unidades litoestratigráficas determinando zonas de emplazamiento subvolcánico.
- Se tipifica 10 muestras de rocas intrusivas en el diagrama QAP (Streichkensen).
- Caracterización de la evolución del magma será determinado a través de variogramas de elementos mayores.
- El marco tectónico será deducido a partir de los variogramas spider.
- Los niveles de emplazamiento magmático será expuesto en las secciones geológicas A-A, B-B, C-C (Este Trabajo).
- La relación de engrosamiento cortical será determinado por la razón La/Yb tanto para los volcánicos del Grupo Toquepala (Cretáceo Superior) y las rocas intrusivas de la Super Unidad Yarabamba (Cretáceo Superior).
- Se determinará el ambiente de oxidación de la Super Unidad Yarabamba y Grupo Toquepala en el SFI, utilizando la técnica de (Blevin, P.1992).

3.3.3. Análisis Estructural

El análisis estructural se fundamenta en la descripción e interpretación de la geometría de los rasgos estructurales. Esto incluye el estudio de las orientaciones de estructuras planares o lineales y también sus posibles deformaciones. Para el tratamiento de los datos geológicos es usual el empleo de la técnica estereográfica, la cual nos permite

definir las relaciones geométricas y las posibles implicaciones cinemáticas en las estructuras estudiadas.

Los beneficios de la interpretación de la técnica estereográfica dependerán de la habilidad para comprender todas sus posibles combinaciones. Por otro lado, existen hoy diversos criterios para mejorar no sólo la comprensión acerca de ésta técnica, sino también para su aplicación en problema de análisis estructural.

Buscando que futuros autodidactas encuentren un pequeño manual que aliente su entusiasmo, es que se adjunta en este estudio el sustento teórico del análisis estructural y de la técnica estereografía, que se desarrolla a continuación. La complejidad estructural de las rocas deformadas derivan en parte desde la naturaleza de la roca inicial – ígnea, sedimentaria, o metamórfica y en parte desde los procesos de deformación, los principales factores son los siguientes:

- El **orden estructural**
- Las **fuerzas externas** y el desempeño de la superficie de tracción encima del cuerpo durante la deformación.
- El **esfuerzo interno** resultado de la reacción del cuerpo a las fuerzas externas.
- El desplazamiento, **deformación**, rotación y los movimientos diferenciales de los diferentes dominios dentro del cuerpo rocoso.

3.3.3.1. Fases de Análisis Estructural

Un análisis estructural completo de un cuerpo de roca deformada se encuentra dentro de tres fases: geométrica, cinemática y dinámica.

- Análisis geométrico o descriptivo lo cual Comprende directamente la medición y observación de la geometría y las propiedades físicas del cuerpo deformado, Idealmente el análisis geométrico es descriptivo y libre de indeferencia vistos en las 30 estaciones (acápite de Resultados).
- Análisis cinemática desde los datos del análisis geométrico una tentativa es hecha para reconstruir los movimientos – deformación, rotación, traslación y otros que tomaron lugar dentro del cuerpo durante la deformación. Tal análisis cinemático puede ser hecho de dos modos:
 - Las características geométricas de un cuerpo deformado pueden ser interpretadas directamente en términos de conceptos cinemáticos, en la suposición empírica que la naturaleza del orden geométrico del cuerpo refleje el orden sistemático de los desplazamientos diferenciales, rotaciones y deformaciones que deben estar presentes durante la deformación de un cuerpo policristalino real.
 - El estado final observado de un cuerpo deformado es comparado con algún estado inicial asumido, y es propuesta una trayectoria de desarrollo cinemático.
- Análisis Dinámico (Incluye cinético) El objetivo del análisis dinámico es reconstruir esfuerzos dentro de un cuerpo geológico, fuerzas “externas o

impresas” y superficies de tracción o fuerzas del cuerpo en reacción a los cuales los esfuerzos internos se desarrollan (Ver acápite de distribución de esfuerzos).

3.3.3.2. Escala de Estudio

El término “**cuerpo geológico**” ha sido ampliamente empleado en geología para restricción en cuanto a tamaño. Para una observación conveniente, a los cuerpos geológicos se les puede asignar variados rangos de tamaño, los cuales son llamados escalas. Cada escala requiere de una técnica diferente de investigación. A saber se pueden definir las siguientes:

- **Submicroscópica:** Cubre cuerpos tan pequeños o de grano tan fino, que deben ser estudiados por métodos ópticos. La observación y análisis son por medio de rayos X (aquí consideramos los estudios petrográficos de).
- **Microscópica:** Conciernen cuerpos, tales que las secciones finas o pulidas de sus superficies pueden ser examinados convenientemente en su integridad con un microscopio.
- **Mesoscópica:** Este término ha sido introducido para cubrir cuerpos que pueden ser efectivamente estudiados en tres dimensiones por observación directa (con o sin ayuda de lupas de mano). Estos rangos van desde muestras de mano hasta extensos pero continuos afloramientos, sobre la base de este criterio se establece la escala del cartografiado, para el levantamiento geológico del SFI efectuado a escala 1/50000.
- **Macroscópica:** Conciernen a cuerpos tan extensos o tan pobremente expuestos para ser examinados directamente en su integridad. Tales cuerpos son observados indirectamente por extrapolación y desde la síntesis de la observación mesoscópica, Los rangos de esta escala agrupan desde exposiciones aisladas hasta los más extensos afloramientos mapeables.

3.3.3.3. Propiedades Geométricas de las Rocas

Para entender con claridad los elementos del análisis estructural se deben conocer los siguientes conceptos:

“Si dos muestras cualesquiera de una masa rocosa del mismo volumen e igualmente orientadas son idénticas desde todos los puntos de vista, se dice que la masa es “**homogéneas**”. En el mejor de los casos, algunas rocas son sólo casi homogéneas, es decir, la distribución de los varios componentes minerales diferentes es sólo aproximadamente uniforme. Las muestras de esta masa, que son grandes en comparación con el tamaño del grano, serán estadísticamente indistinguibles y la masa es estadísticamente homogénea. Si una masa no es homogénea a una escala dada - y no hay masa que la sea a todas las escalas - entonces se dice que es “**heterogénea**” para aquella escala.

Una masa también puede imaginarse como homogénea con respecto a propiedades estructurales. Un cuerpo grande de rocas sedimentarias no perturbadas se califica como estructuralmente homogéneo con respecto a la estratificación, es decir, todas las partes están caracterizadas por una estructura plana horizontal. Si la misma masa esta plegada, será homogénea con respecto a los ejes de pliegue, pero heterogénea con respecto a la estratificación.

La “**fábrica**” de un cuerpo rocoso es la manera en que están dispuestos en el espacio sus componentes y los límites entre componentes. Estos límites y sus componentes son “**elementos de fábrica**” y pueden ser planos o líneas. Una roca cuyos elementos de fábrica estén orientados al azar tendrá las mismas propiedades físicas en todas direcciones y se calificará de “**isótropa**”, este tipo de rocas es raro, casi todas muestran algún grado de orientación preferente y por lo tanto son “**anisótropas**”.

Durante la deformación de rocas sólidas o de magma viscoso, se desarrollan fábricas que están relacionadas con modelos de flujo y las rocas que muestran estas relaciones se llaman “**tectonitas**”. Los ejemplos más fáciles de estudiar son aquellos en los cuales los granos minerales inequidimensionales muestran una orientación preferente, como en el caso de un micaesquistos.

La “**simetría**” es un principio ordenador que se desarrolla a partir de un elemento geométrico, haciéndonos visible una disposición espacial de un conjunto de elementos, siendo idéntica o similar a ambos lados del elemento geométrico. Este concepto visible en los diagramas de concentración de polos, donde se ve la oposición de elementos de orientación preferente respecto a un eje.

3.3.3.4. Elementos de Fabricas Lineares y Planares

“Los elementos de fábrica lineales y planares pueden representar diferentes estructuras planas o lineales en las rocas, bien sea separadas o combinadas.

En un afloramiento o en una muestra de mano, las estructuras planas o lineales aparecen como trazas en las capas visibles. Si la estructura es simple y está bien desarrollada, puede ser fácil determinar su naturaleza y orientación; pero cuando las trazas son poco aparentes o cuando en la misma superficie se presentan diferentes trazas, puede resultar difícil decir si una estructura plana o lineal está o no presente, sólo mirando afloramientos de dos dimensiones. Si se miden las trazas y los planos de afloramiento en los cuales están contenidas las trazas, la formación puede componerse en un cuadro tridimensional en la estéereofalsilla”.

Principalmente se pueden mencionar 3, tipos de elementos de fábrica, descritos ampliamente por (Ragan1973), pudiendo ser estructuras planares, lineales y complejas.

3.3.3.5. Tratamiento Grafico de los Datos de Fabrica

“Las rocas tienden a exponerse a la intemperie y a quebrarse naturalmente, en alguna manera condicionada por su anisotropía, de modo que la foliación y sus superficies de contacto son comúnmente expuestas (o pueden ser expuestas fácilmente en cortes artificiales) junto con estructuras lineales que ellas pueden contener. Por lo tanto, dentro de la escala mesoscópica, la actitud (posición) de planos y de estructuras lineales generalmente pueden ser determinadas en tres dimensiones por medición directa, dicha medición de estructuras planas y lineales sin extrapolación geométrica en una escala mesoscópica puede ser dificultosa o imposible.

Los datos de ubicación conciernen a la posición de las estructuras dentro del cuerpo o a las posiciones de las fábricas (lineales o planas) en las estructuras extrapoladas (construidas en función de superficies observadas). Los datos de ubicación son convenientemente representados en mapas geológicos, secciones, bloques diagrama y la estereofalsilla.

Con este trabajo se pretende mostrar la utilidad de la proyección estereográfica, explicando las modalidades existentes y algunas de sus aplicaciones prácticas.

3.3.3.6. Metodología de Trabajo

El estudio de rocas deformadas dúctilmente, se llevó a cabo mediante análisis meso y microestructural de milonitas que consisten en el reconocimiento y descripción de características microtectónicas de estructuras cinemáticas efectuadas en cada estación a lo largo del SFI, además fue posible observar indicadores cinemáticos representativos del evento deformacional, los indicadores cinemáticos observados correspondieron a sistemas de porfiroclastos (colas sigma y delta), peces de micas y anfíbola, superficies S-C y S-C'.

El estudio estructural frágil fue enfocado a determinar la geometría y la cinemática de la deformación. Para ello, se determinaron tensores de esfuerzo locales, mediante el algoritmo de inversión de Carey-Galhardis-Mercier 1979. Teóricamente, se requiere un mínimo de cuatro fallas compatibles para definir el tensor de deformación.

En este estudio se consideró un mínimo de 2 fallas independientes para definir un evento tectónico, así, de una población total de 332 medidas fallas en 30 estaciones. Siendo estas representadas por el análisis sensorial realizado por el software Faulkinwin 1.2.2.

Para el análisis de fallas utilizaremos el Método de Focalización de Estrías (Pitch) Vergely et al. (1987)⁹.

- 1) Se plotea el Rumbo Azimutal en la red equiangular (Red-Wulff).
- 2) Llevamos el Rumbo al eje N-S, y trazamos su plano, según el buzamiento nos indique a la dirección de buzamiento del plano.
- 3) En la misma posición trazamos la estría y graficamos el sentido del movimiento, si es normal es hacia fuera del plano y si es inverso hacia dentro del plano.
- 4) Ahora regresamos a su posición natural (N) y leemos el azimut de la estría, de esta manera determinamos la concentración de estrías y su análisis respectivo.

⁹ En un estudio de las direcciones teóricas de deslizamiento asociadas a diversos regimenes de esfuerzo, Vergely (1981) constataron que la dirección de las estrías teóricas, que materializan dichos movimientos, sufre variaciones rápidas cerca de los planos principales (que contienen 2 componentes principales). Asimismo, que existe una concentración de estrías en uno o dos focos. Esta focalización ocurre sobre puntos que tienen una relación directa con las direcciones de los ejes de esfuerzo y con la forma del tensor.

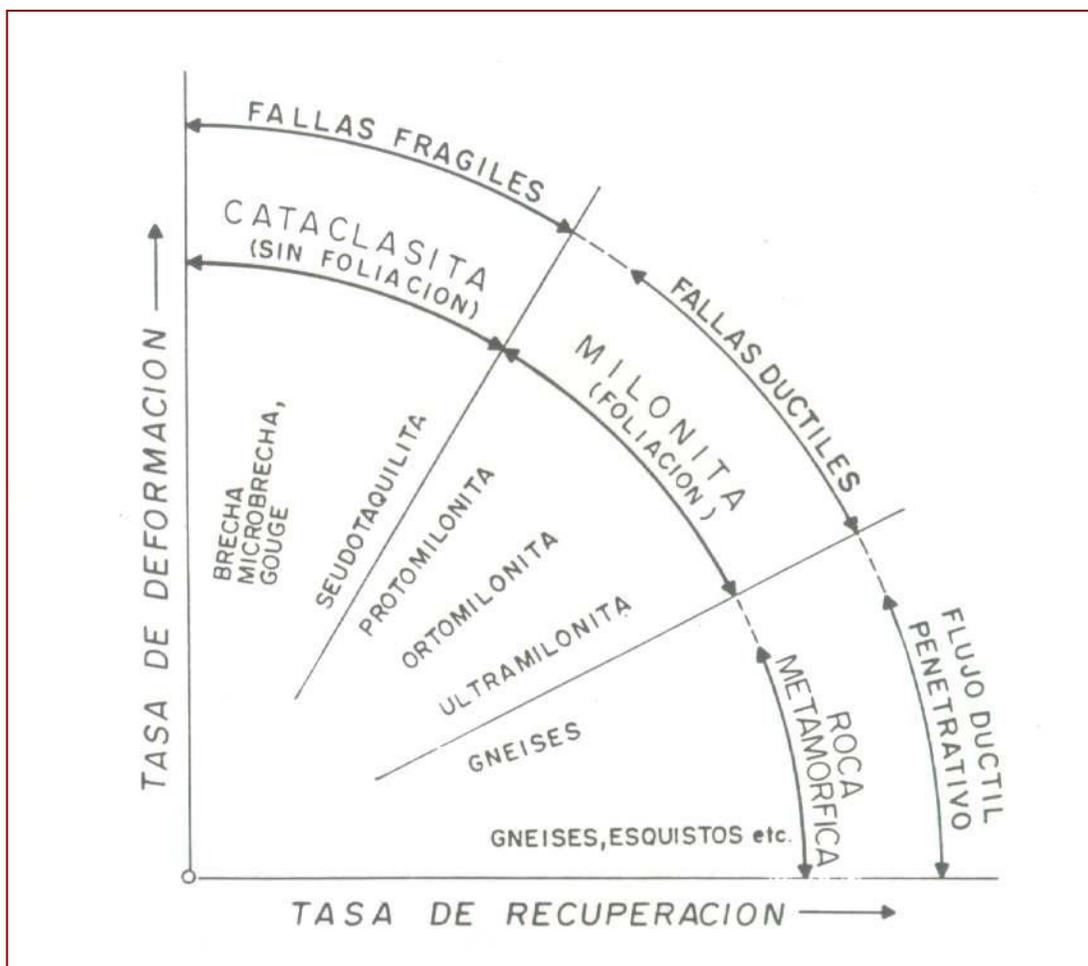


Figura N° 3.1. Deformación según ambientes de cizalla. Tomado de Wise et. al. (1984).

Se estudiaron las zonas de ante-arco y de intra-arco comprendidas entre los 16°50-17°40 S. El análisis se hizo en la Cordillera de la Costa Sur del Perú en el flanco Este. Las mediciones se hicieron, esencialmente, en rocas volcánicas del Grupo Toquepala del cretáceo inferior y rocas intrusivas de la Super Unidad Yarabamba del cretáceo superior.

Se utilizó la clasificación de las rocas de fallas en función de las tasas de deformación y recuperación. Simplificada de Wise et al. (1984).

Para determinar el estado de esfuerzo en los distintos sitios se analizaron los vectores de deslizamiento medidos sobre fallas con estrías utilizando el algoritmo de inversión de Carey¹⁰. Estos criterios son basados en función a los planteamientos de (Anderson 1951), desde dos décadas varios autores han propuesto métodos de cálculo cuantitativos para interpretar la cinemática de las fallas en un cuerpo rocoso altamente fracturado, a partir de la inversión de datos de poblaciones de fallas. Estos métodos se basan en dos supuestos alternativos:

1. La minimización de la suma del error de ángulo entre el esfuerzo de cizalla calculado y la dirección de deslizamiento observado para cada falla (Reches et. al. 1992).

¹⁰ Este algoritmo permite determinar un tensor de esfuerzo y las direcciones principales de los ejes $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$.

2. La minimización de la suma del ángulo de rotación mínimo entre cada plano de falla observado y cada plano que puede hacer que el esfuerzo de cizalla calculado coincide con la dirección de deslizamiento observada (Gephart, 1990).

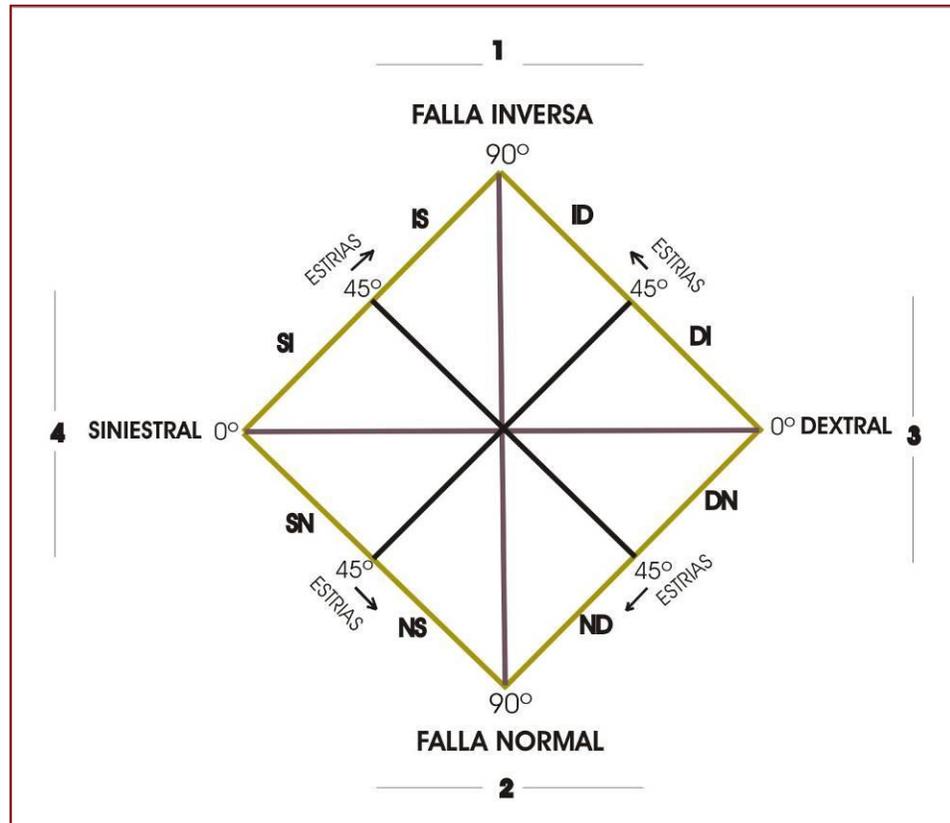


Figura N° 3.2. Clasificación de fallas de traslación que conforman sistemas transcurrentes en zonas de falla modificado de (Rangan 1985)¹¹.

Las siguientes hipótesis fundamentales permiten interpretar el significado de las superficies estriadas a lo largo de planos de fallas, en término de esfuerzos, son los siguientes (Carey 1979)¹².

1. Para cada estación de mediciones, un evento tectónico dado se caracteriza por un solo tensor de esfuerzo homogéneo.
2. Para un evento tectónico, el deslizamiento responsable de la estriación ocurre en la misma dirección y sentido que la proyección del esfuerzo de cizalla en cada plano de falla.
3. La dirección y el sentido del indicador cinemático, en el plano de falla, dependen de la orientación del vector esfuerzo y de la relación de forma 'R' del elipsoide de esfuerzos ($R = \sigma_2 - \sigma_1 / \sigma_3 - \sigma_1$) del tensor de esfuerzo. Esta relación de forma permite determinar los diferentes tipos de tensores y los regímenes tectónicos. Los diferentes estados o regímenes de esfuerzos, compresional, de rumbo y extensional, son limitados por 4 tensores de esfuerzo de revolución.

¹¹ Clasificación simplificada de fallas (después Rickard 1972; threet 1973 a) pág 91

¹² En: Lavenu, A. (1999) Revista Geológica de Chile pág 6 de 26.

Llegando a concluir en lo siguiente:

1. La clasificación de fallas se realiza con respecto a tensores de esfuerzo.
2. La clasificación de los diferentes tipos de regímenes tectónicos se realiza a partir de la relación de deformación en la superficie de la corteza afectada.

En las figuras 4.a y 4. b. se muestran las normas que se utilizan en la proyección estereográfica sobre el hemisferio de referencia inferior en relación con el buzamiento¹³, la dirección del buzamiento y el rumbo. Se notará que la dirección del buzamiento siempre se mide en el sentido de las agujas del reloj a partir del norte y se encuentra a 90° con respecto al rumbo.

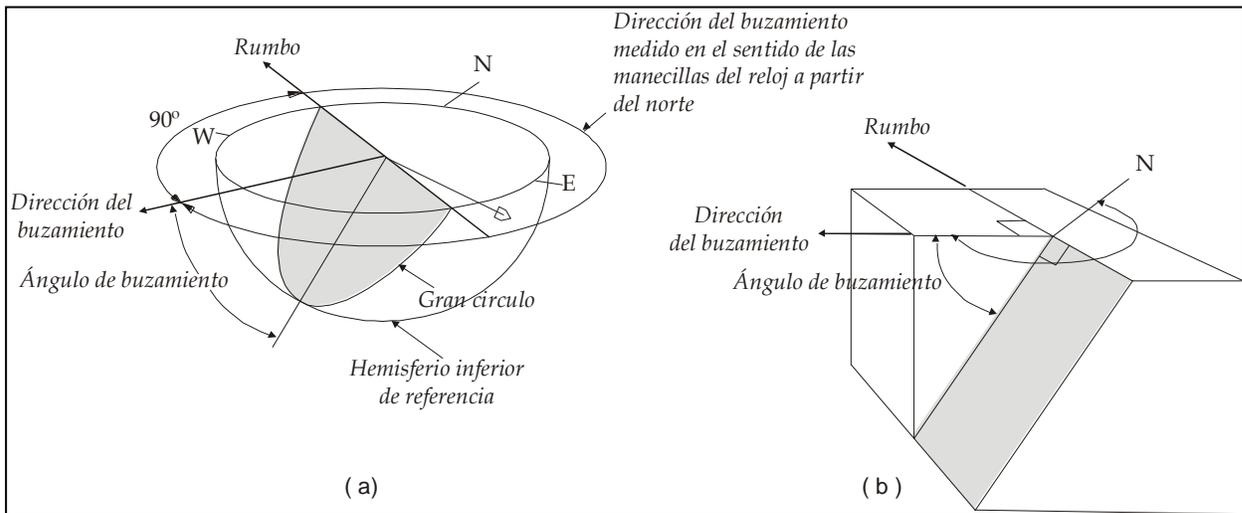


Figura N° 3.3. Terminología usada en la geología estructural para describir la orientación de un plano en la nomenclatura buzamiento (dip)/Rumbo (direction)¹⁴.

La corrección del rumbo en relación con la orientación del buzamiento (dip/dip direction – buzamiento/ dirección de buzamiento) se realiza por cuadrantes:

Buzamiento hacia el Calculo del Azimut del buzamiento.

Cuadrante	Dirección de Buzamiento
NE	$90^\circ - R$
SE	$90^\circ + R$
SW	$270^\circ - R$
NW	$270^\circ + R$

¹³ Ramsay (1977), Págs. 17 y 18 grafico de orientación de un plano, Observamos un polo de una falla.

¹⁴ Ramsay (1977). La inclinación y la orientación de un plano inclinado se definen únicamente por el gran círculo o por el polo del plano. La ubicación de varios polos es usada por lo general para el estudio de concentraciones o patrones de orientación preferente, y la proyección de los grandes círculos es usada para analizar problemas de ingeniería, como por ejemplo la interacción de varias familias de fallas.

Para la obtención del rumbo azimutal, se procede de modo parecido. Siendo necesaria dicha corrección cuando se trata de proyectar “líneas” en el computador, es así que se usa la terminología “Trend” y “Plunge” refiriéndose a la orientación a partir del norte y en el sentido e las agujas del reloj de la línea misma, puesto que sobre ésta se ubica su propio ángulo de inclinación, es decir su inmersión, ver anexos para mayor explicación. En cuanto a la corrección del rumbo se procede así: Rumbo hacia el Cálculo del Azimut de la línea.

Cuadrante	Rumbo Azimutal
NE	R
SE	$180^\circ - R$
SW	$180^\circ + R$
NW	$360^\circ - R$

Por motivos de *exactitud* es que se plantea el uso de la falsilla de Schmidt o de Lambert para el estudio de concentraciones de polos y el análisis de Tensores de Esfuerzos es realizada en la falsilla de *Wulff* en el hemisferio inferior.

CAP. IV: CARACTERIZACION DEL AREA DE INVESTIGACION

4.1. Magmatismo

La región de estudio está enmarcada en la **Zona Volcánica Central (ZVC)** que corresponde a un arco magmático producto de una subducción *sin-colisión* con generación de materiales intrusivos y volcánicos calco-alcalinós.

En los Andes Centrales existieron una serie de arcos magmáticos que estuvieron activos durante la larga y continua subducción de corteza oceánica bajo el borde continental de Sudamérica siendo el emplazamiento de magma uno de los procesos fundamentales de transferencia de calor y material en la corteza, los mecanismos de emplazamiento tiene una implicancia importante para la interpretación del origen y la evolución de Arcos y Cortezas Oceánicas. El frente magmático desde el Jurasico en adelante migro sistemáticamente al este en respuesta a eventos de deformación compresiva que se correlacionan con etapas mayores de reorganización de los sistemas de placas oceánicas.

Los sistemas de transpresión son preferentemente intruídos por magmas, por el empinado gradiente de presión en la vertical, transurrencia de zonas de cizalla de vertical transurrencia y su habilidad para la fuerza de levantamiento del magma, ambos yacen a causa de la dinámica transpresional un campo de magma de sobrepresión, el cual en el giro expelle el levantamiento de magma granítico siguiendo en la vertical la gradiente de presión.

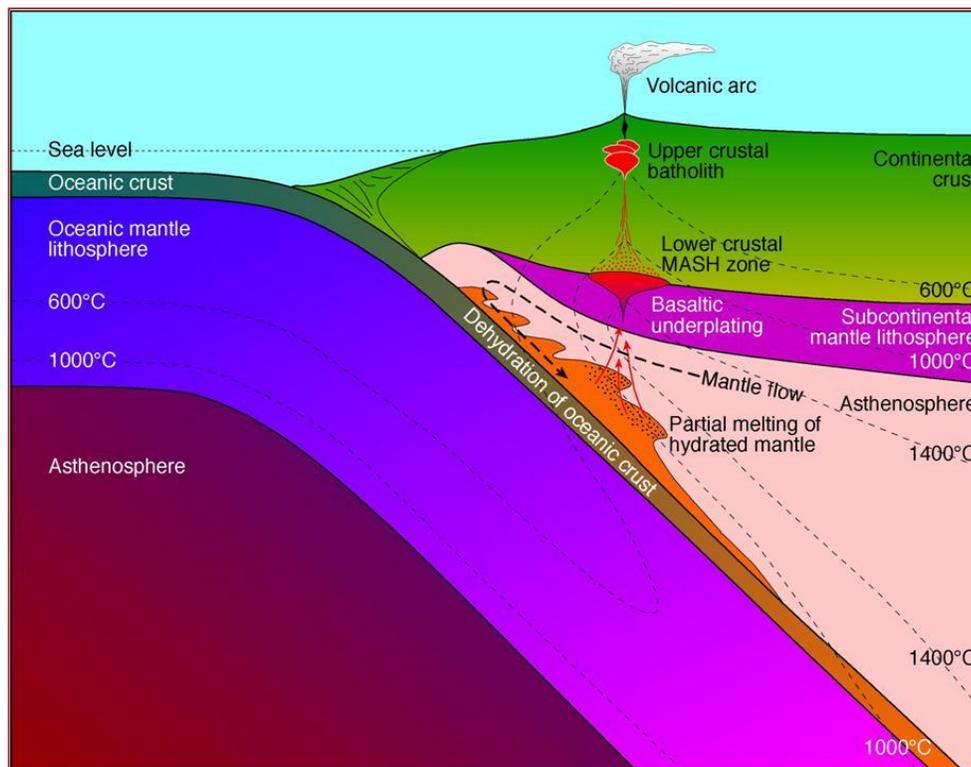


Figura N° 4.1 Marco Tectónico de Margen Continental Activa. Tomado de Winter 2001.

El movimiento de transurrencia, secciona el ambiente de arco magmático en los lineamientos regionales deformando los márgenes paralelos, trend de ascenso vertical a escala litosférica es

débilmente causado por el ascenso de magma, el paralelismo de estructuras de contracción en las regiones ante-arco y tras-arco es causado por acoplamiento mecánico a través de la corteza inferior y levantamiento del manto litosférico, el desplazamiento del campo del horizonte basal de sistemas de arco suministran las condiciones de límite para el levantamiento de la corteza y la deformación de seccionamiento transcurrente. La profundidad de la estructura de la corteza es claramente un factor importante en la evolución Magmática en un régimen de margen de placas, el estudio de refracción sísmica y experimentos de conductibilidad eléctrica cuales son indicadores de temperatura, perfiles de gravedad discriminando la densidad de las rocas, en profundidad bajo el margen de la costa sur del Perú y bajo la cuenca del margen Mesozoico en Toquepala fueron realizados en 1965, con una medida aproximada de la corteza de 45 – 50 Km. debajo de Toquepala, los resultados modelaron tres capas principales de corteza, con dos zonas de baja velocidad, siendo positivas para concebir la relación para el magma de rocas intrusivas y volcánicas (Ocola, Meyer, James 1972).

4.1.1. Distribución Regional de Unidades Intrusivas

La distribución de unidades intrusivas es controlado por el Sistema de Fallas Incapuquio como podemos observar en la (Figura 4.2, Figura 4.3), en el cual llegamos a tener fallas sinmagmáticas que han intruído a las secuencias del Grupo Toquepala y en las zonas distales básicamente está compuesto por dioritas, y en la zona central está constituido por granodioritas y monzonitas.

Las consideraciones de la génesis del magma, transporte y emplazamiento no pueden, por lo tanto, ignorar el rol de las fuerzas y tensiones tectónicas. También esta claro que no se tiene un establecimiento único de condiciones importantes en la placa sustituyente de arcos colisionales; ellos pueden variar de compresivas a tensionales así como la cizalla de quellaveco y pueden variar en tres dimensiones (*verticalmente a través de la litosfera, lateralmente a lo largo del arco y transversalmente desde el ante arco hasta el trasarco Richards 2003*). En el sector de estudio se observaron rocas intrusivas que pertenecen a la Súper Unidad Yarabamba asignados entre 84 M.a. (Valencia, M & Chacaltana, C. 2000) y 60.4 Ma en Dioritas y Granodioritas (Martínez, W & Zuloaga, A. 2000).

4.1.2 Mecanismo y Emplazamiento del Complejo Plutónico Súper Unidad Yarabamba

El Complejo Plutónico Yarabamba de edad Cretáceo Superior 60-84 M.a. expuesto en la cordillera occidental de la Costa del Sur del Perú, presenta de acuerdo a la forma de generación del espacio los mecanismos de emplazamiento plutónico se puede agrupar en dos grandes categorías uno; emplazamiento pasivo y un segundo emplazamiento forzado (Figura 4.3).

En la primera categoría este se genera ya sea por *Stoping Magmático* o bien por la intrusión del magma a lo largo de fallas y/o fracturas regionales¹⁵. Destacando la deformación de las rocas encajantes como el Grupo Toquepala por lo que pasaría a una categoría dos de emplazamiento forzado durante el proceso de inclusión llegando a emplazarse por una combinación de ambos mecanismos.

El mecanismo por el cual el magma llego al nivel de emplazamiento es evidenciado en el SFI por relaciones de campo incentivando la idea que el magma ascendió en forma de una gota invertida o llamado *Placolito*. En este estudio se demuestra que este complejo plutónico de la Súper Unidad Yarabamba el nivel de emplazamiento presenta una cámara magmática estable, la cual se expande horizontalmente (Figura 4.3). En su autodeformación durante el emplazamiento presenta foliaciones atribuido al aumento de volúmen de los plútones, paralelo

¹⁵ Gonzalez, G. (1999) pág 2.

al engrosamiento de la corteza superior en la vertical, y acortamiento en el ante arco y tras arco y niveles de contracción durante el enfriamiento. La deformación de las rocas de caja, resulta de una compleja combinación de esfuerzos transpresivos y transtensivos, algunos ligados al proceso de intrusión del magma y otros a los desplazamientos de origen tectónico. La presente contribución pone de manifiesto el emplazamiento del Complejo Plutónico de la Súper Unidad Yarabamba estructuralmente controlado a lo largo de una franja de cataclasitas y milonitas en la (Estación Micalaco).

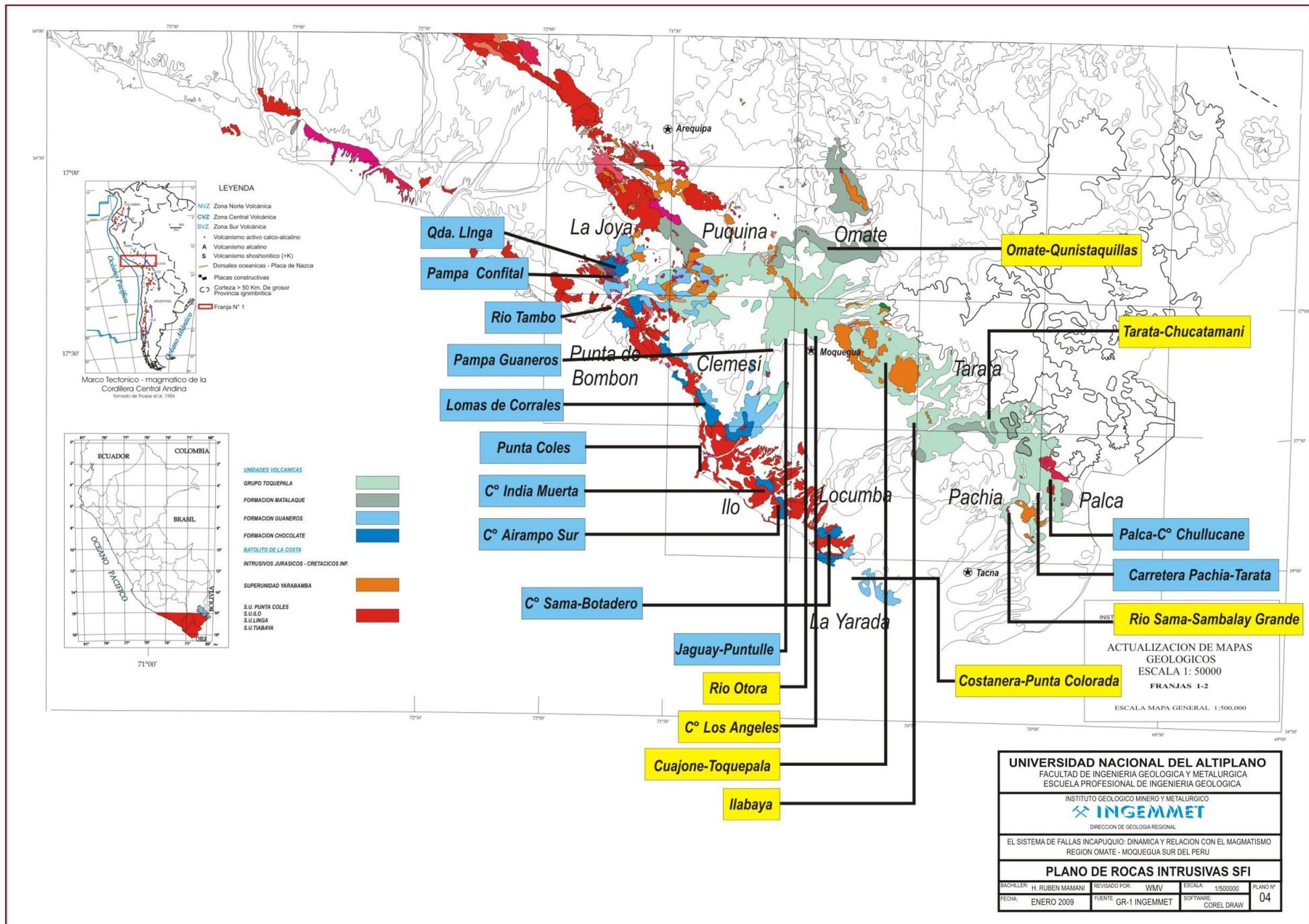


Figura N° 4.2 Plano de Distribución de Unidades Intrusivas Regionalmente Fuente: INGEMMET.

Las rocas de caja de este arco están integradas por rocas volcánicas del Grupo Toquepala del Cretáceo Superior; los cuales se distribuyen a lo largo de la franja SFI, de NO a SE.

En la Sección A-A, podemos observar al oeste del Cerro Huacanane, donde la zona de cizalla se sitúa en contacto con el borde occidental del plutón en la falla Incapuquio afloramientos exhiben indicadores cinemáticos, tales como rizaduras, estilolitas como foliación sigmoidal que evidencian claros movimientos sinistresales de norte a sur, la lineación de estiramiento es paralelo a los planos de foliación. Los indicadores cinemáticos, tales como bandas de cizalla con geometría S-C evidencian desplazamientos compatibles con el movimiento de una falla normal según el sentido de movimiento normal, el bloque nor occidental, donde se aloja el stock gábrico (tipo roof pendant), se desplazó hacia abajo con relación a las rocas volcánicas de la Formación Yarito (Figura 4.3).

En la parte central los plutones intruyen directamente las rocas volcánicas del Grupo Toquepala, observándose en el Cerro Huacanane a 3550 m.s.n.m. procesos de reabsorción generado por la monzonita así mismo se observa desarrollo de un componente de rumbo dextral en una zona de falla de 50 m.

Según las relaciones de campo el contenido de feldespatos alcalinos nos indica que en el sector central del placolito, existe una zona donde se incrementa los feldespatos y se integrarán así mismo lo que indicaría el incremento de cristales de feldespatos el cual permitió transferir un gran volumen de magma mas fraccionado.

En el sector Quellaveco está relacionado regionalmente a una diorita datada en 54.6 Ma.; este sector esta afectado por una zona de falla de movimiento de rumbo de direccion NO-SE de componente dextral normal (Estación Asana).

En la sección B-B, podemos observar según la relación de campo el nivel de emplazamiento del complejo plutónico de la Súper Unidad Yarabamba, este placolito como lo denominan los petrologos ofrece una consanguinidad en función a procesos de cristalización fraccionada evidenciando una composición más félsica en la zona media presentando facies ígneas de monzodiorita, monzo cuarzodiorita gradando a granodioritas y monzonita (Figura 4.5).

Llegando al Cerro Trebol a una cota máxima de 3325 m.; se aprecia un predominio lateral de composición máfica resaltando a dioritas, microdioritas y tonalitas en sus márgenes distales de oeste a este.

Entramos al ante arco, está constituido por rocas volcánicas félsicas riocitas, riolitas del Grupo Toquepala del Cretáceo superior que infrayacén en discordancia a secuencias de lutitas y lodolitas de la Formación Sotillo que posteriormente son cubiertas por secuencias conglomeraditas de la Formación Moquegua asignado al Oligoceno. Estas unidades estratigráficas son controladas desde el Cretáceo por zonas de falla que conforman sistemas de procesos transcurrentes de nivel regional.

Los procesos magmáticos en este área están vinculados a nivel de escala litosferica a tres dimensiones de marco de arco transpresional, verticalmente a través de la litosfera, lateralmente a lo largo del arco y transversalmente de antearco a trasarco.

Destacando la inversión de esta época para el ascenso del placolito Yarabamba que obedece a un vector de deformación de dirección NO-SE con movimiento de rumbo y componente inverso con vergencia hacia el NE, por ende según las Estaciones de Torata, Llegamos a determinarlo como un esfuerzo transpresivo (Estructura en flor positiva).

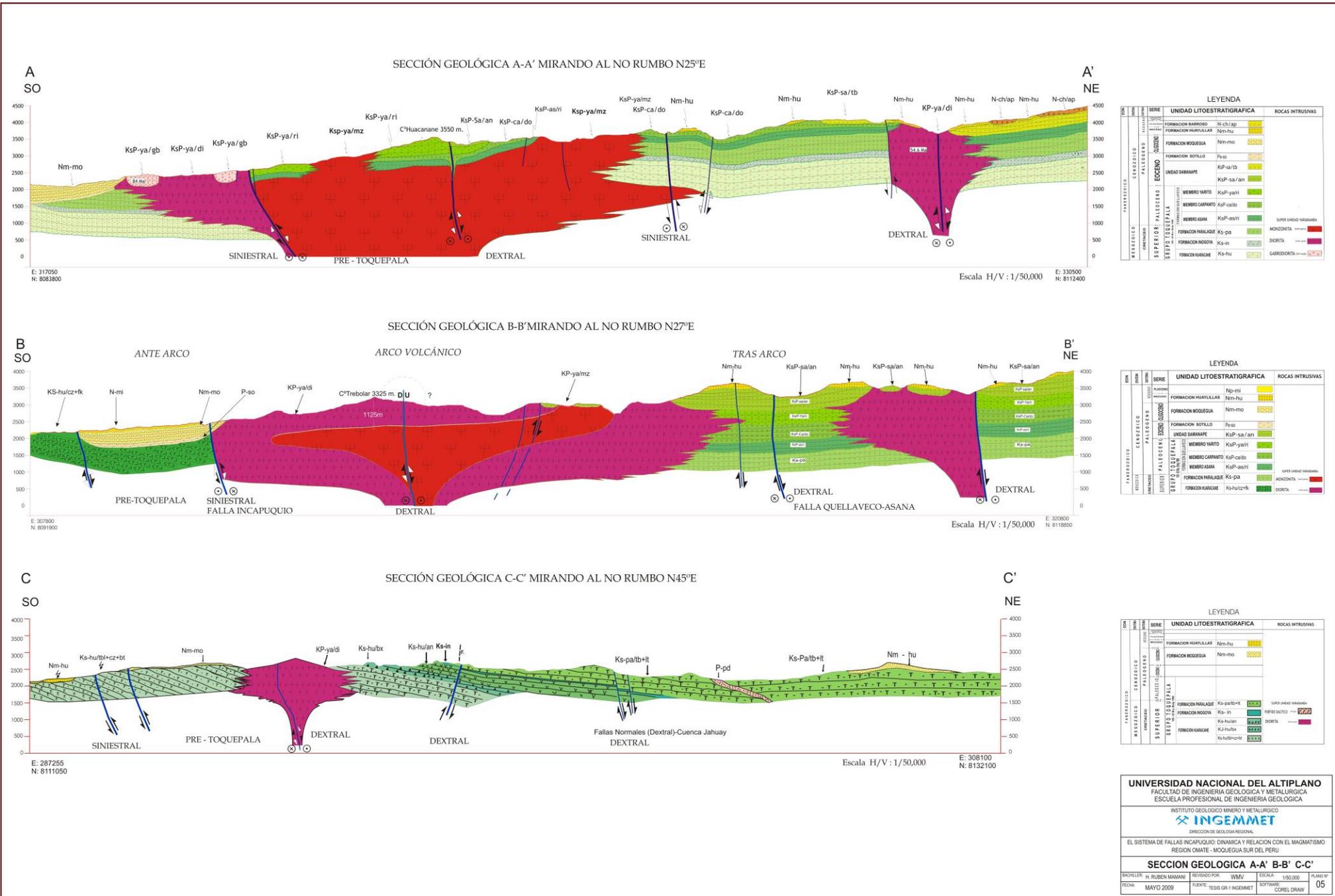


Figura N° 4.3. Secciones Geológicas, interpretación del emplazamiento magmático del placolito Yarabamba (Cretáceo Sup).

El arco volcánico es coincidente para el cretáceo superior destacando en la zona central una zona de falla de dirección NO-SE con componente dextral con vergencia hacia el NE a su vez el magma presenta un desarrollo horizontal hacia el NE, remarcando su disposición en forma de placolito.

En el sector de tras arco se resalta la competencia de estructuras de falla en una zona de predominio dextral.

Sin embargo el desarrollo de este placolito presenta una forma elongada de 32 km. de largo y 16 km. de ancho en dirección NO-SE; el plutón no se encuentra completamente expuesto, ya que parte de su borde oriental se encontraría en disconformidad con el Grupo Toquepala, posteriormente este es cubierto por secuencias volcánicas mio-oligocénicas (Grupo Tacaza, Grupo Barroso).

Sin embargo el desarrollo vertical del placolito Yarabamba se puede sugerir de 3 - 5 km. desarrollado en un eje mayor de NO-SE y eje menor de SO-NE.

En la Sección C-C, se aprecia secuencias bien estratificadas de tobas riolíticas con un buzamiento regional de 30°SE que son intruídas por cuerpos dioríticos que están asociadas a zonas de debilidad cortical que infrayacen discordantemente a flujos lávicos de la Formación Huaylillas traquiandesitas del Mioceno (Figura 4.5).

Estos sistemas de falla que controlan el emplazamiento magmático en este sector presenta movimientos de rumbo de dirección NO-SE con un componente dextral y debido a esfuerzos de fallas de dilatación se aprecia fallas normales que se prolongan hacia el noreste. Con presencia de secuencias subhorizontales de la Formación Sotillo los cuales se presentan en una zona distal a la principal zona de esfuerzo relacionado a la SFI en el sector Los Calatos.

Emplazamiento Sintectónico

Según las relaciones de campo y las interpretaciones de perfiles Geológicos expuestos (Figura 4.3) sugieren que la zona de cizalla se habría formado con anterioridad a la intrusión de la Súper Unidad Yarabamba en una zona de debilidad cortical de edad pre-toquepala, sin embargo el hecho que el borde mas externo hacia el oeste del placolito indicaría movimientos cinemáticos sinistral también se encuentran presentes zonas de cizallas sinistral ocurrió durante la fase de emplazamiento del placolito esta evidencia permite postular que la intrusión de la Súper Unidad Yarabamba fue un proceso sintectónico con la actividad sinistral de la zona de cizalla a lo largo de los intrusivos de diorita en un marco de ante arco magmático, evidenciando un movimiento de resurgimiento hacia el norte del SFI y movimientos de distensión generando bajos estructurales hacia el sur.

4.1.3 Distribución de Unidades litoestratigráficas en el Sistema de Fallas Incapuquio

La distribución de las unidades litoestratigráficas fueron descritas en función de trabajos de reconocimiento a través de un levantamiento cartográfico (Figura 4.5).

El área de estudio expone el arco magmático asignado a edad cretácica, localizado en el Sur del Perú cubriendo los Cuadrángulos de Moquegua 35-u y Omate 34-u teniendo el desarrollo de un Arco Mágmatco, continentalmente ligado a un marco de convergencia oblicua y se visualiza dentro de movimientos transcurrentes o adyacentes al arco magmático, y en estructuras contraccionales en regiones de ante-arco y tras-arco.

La extensión de la Súper Unidad Yarabamba es de 25 Km. en extensión horizontal perpendicular a la zona de falla SFI y 45 Km. extensión horizontal paralelo a la zona de falla SFI. *Pitcher, W. S. (1985)* lo describe a la Súper Unidad Yarabamba de tipo granodiorita; con cristales de plagioclasa tabulares de 5 -10 mm. de color negro en una matriz de feldspatos k de colores rosado a verde y cuarzo, biotita euhedral de 1 mm. y cristales euhedral prismática 1-5 mm., coalescencia prismática de cristales de hornblenda de 5-10 mm., con la presencia de xenolitos. Estas rocas se presentan como monzonitas, dioritas; en el sector norte de la zona de estudio podemos observar estos afloramientos plutónicos que evidencia un ascenso en un ambiente de extensión visto en la actualidad como un arco magmático, que va a tener un comportamiento ligado a la convergencia oblicua a lo largo del margen continental (Figura N° 4.4.), se evidencia comportamientos de contracción por lo que se observa zonas de fallas inversas de Rumbo noroeste que controlan este emplazamiento magmático, que a su vez genera cambios petrogénicamente en las secuencias del Grupo Toquepala.

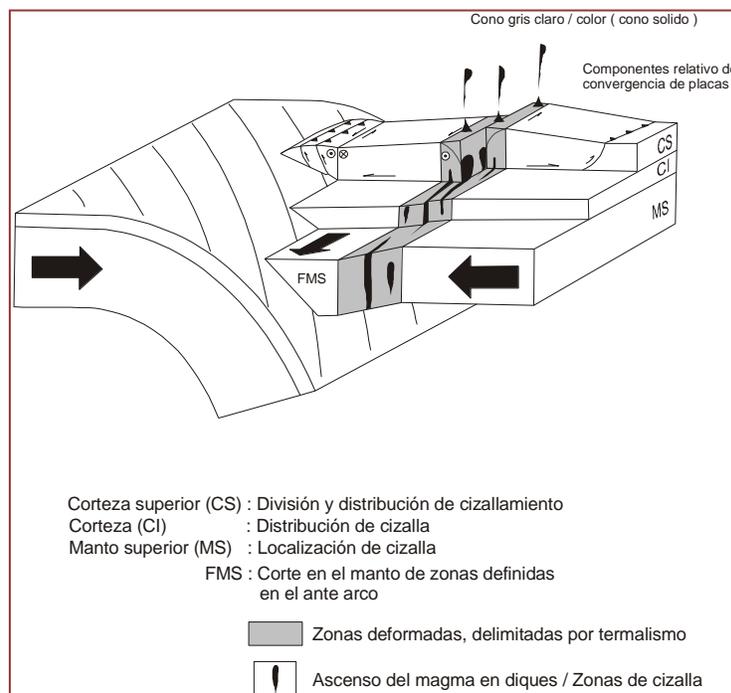


Figura N° 4.4. Sistemas de convergencia oblicua tomado de (Blanquat 1998)¹⁶.

Una compresión tectónica produce un gradiente de presión que permite el rápido ascenso de magmas por fraccionamiento hidráulico a niveles someros (en oposición a un lento ascenso diápirico en zonas de distensión regional). Un amplio espectro de depósitos metálicos es producto directo de la concentración de metales durante el fraccionamiento magmático y procesos hidrotermales subsecuentemente.

Tres dimensiones geométricas de arco magmático. Movimiento oblicuo impuesto oceánica es transferida a la litosfera continental a través de un “fuerte” levantamiento del manto. Por acoplamiento vertical entre el manto y levantamiento de corteza es proveído por la distribución de cizalla en la corteza inferior esto explica la consistencia de estructura de el antearco a el trasarco (Blanquat 1998).

¹⁶ (Blanquat 1998). Pág 336.

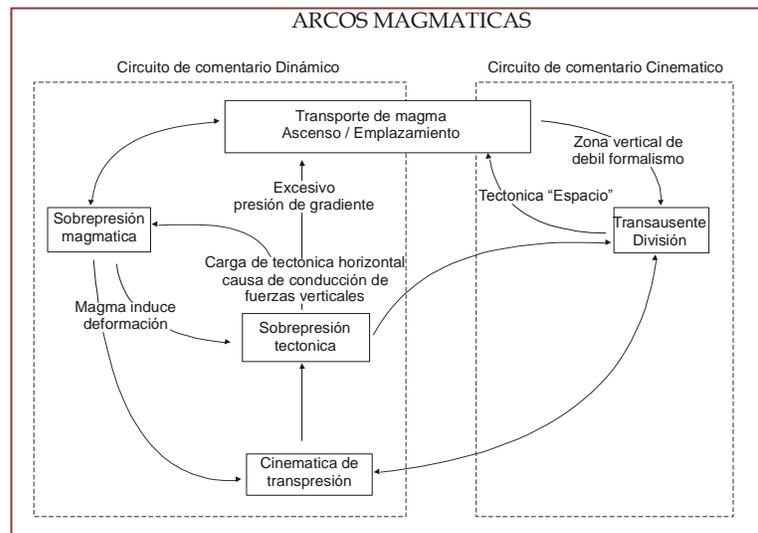


Figura N° 4.6. Interacción entre tectónica y procesos magmático en un marco de arco magmático tomado de Blanquat et, al, 1998¹⁷.

Interacción entre tectónica y procesos magmáticos en un marco, arco magmático el circuito del primer comentario describe la interacción dinámica entre los dos principales componentes de **sobrepresión de magma**, la inducción tectónica y fuerzas que indican flotabilidad se observan hacia el antearco donde es ubicado las rocas intrusivas que aprovecharon su ascenso en la abertura hoy conocida como falla Incapuquio, ambos actúan para facilitar el movimiento de magma, el segundo comentario está relacionado a la cinemática. El magma es transferido y emplazado dentro de arco magmático (Figura N° 4.6), así la localización del componente corriente de movimiento de placa dentro de zonas de fallas transcurrentes como el sistema de fallas Incapuquio. El tectonismo transcurrente altera, provee lugares para el ascenso de magma y causa un abrupto gradiente de presión vertical (fuente M. De Saint Blanquat 1998).

4.1.3.1. Distribución de Unidades Intrusivas en el SFI

4.1.3.1.1. Área Los Calatos

En las inmediaciones del cerro Los Calatos se aprecia secuencias de riolitas de la Formación Huaracane relacionado a la base del Grupo Toquepala del Cretáceo Superior su configuración actual resalta puesto que facies ígneas de carácter monzonítico gris rosado porfirítico se encuentran relacionados con procesos hidrotermales desarrollados en un sistema de fallas de componente transpresivo dextral generando una asociación de material dúctil y presencia de alteración hidrotermal de tipo PCD de forma elongada desarrollada en una zona de falla de dilatación dextral inversa (ver estación Los Calatos).

Monzonita

En las inmediaciones del cerro Los Calatos se aprecia cuerpos ígneos conformados por monzonitas gris rosados con tonos rojizos de grano medio a grueso, fanerítica con 20% PGLS, 15% FMs, 15% de bta 2-3 mm en 10-15% con algunos fenos de biotita producto de la segregación cíclica del magma.

¹⁷ (Blanquat 1998). Pág 333.

Su relación de campo se encuentra controlado por fallas dextrales inversas de contacto fallado con las secuencia de ignimbritas de la Formación Huaracane.

Diorita

Afloramientos de roca ígnea gris oscuro gradando a microdioritas con presencia de plagioclasas < 25%, ferromagnesianos 15-25% presencia de magnetita en 5%. Estas dioritas gradualmente se presentan hacia el NO en relación a la monzonita en dirección de las fallas de movimiento dextral de rumbo NO-SE.

Diques

En el sector los Calatos, se observa un ascenso de diques de composición asociado a dioritas. En la quebrada Palomar, se observan diques de 4m de grosor de composición asociado a riolitas que cortan a rocas subvolcánicas que evidencian un ascenso post magmático a un ambiente de dilatancia principalmente de bajo esfuerzo causado por alta presión de fluidos, causando una alteración moderada por sobreimpresión de diques postmagmaticos emplazamiento facilitado en zona de cizalla. “Las evidencias indican que venillas, diques son localizados por generación tectónica en un ambiente de dilatancia principalmente de bajo esfuerzo causado por alta presión de fluidos eso es propuesto a una mejor causa de dilatación tectónica de zonas de cizalla es la interferencia entre intersección con volúmenes durante la cizalla, aplanamientos de material heterogéneo por movimientos sobre sistemas de intersección de zonas de cizalla¹⁸”. En el área los Calatos se aprecia los tres dimensiones cinemáticas de transpresion típico de un ambiente de arco magmático. Las intrusiones del magma son facilitados por la participación de convergencia vertical, el **Sector de Torata** presenta al Grupo Toquepala como un sistema transpresivo, preferentemente intruído por magma, y un empinado gradiente de presión en la vertical en zonas de cizalla asociado a transcurrancia ambos ascienden a causa de la dinámica transpresional generando un campo de sobrepresion de magma que se emplaza en forma de diques que ascienden en la quebrada Pocata.

En el Sector los Calatos se evidencia procesos magmáticos de segregación en una zona de cizalla de componente dextral inverso (Estación 1). “Vigneresse y Tikoff (1999) estudiaron la segregación del magma desde las zonas de fusión parcial y encontraron que la tensión de cizalla reduce el escape de fusión del umbral y enfoca la acumulación de la fusión dentro de las bandas de cizalla”. estos criterios implican que las fuerzas tectónicas oblicuas intensificaran la segregación del magma desde su región original y la concentrara en lugares con tensión de cizalla observados en las zonas de cizalla en llabaya con contenidos de óxidos de fierro.

4.1.3.1.2. Area Cuajone

Las rocas preexistentes en el basamento son secuencias volcánicas del Grupo Toquepala compuesto por andesita y riolitas porfirícas. El sector Cuajone presenta facies ígneas de tonalita gradando a granodiorita gris claro, gris rosado de grano medio a grueso con textura porfirítica, se encuentra intruyendo a las secuencias del Grupo Toquepala observadas en la Qda. Cocotea afectadas por fallas inversas de dirección NO-SE con vergencia hacia el NE-SE destacando un componente transpresivo. En el yacimiento Cuajone el Grupo Toquepala esta intruído por un stock de latita porfiríca de orientación general NO-SE de 2500 m. de largo y 700 m. de ancho relacionado con la actividad hidrotermal Posteriormente es intruído por dos cuerpos de andesita ubicados al NO y SE del stock de latita.

¹⁸ Petford 1993, pág. 846.

Tonalita

Este cuerpo ígneo aflora en la Qda. Chuntacala adyacente al oeste del tajo de Cuajone y consiste de composición asociado a facie intermedia de color gris claros de grano medio y por sectores se aprecia dioritas con presencia de fenos de cuarzo de 2 mm en 20%, plagioclasas 25-30%, ferromagnesianos 10%; existen pequeños diques de aplita que intruyen y alteran los ferromagnesianos de la tonalita.

Granodiorita

En el sector de la represa Viña blanca se aprecia cuerpos aislados de cuerpos granodioríticos gris rosados de grano medio a grueso cortados por vetillas de cuarzo-calcita < 10 cm. de rumbo N35°O. Esta granodiorita ha intruído a secuencias de lavas riolíticas del Grupo Toquepala del cretáceo superior.

Latita

El complejo intrusivo de latita porfiríca, con fenos de cuarzo de 2-4 mm. Y plagioclasas de 2-5 mm. al que se asocia la presencia de alteración y mineralización de cuajone, ha sido datado por el método de K-Ar entre 57-52 Ma (Clark et al 1990).

Andesita

Ubicado al NO-SE de Cuajone, es un cuerpo estéril que corta al stock de latita; en los dos extremos en función al comportamiento transpresivo, este se presenta posteriormente al ascenso magmático hidrotermal dando lugar su presencia a una reducida sobrepresión magmática generando la andesita.

4.1.3.1.3. Area Quellaveco

El área de Quellaveco está emplazado, en un ámbito de lavas andesíticas y riolíticas del Grupo Toquepala, intruídos por el mismo complejo plutónico de diorita y stocks ígneos mas fraccionados constituídos por granodiorita.

Diorita

Estos cuerpos se observan mejor en los márgenes del río Asana (ver plano geológico), de color gris oscuro de grano fino a medio, por sectores se presenta cuerpos esporádicos de tonalita producto de intrusiones cíclicas en forma de stocks que intruyen a la diorita.

Tonalita

Afloramiento de Tonalitas, en gran parte se observa compuesta por plagioclasas 20%, ferromagnesianos 15%, y la biotita presenta cristales de 4 mm en 15% producto de la segregación del magma.

Granodioritas

En el río Asana margen Izquierdo se aprecia a la granodiorita gris rosada de grano medio a grueso afectada por facies de alteración hidrotermal de tipo pórfido. Esta granodiorita está relacionada con la mineralización diseminada y de vetillas llegando a tipificarlo como el host rock en el sector. Las relaciones de mineralización son controladas hacia el Este por la Falla Asana de movimiento de rumbo de dirección NO-SE subvertical con un componente dextral transtensivo, que por múltiples reactivaciones afectaría a la secuencias oligo miocenas que cubren en disconformidad a estas facies ígneas.

Monzonitas

En la Qda Asana se aprecia a la granodiorita intruída por una monzonita porfiríca gris rosado con presencia de fenos de cuarzo euhedral a anhedral de 2-4 mm. en una matriz fanerítica, este cuerpo intrusivo presenta una relación con la actividad magmática hidrotermal cubriendo una superficie ovalada de 2,5 km. por 3.5 km, cuyo eje mayor tiene orientación NO.

La mineralización fue datada en esta roca, en sericita el cual indica una cifra de 54 ± 2.1 Ma asociado a sulfuros. (Estrada 1975).

4.1.3.1.4. Area Toquepala

Las rocas encajonantes corresponden a lavas y flujos riolíticas, pertenecientes al Grupo Toquepala que en este yacimiento, tiene un espesor de 1500 m. y se dispone en forma subhorizontal (Zweng y Clark 1995). Estas rocas son intruídas por un complejo plútonico asignado a la Super Unidad Yarabamba compuesto por diorita y granodiorita; el complejo y las rocas de la parte inferior del Grupo Toquepala están intruídas por el complejo intrusivo Toquepala. El sector Toquepala está relacionado a un complejo plutónico de composición máfica destacando la presencia de intrusivos dioríticos, monzodioritas, tonalitas; ubicados en la zona media al sur de la SFI controlado por sistemas de fallas coincidente con componentes dextrales transpresivos.

Diorita

El desarrollo de la diorita está muy presente en forma muy irregular asociado a facies de granodiorita gris rosada de grano medio generalmente se presenta fresca, está controlado por el SFI visto en la Estación Cimarrona y regionalmente se encuentra controlado por la falla Incapuquio el cual limita su emplazamiento hacia el oeste extendiéndose hacia el NE de Toquepala. Sin embargo en la proyección NO de la falla Incapuquio podemos observar una zona que presenta una abertura aprovechada por la diorita, extendiéndose hacia el oeste simultáneamente con el cuerpo de diorita presente en el sur; esto debido a un comportamiento de equilibrio transtensivo pasando a transpresivo.

Granodiorita

Este cuerpo intrusivo aflora al SE del rajo Toquepala y al oeste del tajo Toquepala está controlado; por el sistema de fallas Incapuquio; se caracteriza por estar ligado con la presencia de diorita; está expuesto a nivel del tajo Toquepala demostrándose así una zona central para el fraccionamiento y diferenciación del magma, por la integración de elementos compatibles como los feldespatos para esta zona más fraccionada.

Complejo Intrusivo Toquepala

Estos afloramientos se han observado en la zona de falla Micalaco consta de intrusivos subvolcánicos de carácter andesítico, dacítico, brechas hidrotermales y aglomerado dacítico pórfido latítico y brecha de guijarros; las características de esta unidad intrusiva son las siguientes:

- El pórfido principal, de edad Ar-Ar, $56,71 \pm 0.4$ Ma (Zweng y Clark 1995).
- Los pórfidos dacíticos tardíos corresponden a numerosos intrusivos que se emplazan antes y después de la formación de las brechas hidrotermales de turmalina (Zweng et al 1995).

La edad de K-Ar del complejo intrusivo Toquepala ha sido determinada por (Zweng et al 1995) en $58,44 \pm 0.36$ Ma. La edad de la mineralización y alteración, habría ocurrido alrededor de los

56 +- 1.0 Ma. y las etapas mas tardías del proceso se habrían extendido hasta los 52 Ma.

4.1.3.2. Distribución de Unidades Volcánicas en el SFI

4.1.3.2.1. Area Los Calatos

Formación Huaracane

Estos afloramientos se encuentran en el borde oriental del sector los Calatos, se presenta en secuencias bien estratificadas (ver sección C-C), en el sector Jahuay conforma las secuencias basales del Grupo Toquepala consiste de tobas-lapilli bien soldados de color gris rosado la matriz presenta cristales de cuarzo-biotita, las tobas constan de fragmentos líticos y cristales subangulosos de volcánicos, niveles de ignimbrita aflora entre Pampa Terrones y Incayo

Formación Huaylillas

Estos afloramientos se encuentran al Este del Cerro Baul, al noreste de Torata, están conformados por afloramientos de flujos lávicos vienen desplazandose discordantemente sobre secuencias de la Formación Sotillo, Moquegua. Constituido por tobas lapilli, de composición asociado de riolitas a dacitas de color grises, blanco a rosadas. Muchas de estas unidades presentan fiammes de pómez aplastadas y alteradas comprenden edades en 18.4 +- 0.6 (Tosdal et, al, 1981).

4.1.3.2.2. Area Cuajone

En el sector Cuajone se pone de manifiesto el techo del Grupo Toquepala conformado por secuencias de lavas coherentes de composición asociado a andesitas grises porfiríticas bien estratificadas se intercalan tobas grises con tonos violáceos con fragmentos de plagioclasa y cuarzo la mayoría se presenta silicificados y sericitizados se inclinan ligeramente 15°SO, estas secuencias se encuentra expuesta en la Qda. Cocotea le suprayace en disconformidad a la riolita de la Formación Asana.

Grupo Toquepala

Corresponden a la secuencia volcánica constituido por andesitas y riolitas porfiríticas, las secuencias de riolita presentan un grosor de 250 m. y se caracterizan por abundantes fenocristales de 2 mm. De largo en una matriz afanítica. El Grupo Toquepala esta intruido por un stock de latita porfirica, de orientación general de NO-SE de 2500 m. de largo y 700 m de ancho.

Unidad Samanape

En los alrededores de Cuajone se aprecia secuencias de lavas coherentes andesiticas porfiríticas Tobas-lapilli, blanquecinas bien estratificadas que presentan formas redondeadas en afloramiento, esta compuesta por fragmentos líticos, pómez en matriz tobácea bastante alterada, en algunos sectores presentan textura eutaxítica y reomórficas, se intercalan sistemas de lahares gris marrones compuestos de guijas polimícticas la mayoría de origen volcánico englobados en matriz de arenas gruesas, intercalándose con estratos de limolitas grises y areniscas finas. Se expone desde Cuajone hasta Toquepala, e infrayace en disconformidad a la Formación Huaylillas.

Formación Huaylillas

En el área de Cuajone las secuencias de la Formación Huaylillas esta conformado por flujos de lavas andesiticas de grano fino con algunos niveles de toba y material ignimbritico con una

dirección de flujo de NE a SO. infrayace en disconformidad a rocas intrusivas de la Super Unidad Yarabamba, Su posición regional presenta una distribución de Rumbo N30°-60°O/20°SO, cubriendo hacia el NE parte del sistema porfirítico Cuajone. A la Formación Huaylillas se ha asignado edades de 17 – 23 M.a. (Camus, F. 2003).

4.1.3.2.3. Area Quellaveco

Formación Asana

Esta Formación constituye el techo del evento Toquepala; está conformado por lavas riolíticas gris rosadas de grano fino a medio. Estas secuencias afloran al sur de la Qda Asana encontrándose en disconformidad hacia el Sur y SE con las facies granodioríticas de la Súper Unidad Yarabamba. En relación al sistema hidrotermal Quellaveco, las secuencias de la Formación Asana no fueron afectados por el flujo de lavas que buzan hacia el SO e infrayace a secuencias de la Formación Huaylillas del (Mioceno).

Formación Huaylillas

La Formación Huaylillas en el área de Quellaveco se presenta en los Cerros Chiuchine, está constituido por flujos andesíticos, lavas y flujos de brechas esporádicamente, presenta un alto nivel erosivo, afectado por fallas dextrales como la falla Asana en el río Asana. La distribución de la Formación Huaylillas está en disconformidad con las rocas ígneas y suprayace a secuencias de la Formación Asana. Su posición regional presenta una distribución de rumbo N30°O/20°SO, flujos volcánicos cubren el ambiente magmático del Cretáceo Superior dirigiéndonos al arco volcánico del Barroso.

4.1.3.2.4. Area Toquepala

Grupo Toquepala

Según la relación de campo y trabajos realizados por Geólogos de Southern (Mattos y Valle, 1999). El Grupo Toquepala está constituido por lavas y flujos riolíticos que en el yacimiento corresponden a rocas de caja, tienen un espesor de 1500 m. y se disponen en forma subhorizontal, estas rocas son intruídas por facies intrusivas del complejo intrusivo Toquepala generando el ascenso de actividad magmatohidrotermal en el área.

Unidad Samanape

En los alrededores de Toquepala se caracteriza por presentar secuencias tobaceas de naturaleza andesítica Tobas-lapilli, blanquecinas bien estratificadas que presentan formas redondeadas en afloramiento, esta compuesta por fragmentos líticos, pómez en matriz tobácea bastante alterada, en algunos sectores presentan textura eutaxítica y reomórficas, se intercalan sistemas de lahares gris marrones compuestos de guijas polimícticas la mayoría de origen volcánico englobados en matriz de arenas gruesas, encontrándose intruída por rocas dioríticas de la Súper Unidad Yarabamba al SE de Toquepala e infrayaciendo a la Formación Huaylillas .

Formación Huaylillas

La Formación Huaylillas en este sector consta de flujos de lavas andesíticas generado por enfriamiento estructuras de disyunción columnar. La Formación Huaylillas en el sector Toquepala se encuentra sobreyaciendo en disconformidad al Grupo Toquepala hacia el oeste del tajo Toquepala; manteniendo una elongación de SE a NO controlado hacia el Oeste por el lineamiento Capilluni afectado por fallas de dirección NO-SE elongado en una proyección NO. En este sector suprayace al Grupo Toquepala e infrayace al arco volcánico del Grupo Barroso (Mioceno).

4.2. Geología Estructural

4.2.1. Introducción

El área de Omate a Moquegua se encuentra al sur de Arequipa y al norte de Moquegua y se enmarca dentro del flanco occidental de la Cordillera de los Andes en el sur del Perú, los trabajos de campo llegaron a colectar datos de únicos efectuadas en 30 estaciones, reportando relaciones de campo y manifestaciones tectónicas resaltantes. La forma del relieve terrestres depende en buena medida de cómo estén dispuestos los materiales que lo componen. De esto se encarga la tectónica por medio de los movimientos de la corteza terrestre. Existen dos *movimientos básicos* los verticales o epirogénicos de amplio radio y muy lentos, que tratan de recuperar el equilibrio isostático; y los movimientos horizontales u orogénicos, responsables de los relieves plegados y fracturados. En la actualidad el paradigma que explica el relieve de la Tierra es la tectónica de placas, también buscaron entender la naturaleza de las fuerzas a las que fueron sometidos, para así poder reconstruir sus desarrollos en el Sistema de Fallas Incapuquio. Estudio de las deformaciones sufridas por la corteza terrestre y de las estructuras resultantes a partir de datos fracturas, pliegues, esquistosidad, etc., y de las causas que las han originado.

4.2.2. Estudio Estructural

Este estudio estructural, pretende realizarse en el sistema de fallas incapuquio en función al acápite de método de trabajo presentado en la Metodología de Investigación (3.3.3.6.). Llegando a desarrollar 30 estaciones aplicando teorías de microtectónica y estructuras de falla según relación de campo.

4.3. Geología Economica

4.3.1. Introducción

En el área de estudio del sistema de fallas Incapuquio se efectuó trabajos de geología regional, cartografiando a escala: 1/50000 (Ver Anexos), según las relaciones de campo se determinó zonas de extensión y de acortamiento asociado a emplazamiento subvolcánicos del Cretáceo Superior. Durante estos periodos, la mineralización se produjo en ambientes geológicos en condiciones favorables, controlados por estructuras de rumbo, La formación de mineralización a partir de largos volúmenes de fluidos de una región de origen hidrotermal adyacente que aprovecha canales profundos ocasionados desde el arco del Jurásico.

Las zonas de cizalla han servido de conducto para la transferencia de magma y los fluídos hidrotermales, estas zonas mantienen un comportamiento sintectónico con emplazamientos de depósitos de cobre, siendo estas zonas de cizalla controladores del ascenso de cuerpos magmáticos que cercana a la corteza tienden a desarrollarse horizontalmente generando su final depositación en sectores de dilatación, estas zonas de cizalla son descritas como zonas de falla de escala translitosferica conectado a zona de subducción, en relación a la placa de nazca de carácter oceánico, asociado con procesos de fusión parcial a partir del manto los cuales habrían aportado composición fémica y sialica para el magmatismo (Gutscher, 1999).

4.3.2. Cretáceo inferior

Litológicamente en está edad se emplazó las secuencias del Grupo Toquepala alcanzando edades hacia el techo asignados al paleoceno y hospeda diacrónicamente a depósitos que

corresponden a los óxidos de Fe-Cu-Au, los cuales se encuentran principalmente entre Tacna e Ilo, donde las vetas de hierro en Hierro Morritos y Cerro Pelado están alojadas en granitoides dioríticos a granodioríticos (Narváez, 1964) intruídos por un plutón diorítico de ~105 Ma. En Ilo La mineralización Cu-Au en Santiago, Valparaíso y Licona se infieren a un plutón granodiorítico-tonalítico leucocrático de edad ~100-105 Ma (Clark et al., 1990). Sólo se conoce un pórfido de Cu del Cretáceo inferior junto con depósitos de Cu-Fe-Au de la misma edad en la Cordillera de la Costa. Se trata del prospecto **El Yaral** datado en 106 Ma. Presenta vetas de jarosita marrones que afloran en bajo la superficie de la Pampa de La Joya y corresponde a una mineralización supérgena de óxidos de cobre en un stockwork (Quang et al., 2005).

4.3.3. Cretáceo superior

En el frente pacífico andino comprendido entre Arequipa y Moquegua las rocas más antiguas son constituídas por rocas volcánicas del Grupo Toquepala que son intruídas por facies ígneas intermedias a acidas de la Super Unidad Yarabamba y a su vez son intruídas por sistemas de pórfidos de cobre-molibdeno, los cuales se habrían emplazado en el Cretáceo Superior (68 a 82 Ma) y en el Paleoceno (52 a 59 Ma). Rocas volcánicas del mioceno cubren localmente el substrato pre-terciario del frente pacífico andino, donde se localizan las franjas cupríferas relacionadas a sistemas pórfidos de cobre-molibdeno.

4.3.4. Paleoceno medio y Eoceno medio-inferior

La fajas metalogénicas del Paleoceno medio y el Eoceno medio-inferior son las de mayor importancia económica a nivel mundial, ya que en ella se encuentran los pórfidos más grandes de Cu-Mo de Cerro Verde/Santa Rosa, Toquepala Quellaveco y Cuajone con respecto a la edad de mineralización. Esta faja se desarrolla a lo largo de toda la vertiente pacífica de los Andes y se extiende desde el SO del Perú hasta Chile con una longitud mayor a 1500 km. Los yacimientos están asociados a stocks apicales tardíos del Batolito de la Costa, de composición cuarzo-diorítica a granodiorítica de la superunidad Yarabamba (61 Ma; Beckinsale et al., 1985) y se disponen a lo largo de 100 km entre Tacna y Arequipa. El depósito más antiguo corresponde a Cerro Verde (61-62 Ma; Quang et al., 2003), seguido por Toquepala (55-55.5 Ma; Zweng & Clark, 1995; Clark, 2003), Quellaveco (54.1-54.5 Ma; Estrada, 1975; Minera Quellaveco S .A.) y Cuajone (52.4 Ma; Clark et al, 1990; Clark 2003). Tanto en Chile como en Perú estos pórfidos cupríferos se caracterizan por presentar un perfil vertical de oxidación-lixiviación y enriquecimiento supérgeno (Quang et al., 2005). En estas fajas metalogénicas también se encuentran mineralizaciones menores de depósitos vetiformes polimetálicos y skars. Estos depósitos se ubican principalmente al NE de Tacna, donde en el distrito minero Cu-Pb-Ag de Lluta (Vargas, 1975), las edades corresponden al Paleoceno medio, como se determinó un evento intrusivo de monzodiorita-granodiorita en la Quebrada Tocuco, donde las edades fueron de 60.33, 60.90 y 62.12 Ma están asociadas probablemente a la mineralización (Clark et al., 1990). Sin embargo, en el distrito minero de Ataspaca (Wilson & García, 1962), la mineralización (Cu-Pb-Zn-Mo-Ag-Au) del Eoceno medio corresponde a un evento intrusivo cuarzo-monzodiorítico, en los alrededores del campamento de CENTROMIN (1983), datado entre 45.21 y 46.01 Ma. Otras muestras sugieren una gran extensión de un evento hidrotermal entre 39.92 y 40.65 Ma (Clark et al., 1990). Los depósitos de skarn del sector Caplina - Ataspaca en Taracahua (Zn,Pb,Cu), Ricardina (Pb, Zn, Cu) y Manto Verde (Cu, Mo) también serían de esta edad.

CAP. V: EXPOSICION Y ANALISIS DE RESULTADOS

5.1. Litogeoquímica

En la región de Moquegua afloran rocas volcánicas asignadas entre el Cretáceo Superior y Paleógeno del Grupo Toquepala, que son intruídas por el emplazamiento magmático de la Super Unidad Yarabamba caracterizado por presentar facies de dioritas pasando a cuerpos mas diferenciados como granodioritas, monzonitas. Se efectuaron los análisis petroquímicos de 81 muestras (Ver Cuadro 4.1), muestras seleccionadas fueron realizados en los laboratorios del Geological Survey of Canada (GSC), como parte del Proyecto Multinacional Andino (PMA), para ello se utilizó la técnica del ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) por fusión. Incluyendo las determinaciones porcentuales de los óxidos mayoritarios, elementos traza (LILE/HFSE) y tierras raras (REE). Las tablas en Anexo presentan los resultados obtenidos para los ensayos de roca total y multielementos.

Cuadro Nº 5.1 Análisis Litogeoquímicos de las unidades litoestratigraficas del SFI.

VALORES	S.U. YARABAMBA	Fm. Paralaque	Alteración-Los Calatos	Grupo Toquepala
OXs Mayores y ET	10			45
ET	15	7	4	

Abrev. ET:Elementos Traza, Oxs:óxidos
(Este Trabajo).

5.1.1. Geoquímica Plutónica

5.1.1.1. Diagrama Streckeisen (QAP)

En la Figura 4.4. se observa a 10 muestras ploteadas con análisis de composición modal el diagrama QAP asignadas a la Super Unidad Yarabamba muestras ubicadas (Anexos Plano Tectonomagmático).

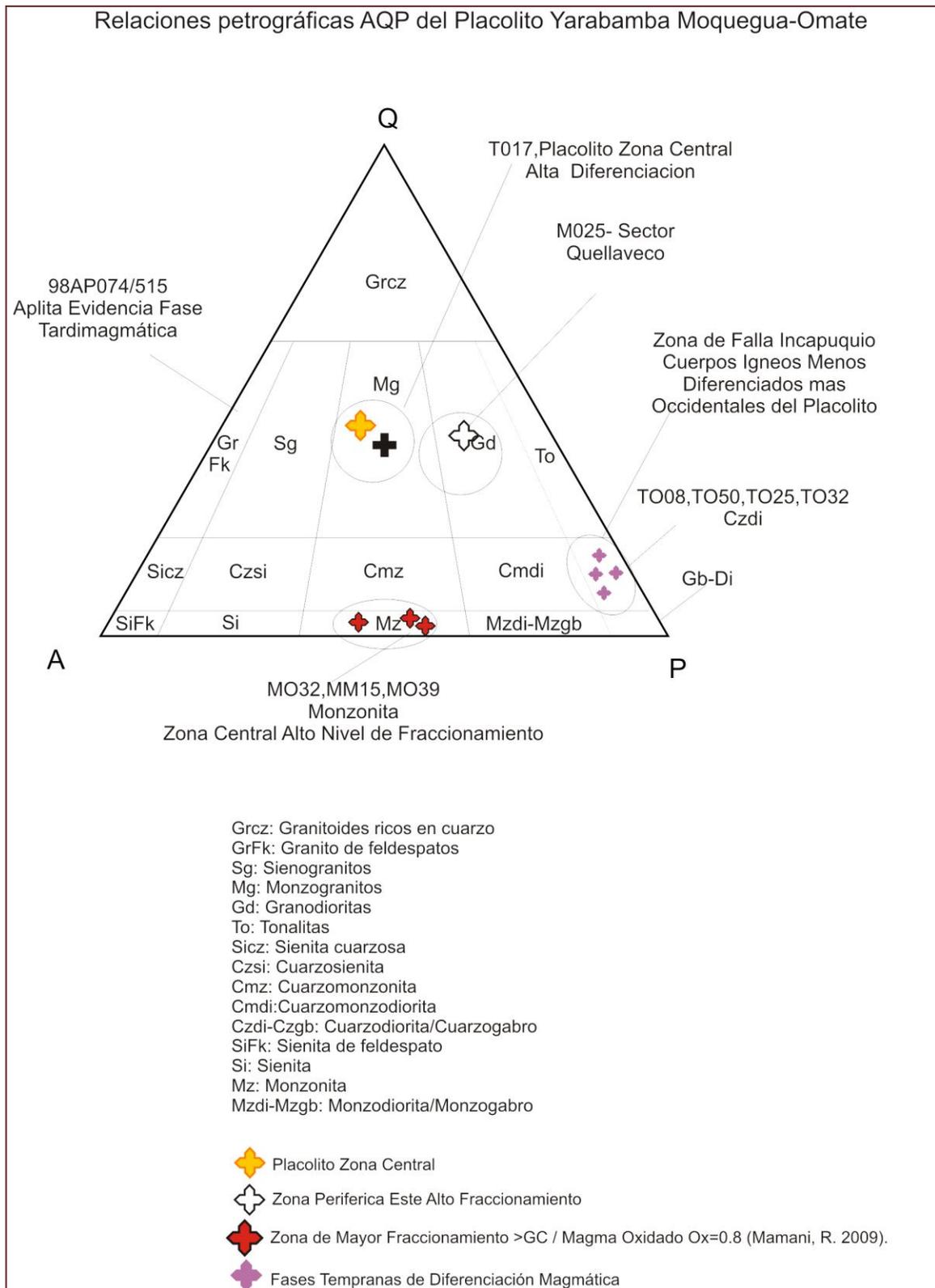


Figura N° 5.1. Diagrama de Streckeisen (1967) petrografía de rocas intrusivas (*Este Trabajo*).

5.1.1.2. Diagrama de Harker

Estos diagramas permiten inferir los procesos que ocurrieron durante la evolución de los magmas, el fraccionamiento y cristalización de los componentes principales.

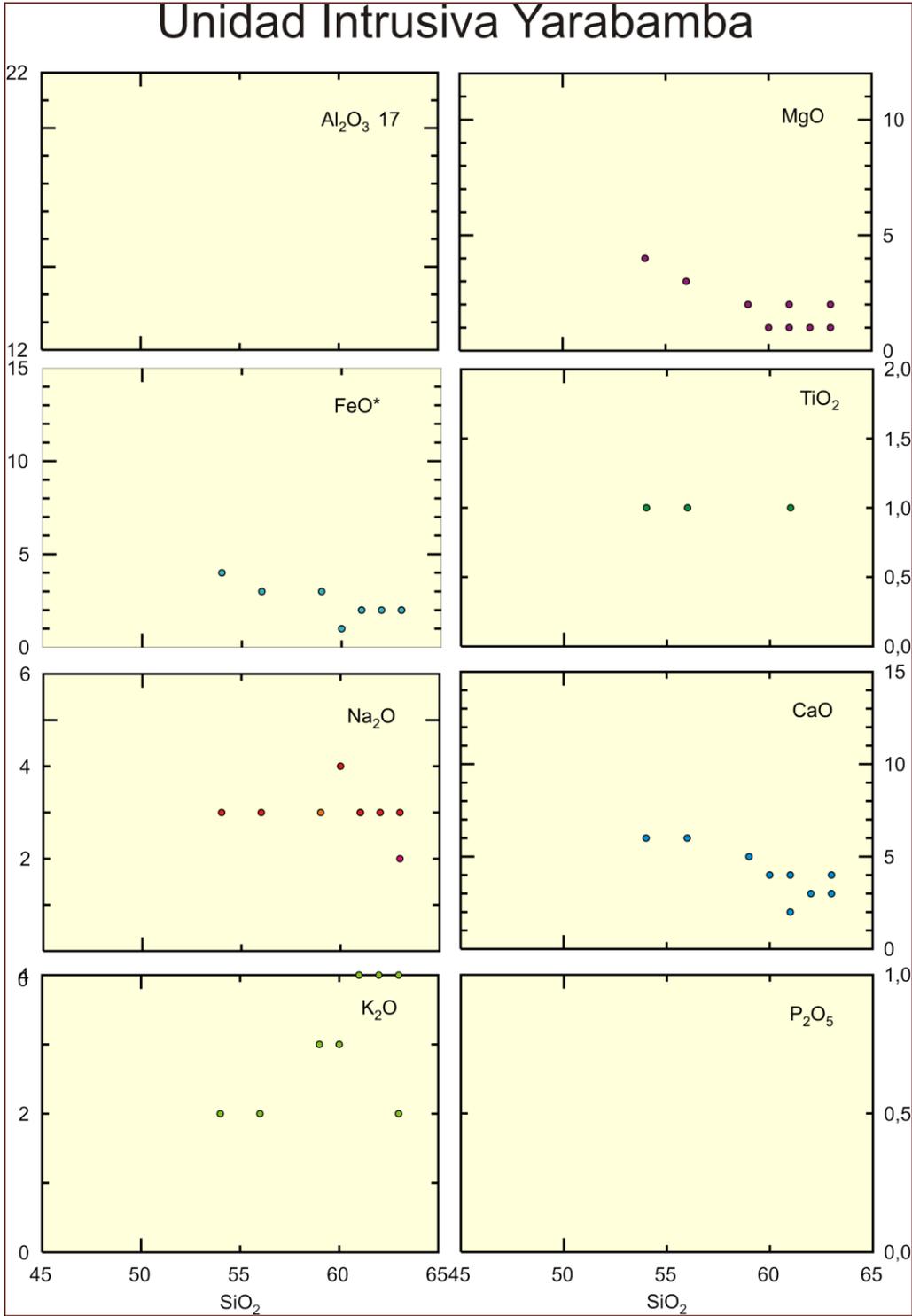


Figura N° 5.2. Diagrama de Harker de la Súper Unidad Yarabamba.

En la figura N°5.2 se muestra una correlación en la diferenciación del magma con variación de sus composiciones entre 55 y 75% de SiO₂ el Ca, Ti, Fe y P se empobrecen con respecto al enriquecimiento en sílice de acuerdo a las clasificaciones petrográficas que varían entre dioritas (60-65% de SiO₂), sin embargo se corrobora un ligero incremento de K₂O puesto que corresponde a monzonitas en la zona central emplazado en alto nivel de fraccionamiento, (se observa el arco magmático en sección B-B) observado también en la relación petrográfica (Diagrama de QAP de Streckeisen 1967).

5.1.1.3. Diagrama Multielemental

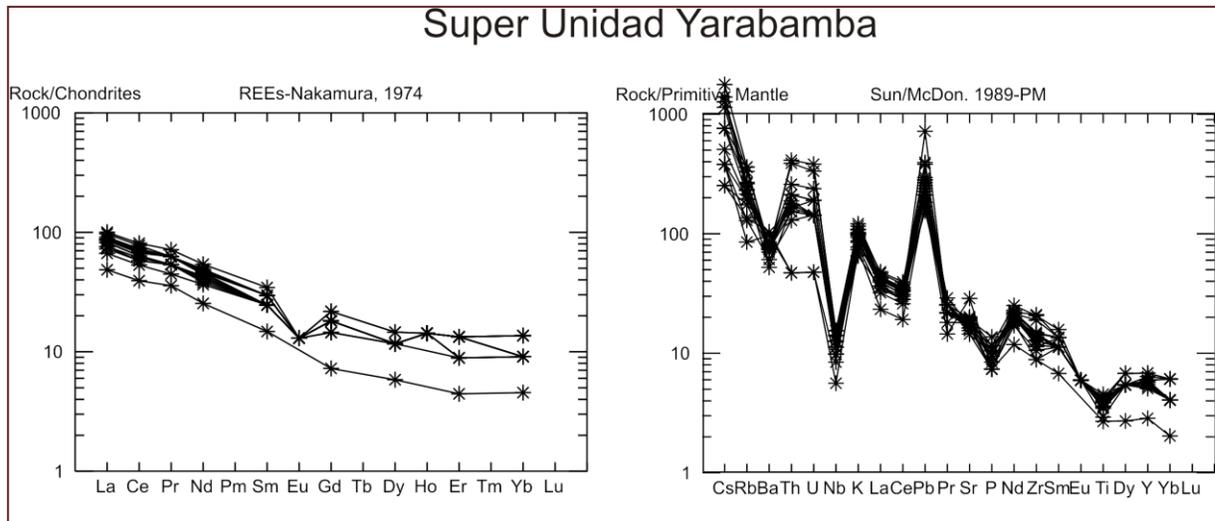


Figura N° 5.3. Diagrama Multielemental de la Súper Unidad Yarabamba.

En la figura N°4.6 según el diagrama de REEs Nakamura 1974, se aprecia un decaimiento en Eu (Europio) debido a que la fusión parcial del manto a poca profundidad (< 40 km) tiene plagioclasa como residuo y por lo tanto. El líquido presenta una anomalía en Eu.

Los diagramas araña (spider) muestra un típico espectro de subducción con enriquecimiento de LILE (1-100) y empobrecimiento de elementos HFSE. La anomalía de Nb (-) y Ti (-) y positivas de Pb, Th y U, es típica de marcos tectónicos de subducción en los andes centrales (SFI).

5.1.1.4. Discriminantes Tectonomagmáticos

Según las muestras tomadas en el complejo intrusivo de la Súper Unidad Yarabamba, asociado a los yacimientos de cobre porfírico del sur de Perú; con rocas de composición intermedia a calcoalcalinas constituido por dioritas, granodioritas, monzonitas; con altos contenidos de SiO₂ de (60-65%).

sus patrones de elementos de tierras raras muestran pendientes fuertes sin anomalías de Eu y altas razones de La/Yb Vs Yb relativamente mas altas 9.5-15 (ver figura N°4.7) respectivamente indicarían un mayor fraccionamiento; El radio La/Yb permite inferir, que el engrosamiento de la corteza generaría un aumento de la presión en la zona fuente de los magmas. Y por ende causaría la destrucción de la anfíbola a presiones entre 12 y 15 Kbar (40 y 50 km). De esta manera formaría granates en condiciones de alta presión que se requiere para emplazamiento

de cuerpos subvolcánicos¹⁹.

En el segmento Toquepala los magmas en el área del SFI están generalmente deprimidos.

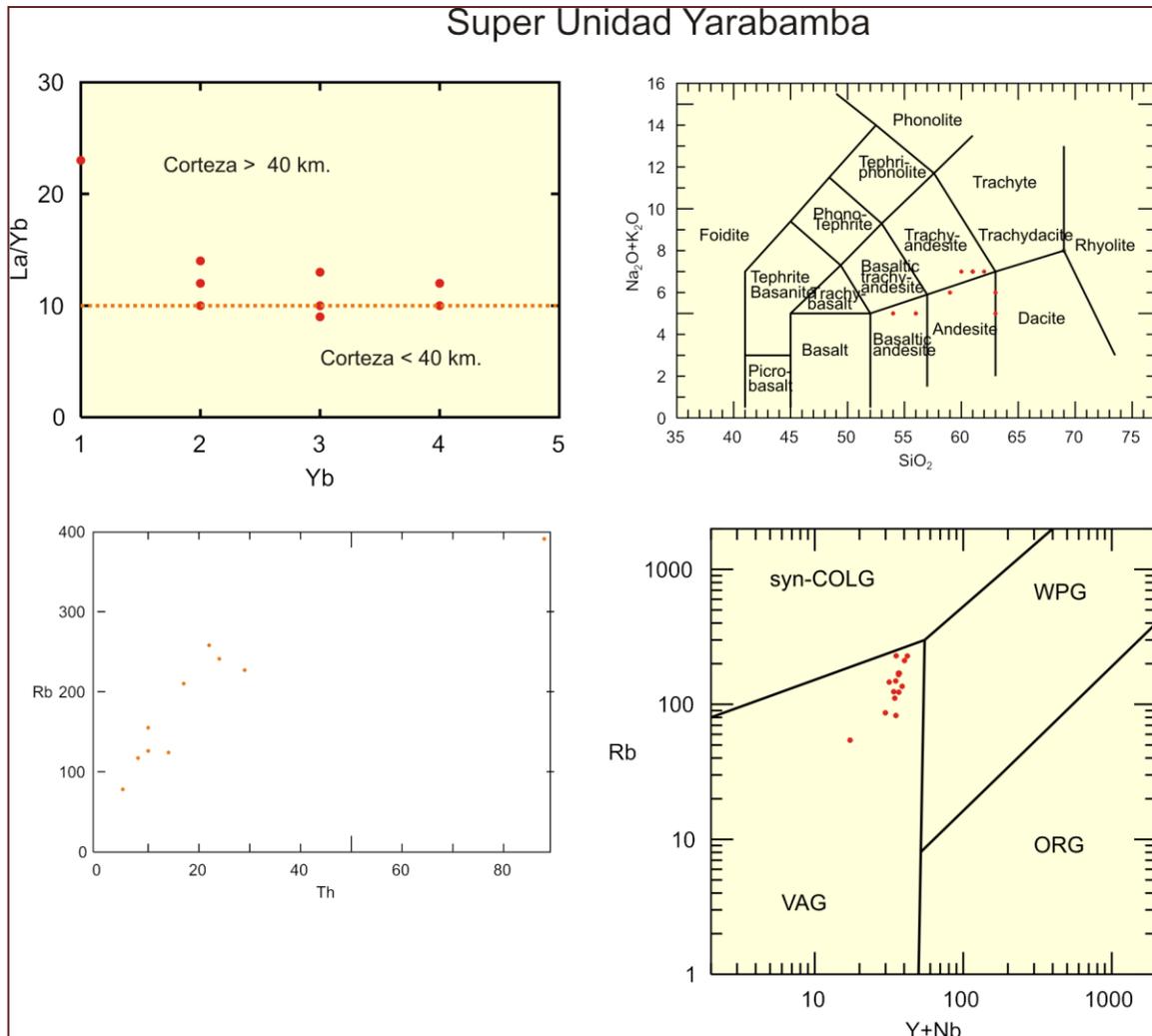


Figura Nº 5.4. Discriminantes Tectonomagmáticos de rocas intrusivas de la Super Unidad Yarabamba.

En elementos de tierras raras (incompatibles) que se expresa en altas razones La/Yb en condiciones

Compatibles con generación de los magmas con ambientes de alta presión, en donde el granate es estable como fase residual (Kay, Kurtz, 1995).

Las características petroquímicas de las rocas asociadas a los yacimientos del sur del Perú, parecen indicar que en la medida en que las razones de La/Yb aumentan a cifras compatibles con fuerte engrosamiento cortical, los sistemas porfíricos pueden alcanzar mayor tamaño e incluso constituir megayacimientos.

¹⁹ Camus, F. (2003) pág 247. Indica que las rocas a las cuales se asocian los pórfidos cupríferos gigantes muestran altas razones de La/Yb (>20-40), en cambio en los depósitos de tamaño intermedio, las razones La/Yb son inferiores a 20.

La razón Rb versus Th demuestra un ligero incremento en Rb que representa las concentraciones de los LILE, ellos comúnmente se presentan en minerales hidros semejantes como biotita, flogopita y anfibola, siendo estos particionados dentro de los primeros eventos de fusión parcial como transferencia de calor a partir del manto.

La clasificación litoquímica vista en el diagrama de $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ versus SiO_2 . corresponde a Traquiandesitas y andesitas y buscando su correspondiente plutónico en el diagrama QAP tendríamos a cuarzo dioritas gradando a sienitas y monzonitas, destacando un nivel de diferenciación $< 65\% \text{SiO}_2$.

El diagrama discriminante tectónico de Rb versus (Y+Nb) de Pearce 1996, ubica a las muestras del placolito Yarabamba en el predominio de granitos de arco volcánico (VAG), nos indica un marco de post colisión, corresponde a Mz: monzonita, Czdi: cuarzodiorita; **Granito tipo I post-COLG** de Czdi-Mz.

5.1.1.5. Estado de Oxidación

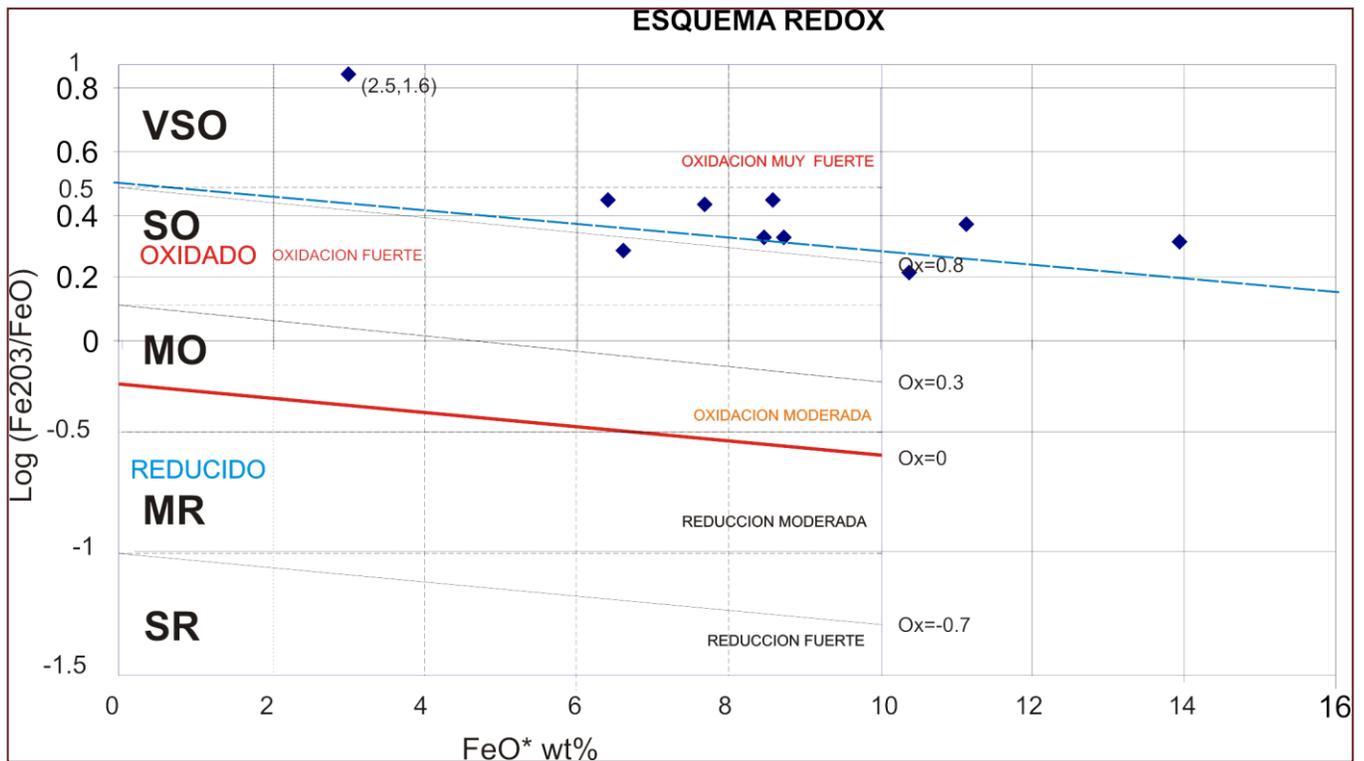


Figura N° 5.5. Estado de Oxidación de la Super Unidad Yarabamba.

El estado redox para cuerpos ígneos de la Super Unidad Yarabamba, fue medido utilizando el **Esquema Redox** de Blevin, P. L. 1992²⁰.

El estado de oxidación es largamente inherido al origen de magma, y los efectos de interacción con las rocas de caja puede ser localmente importante, la clasificación de estado de oxidación puede ser realizado por criterios de petrografía y mineralogía aplicando radios de $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$,

²⁰ Blevin, P. L. (1992) pág 310.

sin embargo según Blevin, se realiza la correlación de estos parámetros Fe_2O_3/FeO y FeO^* (Fe Total consiste en la adición de óxido ferroso más el óxido ferrico) $FeO^* = (0.9 * Fe_2O_3) + FeO$. Tipificando a los magmas oxidados como *muy fuertemente oxidado son muy raros* y rocas *oxidadas fuertemente*, tienen abundante magnetita en adición a titanita y alto Mg en biotita.

Grupos asociados con sistemas de pórfidos económicos de Cu-Au típicamente se coadyuba en campos oxidados fuertemente y tienen ΔOX con valores de 0.3 a 0.8 de **oxidación fuerte a oxidación muy fuerte CAMPO (VSO)**.

Por consiguiente el magma del placolito Yarabamba presenta un magma evolucionado de ambiente oxidante con rangos de 0.3 hasta 0.8. con un nivel moderado a alto de diferenciación y una continua cristalización fraccionada. Con un grosor cortical > 40 km. (Ocola, L. 1972) Que generaría alta presión asociado con minerales hidratados como los tetraedros de los Anfíboles.

Cuadro N° 5.2. Muestras de la Super Unidad Yarabamba realizado en roca total.

Sample	Hoja	Este	Norte	Tipo de Roca	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	FeO	log(Fe ₂ O ₃ /FeO)	FeO+Fe ₂ O ₃
98AP074/515	Moquegua	337352	8082621	Aplita	69.95	3.56	5.95	2.91	0.07	1.618794949	2.98
TO17	Moquegua	320267	8101462	Monzogranito	62.15	3.51	4.07	5.92	2.8	0.325163675	8.72
MO25	Moquegua	326404	8108054	Granodiorita	63.75	3.65	2.81	4.36	2.25	0.287303971	6.61
MO32	Moquegua	319981	8104779	Monzonita	61.53	3.05	4.28	5.61	2.08	0.430899526	7.69
MM15	Moquegua	327020	8098429	Monzonita	60.84	4.35	3.14	4.73	1.69	0.446974436	6.42
TO08	Moquegua	310663	8098914	Diorita	56.45	3.33	2.57	7.81	3.31	0.37282304	11.12
MO39	Moquegua	317084	8105165	Monzonita	61.82	3.87	4.63	6.32	2.25	0.44853456	8.57
TO50	Moquegua	335045	8080919	Diorita	54.03	3.26	2.43	9.4	4.55	0.315116457	13.95
TO25	Moquegua	319486	8089522	Diorita	63.28	2.99	4.69	5.77	2.7	0.329812049	8.47
TO32	Moquegua	326740	8083116	Diorita	59.81	3.44	3.35	6.47	3.91	0.218727523	10.38

(Cuadro Este Trabajo).

El Cuadro N° 5.2. Presenta 10 muestras ensayadas por el método ICP-MS en los laboratorios de la Geological Survey Canada (GSC) realizado por elementos mayores incluyendo las determinaciones porcentuales de los óxidos mayoritarios; colectando en el cuadrangulo de Moquegua con un contenido de SiO₂ 60-65% en composición y luego determinamos la composición del Fe total.

Los complejos intrusivos asociados a los sistemas porfídicos presentan moderados a altos contenidos de K y son oxidados, con altas razones de Fe₂O₃/FeO²¹.

²¹ Camus, F. (2003) pág. 247. Por ende esta afirmación corrobora con los depósitos gigantes que se ubican en sectores donde la deformación compresiva ha sido intensa y el espesor de la corteza parece haber alcanzado cifras superiores a 40-50 km. Ello permite inferir, que a partir del engrosamiento de la corteza, induce un aumento de la presión en la zona fuente de los magmas y la consecuente liberación de fluidos a partir de la descomposición de la anfíbola, parece ser uno de los factores críticos para la formación de pórfidos mineralizados.

5.1.2. Geoquímica Volcánica

5.1.2.1. Diagrama de Harker

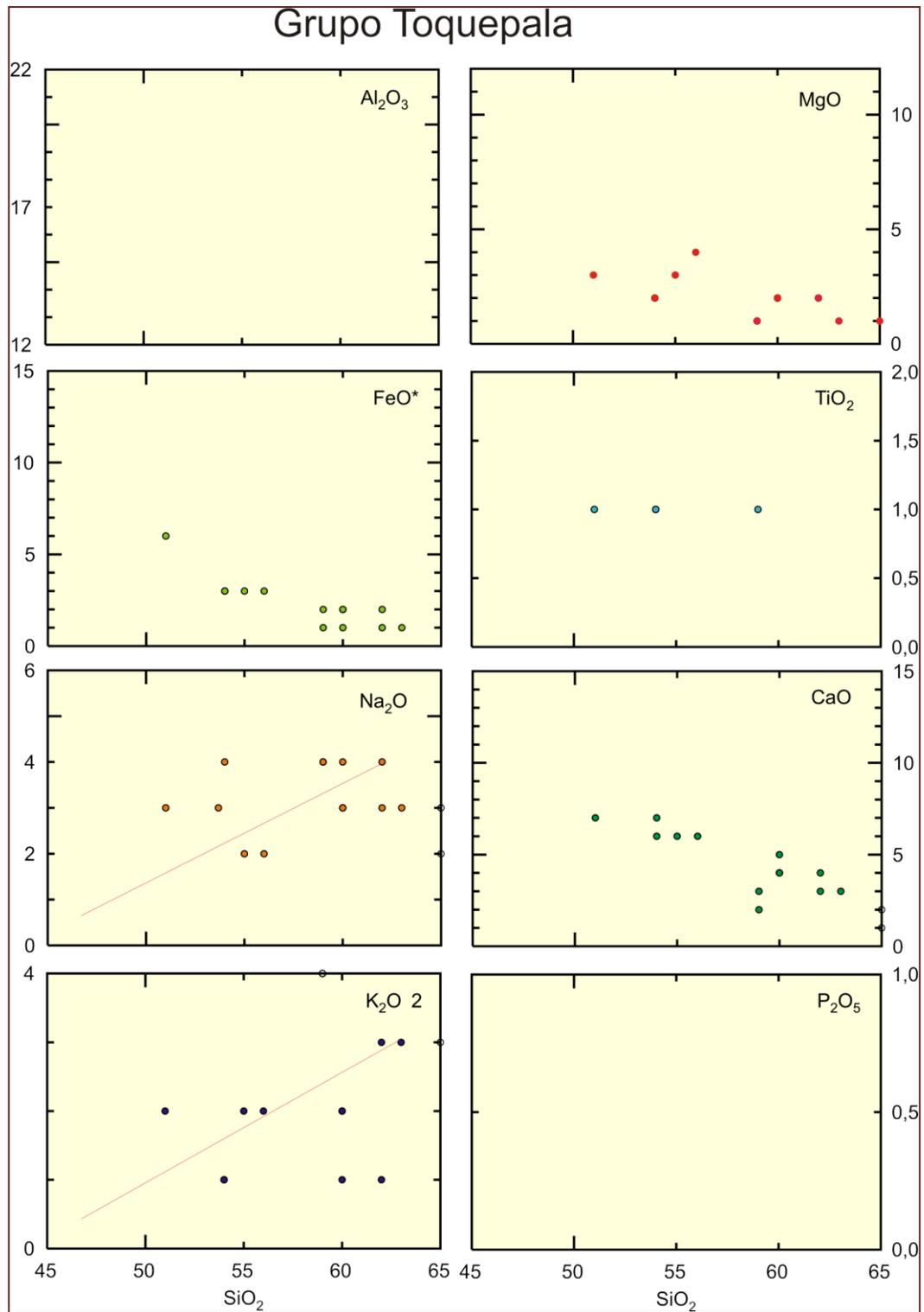


Figura N° 5.6. Diagrama de Harker del Grupo Toquepala.

La estratigrafía volcánica de las secuencias del Grupo Toquepala la componen flujos piroclásticos (ignimbritas riolíticas), lavas andesíticas y lahares y son divididos en cuatro Formaciones: Huaracane, Inogoya, Paralaque y Quellaveco. Sus edades fluctúan entre los 100 y 53 M.a. los análisis petroquímicos de 45 muestras seleccionadas obtenidas en las hojas de Moquegua y Omate.

En las secuencias basales (C° Los Angeles Moquegua), se obtuvo una edad de 59.3±2 M.a. (Vatin N. Perignon, 1982). Posteriormente se dataron por Rb/Sr de 63 a 74-100 M.a. entre Moquegua y Torata, bajando hasta el Cretáceo Inferior? (Boyle, M. et al. 1990) para las secuencias superiores obtenidas en el sector Quellaveco dieron 53-55 M.a. en promedio (Zimmermann y Kihien, 1983), la edad más inferior obtenida puede distar mucho de ser la isócrona inicial del volcanismo Toquepala, debido a que se cuenta con una secuencia piroclástica bastante gruesa (>500 m).

Para la Formación Huaracane la concentración de SiO₂ varía entre 65 y 75% con Al₂O₃ entre 12 y 15%, MgO entre 0.2 y 1.32%. mientras que el contenido alcalino (Na₂O + K₂O), está comprendido entre 6 y 10% lo cual indica claramente que se trata de traquiandesitas a riolitas subalcalinas y se encuentra dentro de la serie calcoalcalina.

La Formación Paralaque concentra: 56% de SiO₂, 16 % de Al₂O₃, 4%, MgO y 5% para (Na₂O + K₂O), petroquímicamente son andesitas y basaltos.

Tanto para los miembros Asana y Tinajones concentra: 76 a 77% de SiO₂, 12% de Al₂O₃, 0.05 a 0.26 de MgO y 6 a 8% de Na₂O + K₂O, petroquímicamente son riolitas.

Para el Miembro Carpanito, se concentran el SiO₂ entre 55y 60% con Al₂O₃ entre 14 y 18% y MgO entre 1.5 y 4%, los rangos de Na₂O + K₂O está entre 5 y 10%, y su proyección corresponde a andesitas basálticas.

Según los resultados geoquímicos resaltan las siguientes interpretaciones:

Tanto el Al y Ca, disminuyen en ambas series con el aumento de SiO₂ 65%, sugiriendo un fraccionamiento significativo de la plagioclasa.

La conducta del Fe es compatible en todo el rango composicional, este elemento sugiere que se incorpora al piroxeno lo cual indica un comportamiento fraccional de este mineral.

Los diagramas de Harker muestran una buena tendencia durante la evolución fraccionada del magma se interpreta como un fraccionamiento lineal fuertemente marcado en el punto de 65% de SiO₂.

5.1.2.2. Diagrama Multielemental

En la figura N°4.10 según el diagrama de REEs Nakamura 1974, se aprecia un decaimiento en Eu (Europio) debido a que la fusión parcial del manto a poca profundidad (< 40 km) tiene plagioclasa como residuo y por lo tanto. El líquido presenta una anomalía en Eu, sin embargo se aprecia un ligero incremento hacia el sector oriental demuestra la evolución diferencial de los magmas de oeste a este²².

Los diagramas araña (spider) muestra un típico espectro de subducción con enriquecimiento de LILE (1-100) y empobrecimiento de elementos HFSE. La anomalía de Nb (-) y Ti (-) y positivas de Pb, Th y U, es típica de marcos tectónicos de subducción en los andes centrales (SFI).

²² Martínez, W. (2003) B-26 pág 30.

La razón Rb versus Th demuestra un ligero incremento en Rb que representa las concentraciones de los LILE, y la presencia de anomalías de Th corresponde a elementos de firma oceánica HFSE ellos comúnmente se presentan en minerales hidros semejantes como biotita, flogopita y anfíbol, siendo estos particionados dentro de los primeros eventos de fusión parcial como transferencia de calor a partir del manto, denotando una contaminación de origen oceánico.

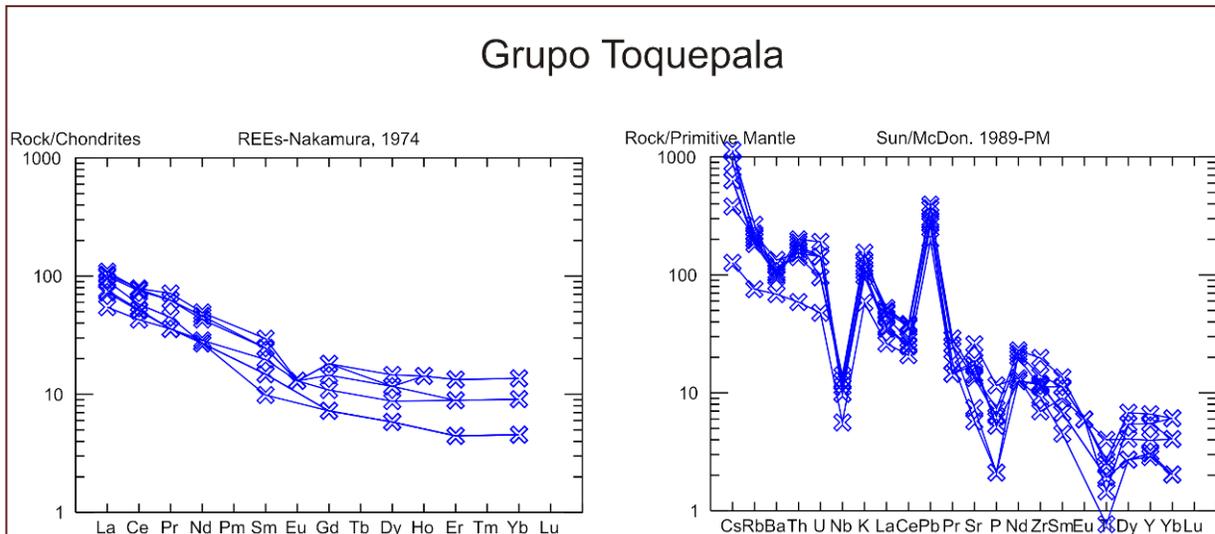


Figura N° 5.7. Diagrama Multielemental del Grupo Toquepala.

La clasificación litoquímica vista en el diagrama de $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ versus SiO_2 . corresponde a Traquiandesitas y andesitas y buscando su correspondiente plutónico en el diagrama QAP tendríamos a cuarzo dioritas gradando a andesitas basálticas, andesitas, dacitas y riolitas, destacando un nivel de diferenciación $> 65\% \text{SiO}_2$.

El diagrama discriminante tectónico de Rb versus (Y+Nb) de Pearce 1996, ubica a las muestras del Grupo Toquepala el predominio de magma I de arco volcánico (VAG), nos indica un marco de post colision, corresponde a andesitas, dacita y riolitas **post-COLG**.

El Variograma de Rb/Sr vs SiO_2 , representa un proceso de diferenciación asociado a niveles de fusión parcial.

En la Figura 5.8, Una observación plantea que la Formación Huaracane como base del Grupo Toquepala parte de un alto fraccionamiento ($\text{La}/\text{Yb}=10\text{-}20$) y que aparentemente las secuencias suprayacentes son menos evolutivas, puede interpretarse como una "inversión" del magmatismo que por efecto de fallamientos profundos, contribuyen con el aporte de material mantélico enriquecido en elementos incompatibles.

De acuerdo a las razones observadas puede interpretarse que durante el origen y segregación de los materiales del Grupo Toquepala, el grosor cortical ya era superior a los 40 km. Indicando un engrosamiento cortical a partir del Jurásico.

Los ratios de La/Yb presenta rangos de (8-18), lo cual infieren un ambiente de arco magmático con engrosamiento cortical en el magmatismo del Grupo Toquepala atribuido al Cretáceo Superior.

5.1.2.3. **Discriminantes Tectonomagmáticos**

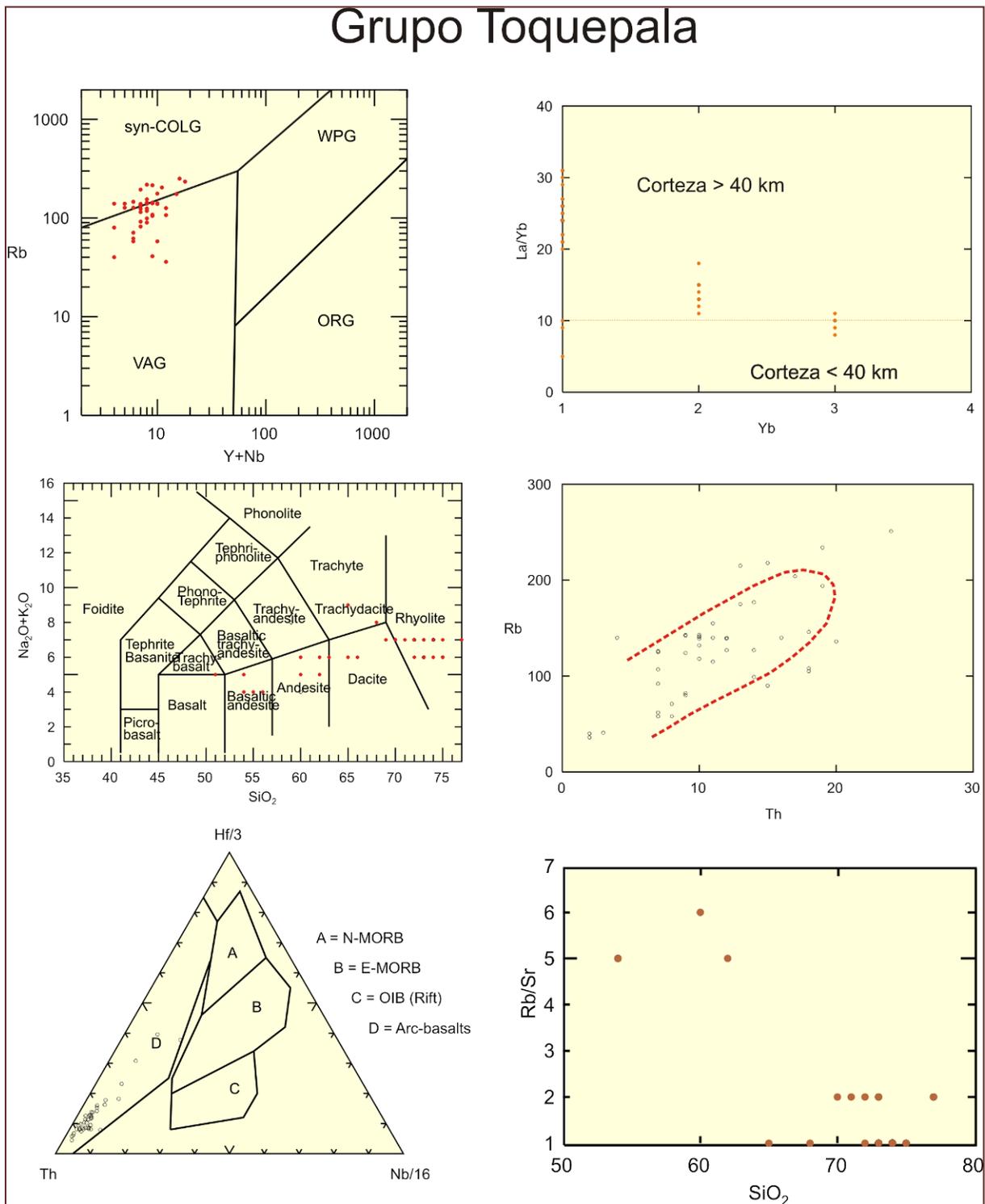


Figura N° 5.8. Discriminantes Tectonomagmáticos de las rocas volcánicas del Grupo Toquepala.

Cuadro N° 5.3. Características Petroquímicas de los magmas de arco volcánico del sur del Perú y algunas regiones de Chile.

Latitud Sur	Región	Razón		Magma		Condición	Presión	Corteza	Profundidad	Depósito Asociado
		Eu	La/Yb	Harker	Composición					
16°30'-17°30'	Cerro Verde	20 y 21			SiO ₂ 70% Mineralogía Residual granates, anfíboles	Hidratado	Alta	Engrosada	> 50 km.	PCD(Cu-Au) Cretáceo Superior Paleoceno
	SFI	Súper Unidad Yarabamba	An(-)	9.5-15	SiO₂ (+) Magma oxidado KO₂ (+) ΔOX 0.3-0.8 (SO).	Hidratado INTRUSIVOS	Alta	Espesor intermedio	> 40 km.	
		Grupo Toquepala	An (-)	8-18	SiO₂ (+) > fraccionamiento secuencia basal KO₂ (+) ΔOX 0.3-0.8 (VSO)	Hidratado VOLCANICOS		Espesor intermedio	> 40-50 km	
22°-24°	Antofagasta Pre cordillera Copiapo	An (-)	3.2 - 7.5	SiO ₂ (+) KO ₂ (+) Fe(-)	Mineralogía Residual	Anhidros	Baja	Delgada	< 40 km.	Paleoceno
	Lomas Bayas Sierra Gorda	An (-)	6.0 - 0.8 y 10.3					Delgada	< 40 km.	
	El Salvador		11 y 19		Mineralogía Residual > fraccionamiento	Hidratado		Espesor intermedio	> 40 km.	
24°-26°	Sur de Chile		Bajas		Mineralogía Residual < fraccionamiento	Anhidros			< 40 km.	EPD(Au-Ag) Mioceno a Oligoceno Superior
26°30'-27°30'	Norte de Chile Maricunga Belt		7-21		> niveles de Contaminación debido al engrosamiento	Volcanismo Inicial 22-26 Ma.		Engrosada	> 40 km.	
27°-28	Norte de Chile Maricunga Belt		17 - 26		Reanudación de volcanismo dacita, andesita	Volcanismo II Etapa Magmática 11-16 Ma.		Engrosada	> 40 km.	PCD(Au) Mioceno a Plioceno

En el Cuadro N° 5.3. se determina las características petroquímicas de los magmas de arco volcánico del Cretáceo Superior del sur del Perú y algunas regiones de Chile. En donde resalta la proporción de La/ Yb con relación a la profundidad con grosores mayores a 40 km.

Resaltando un ligero incremento en la razón de La y Yb de sur a norte, por lo que este factor sería una determinante en relación a equilibrios de magma que se extiende por comportamientos de bajo presión en zonas de ambientes estructuras favorables relacionados con movilidad de metales base.

5.1.2.4. Estado de Oxidación

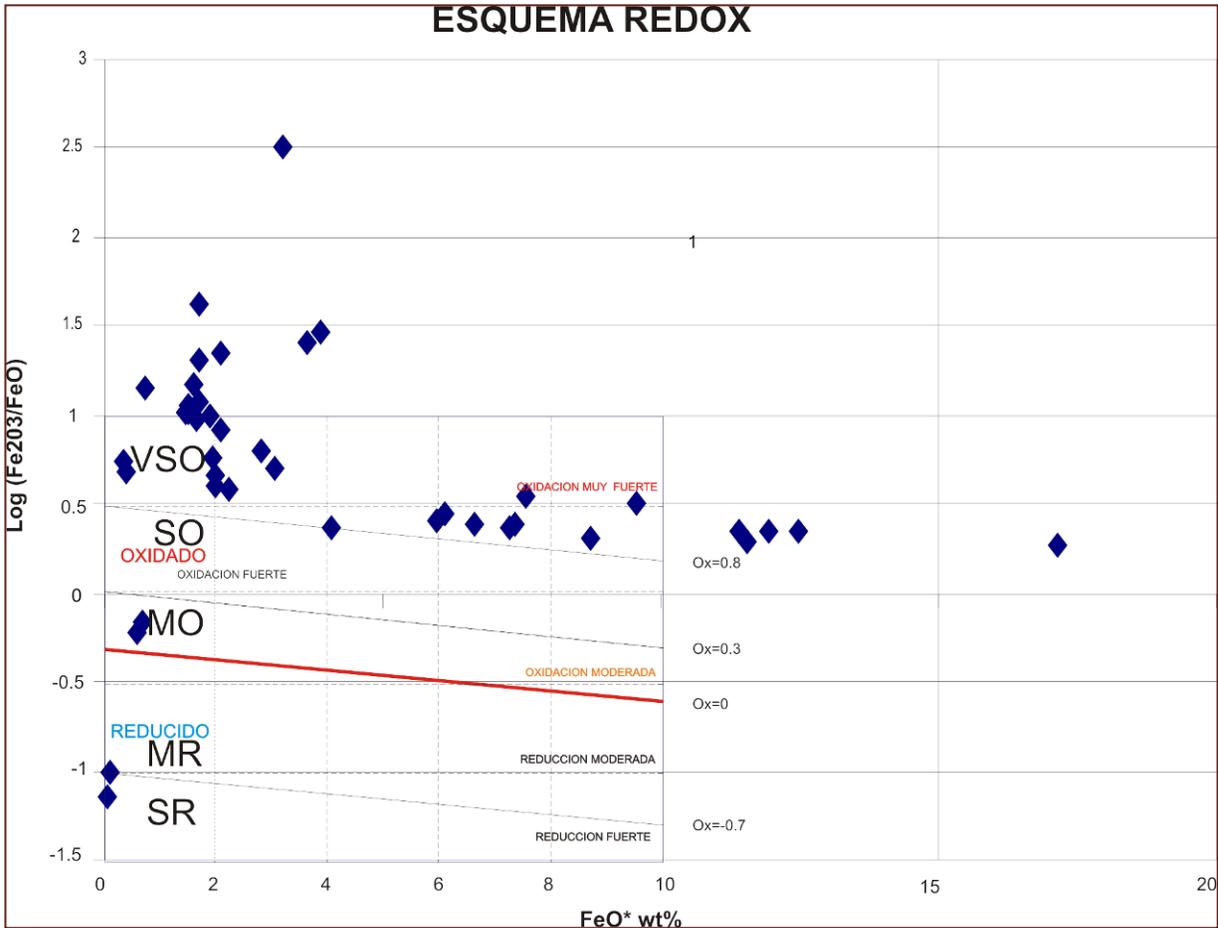


Figura N° 5.9. Estado de Oxidación del Grupo Toquepala.

Se colectó 45 muestras colectados en la hoja de Moquegua, ensayadas por el método ICP-MS en los laboratorios de (GSC) incluyendo las determinaciones porcentuales de los óxidos mayoritarios. Según la relación de Blevin, el Grupo Toquepala presenta muestras ubicadas en un espectro de **oxidación fuerte** y predominantemente **muy fuerte** variando ΔOX de 0.3 a 0.8, lo que indicaría la relación de un magma evolucionado oxidado en **CAMPO VSO**; la colección de datos se encuentra localizado en el plano Tectonomagmático (ver Anexos).

Cuadro N°5.4 Resultados de laboratorio de las rocas del Grupo Toquepala colectadas en la hoja de Moquegua.

Sample	Hoja	Este	Norte	Roca	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	log(Fe ₂ O ₃ /FeO)	FeO+Fe ₂ O ₃
OMT14	Omate	299149	8139526	Toba	72.86	2.81	4.41	0.21	13.04	1.57	0.13	1.0819563	1.7
MO20000401	Moquegua	298020	8101805	Toba	73.24	2.42	4.71	0.25	13.15	1.71	0.17	1.002547189	1.88
MO20000402	Moquegua	298804	8102514	Toba	74.48	3.19	4.18	0.17	12.75	1.38	0.13	1.025935734	1.51
MO20000403	Moquegua	299845	8101839	Toba	74.15	2.03	4.18	0.25	12.65	1.85	0.22	0.924749048	2.07
PER1	Moquegua	299135	8103299	Toba	75.09	3.29	4.37	0.15	12.53	1.6	0.4	0.602059991	2
OT03	Moquegua	300978	8118509	Toba	51.68	3.56	2.01	1.52	15.61	11.12	6.01	0.267230315	17.13
PA870600	Tarata	379765	8067623	Lavas	60.73	3.75	1.97	0.61	16.68	5.82	2.93	0.298055364	8.75
PER1/XRF/A	Moquegua	299135	8103299	Lavas	73.97	2.93	4.23	0.16	12.63	1.38	0.12	1.06069784	1.5
PER1/XRF/B	Moquegua	299135	8103299	Lavas	74.27	3.12	4.06	0.16	12.54	1.41	0.13	1.03527576	1.54
PER1/XRF/C	Moquegua	299135	8103299	Lavas	74.81	3.16	4.27	0.16	12.43	1.41	0.13	1.03527576	1.54
PER1/XRF/D	Moquegua	299135	8103299	Lavas	73.9	3.11	4.35	0.16	12.56	1.5	0.16	0.971971276	1.66
PER1/XRF/E	Moquegua	299135	8103299	Lavas	74.4	3.12	4.23	0.15	12.54	1.35	0.13	1.016390416	1.48
PER1/XRF/F	Moquegua	299135	8103299	Lavas	74.65	3.1	4.31	0.16	12.57	1.35	0.13	1.016390416	1.48
PER1/XRF/G	Moquegua	299135	8103299	Lavas	71.17	2.43	5.8	0.25	13.79	1.68	0.04	1.62324929	1.72
PER1/XRF/H	Moquegua	299135	8103299	Lavas	74.79	3.1	4.41	0.17	12.75	1.36	0.13	1.019595556	1.49
HHB000509	Moquegua	363631	8093169	Lavas	66.41	3.87	3.43	0.44	15.99	3.73	0.13	1.45776548	3.86
HHB000601A	Moquegua	369156	8084856	Lavas	63.22	3.4	3.49	0.67	14.96	4.75	1.91	0.395660242	6.66
HHB000601B	Moquegua	369156	8084856	Lavas	62.53	3.4	3.43	0.69	14.98	5.08	2.19	0.365419597	7.27
HHB000601C	Moquegua	369156	8084856	Lavas	60.75	3.5	2.88	0.67	15.95	5.26	2.14	0.390571971	7.4
CL42	Clemesi	280779	8105696	Toba	73.53	2.82	4.88	0.21	12.86	1.63	0.08	1.309097617	1.71
TO15	Moquegua	298986	8102912	toba	73.23	2.63	4.2	0.17	12.64	1.49	0.1	1.173186268	1.59
PQ2460800	Puquina	276725	8158752	Lavas	60.75	4	2.52	0.79	15.62	5.87	1.68	0.54332882	7.55
PA220800	Pachía	387995	8037150	Lavas	62.17	4.09	1.78	0.46	16.1	4.29	1.68	0.40714801	5.97
MO01	Clemesi	287266	8104519	Riolita	72.85	3.01	4.32	0.18	12.57	1.1	-1	-1	0.1
MM06	Moquegua	326759	8101979	Dolerita	59.17	4.04	4.04	1.1	16	7.26	2.28	0.503001774	9.54
PA980600	Pachía	350420	8058575	Riolita	72.32	4.14	4	0.22	13.28	1.68	-1	-1	0.68
OM06	Moquegua	288565	8118918	Dolerita	55.88	2.97	2.13	0.91	16.2	8.28	3.66	0.354549251	11.94
MO02	Clemesi	287582	8104714	Riolita	75.88	2.73	4.14	0.19	11.55	1.07	-1	-1	0.07
MO17	Moquegua	324002	8113051	Riolita	75.84	2.56	4.84	0.12	12.54	0.7	0.05	1.146128036	0.75
MO22	Moquegua	321835	8109005	Riolita	77.96	3.07	4.36	0.12	12.03	0.27	0.05	0.73239376	0.32
OM7	Moquegua	287273	8116777	Riolita	69.39	4.13	3.63	0.34	14.16	2.56	0.52	0.692236622	3.08
MO30	Moquegua	329294	8106764	Riolita	77.52	3.39	4.13	0.09	12.31	0.34	0.07	0.686380877	0.41
TO04	Moquegua	317796	8096493	Riolita	68.79	3.98	5.18	0.47	14.59	2.85	1.24	0.361423175	4.09
M40	Moquegua	315666	8105155	Riolita	70.78	2.57	5.43	0.23	13.27	1.59	-1	-1	0.59
M43	Moquegua	324430	8101798	Toba	72.64	3.67	4.93	0.18	13.2	1.77	0.46	0.585215435	2.23
MO12	Moquegua	290441	8103154	Riolita	72.29	3.29	4.22	0.2	13.54	1.66	0.29	0.75771009	1.95
MO38	Moquegua	317902	8104314	Dolerita	59.96	4.17	4.79	0.94	14.83	4.48	1.62	0.441762999	6.1
MO14	Moquegua	323604	8112300	Dolerita	54.3	3.52	1.88	1.05	18.28	7.63	3.9	0.291459931	11.53
MO10	Moquegua	296514	8103246	Toba	73.75	3.79	4.58	0.15	12.96	1.65	0.36	0.661181443	2.01
TO48	Moquegua	333694	8079438	Toba	56.03	2.81	2.43	0.96	16.14	7.85	3.55	0.344641304	11.4
TO37	Moquegua	324274	8085679	Riolita	65.22	2.84	7.07	0.57	16.28	3.17	0.01	2.501059262	3.18
TO39	Moquegua	322618	8085982	Riolita	72.99	3.84	4.28	0.24	13.52	1.99	0.09	1.344610567	2.08
TO36	Moquegua	324454	8086174	Riolita	70.28	4.09	3.74	0.36	14.29	2.43	0.38	0.805822677	2.81
TO26	Moquegua	318434	8085792	Riolita	65.08	3.8	3.23	0.45	15.16	3.52	0.14	1.400414628	3.66
MM13	Moquegua	327468	8102720	Dolerita	54.92	4.23	1.86	1.2	17.12	8.64	3.82	0.35445038	12.46

5.2. Análisis Estructural

5.2.1. Procedimiento del Trabajo

5.2.1.1. Compilación de Datos

Se ubicaron las estaciones en torno al área de estudio (Plano Nro. 5-76) y se recolectaron los datos referidos a diaclasas, foliación, lineación de clastos y fallas. Los datos específicos son tomados del campo y están referidos a: rumbo, buzamiento, estrias, inmersión con respecto a la nomenclatura de (Ragan), en el caso de las fallas necesitamos el ángulo de la estría con respecto a la horizontal, (Rumbo). Además otros datos como: Orientación de vetas, planos de estratificación y espesor y profundidad de capas fueron tomados durante un mapeo general, también se determinaron contactos litológicos por fotointerpretación y utilizando la hoja de Moquegua (35-u), Omate (34-u) y los cuadrángulos respectivos a la zona de estudio.

Cuadro N° 5.5. Compilación de elementos estructurales a coleccionar en campo.

Variable	Líneas y Planos	Datos
Foliación	Planos de foliación	Rumbo, buzamiento
Lineación	Lineación de clastos	Rumbo, buzamiento
Juntas	Fracturamiento in situ	Rumbo, buzamiento
Fallamiento	Planos de fallas	Rumbo, buzamiento y pitch.
(Estrías)	Pliegues (ejes)	Inmersión
Otros:	Planos de	Rumbo, buzamiento, espesor y
Plegamiento	estratificación	profundidad
	(Capas)	Rumbo, buzamiento, espesor y
	Vetas	profundidad.
Estructura de Mineralización		

Diseño: R.M.H (Este Trabajo).

4.2.3.2 Proyección Estereográfica

Para su aplicación se utiliza el Software Tectónicos FP escrito por Franz Reiter y Peter Acs Versión 1.6.2 (2002); FaultKinWinFull 1.1 de (Aldmendinger R. 2001).

5.2.2. ESTACIONES

El estudio de los elementos estructurales de las estaciones ubicadas en el plano Nro.1, para el análisis de densidad de fracturas se hace empleando el paquete Dips versión 3.1. el ploteo de fallas se realizo en el software Tectonics FP versión 1.6.2, Faultkinwin 1.2.2, asimismo se cuenta con el apoyo del software ArcGis 9.2 para los planos en 2D.

El objetivo de esta sección es determinar las principales familias de fracturamiento, lineación, fallamiento y plegamiento. Estas familias son el resultado de la concentración polar de la orientación de las estructuras, lo cual primero se utilizó en la Proyección polar, la red de equiareal (Lambert – Schmidt), y posteriormente para la dispersión de polos, se utilizó la distribución estadística de Fisher (herramienta del paquete Dips 2,3) que permite ajustar las distribuciones (o contorneos de concentración) exactamente.

Para ordenar la información y mejorar la interpretación se han formado 9 grandes grupos a partir de las estaciones, los cuales son llamados "sectores". El criterio empleado para unir las estaciones en sectores, es la similitud de rasgos estructurales contenidos en cada estación.

Las familias resultantes de cada estación, sector, estructuras locales y regionales de la estereografía servirán para el subsiguiente análisis cinemático. Está conformado por 30 estaciones en las que predomina el diaclasamiento como rasgo estructural, cabe señalar que litológicamente predominan los afloramientos del Cretácico Superior que han intruído a secuencias volcánicas del Grupo Toquepala asignado al Cretáceo Superior, en su mayoría están cubiertos por depósitos fluvioaluviales (Cuaternario). A continuación se detalla cada estación:

5.2.2.1. ESTACION LOS CALATOS

Se ubica al Sur de Omate a 30 Km., litológicamente esta constituido por la Formación Paralaque conformado por lavas, tobas, de color gris verdusco, la Formación Sotillo conformada por secuencias de arenas, limos y secuencias de lutitas, con una posición estratifica sub horizontal (Ver foto N° .) estas secuencias están cortadas por monzonita, diorita, monzodiorita de la Super Unidad Yarabamba.

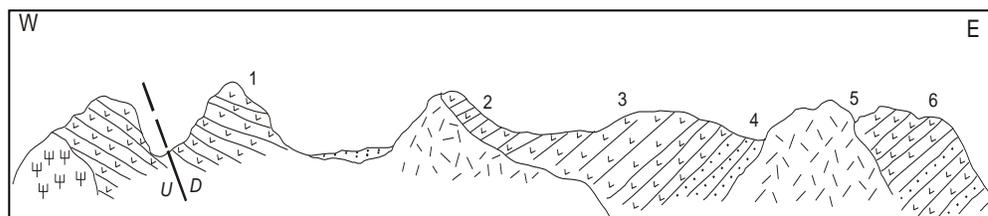


Figura N° 5.4. (8132811, 284534) Perfil Interpretativo Mirando al NE.

1. Ignimbrita gris rojizas de la Formación Paralaque Rumbo N40° E buzamiento 35° SE. (Toba – Lapilli) falla posiblemente alineado con punto 3. de sección calatos.
2. Secuencia interestratificada (flujos lávicos) de 1.30 m de grosor se observa monzodiorita de la Súper Unidad Yarabamba, con alteración propilitica. El desarrollo de fracturamiento es denotado por la siguientes direcciones N/180°E/ 85°SO; N330°E/ 40°SE; N70°E / 75°NO.

3. Flújos lávicos color gris claro de la Formación Paralaque en disconformidad con rocas intrusivas – gris pardo con una dirección de flujo de N220° E/30° NO.
4. Areniscas de grano medio de color gris pardo; N295°E con buzamiento 20° SO.
5. Areniscas tobaceas de grano medio a fino de color gris claro observamos areniscas gris verde en estratos en secuencias medias de la Formación Paralaque bien estratificados con rumbo N80°E; 45° NO.

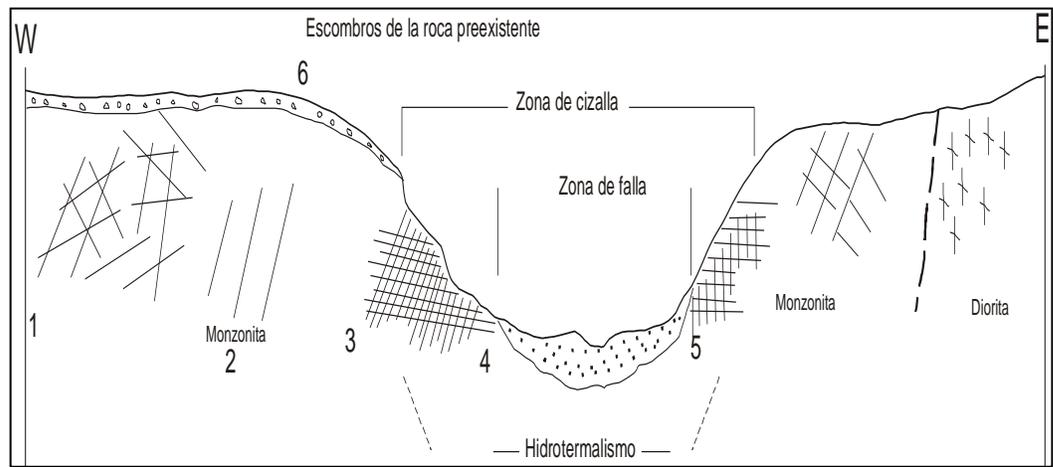


Figura N° 5.5. (8130997, 286016) Mirando al NE.

Se observa una foliación paralela a la estratificación, En campo se realizó un travers con rumbo N45E perpendicular al desarrollo de la zona de cizalla.

1. En campo se observa el cambio de la intensidad de los esfuerzos reflejada en las fracturas, la roca es constituida por monzonita de grano medio.
2. Se observa diques que alteran a la monzonita, de composición asociado a diques máficos de 0.5 m. de grosor equidistantes a 2m.
3. El grado de fracturamiento en el punto 3 es mayor, aproximándonos a la zona de cizalla. (ZC).
4. Se observa un fracturamiento tabular de bajo ángulo (20-30) con un plunge al Este, perpendicular a la zona de falla (ZF) sigma 3 determinando un desarrollo de fracturamiento mucho mayor en relación al punto 1.
5. Observamos contacto con material cuaternario cubriendo a la zona de cizalla con presencia de minerales de óxidos de Fe, limonita, goetita y hematita.
6. En la zona de falla se observa un fracturamiento de bajo ángulo con rumbo N175E buzamiento 10° SO perpendicular a la zona de cizalla.

Fracturas con Rumbo N255°E, 75° NW con aberturas de 0.03 m. con un relleno de óxidos de hierro y material de cizalla frágil. Se observa una falla de Rumbo, con dirección N110°E buzamiento 70°SO, estrías 50° ID, lo que nos indica un movimiento del tipo Inverso Dextral.

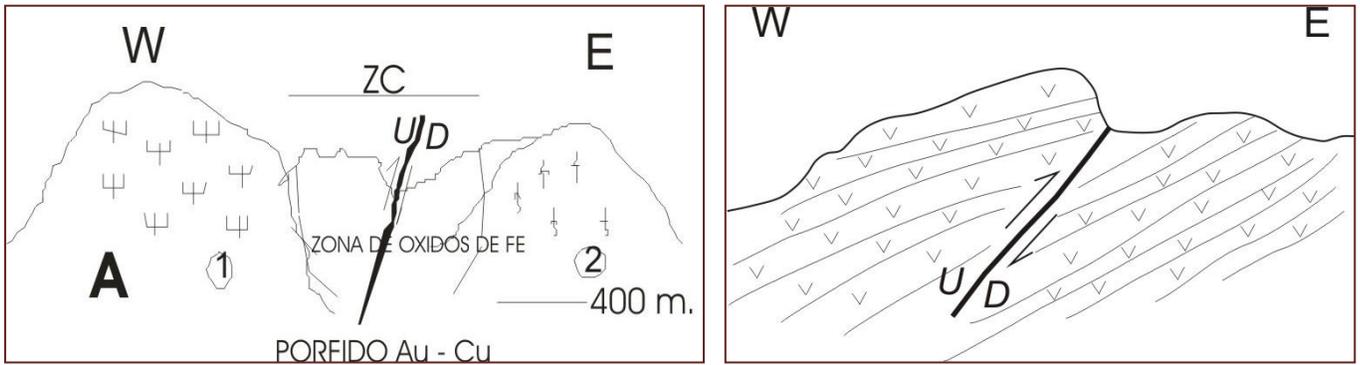


Figura N° 5.10. Izquierda (283376,8143601) falla dextral con rumbo N240° E buzamiento 70° NO. Cortando secuencias de tobas de la Formación Paralaque. Derecha (8130857, 285922) A) Mirando al NE. 1. Observamos a la Monzonita de grano medio con cristales de ortoclasa con óxidos de manganeso (pirolusita). 2. Diorita de color gris oscuro con plagioclasa translúcida bien desarrollada, en la foto de la derecha presenta ZC zona de cizalla régimen dextral inverso.



Foto N° 5.1. Mirando al SO. Observamos al proyecto Los Calatos, afloramientos de oxidación Goe, Lim en una aureola argilizada.

Los afloramientos son cubiertos por conglomerados subredondeados de la misma roca preexistentes. Se observa diques con Rumbo NE, Que cortan a la monzonita de composición asociados a diorita y venillas de sílice 0.5 cm. generando una ligera alteración de cloritas.

En el punto (285769, 8130864) Observamos dos direcciones de diques que cortan a la monzonita el primero con rumbo N320E, con buzamiento 60°NE con un grosor de 1 m; el segundo N340° E buzamiento 80°NE grosor 0.2 m. Se observa fallas en zonas de cizalla con dirección N320° E y buzamiento 80° SO.

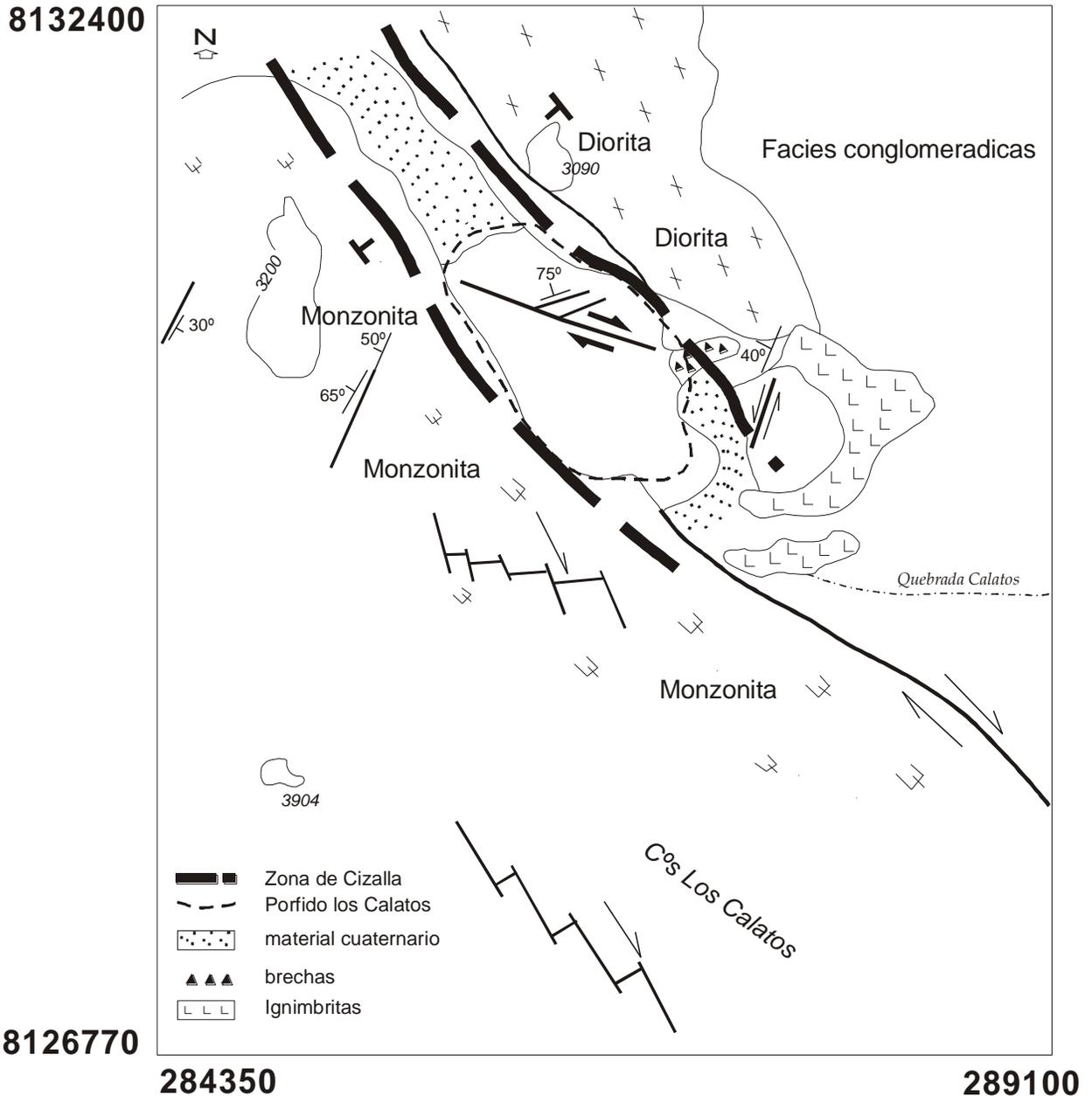


Figura N° 5.11. (8143601, 283376) Mirando al NE, observamos el emplazamiento de un Pórfido del tipo Cu - Au en una zona de cizalla desarrollado en un régimen Dextral Inverso, asociado a una roca Diorita Sub Volcánico de la Súper Unidad Yarabamba Proyecto los Calatos.

El ascenso de diques con rumbo N335° E buzamiento 85° SW y N310° E con buzamiento 60° SW, controla el ascenso de fluidos mineralizantes alterando la roca monzonita por lo que se observa óxidos de Fe.

El sector Calatos presenta el desarrollo de una zona de cizalla muy clara. La medida de fallas dentro de la zona de cizalla presentaba un componente inverso del tipo Inverso Dextral con rumbo N110° E buzamiento 70° SO estrias 50° ID. Las fracturas con rumbo N295° E buzamiento 85° SW, presenta relleno de óxidos de Fe y óxidos de Mn (psilomelano) en aberturas de 1 cm. Asemajándose al desarrollo a un tipo de vetilleo del tipo Stockwork.

Se observa una falla Inversa, Rumbo N110° E buzamiento 70° SO comportamiento es del tipo contracción que va a controlar la zona de cizalla que a la vez controla la mineralización perpendicular a sigma 1 y sigma 3. Observamos además una intersección con estructuras con dirección NE. La interpretación de fotografías aéreas, corroboradas en campo nos indica un comportamiento de contracción en la zona central, adyacente a la zona de contracción tenemos zonas de distensión, de dilatación²³.

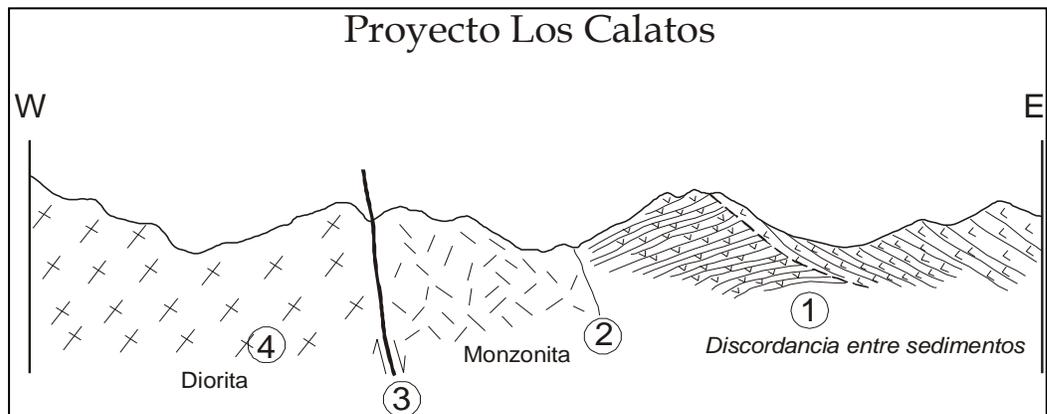


Figura N° 5.12. (8143601, 283376) Mirando al NE se aprecia la relación de campo de la Formación Paralaque.

1. Secuencias de lavas de la Formación Paralaque.
2. Roca intrusiva diorita con cristales de plagioclasa desarrollados de 1mm.
3. Falla Dextral Inversa controla el ascenso del intrusivo monzonítico.
4. Roca intrusiva diorita de grano medio a fino de la Súper Unidad Yarabamba.

²³ Sibson R. H. interacción de ruptura con irregularidades estructurales sobre fallas alejadas por inflexión.

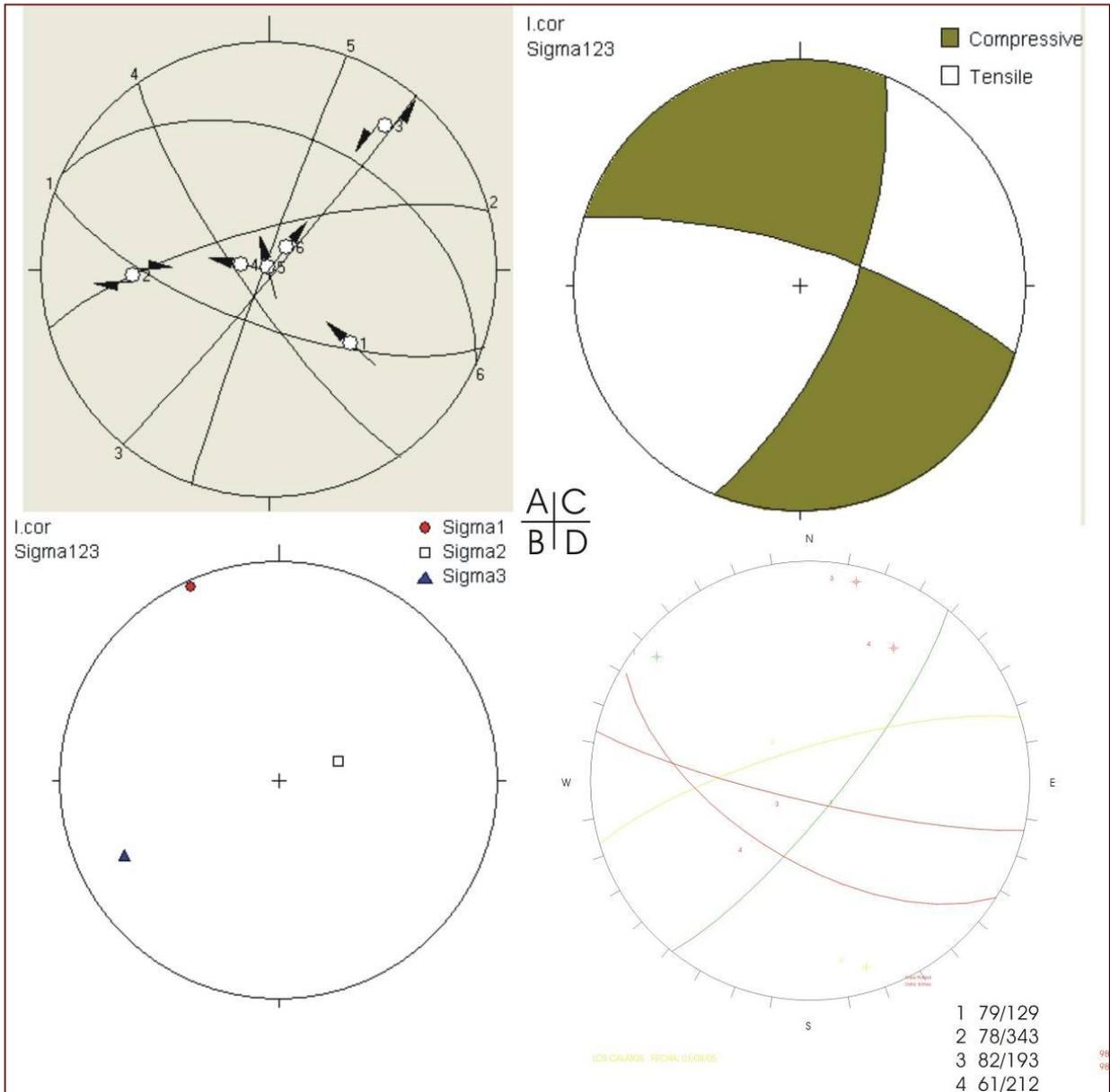


Figura N° 5.13 Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación 1.

5.2.2.2. ESTACION JAHUAY CHICO

El área se encuentra a 18 Km. al Este de la Estación I los Calatos, esta conformado por facies arenaceas de la formación Sotillo, la separación entre ellas varia de 10 a 15 cm., existe rellenos de calcita en sus fracturas, las superficies de fracturamiento son frescas, algunas tienen color amarillento por intemperismo, no hay evidencias de filtración de agua entre fracturas.

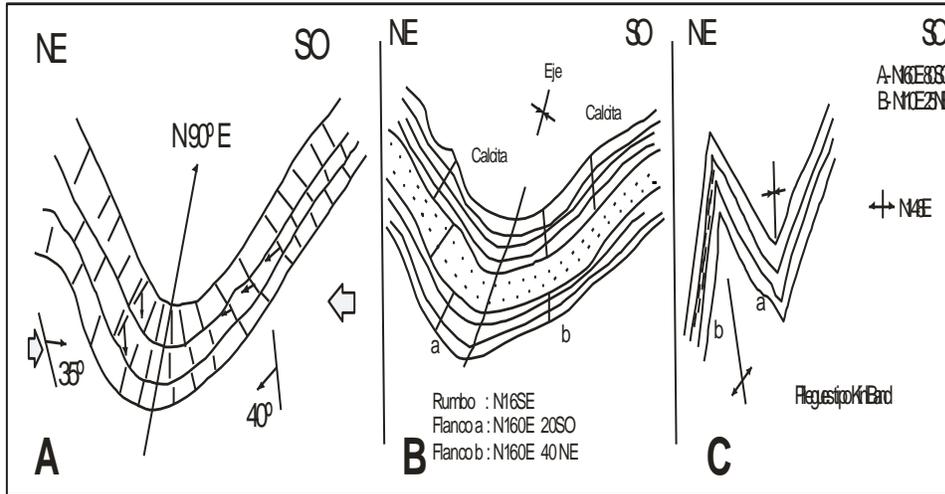


Figura Nº 5.14. (8129540, 296126) Mirando al SE. A) sinclinal con esfuerzo E-W, desarrollo de fracturamiento por compresión. B) tenemos un sinclinal con rumbo N168°E flanco a, rumbo N160° E buzando 20° SO, flanco b, rumbo N160 E buzando 40° NE C) pliegue del tipo Kind Band.

En el punto (8128770,296399), Secuencias arenosas finas de la formación Sotillo son afectadas por microfallas con Rumbo N1110° E buzamiento 80° NE estrías de 60° ND.

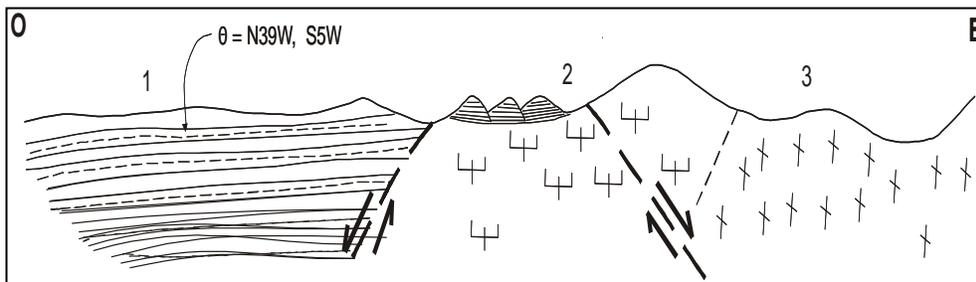


Figura Nº 5.15. (8134400, 297167) Mirando al NO. Perfil Interpretativo de la disposición de la Fm. Sotillo..

1. Formación Sotillo con una estratificación subhorizontal secuencias de limos, areniscas, lutitas.
2. Rocas intrusiva Monzonita de grano medio de la Súper Unidad Yarabamba
3. Roca Intrusiva diorita de grano medio a fino de color gris oscuro a negro de la Súper Unidad Yarabamba.

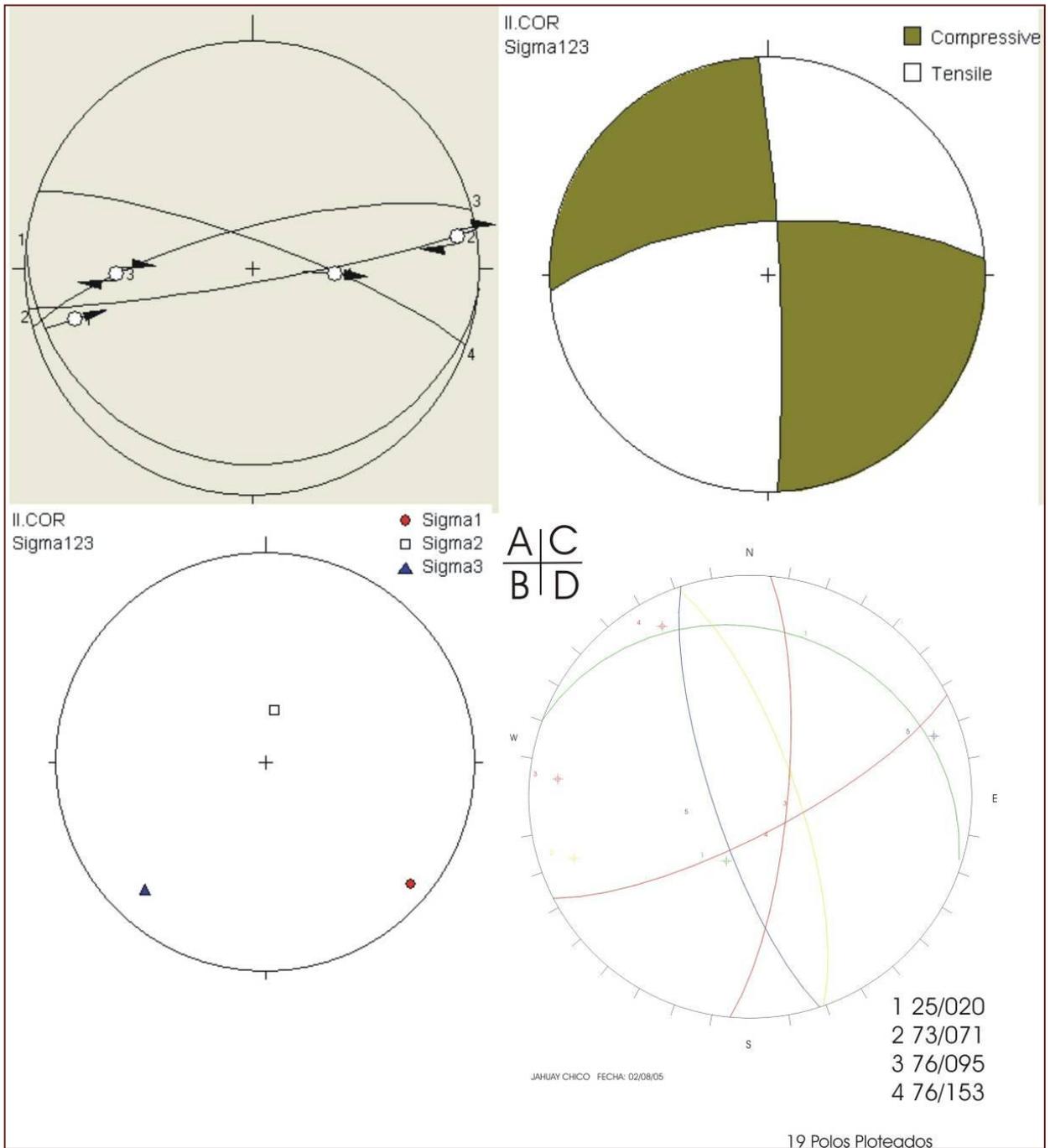


Figura N° 5.16. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación 2.

5.2.2.3. ESTACION RIO OTORA

Se ubica al Norte del Cerro Los Ángeles aproximadamente a 15 Km. Esta conformado por secuencias volcánicas de la formación Paralaque (Martínez, W. & Zuloaga, A. 2000) Observamos a las fracturas relleno por estilolitas de color pardo con arcillas y fragmentos subredondeados de 0.3 Cm.

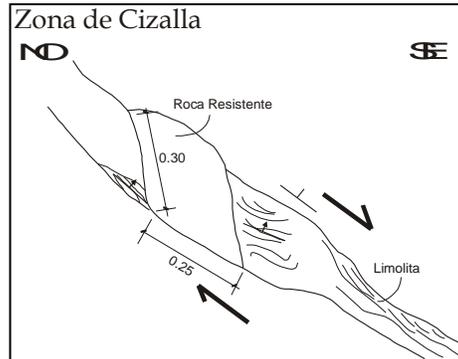


Figura N° 5.17. (8116796, 302896) tenemos una falla de N45E con un buzamiento de 60°SE mostrando un comportamiento del tipo dextral normal con estrias de 50°. Se observa una estructura cinemática del tipo foliación sigmoidal en una ignimbrita, el cual indica un movimiento normal, desarrollando material de cizalla frágil-ductil. Falla dextral con Rumbo N70° E buzamiento 40° NO, estrias 55°.

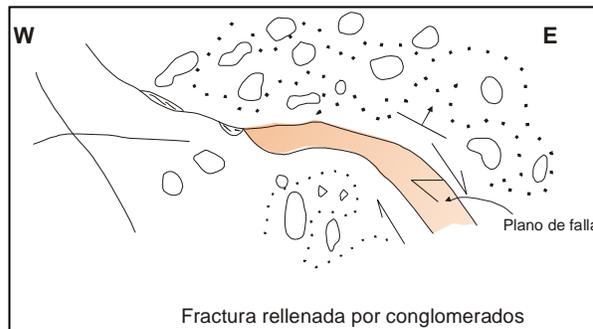


Figura N° 5.18. (8116531,302965) tenemos una falla con rumbo N140° E, buzamiento 70° NE; con una abertura 0.03 m.

En el gráfico se observa material triturado de falla, en el punto (302955, 8116419) con rumbo N80E buzamiento 50° NO del tipo dextral Inversa. El desarrollo de fracturamiento está asociado al fracturamiento sigmoidal, esto se manifiesta en una roca ignimbrita de la formación Paralaque con óxidos de manganeso (psilomelano). Este fracturamiento asociado a foliación sigmoidal " se debe a la heterogeneidad en la deformación finita que existe en las zonas de cizalla"²⁴.

²⁴ Simpson (1986), son representadas por una disminución progresiva hacia el centro de la zona de cizalla, la intensidad de la foliación tiende a aumentar hacia el centro de la zona de cizalla.

Se observa una zona de cizalla de 3 m. con una abertura rellena por limonita y roca triturada por el movimiento de cizalla en el punto (8116404, 303177), se observa una falla con rumbo N75°E buzamiento 60° NO estrías 30° tipo dextral Inversa. En el punto (8116670,302928) observamos foliación sigmoidal con 5 sistemas de fracturamiento en una zona de falla, material dúctil plástico, Arcillas de color gris claro zona de gouge panizo.

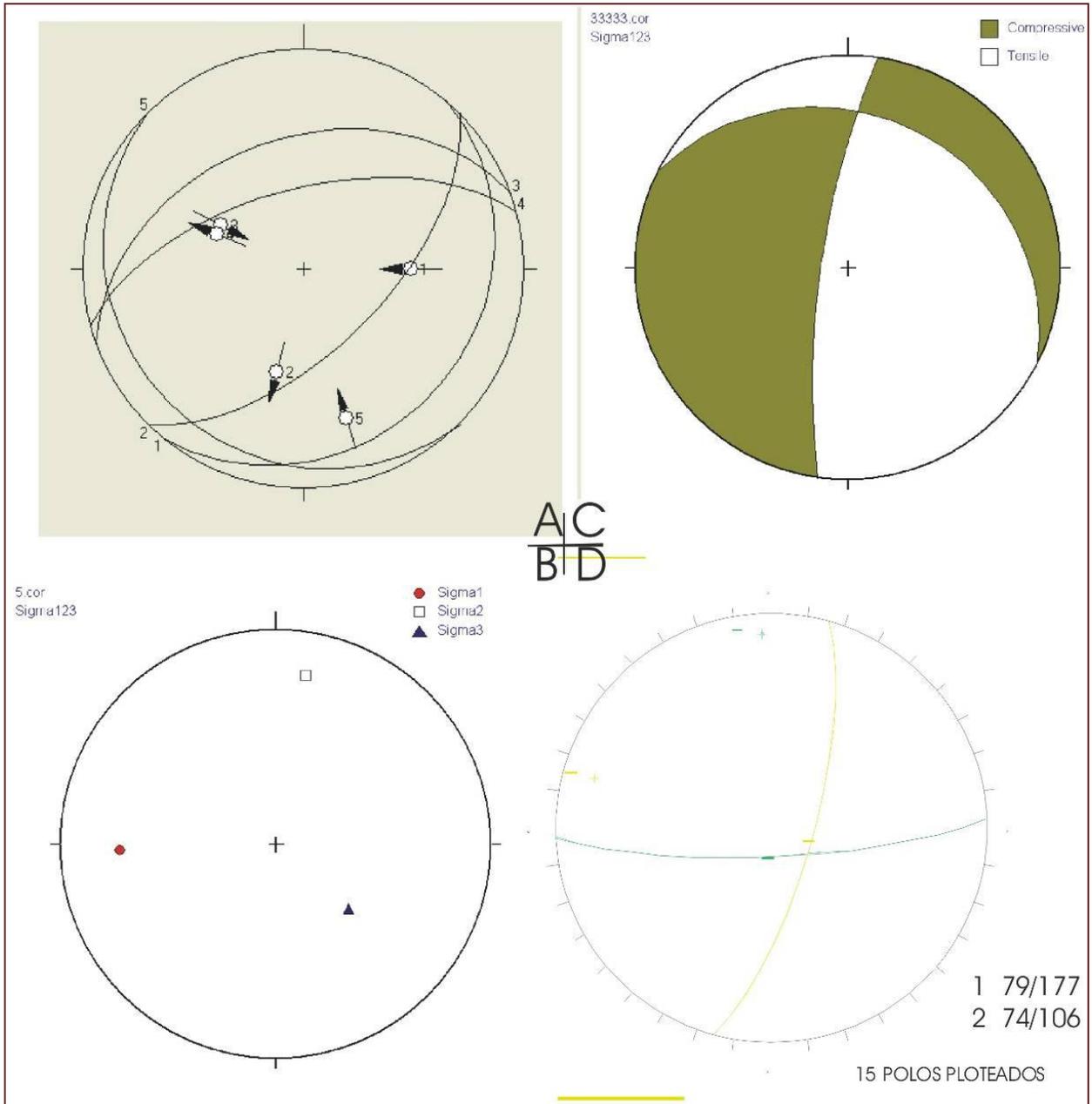


Figura N° 5.19. Proyección estereográfica de fallas con pitch estación-3.

5.2.2.4. ESTACION TORATA I

Se ubica al NE del Cerro los Ángeles a 7 Km. aproximadamente; esta conformado por tobas altamente soldadas, textura con minerales esenciales plagioclasas y cuarzo, como accesorios, biotita, fragmentos líticos vidrio y opacos, color gris rojizo, ignimbrita de color gris pardo con una matriz friable .flujos piro clásticos de compresión asociada a riolitas de la formación Paralaque.

En el punto (8112273, 305159) tenemos una falla con rumbo N320° E y buzamiento 45° NE. El régimen tectónico desarrollado para esta estación se ha determinado por un conjunto de fallas con un predominio *inverso siniestral*²⁵.

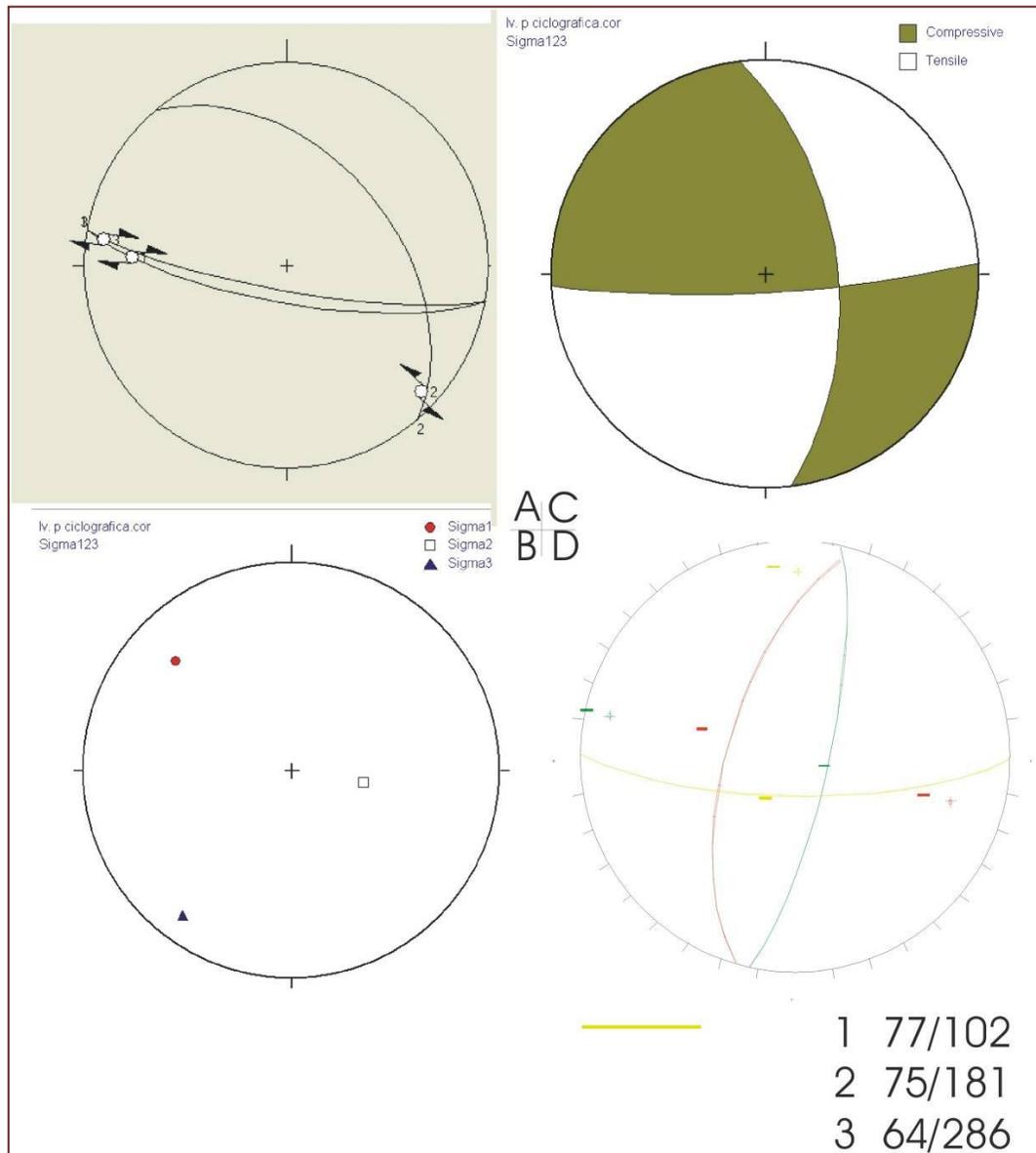


Figura N° 5.20. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-4.

²⁵ Vergely. (1999) p. 100.

Se observa fallas paralelas sin estrías en el punto (8112206, 305107) con rumbo N270° E 70° NE y rumbo N290° E y buzamiento 70° NW.

Se observa el desarrollo del fracturamiento perpendicular a la zona de falla en el punto (8112277, 305122) tenemos falla con un estrías de 25° lo que corresponde a un comportamiento Dextral Normal.

En el punto (8112273, 305159) tenemos una falla con rumbo N320° E y buzamiento 45° NE. El régimen tectónico desarrollado para esta estación se ha determinado por un conjunto de fallas con un predominio *inverso siniestral*²⁶.

4.2.4.5. ESTACION TORATA II

Se encuentra ubicada a 6 Km. al Norte del cerró Baúl, conformada por tobas de la Formación Paralaque que son afectadas por la presencia de zonas de falla provocando zonas de cizalla con presencia de alteración argílica, con plagioclasas alteradas. En el punto (8113493, 301902) tenemos una zona de cizalla de 20 m. de longitud, matriz parda con granos orientados con rumbo N280°E y buzamiento 50°SE; textura eutaxítica con una ligera inclinación al SE; venillas rellenas por material de falla en una abertura de 0.02 m.

Las Estructuras S-C, consisten de pequeños planos de cizalla separados por milímetros o centímetros entre si y orientados subparalelos a los bordes de la zona cizalla principal por el cual determinamos el sentido de desplazamiento en una zona de cizalla²⁷.

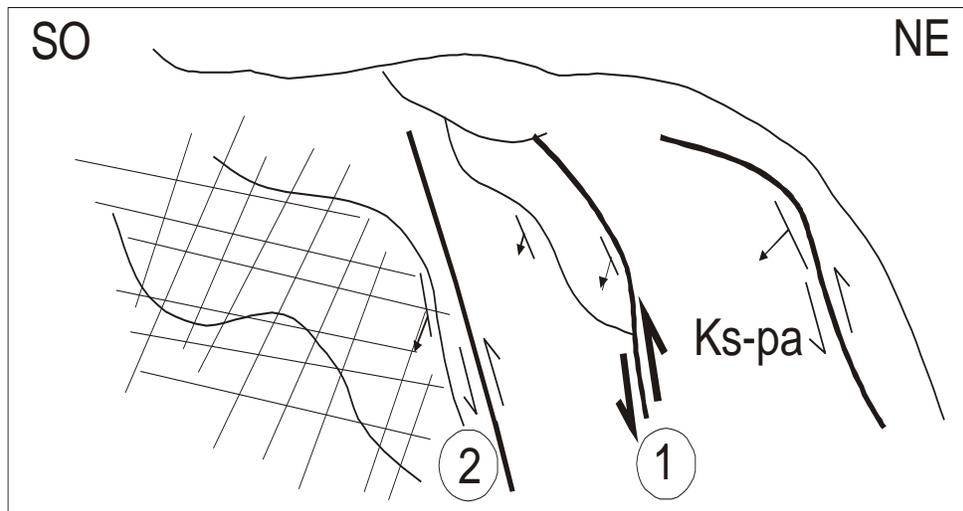


Figura Nº 5.21. (8113473, 301920) Mirando al NE zona de cizalla estructura sigmoideales.

La estructura sigmoideal vista en la figura muestra un evento normal.

²⁶ Vergely. (1999) p. 100.

²⁷ Lister y Snoke (1984), las estructuras S-C fueron descritas por primera vez por Berthe et al., los planos C, frecuentemente muestran una lineación paralela a la dirección de cizalla, pero los planos S y C, definen una lineación de Intersección perpendicular a la dirección de cizalla, estas estructuras planares compuestas se desarrollan en las fases tempranas de una deformación.

1. Falla con rumbo N310°E 30°SO estrías 30° movimiento dextral inversa, zona de cizalla principal en la que se observa Estructuras S-C para determinar el sentido del movimiento.
2. Falla con rumbo N265°E 65°NE con estrías 15° movimiento dextral inversa.

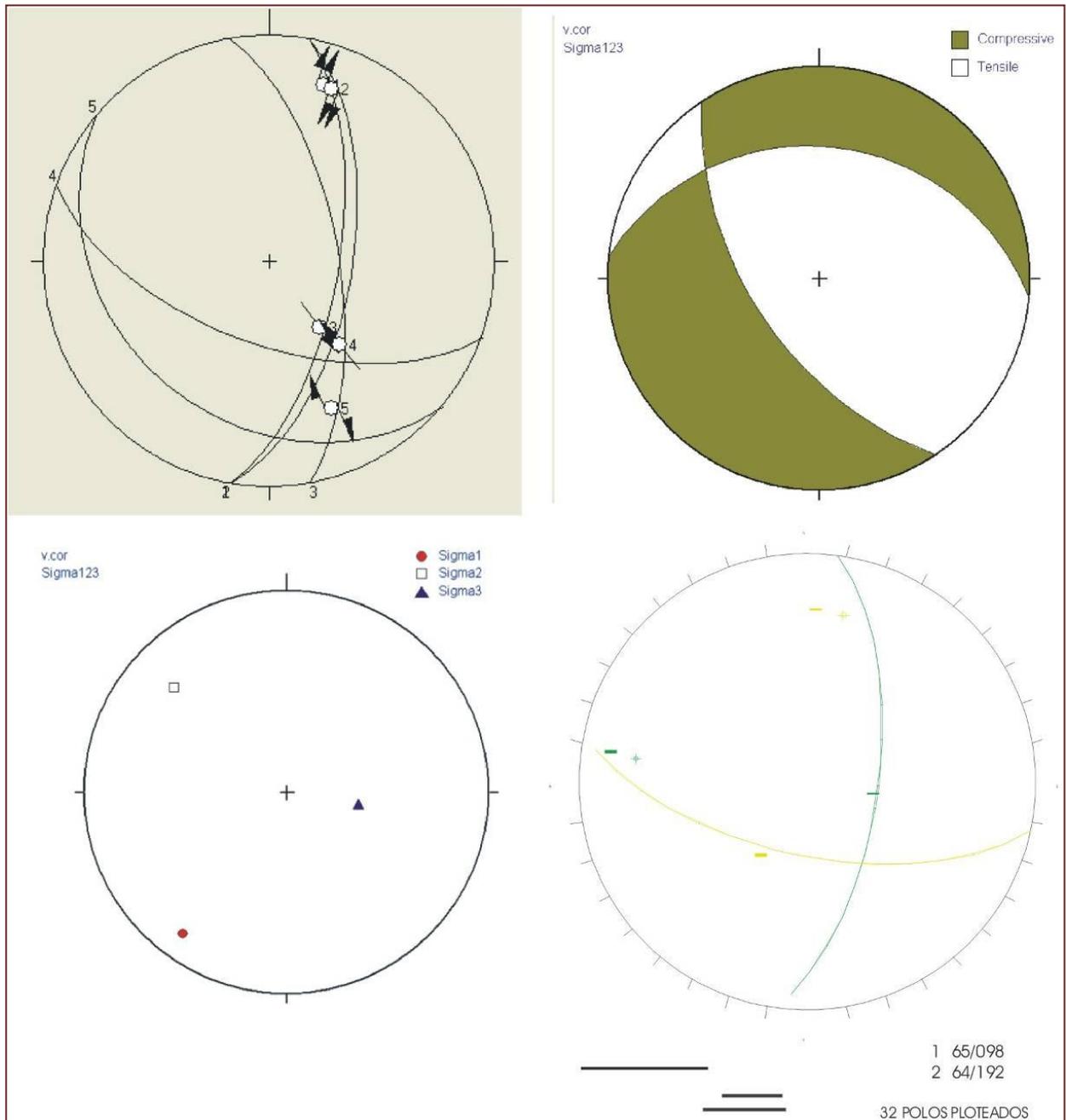


Figura N° 5.22. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-5.

5.2.2.6. ESTACION TORATA III

Se encuentra localizada a 15 Km. al NE de Moquegua esta conformado por el Este por la formación Inogoya infrayaciendo a flujos lávicos de la formación Paralaque, tobas de color gris claro con presencia de alteración argílica debido a una zona de falla de régimen del tipo dextral, que corta las secuencias volcánicas de la Formación Paralaque.

En esta estación se tomo datos de 4 fallas con presencia de estrías que fueron ploteados (ver plano Estructural):

1. Falla Rumbo N30°E 60°NW con un estrías de 30° movimiento Dextral Normal.
2. Falla Rumbo N 320°E 85° NE con un estrías 60° Normal siniestral
3. Falla Rumbo N90°E 80° S con un estrías 10° Siniestral Inverso
4. Falla Rumbo N5°E 65°NW con un estrías 20° Dextral Inverso.

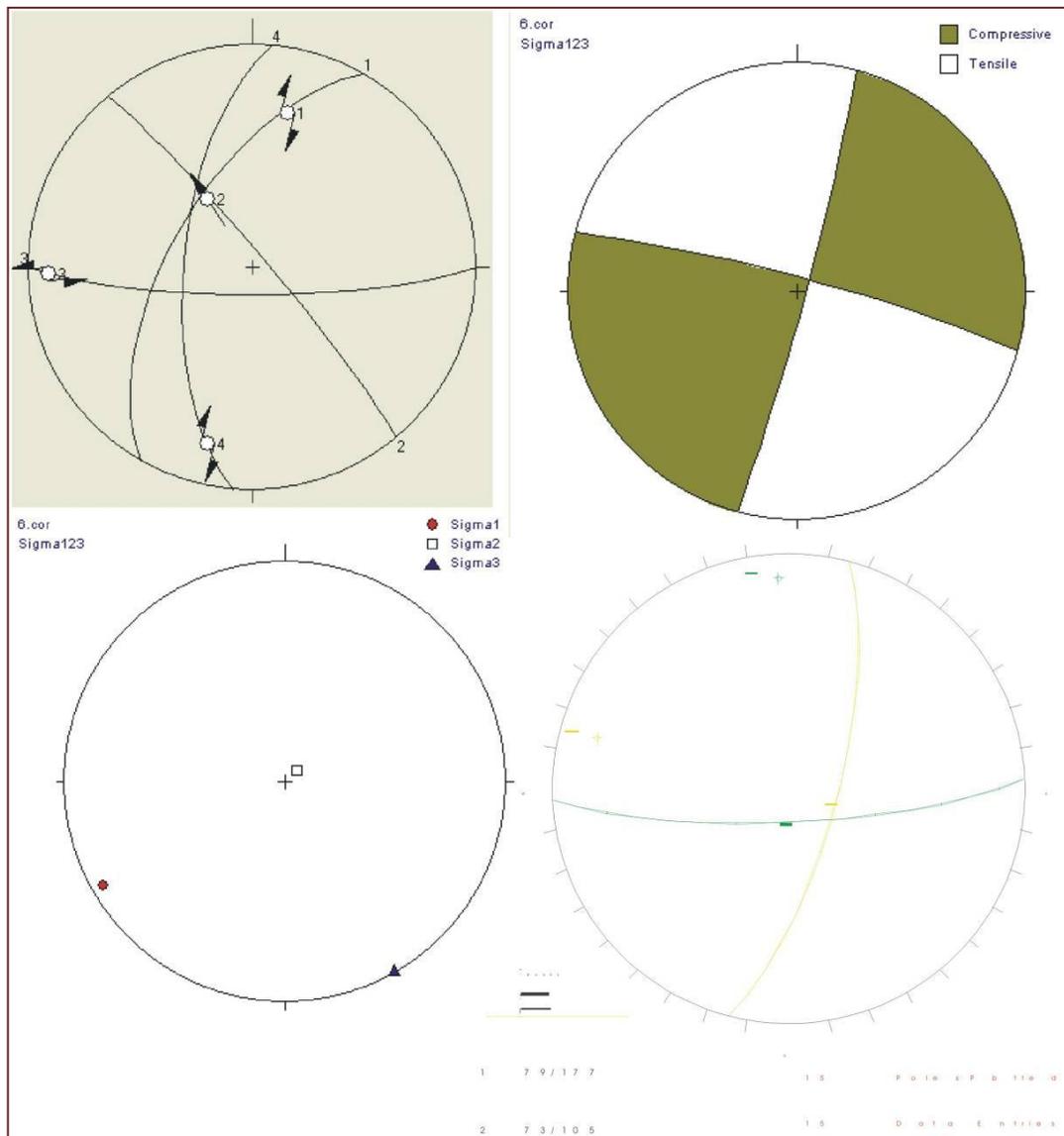


Figura N° 5.23. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-6.

5.2.2.7. ESTACION TORATA IV

El área se encuentra a 14 Km. al NE de Moquegua, esta conformado por la Formación Paralaque el área se encuentra en una zona de alteración producto de movimientos de una zona de cizalla que se interpreto como una falla inversa dextral con vergencia al Este, al NO de esta estación se observa fallas de dilatación que son producto del movimiento dextral que corta y altera las secuencias de la Formación Paralaque Tobas, con presencia de plagioclasas alteradas.

En el punto (8109542, 304131) esta conformado por tobas de la Formación Paralaque, que son afectadas por un juego de fallas con Rumbo N250° E buzamiento 75° SE, se observo fallas que controlan un juego de fallas con rumbo N 280° E y buzamiento 65° NE estrías 35° movimiento siniestral normal, y en otra dirección fallas de rumbo N75°E y buzamiento 50° NO con estrías de 80° movimiento normal siniestral, el fracturamiento de rumbo N250°E esta fuertemente desarrollado en el área.

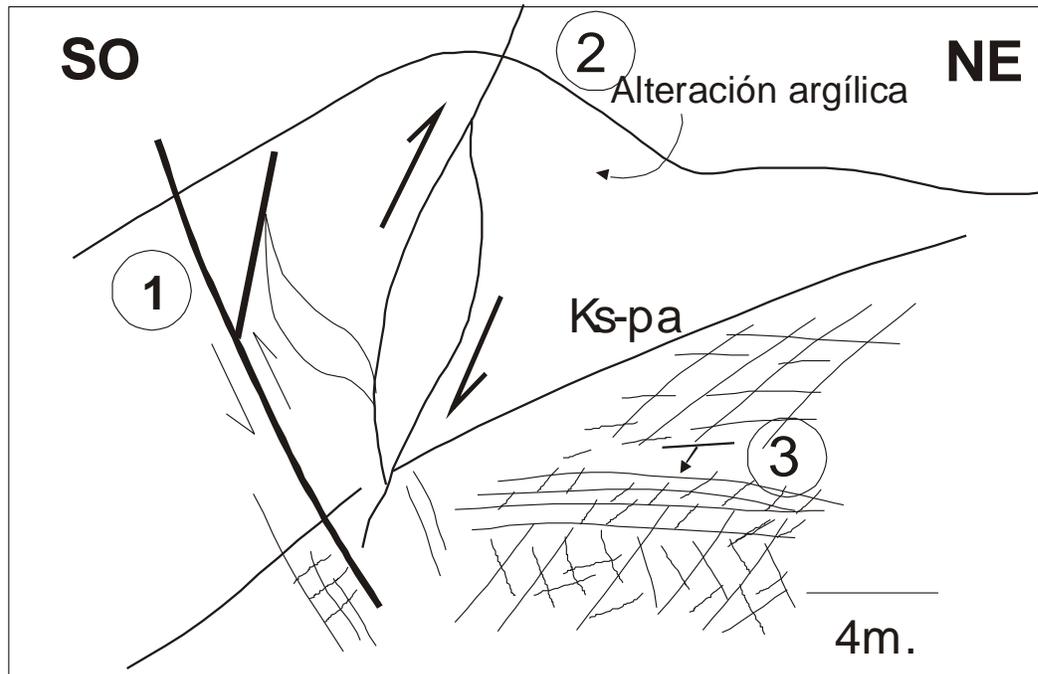


Figura Nº 5.24. (8112198,305103) mirando al SE zona de fallas inversas.

1. Falla con rumbo N320°E buzamiento 45°NE con estrías 10° SI corresponde a un movimiento siniestral inverso.
2. Falla con rumbo N280°E/75°SW con estrías 25° corresponde a un movimiento Dextral Normal.
3. Implica una zona de falla de 6 m. de ancho donde se muestra desarrollo de fracturamiento perpendicular a la zona de falla, dentro de la zona de falla debido al desplazamiento podemos observar material

triturado del tipo frágil-dúctil conformada por tobas de la Formación Paralaque.

El desarrollo de fracturamiento se ve reflejado en los siguientes resultados de proyección estereográfica:

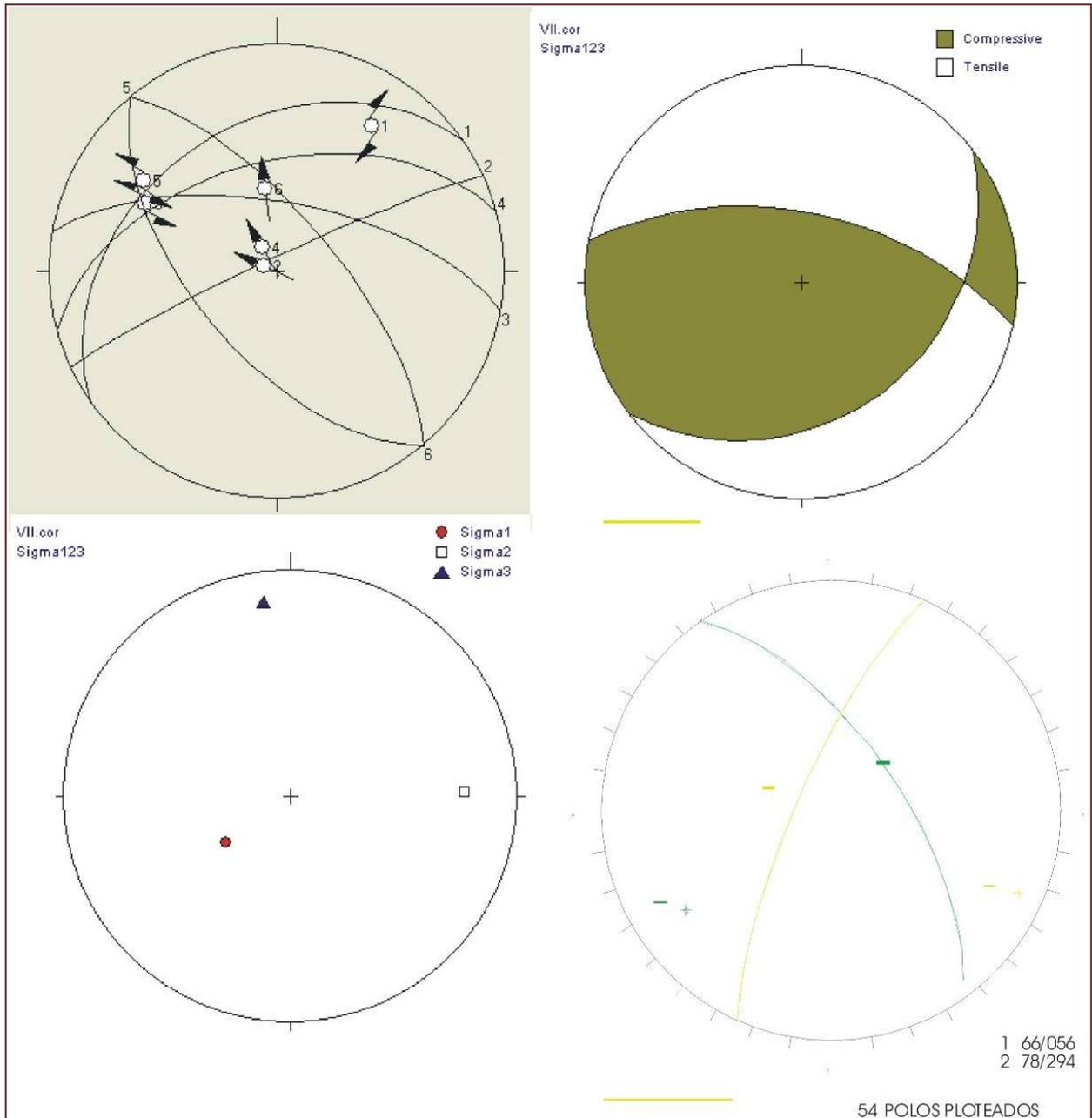


Figura N° 5.25. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-7.

5.2.2.8. ESTACION TORATA V

El área se encuentra a 3 Km. al NE del cerro Baúl, esta constituido por flujos lávicos de color gris claro a gris rosadas con feldespatos alterados y presencia de biotita, con relleno de calcita en las fracturas, que corresponde a la Formación Huaracane.

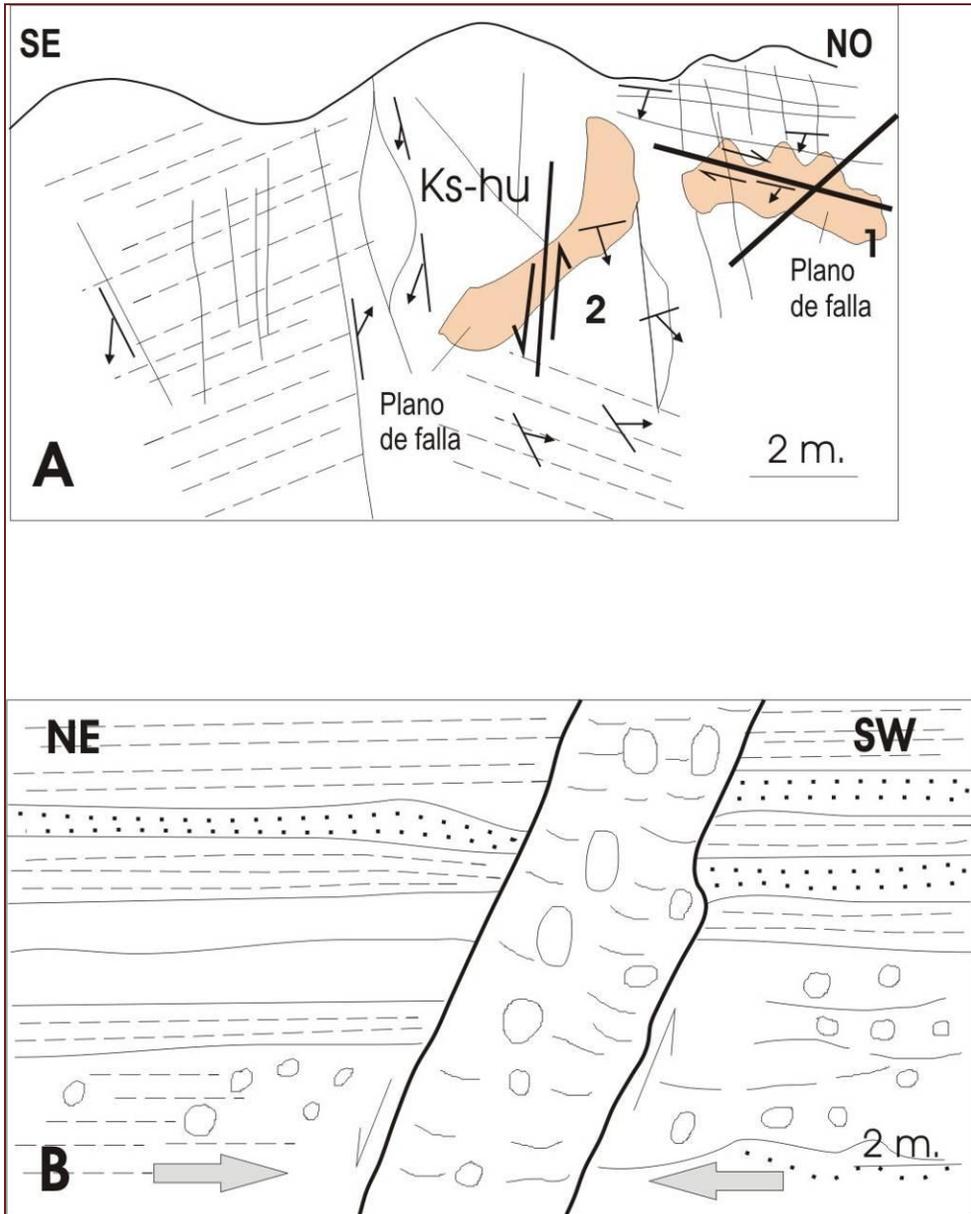


Figura Nº 5.26. (8109807, 303477) A) Mirando al O. planos de falla Normal, que buzan al SE 1. rumbo N260°E/ 60°SE 40°DN, 2. rumbo N70°E/ 80°NO 85°ND. B) Falla normal que controla el emplazamiento de un dike con fragmentos sub. redondeados de composición asociado a Diorita, con rumbo N 40° E/ 70° SE.

Con un grosor de 1.5 m. que corta areniscas de color verde, litificadas con conglomerados.

El área esta adyacente a una zona de falla inversa de régimen dextral inverso. Debido al análisis estereográfico tenemos lo siguiente:

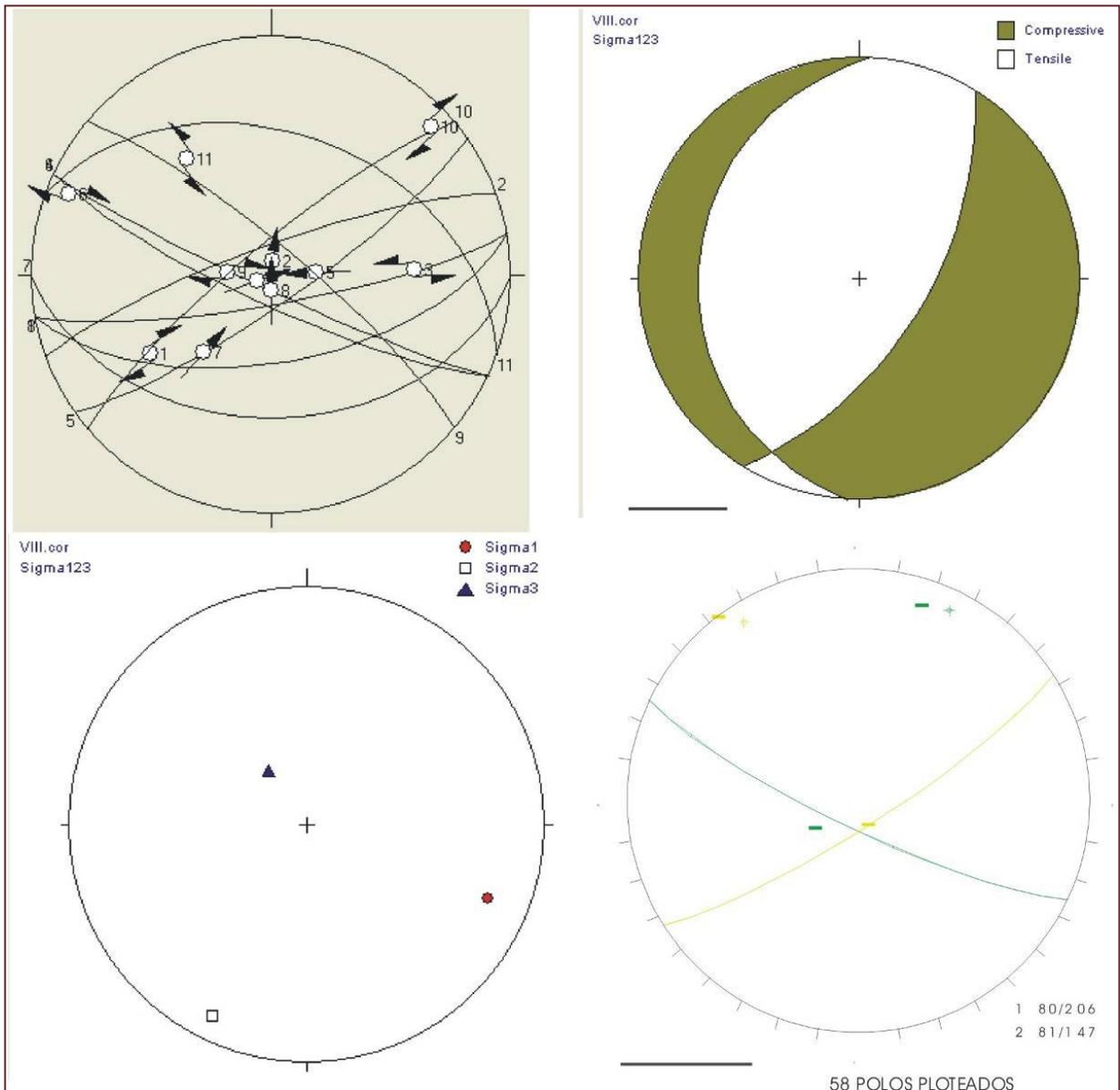


Figura N° 5.27. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-8.

5.2.2.9. ESTACION TORATA VI

El área se encuentra a 8 Km. al NE del cerro Baúl, esta constituido por tobas líticas de color gris rojizo con secuencias medias delgadas de areniscas y lutitas violáceas de la Formación Inogoya.

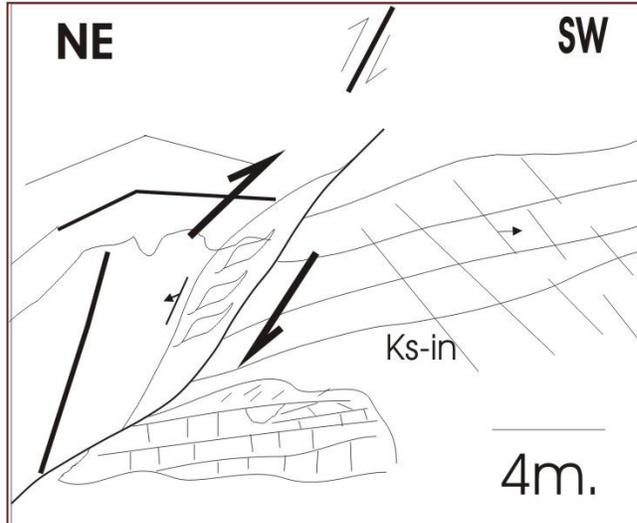


Figura N° 5.28. (8114300, 304030) Mirando al NE observamos fracturas secundarias asociada una falla cuya orientación y cinemática acusan el sentido de desplazamiento sobre la falla, se observa también foliación sigmoidal, cinemática de cizalla, en zona dúctil, por el cual se comporta como dextral inverso Rumbo S35°O.

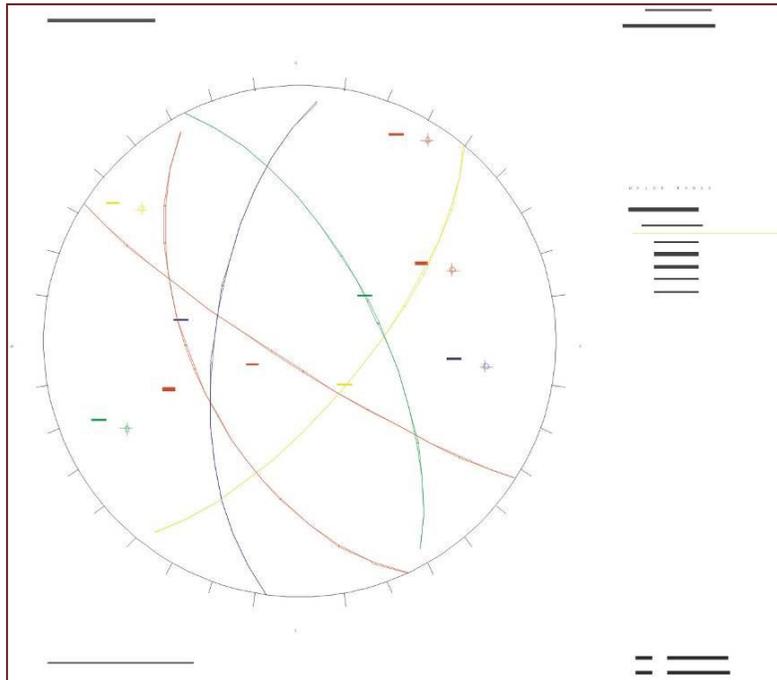


Figura N° 5.29. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-9.

5.2.2.10. ESTACION CERRO MEJIA

Se encuentra ubicado a 1 Km. al NE del Cerro Baúl, esta conformado flujos piroclásticos del tipo toba lapilli de la Fm. Paralaque, tobas de color gris parduzco donde se observa una zona de falla en el margen derecho de la vía asfaltada Moquegua –Torata.

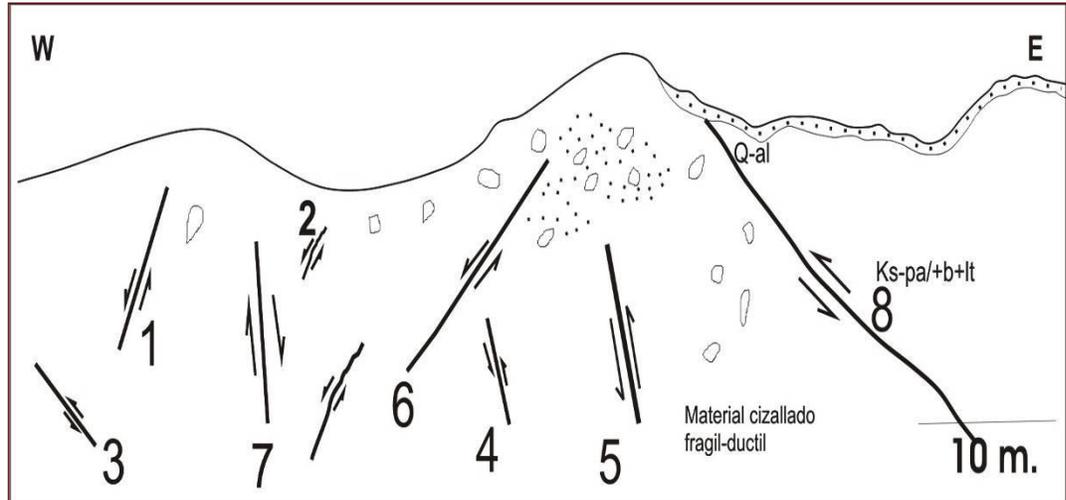


Figura Nº 5.30. (8108070,302730) Mirando al NW, se observa una zona de falla con presencia de fallas con las siguientes componentes.

1. Falla con rumbo N350°E buzamiento 85°SO estrías 60° normal siniestral.
2. Falla con rumbo N85°E buzamiento 85°NO estrías 20° dextral inversa.
3. Falla con rumbo N20°E buzamiento 65°SO estrías 40° siniestral inversa
4. Falla con rumbo N295°E buzamiento 70°NE estrías 40° siniestral inversa
5. Falla con rumbo N340°E buzamiento 80°NE estrías 60° siniestral inversa
6. Falla con rumbo N340°E buzamiento 80°SO estrías 15° dextral normal.
7. Falla con rumbo N40°E buzamiento 70°SE estrías 40° normal dextral
8. Falla con rumbo N350°E buzamiento 40°NE estrías 55° inversa siniestral.

Por la composición geométrica se observa dos predominio en esfuerzo del movimiento de rumbo azimutal bien claros: el primero de rumbo N 340°E asociado a un componente Siniestral Inversa; y un segundo con rumbo N85°E de componente dextral inverso.

Estos esfuerzos corresponde a comportamientos transpresivos asociados a la lineación de la falla Micalaco de componente dextral inverso relacionado a la zona de borde del ascenso magmático del placolito Yarabamba, esta estructura esta limitando las secuencias epicontinentales de la Formación Moquegua (ciclo Pre Toquepala) con secuencias del Grupo Toquepala atribuido al Cretáceo Superior.

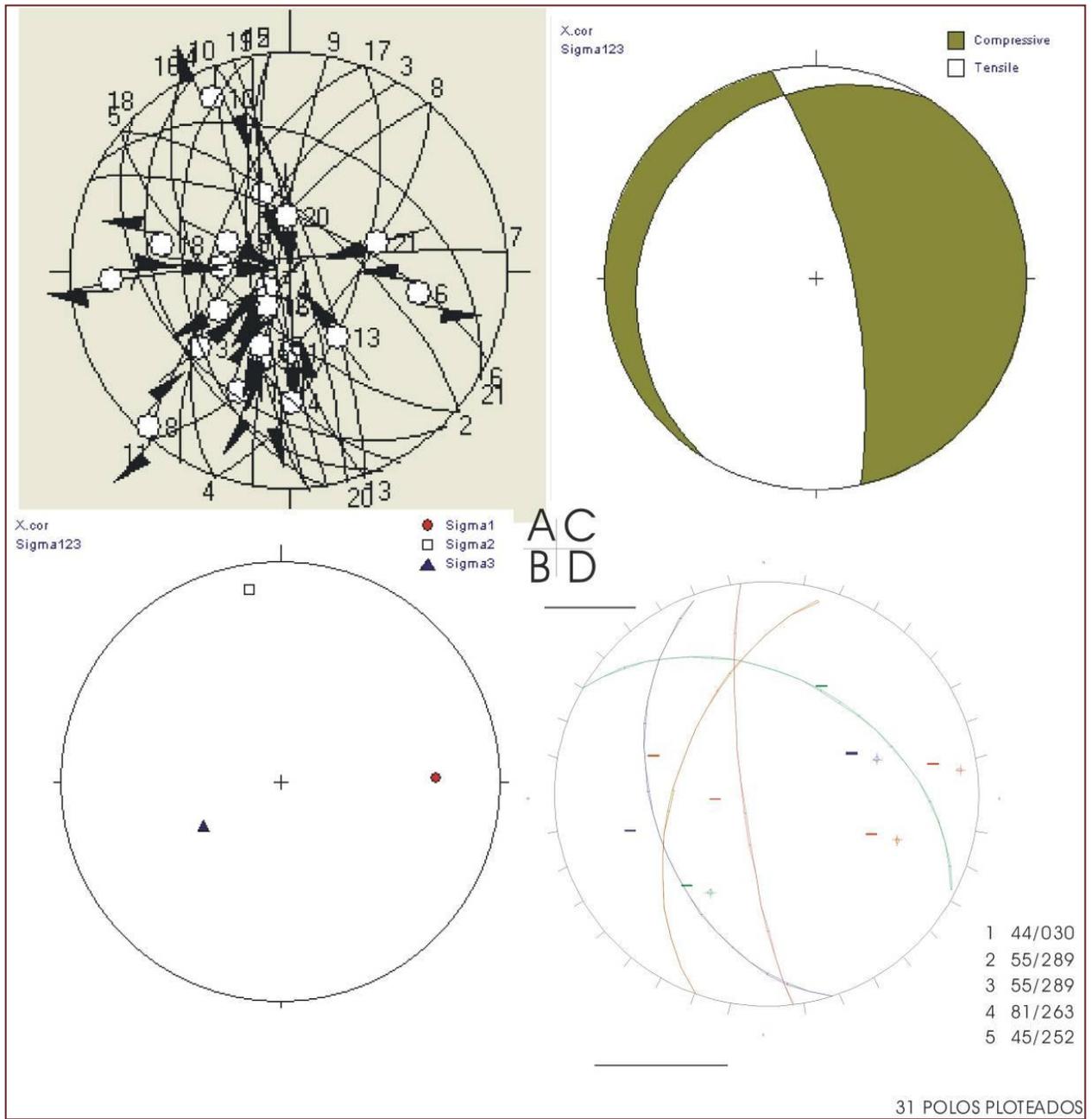


Figura N° 5.31. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-10.

5.2.2.11. ESTACION SILICA

Se encuentra ubicado a 8 Km. al NW de Moquegua Aproximadamente, esta constituido por Tobas gris oscuras, lavas piroclásticas soldadas de cuarzo-feldespatos de composición asociado a riolita de la Formación Huaracané.

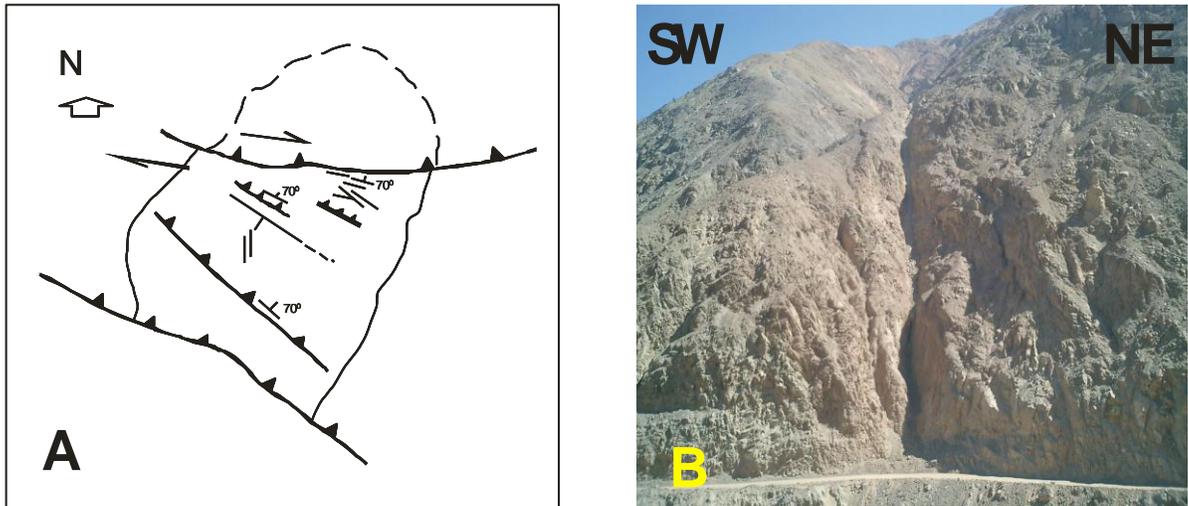


Figura N° 5.32. (8103400,296750) Mirando al NO zona de falla al oeste del trazo de falla Incapuquio.

A) Vista en planta de zona de falla segmento Estuquiña Cerro los Ángeles. Régimen Dextral Inverso. 1/50000 B) Foto observando estructura con Rumbo N275° E buzamiento de 65° NE. Que corta a secuencias de la Formación Huaracane.

Las medidas principales para fallas menores son las siguientes: 1) con rumbo N340E 40NE estrías 50° Dextral Normal. 2) Falla con rumbo N15° E buzamiento 60° NO estrías 60° inversa siniestral.

La estación esta midiendo una zona afectada por la traza de la falla Incapuquio y en el campo se observa una falla inversa asociado a un componente transpresivo en proyección hacia el norte a partir de esta estación. y este comportamiento corroboraría la disposición del placolito puesto que su levantamiento se presenta de Sur a Norte. Y justamente hacia el norte presentaría un nivel máximo de acortamiento puesto que se sugiere un plunge de proyección SE a NO.

Sin embargo hacia el sur de está estación sobre la misma zona de falla le corresponde un movimiento de rumbo **siniestral normal** visto en la Estación de LLoquene asociándolo a un régimen transtensivo producto de distensión de relajamiento sintectónico con el emplazamiento del placolito. (ver Cuadro N°5.2).

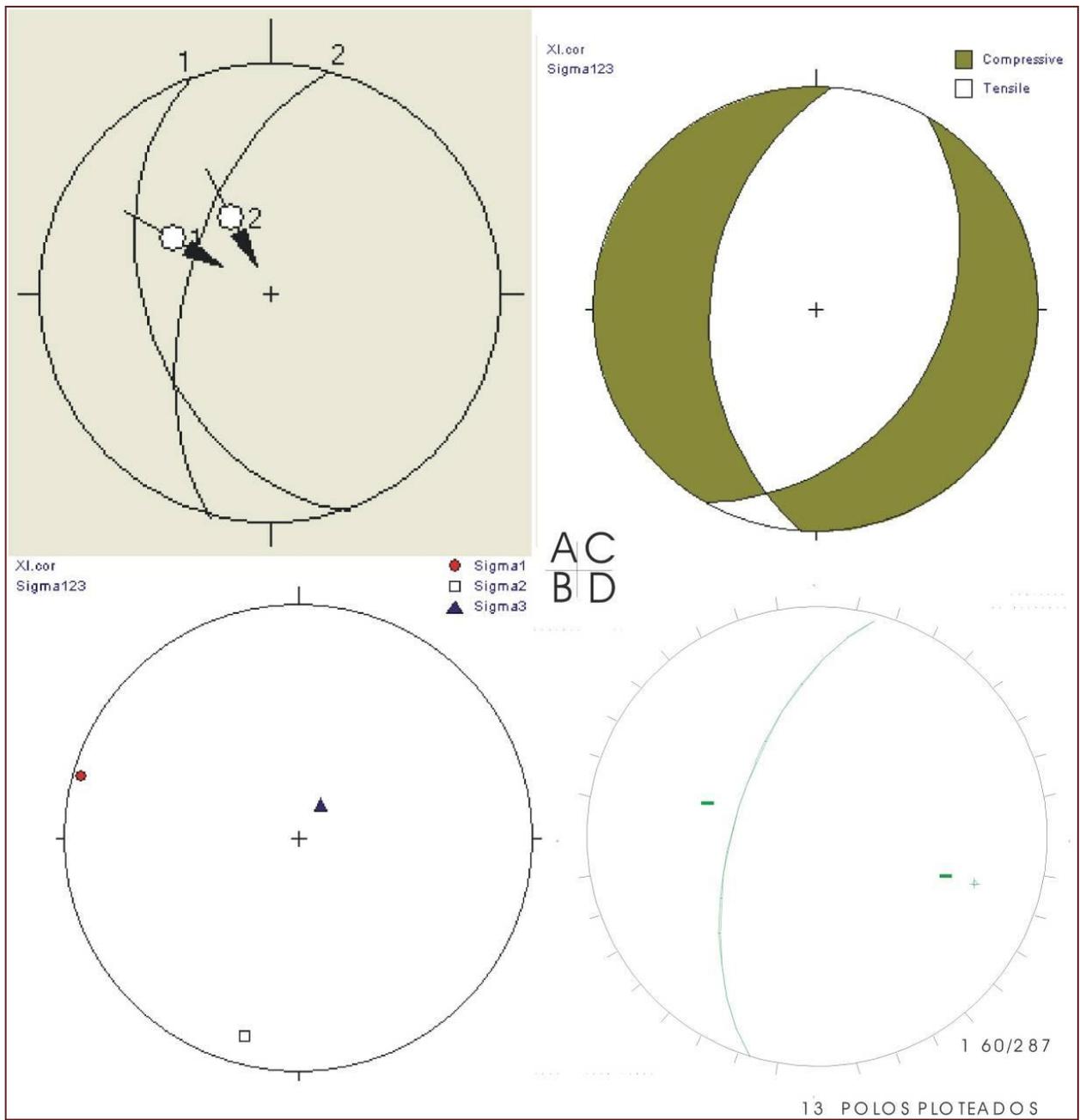


Figura N° 5.33. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación 11.

5.2.2.12. ESTACION ESTUQUIÑA I

Se ubica al NW de Moquegua a 4 Km. esta constituido por flujos piroclásticos, tobas de color gris claro, fragmentos 0.01 m de sílice coloidal de color negro con abundantes líticos angulosos de la Formación Huaracane.

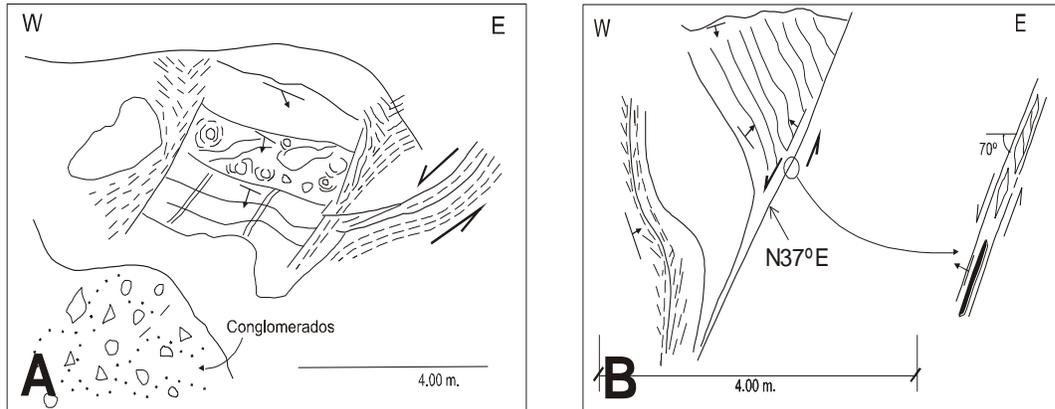


Figura Nº 5.34. (8103285,296202) Mirando al NE A) se observa zona de cizalla simple que indica un desplazamiento hacia el E. B) se observa foliación sigmoidal en comportamiento dúctil, en zona de cizalla de régimen siniestral Normal.

Se observa el desarrollo de fracturas que buzanan al SE. Se observa a la zona de cizalla transversal a la falla de tipo frágil –dúctil.

En el punto (8103308, 296377) se observa foliación sigmoidal influyendo en el fracturamiento, se tiene fallas paralelas con rumbo N350° E 70° NE pitch 10° con un movimiento dextral inverso.

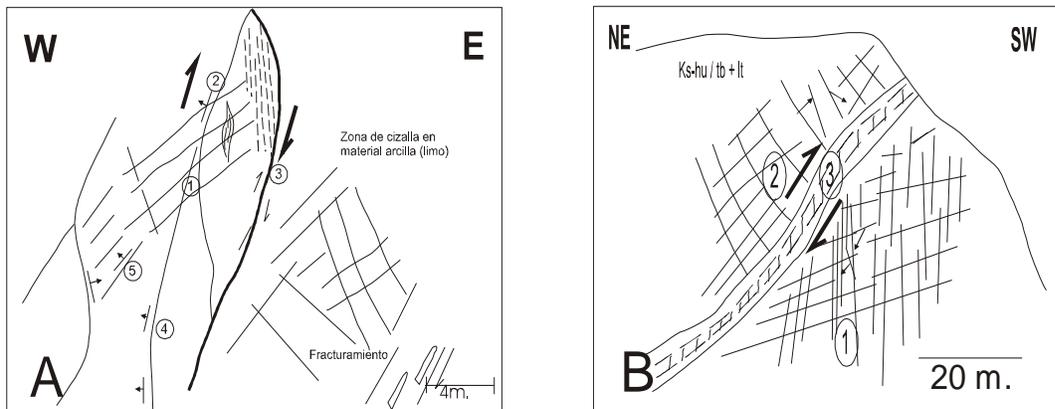


Figura Nº 5.35. (8102899, 296122) mirando al NE. A) observamos una zona de falla con rumbo N160°E buzamiento 45° SO con un movimiento dextral inverso con una abertura de 1.5 m relleno por material triturado frágil-dúctil. 1. falla inversa, 2. fracturas con rumbo N150° E con 45° inclinado hacia al SO. 3. foliación sigmoidal paralelo a zona de cizalla generada por un movimiento inverso 4. inclinación subvertical buzamiento de 85° – 90° hacia el SO. 5. fracturas secundarias rumbo N190°E buzamiento 20°NO producto de desplazamiento buzamiento 45° SW. B) falla Dextral Inversa (ver anexos). 1. Observamos

foliación sigmoidal con rumbo N88°E buzamiento 70°NO, 2. Falla con rumbo N10°E 60°SE con estrías 20° movimiento dextral inverso 3. fractura de cizalla, mostrando relleno de material dúctil plástico, arcillas de gris claro en una zona de gouge, estructura cinemática de foliación sigmoidal nos indica un régimen Dextral Inverso.

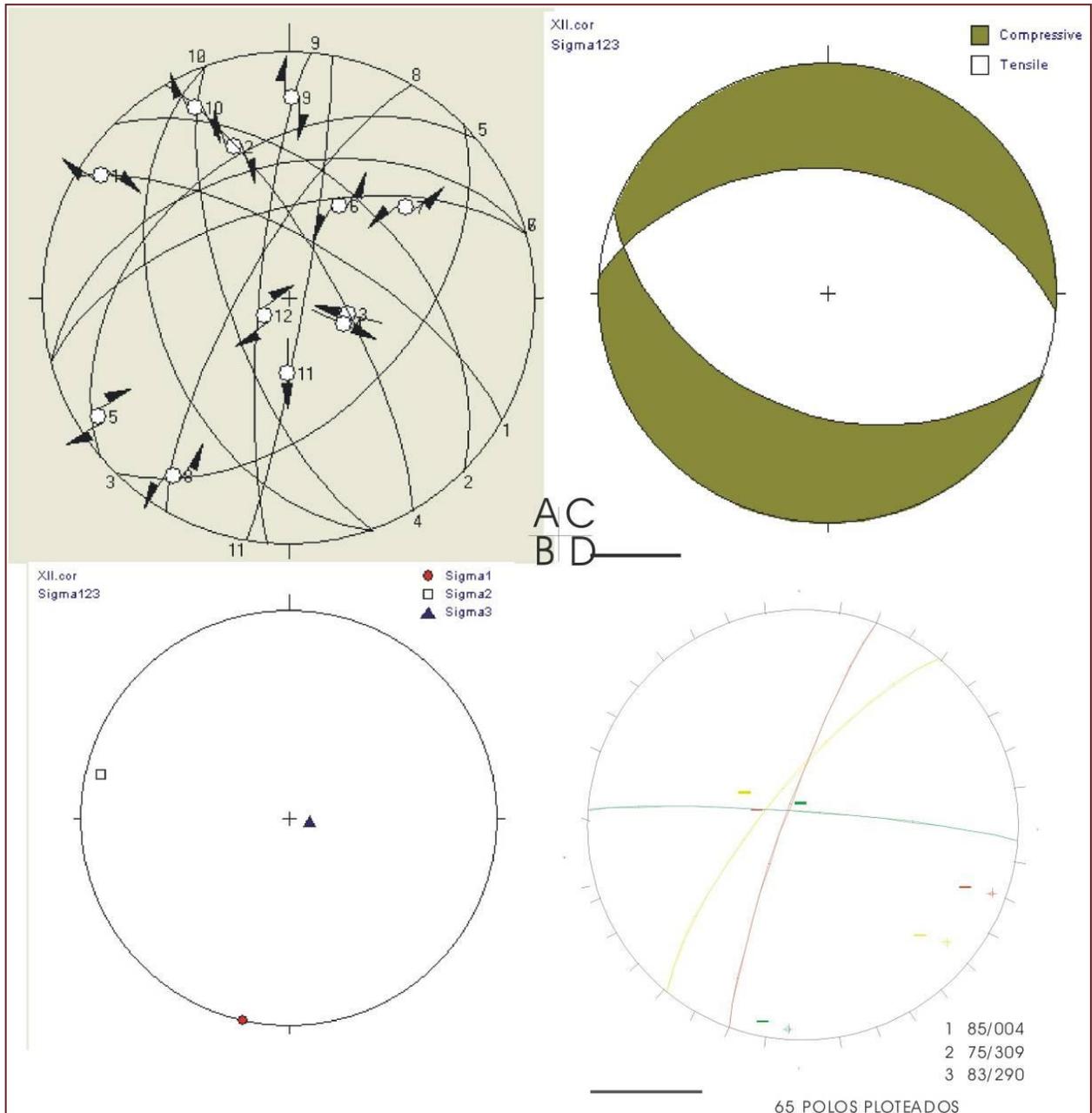


Figura N° 5.36. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-12.

5.2.2.13. ESTACION ESTUQUIÑA II

Se ubica al NO de Moquegua a 4 Km. se encuentra constituido por flujos piroclásticos, tobas de color gris claro, fragmentos 0.01 m de sílice coloidal de color negro con abundantes líticos de la Formación Huaracane.

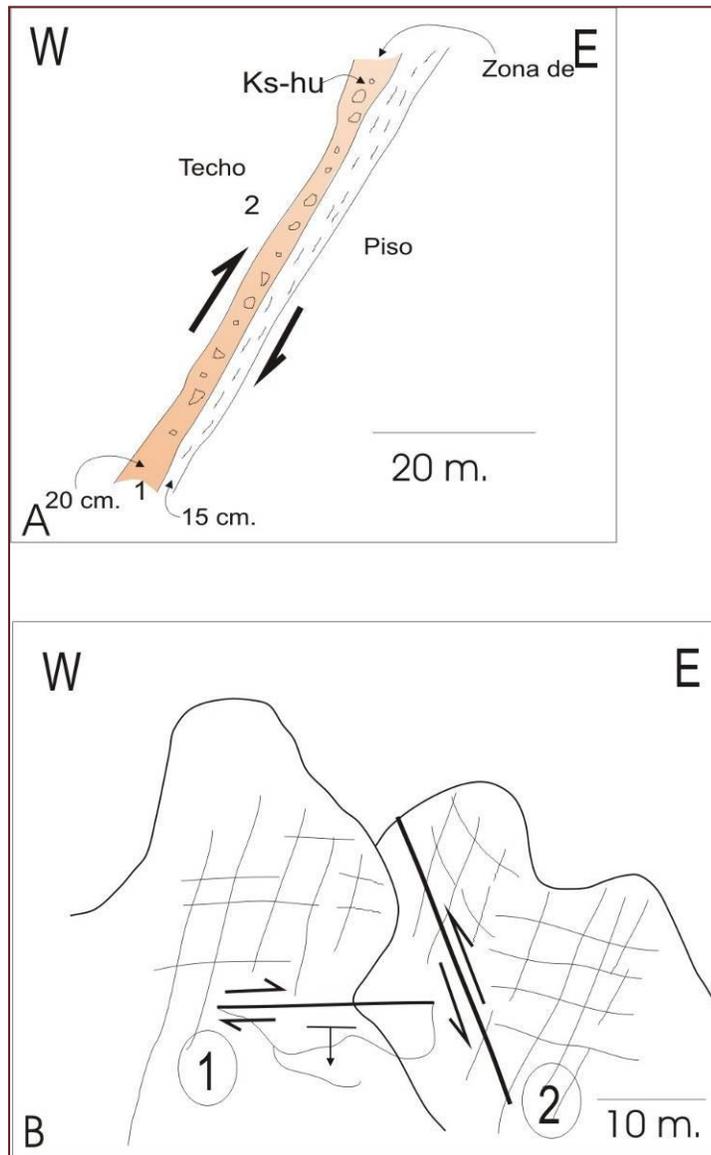


Figura N° 5.37. (8103570, 296839) Mirando al NE, A) 1. Conglomerado de color pardo con arena en la matriz con fragmentos angulosos de sílice de color negro en una abertura de 15 Cm. 2. Falla con rumbo NE-SO buzamiento al SO estrías 85° I con un movimiento Inverso dextral.

B) (8103509, 296744) tobas soldadas con la presencia de líticos de la Formación Huaracane. 1. falla con Rumbo N255°E buzamiento 85 ° SE, estrías 10° movimiento dextral normal, 2. Falla con Rumbo N105°E buzamiento 60°NE

estrías 50° movimiento inversa siniestral.(8102553, 296247) tenemos una falla principal con un movimiento Inverso dextral.

La relación de campo demuestra un componente inverso dextral con Rumbo $N130^\circ E$ buzamiento $65^\circ NE$ y estrías de 50° que esta afectando a la Formación Huaracane.

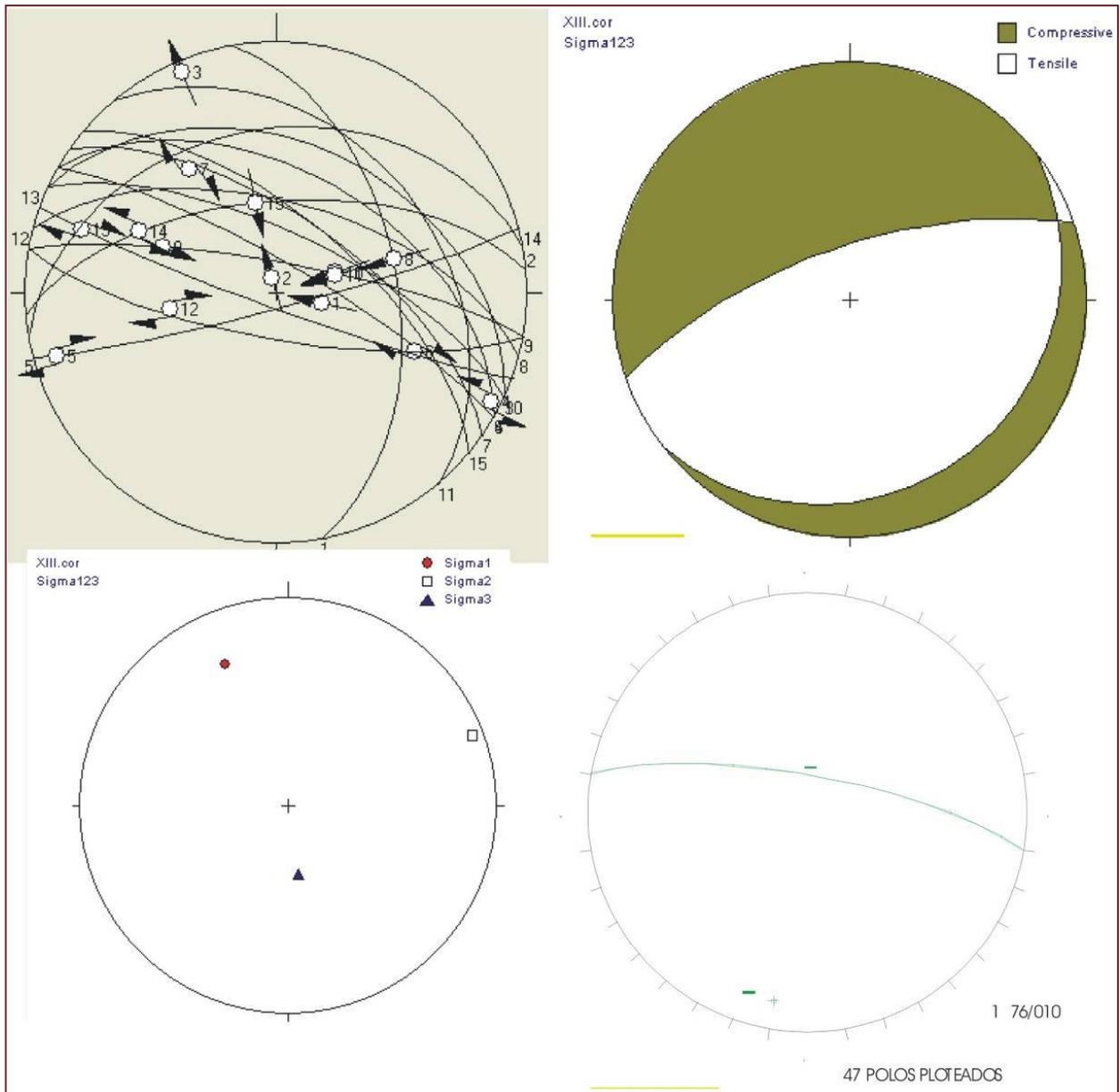


Figura N° 5.38. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-13.

5.2.2.14. ESTACION POCATA I

Se ubica a 12 Km. al NE de Moquegua, esta conformada por secuencias volcánicas, tobas, ignimbritas, con presencia de cuarzo de la Formación Paralaque cortado por unos diques de composición asociada a dacita.

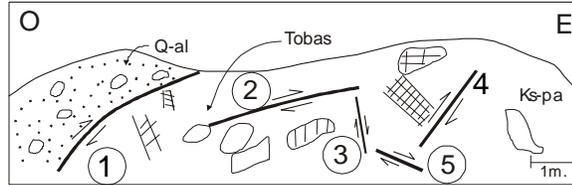


Figura N° 5.39. (8105997, 306875) Mirando al NE, tenemos un juego de fallas.

1. Falla rumbo N310°E buzamiento 80°SO estrías 60 inversa siniestral
2. Falla rumbo N355° E buzamiento 75°SO estrías 5° dextral inversa
3. Falla rumbo N320°E buzamiento 80°NE estrías 60° inversa dextral
4. Falla rumbo N105°E buzamiento 80°SO estrías 55° siniestral normal
5. Falla rumbo N50°E buzamiento 25°SE estrías 30° dextral inversa.

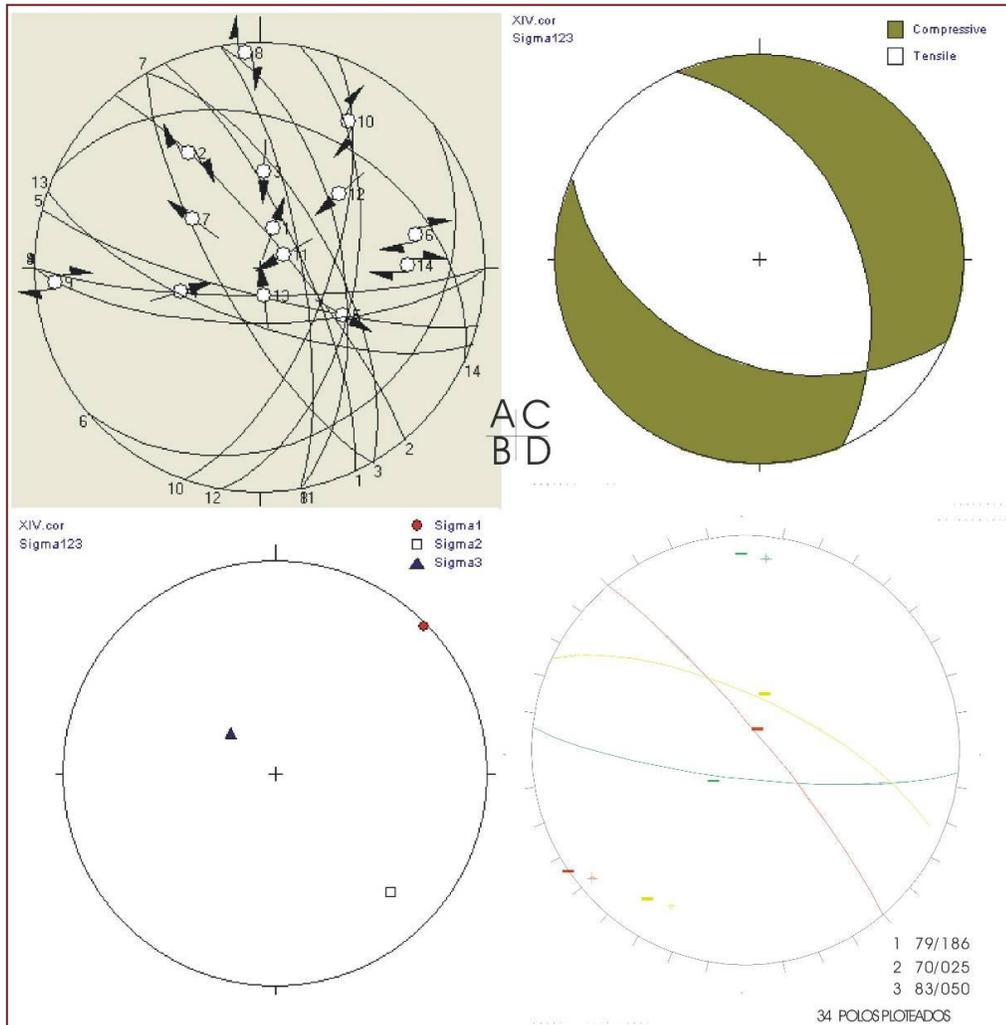


Figura N° 5.40. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación 14.

5.2.2.15. ESTACION POCATA II

SE ubica a 12 Km. al NE de Moquegua, esta conformada por secuencias volcánicas, tobas, ignimbritas, con presencia de cuarzo de la Formación Paralaque cortado por unos diques de composición asociada a dacita.

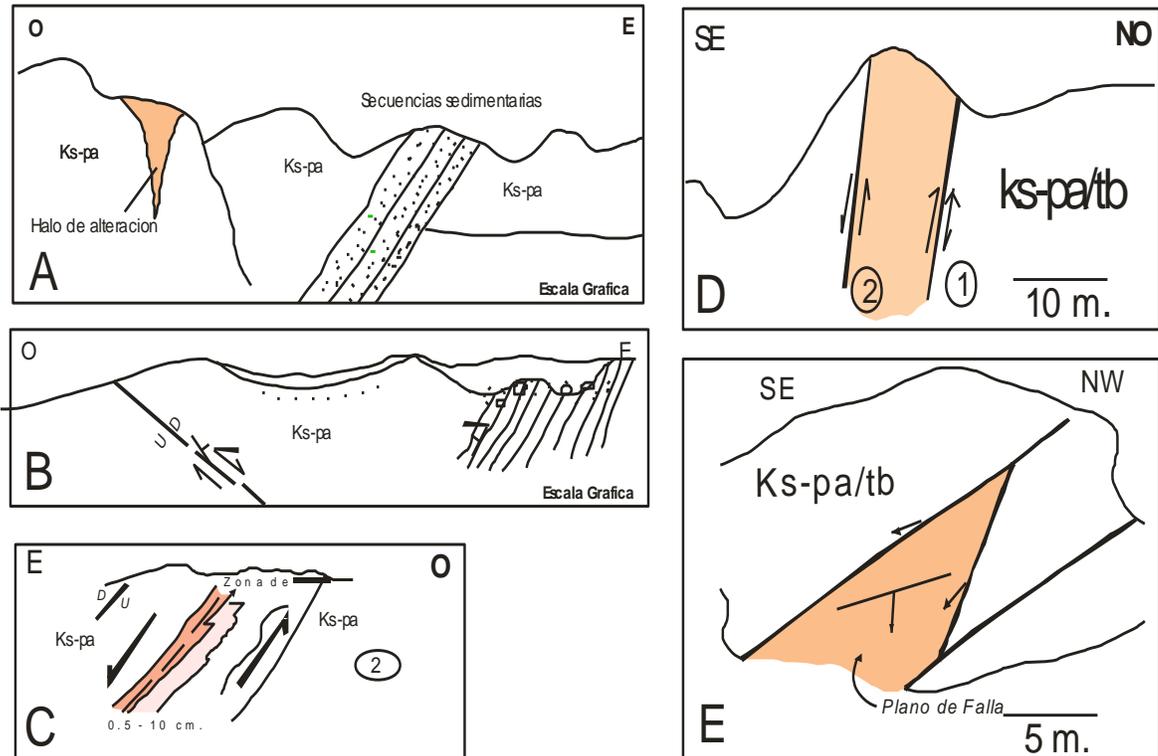


Figura Nº 5.41. (8105205,305772) Mirando al NO. A) Observamos Secuencias de Areniscas y lutitas al techo de la Formación Paralaque con Rumbo N345°E buzamiento 30°SO. B) se observa una falla de bajo ángulo que corta las secuencias de la Formación Paralaque. C) Mirando al SO, Falla con Rumbo N355°E buzamiento 35° NE, estrías 80° movimiento siniestral Normal.

D) En el punto (8103509, 296744) observamos un dique de composición Asociado a Riodacita es un dique félsico de color gris claro de grano medio, las rocas de caja están alteradas con un grosor de 10 m. 1. Falla Rumbo N240° E buzamiento 75°SE estrías 65° Inversa siniestral. 2. Falla Rumbo N200°E buzamiento 40° SE pitch 30° siniestral normal.

E) Falla Rumbo N10°E buzamiento 65° SE estrías 85° ID, en toba – lapilli bien alterada no se observa el protolito. El fracturamiento es rellenado por calcita N255°E buzamiento 85°NO.

Las principales estructuras tienen las siguientes medidas. En el punto (8105205, 305772) observamos falla Rumbo N240°E buzamiento 75°SE estrías 65° Inversa Siniestral. En el punto (8101665, 300982) observamos Fallas con Rumbo N205°E buzamiento 75°NO estrías 20° Siniestral inversa Fallas con Rumbo N185°E buzamiento 75° SE con estrías 5° Siniestral Normal, el movimiento de esta falla se vio en campo que las acanaladuras muestran también una reactivación lo cual

derivaba a un movimiento del tipo Inverso Dextral en la misma estría, en el espejo de falla se observa recristalización de calcita.

En esta estación se observa en campo predominantemente de Siniestral Normal pero no descartamos la posibilidad de tener una reacción de régimen Dextral Inverso. El régimen tectónico esta ligado al desarrollo de una falla Dextral Inversa de nivel regional asociado a la traza de la falla Micalaco asociado a un componente transpresivo (Ver tabla N° 5.2.1).

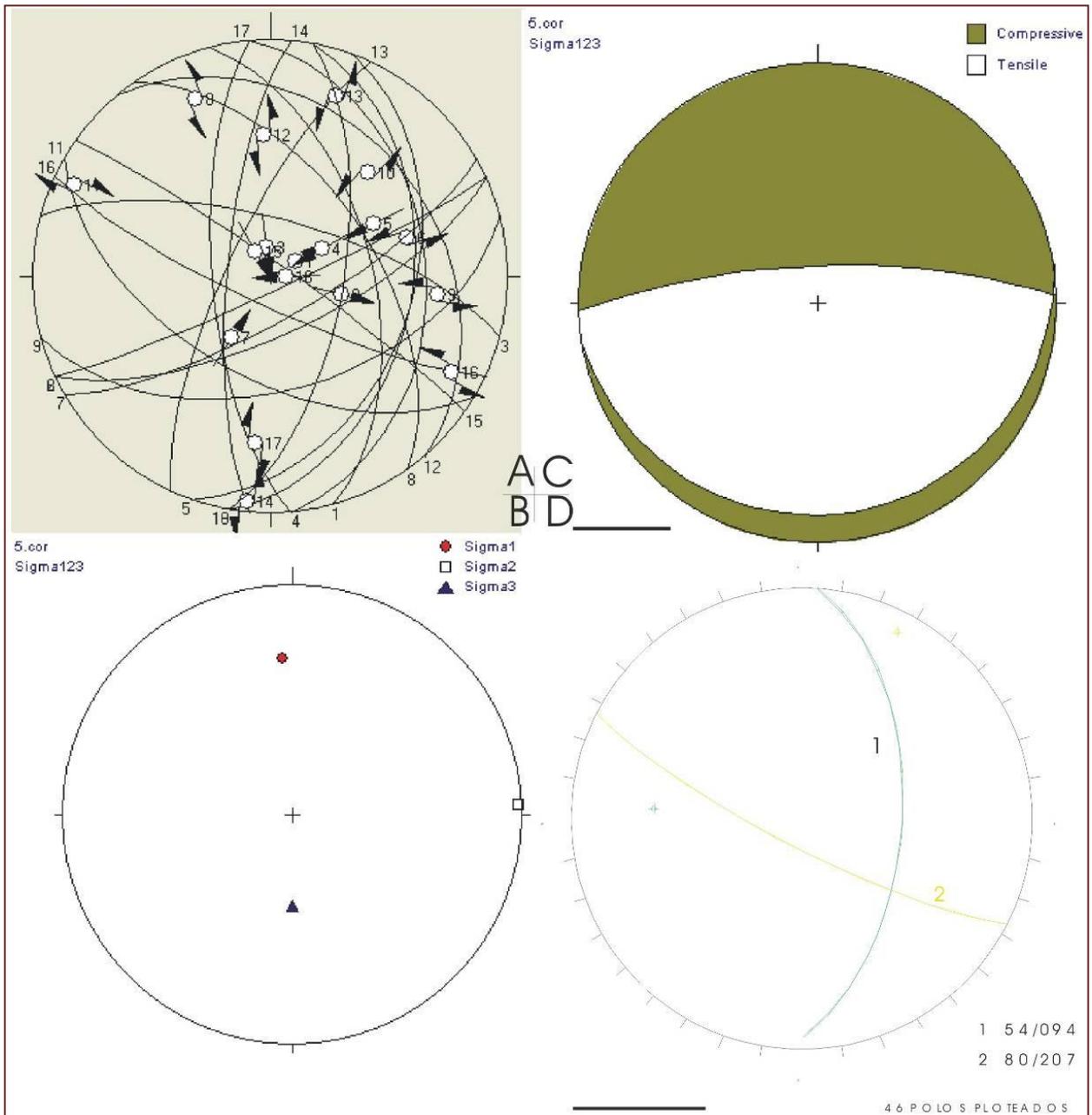


Figura N° 5.42. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-15.

5.2.2.16. ESTACION LLOQUENE

Se encuentra al SE de Moquegua a 18 Km. Esta conformado por roca intrusiva, monzonita de color griz pardo de grano medio de la Súper Unidad Yarabamba, en el área se observa una alteración argilica débil (8094635, 312957). El área esta influenciada por una zona de falla con dirección NO-SE predominantemente, el comportamiento de estas fallas son del tipo siniestral Inverso, siniestral normal, que cortan a las rocas intrusivas desarrollando una zona de cizalla relacionado con material dúctil a lo largo de 300 m. a la margen izquierda de la Quebrada Lloquene.

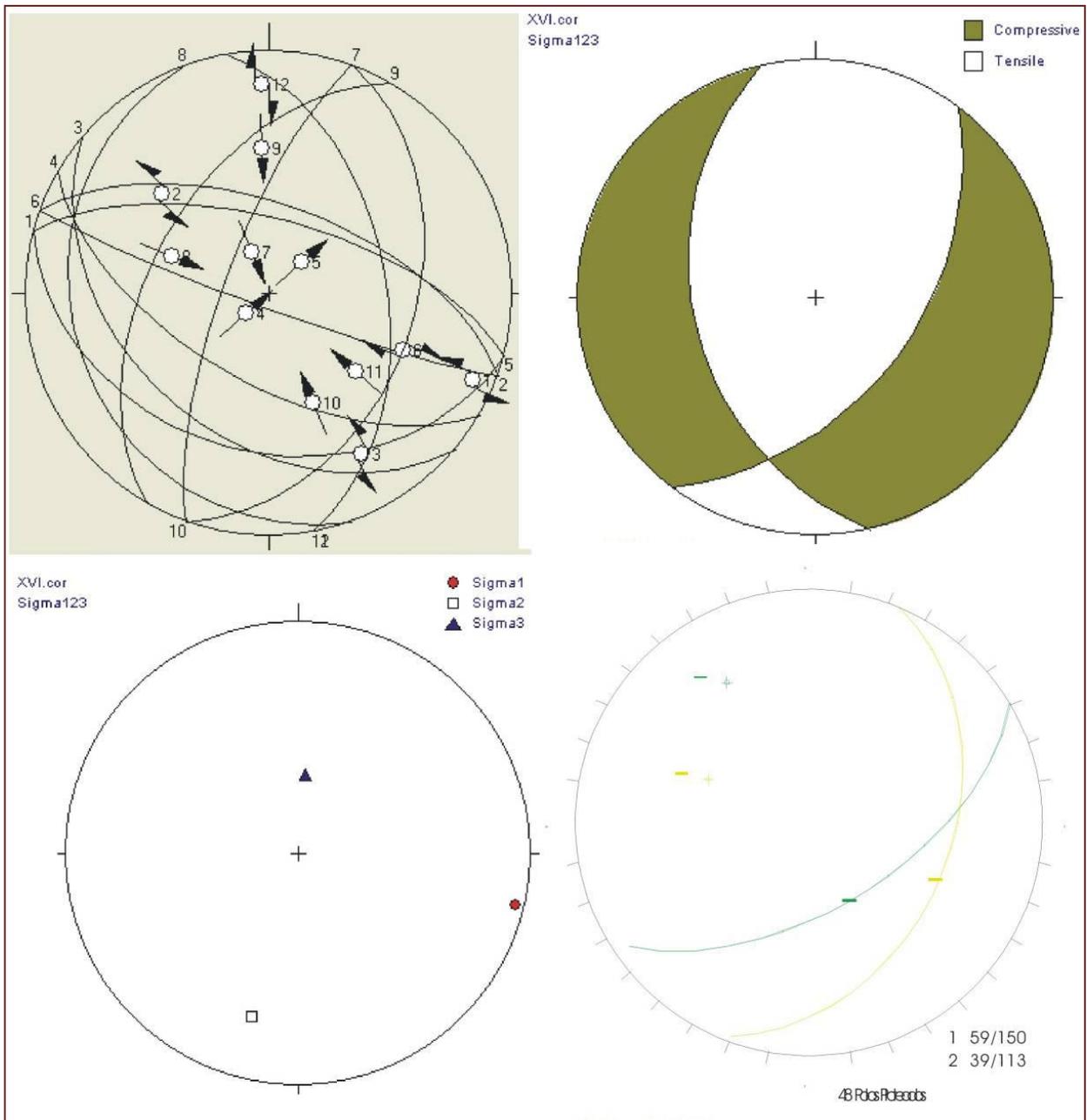


Figura N° 5.43. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-16.

5.2.2.17. ESTACION CIMARRONA

Se localiza a 20 Km. Al SE de Moquegua, esta conformado por rocas plutónicas monzonita, diorita, gabros de la Súper Unidad Yarabamba que están en contacto de falla con riolitas de la Formación Asana.

En este punto observamos alteración argílica, óxidos de hierro en el espejo de una falla de dirección NO-SE que sigue la alineación de la falla Incapuquio.

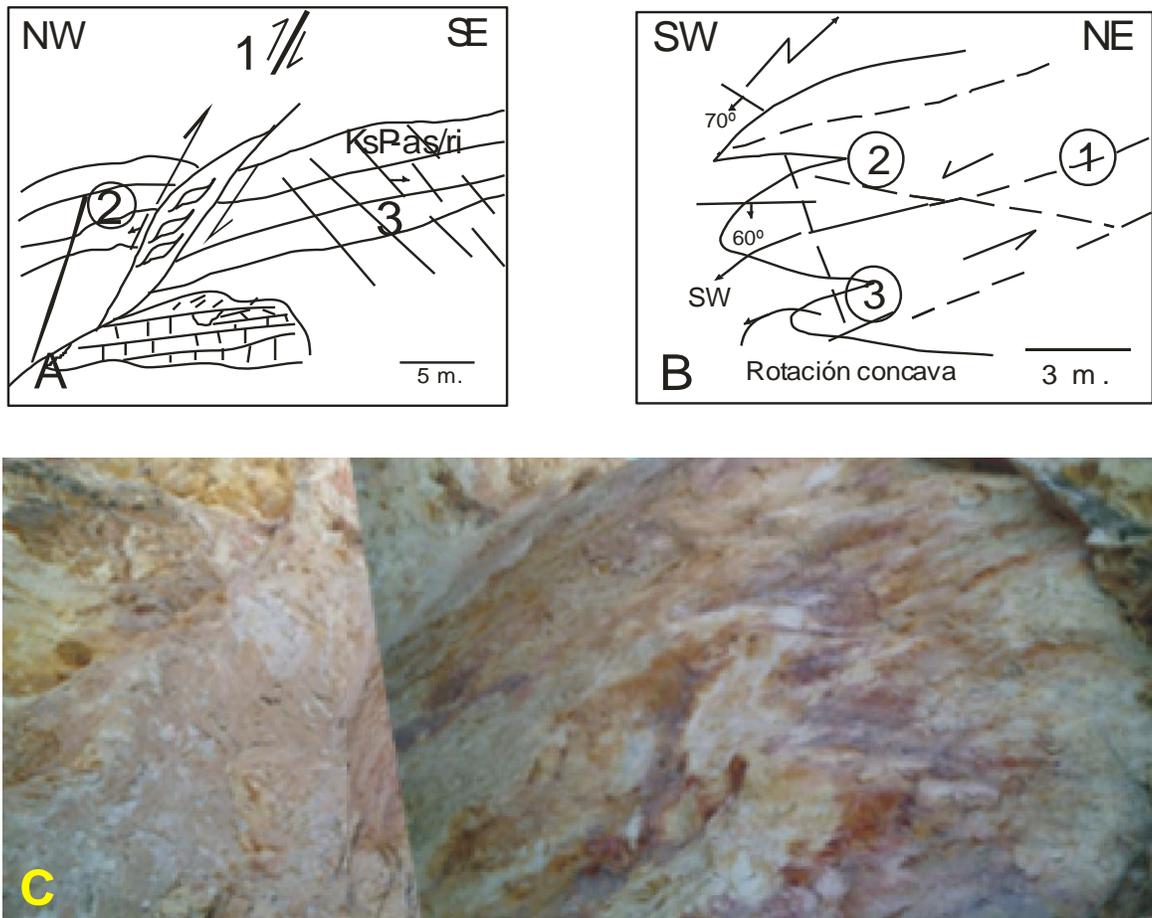


Figura Nº 5.44. (8094680, 312965) Mirando al NO espejo de falla, zona de falla Incapuquio.

A) 1. Falla N300° E buzamiento 60° NO estrías 80° movimiento Inversa Siniestral
2. Observamos foliación sigmoidal que es afectado por una falla con rumbo N310° E 40° SO. 3. pequeñas zonas de de cizalla son formadas dentro de largas zonas de cizalla y inflexiones que cortan a esquistocidad y foliación²⁸. Desarrollo de fracturamiento en dirección SO. B) (8094701,313014) observamos una falla siniestral con rumbo N170°E buzamiento 60°SO, con tres ángulos de estría diferentes 1. 30° IS, 2. 20° IS, 3. 85° IS.

²⁸Marshak 1998, la determinación de la deformación de cizalla y desplazamiento a través de una zona de cizalla usando el cambio en la orientación de la foliación de la zona de cizalla, p. 234.

C) Foto, plano de falla con cambio de dirección N150°E buzamiento 70°SO Con estria 40° ID, otra dirección en el mismo con Rumbo N170°E buzamiento 60° SO.

Asociado a la traza de falla Incapuquio de comportamiento transcurrente, con un componente siniestral a normal dextral, desarrollado en un régimen transtensivo.

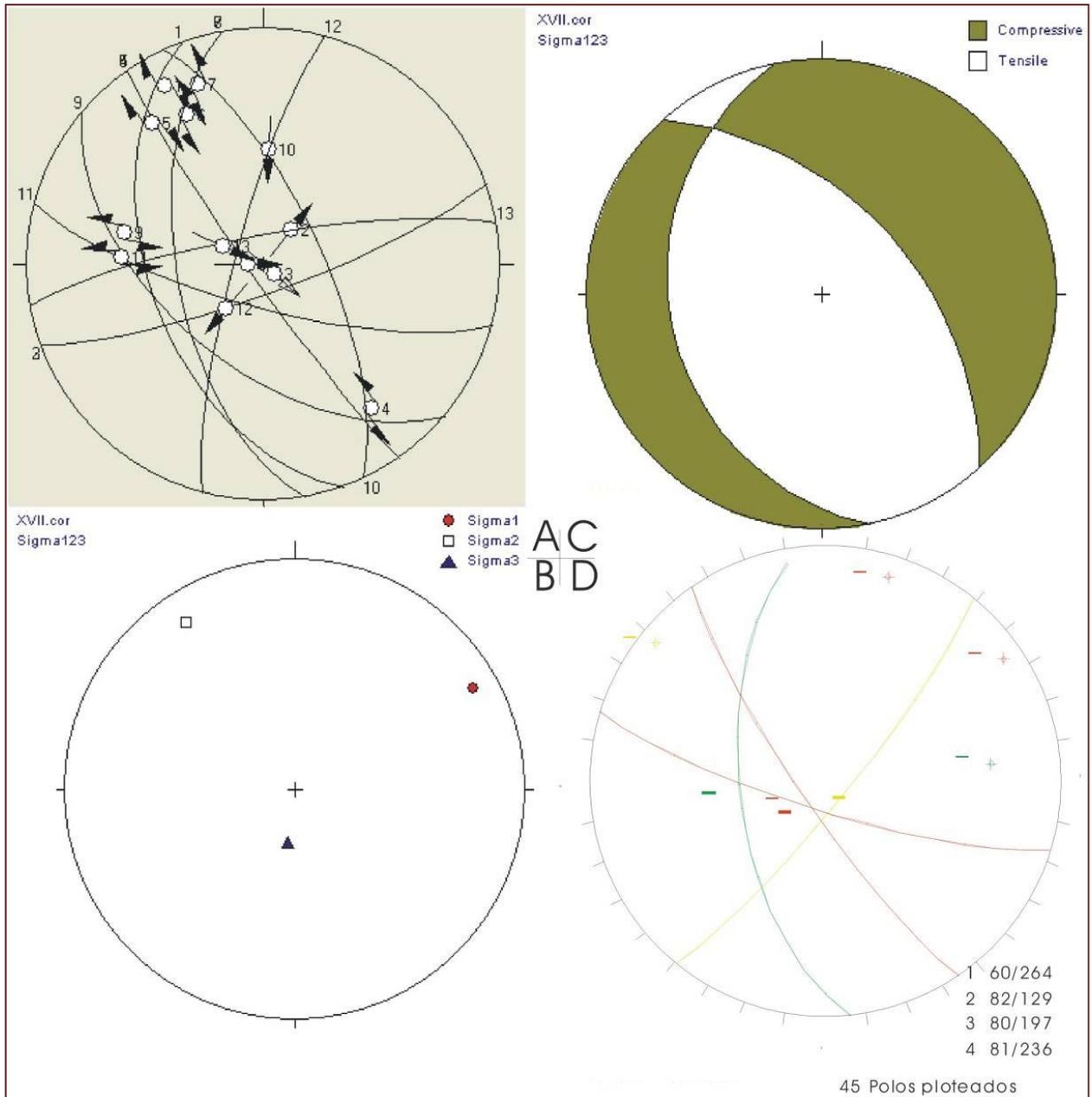


Figura N° 5.45. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-17.

5.2.2.18. ESTACION QUEBRADA ICHUPAMPA

Se encuentra ubicada a 1Km. al NO de Cuajone, esta conformado por una roca plútonica de composición asociado a diorita de la Súper Unidad Yarabamba, que esta intruyendo a la flújos lávicos riolíticos de la Formación Asana que infrayace en concordancia a la Formación Huaylillas.

"En el yacimiento Cuajone se realizó el análisis de diaclasas y fallas por el método de estereografía en conjunto y por cada tipo de roca. Se han obtenido 7918 polos que nos dan los siguientes resultados:

- 1) El total de estructuras tienen tres tendencias predominantes que en orden de importancia son $302^{\circ} / 73^{\circ}$ NE, $227^{\circ} / 42^{\circ}$ NO y $97^{\circ} / 85^{\circ}$ SO.
- 2) Las fallas mayores de las cuales se tienen 432 polos tienen una predominancia de dirección NO-SE.
- 3) Las fallas menores constituyen 2514 polos con las siguientes tendencias en orden de importancia $303^{\circ} / 73^{\circ}$ NE, $96^{\circ} / 77^{\circ}$ SO, $252^{\circ} / 54^{\circ}$ NO y $39^{\circ} / 81^{\circ}$ NO.
- 4) Las juntas que en total hacen 4879 polos dan las siguientes tendencias principales $227^{\circ} / 40^{\circ}$ NO, $307^{\circ} / 74^{\circ}$ NE y $353^{\circ} / 71^{\circ}$ NE.

En la andesita basáltica se han obtenido 2665 polos con las siguientes tendencias principales $98^{\circ} / 84^{\circ}$ SO, $225^{\circ} / 42^{\circ}$ (dirección NO) y $306^{\circ} / 75^{\circ}$ (dirección NE). Las fallas mayores y fallas menores tienen una tendencia principal hacia el NO mientras que las juntas tienen una tendencia principal hacia el SO.

En la latita porfirítica se han evaluado 2464 polos que tienen las siguientes tendencias predominantes $310^{\circ} / 77^{\circ}$ (dirección hacia el NE), $227^{\circ} / 38^{\circ}$ (dirección NO) y $202^{\circ} / 63^{\circ}$ (dirección NO). Las fallas mayores tienen un predominio de dirección hacia el N-NO, las fallas menores y las juntas tienen un predominio de dirección hacia el SE.

En la riolita porfirítica se han evaluado 2523 polos y se tiene una predominancia de estructuras con azimut $040^{\circ} / 77^{\circ}$ hacia el NO, los buzamientos varían principalmente entre 68° y 83° .

Finalmente en las breccias se tiene 249 polos evaluados que tienen una tendencia principal hacia el NE de $293^{\circ} / 68^{\circ}$. (Fuente Mattos, R. 1999)²⁹.

²⁹ Esta Estación fue realizada por la Minera Cuajone y recopilada del tomo Exploraciones Geología y Desarrollo de Yacimientos.

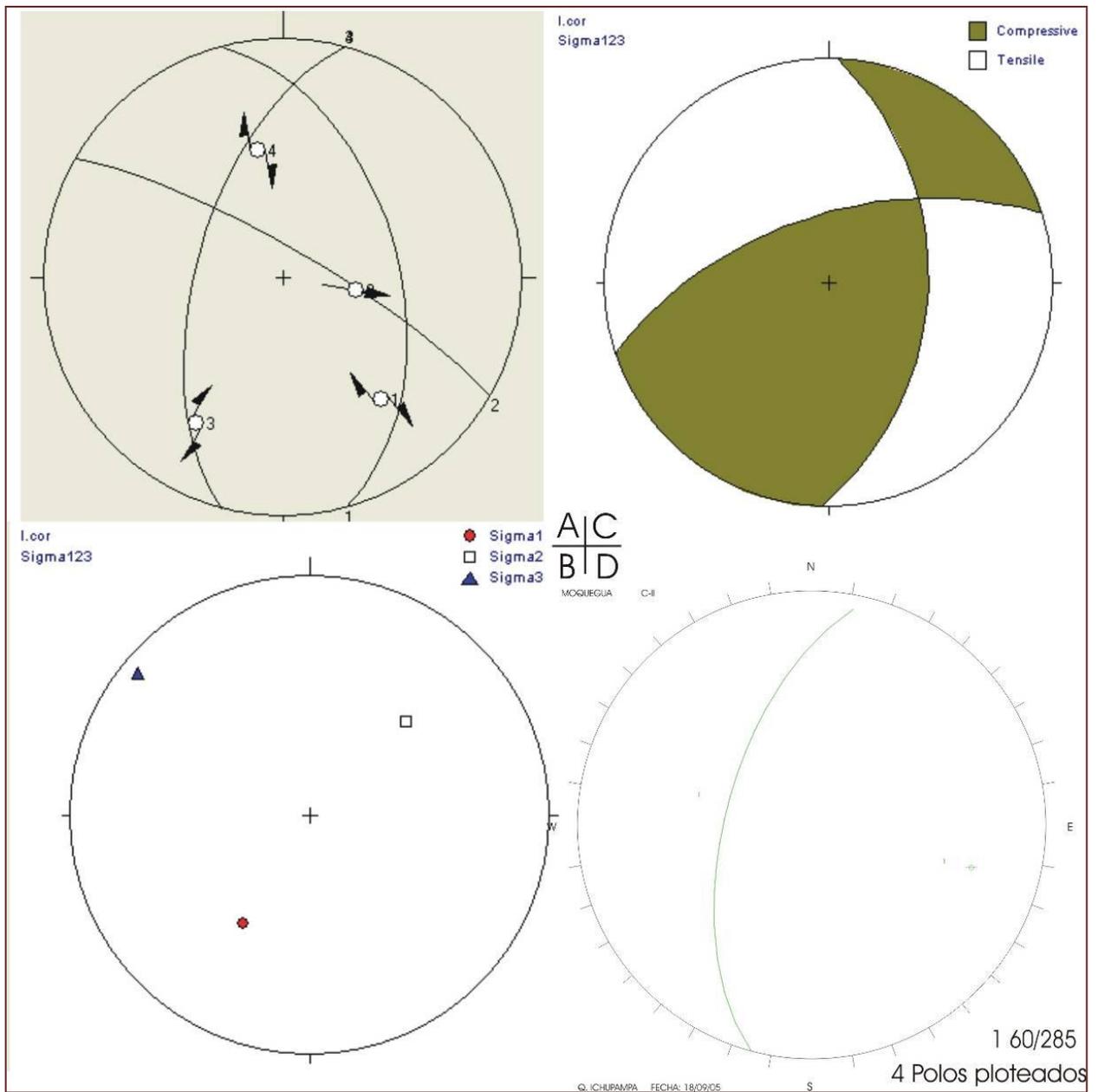


Figura N° 5.46. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-18.

5.2.2.19. ESTACION QUEBRADA CHARAQUE

Se encuentra ubicada a 10 Km. al SE de Cuajone, esta conformado por flujo riolítico de color gris pardo con cuarzo libre de la Formación Asana, en contacto con una roca intrusiva diorita de grano medio de color gris verde de la Súper Unidad Yarabamba. En el punto (8111841,325760) se observa a la diorita alterada y fracturamiento en una zona de falla con un Rumbo N25°E, buzamiento 52°SE.

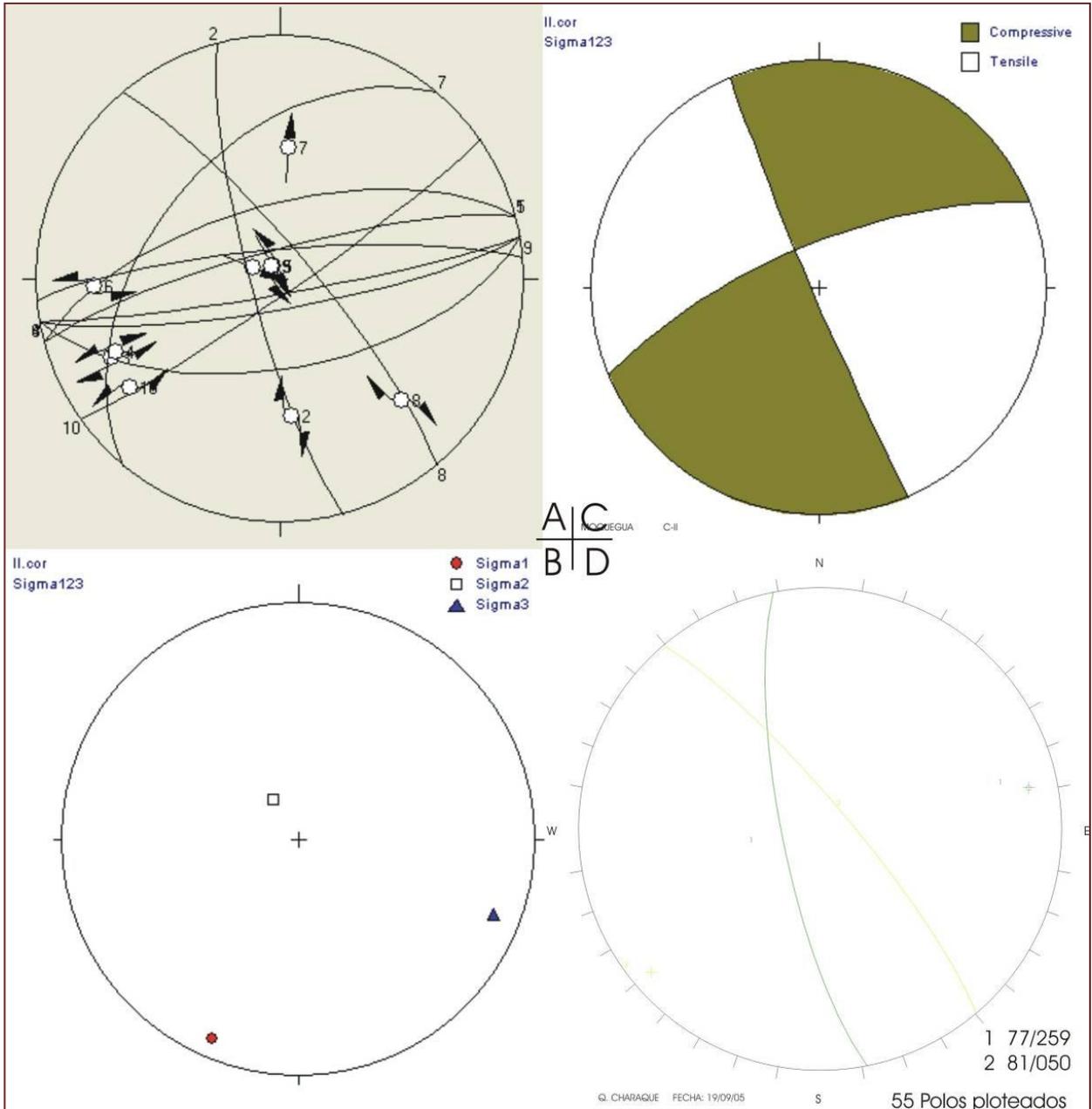


Figura N° 5.47. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-19.

5.2.2.20. ESTACION QUEBRADA ASANA

Se encuentra ubicada a 10 Km. al SE de Cuajone, esta conformado por flujos riolíticos con presencia de cuarzo en una masa afanítica de color gris claro de la Formación Asana, que son intruídas por un intrusivo granodiorítico de grano medio de la Super Unidad Yarabamba, que son cortados por fallas que provocan zonas de alteración, zona de cizalla. La Formación Asana presenta una fractura preferencial N230°E, 85°NW, N300°E, 87°SW y fallas de rumbo N325°E/50°NE.

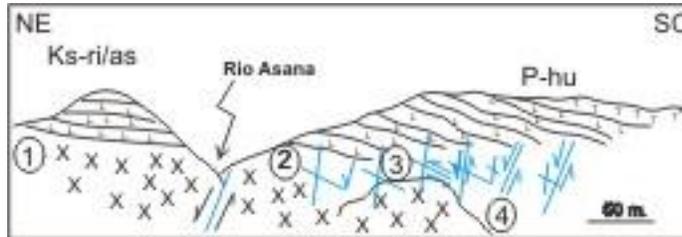


Figura N° 5.48. (8108462, 326051) Mirando al SE relación de campo de la Fm. Asana.

1. Flujo volcánico de la Formación Asana
2. Alteración argílica.
3. Zona de Óxidos en fallas que generan zona de cizalla, fracturamiento relleno por cuarzo. (stockwork).
4. Intrusivo granodiorítico de grano medio de la Súper Unidad Yarabamba

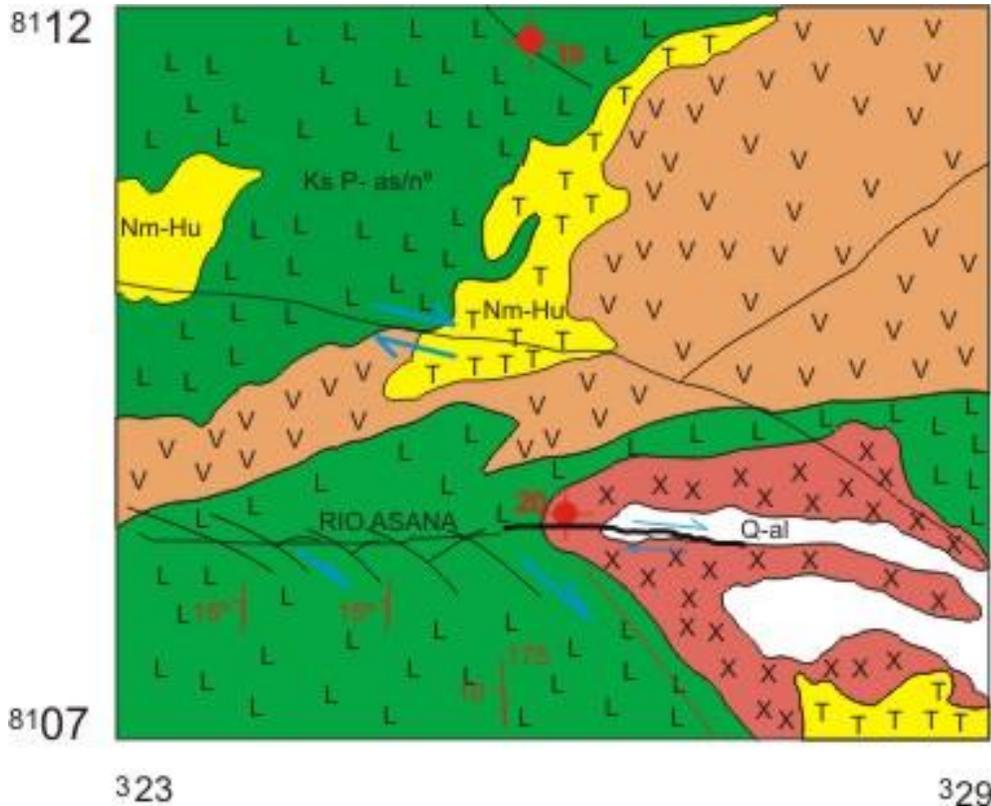


Figura N° 5.49. Sistemas de componentes dextrales relacionado con una zona de extensión en el Río Asana que controlan al PCD de Quellaveco que infrayace a los volcánicos Huaylillas.



Figura Nº 5.50. Mirando hacia el SE. Observamos el cuerpo con desarrollo de granodiorita cortada por secuencias de vetillas qzt-ser apreciando la zona central.

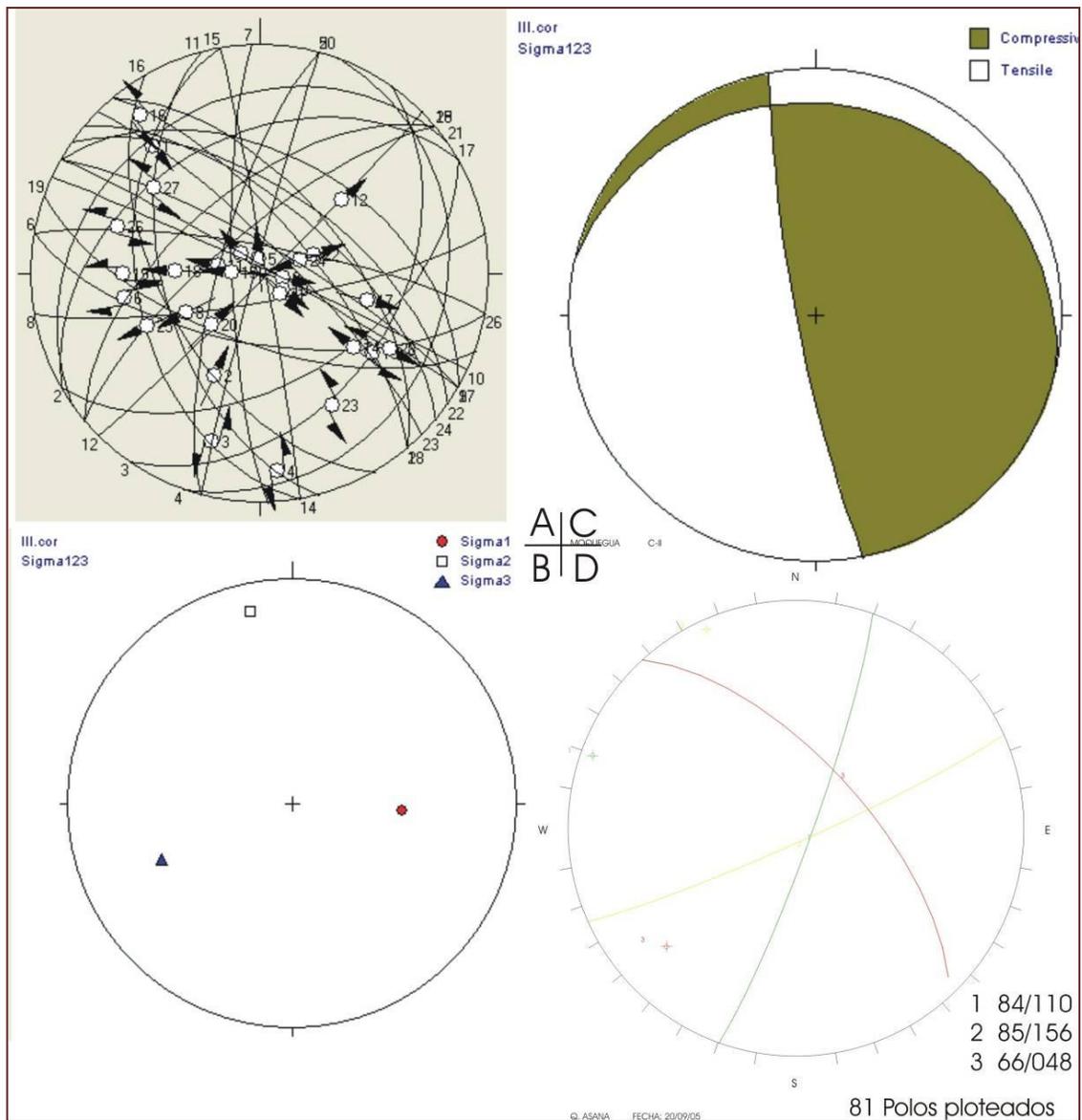


Figura Nº 5.51. Procedimientos de proyección estereográfica Estación-20.

5.2.2.21. ESTACION QUEBRADA COCOTEA

Se encuentra ubicada a 7 Km. al SE de Cuajone, esta conformado por secuencias de lavas, flujo riolítico con cuarzo libre en una masa afanítica parda de la Formación Asana, estas secuencias son cortadas por dioritas negras de grano fino

Tenemos en contacto en el punto (8110250, 309190), grises con líticos de 3 mm. de la Formación Huaylillas con la Formación Asana (ver foto), las tobas Huaylillas están cortadas por Dioritas gris negras, las Dioritas son cortadas posteriormente por Diques de color Negro de composición asociado a Gabrodiorita.

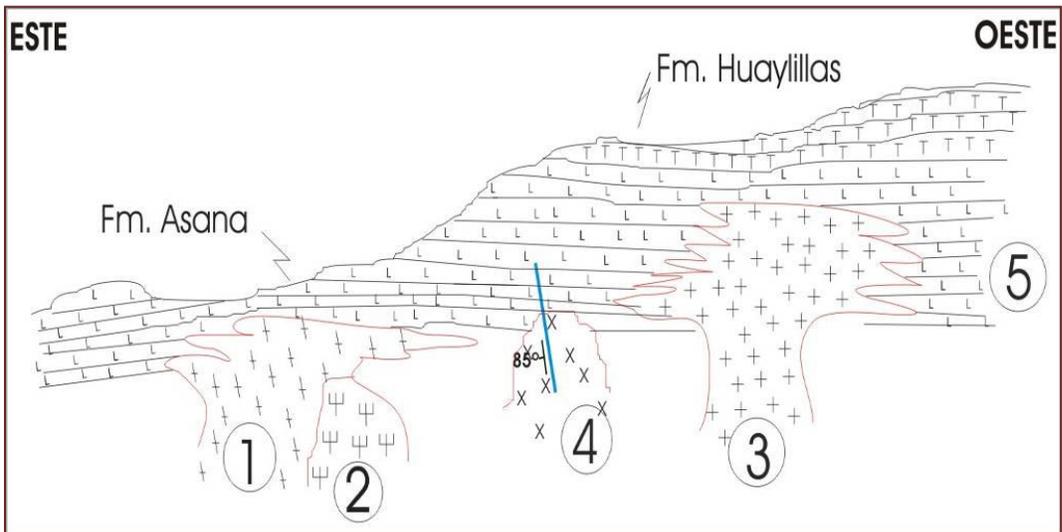


Figura N° 5.52. (8110729, 314091) Mirando al SE, relación de la Fm. Huaylillas.

Secuencias de lavas de la Fm. Huaylillas suprayacen en conformidad a la Fm. Asana, ambas son afectadas por intrusiones de la S.U. Yarabamba (Cretáceo Superior).

1. Intrusivo diorítico de grano medio a fino
2. Secuencia de flujo lávico, riolita volcánica con presencia de cuarzo en una matriz afanítica de color pardo de la Formación Asana.
3. Intrusivo Monzonítico gris rosado de grano medio.

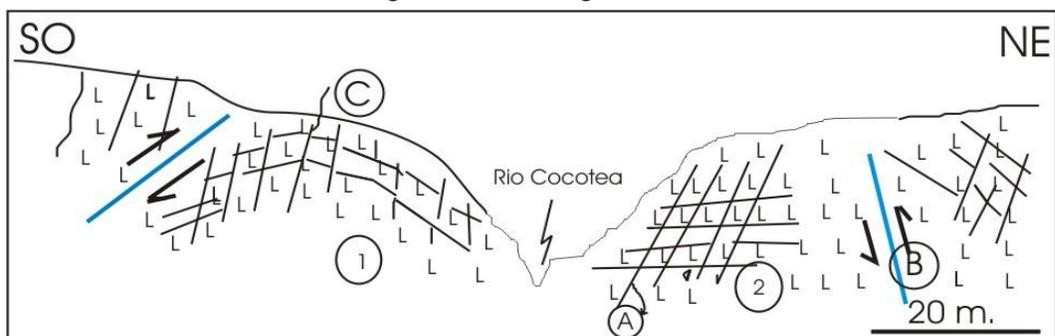


Figura N° 5.53. (8110250, 309190) Mirando al SO. Fm. Asana (Paleoceno).

1. Secuencia de lavas con Cuarzo libre de la Formación Asana.
2. Tobas Huaylillas inclinación al SE
3. Tobas Huaylillas en el cerro Baúl.



Foto N° 5.2. Mirando hacia el NO, apreciamos secuencias a la base del Grupo Toquepala conformado lavas riolíticas de la Formación Huaracane que infrayacen en discordancia erosional a secuencias de la Formación Moquegua constituido por sedimentos epicontinentales, controlados por fallas de componente distensivo de dirección NO-SE enmarcado en el sistema de fallas transcurrente Incapuquio.

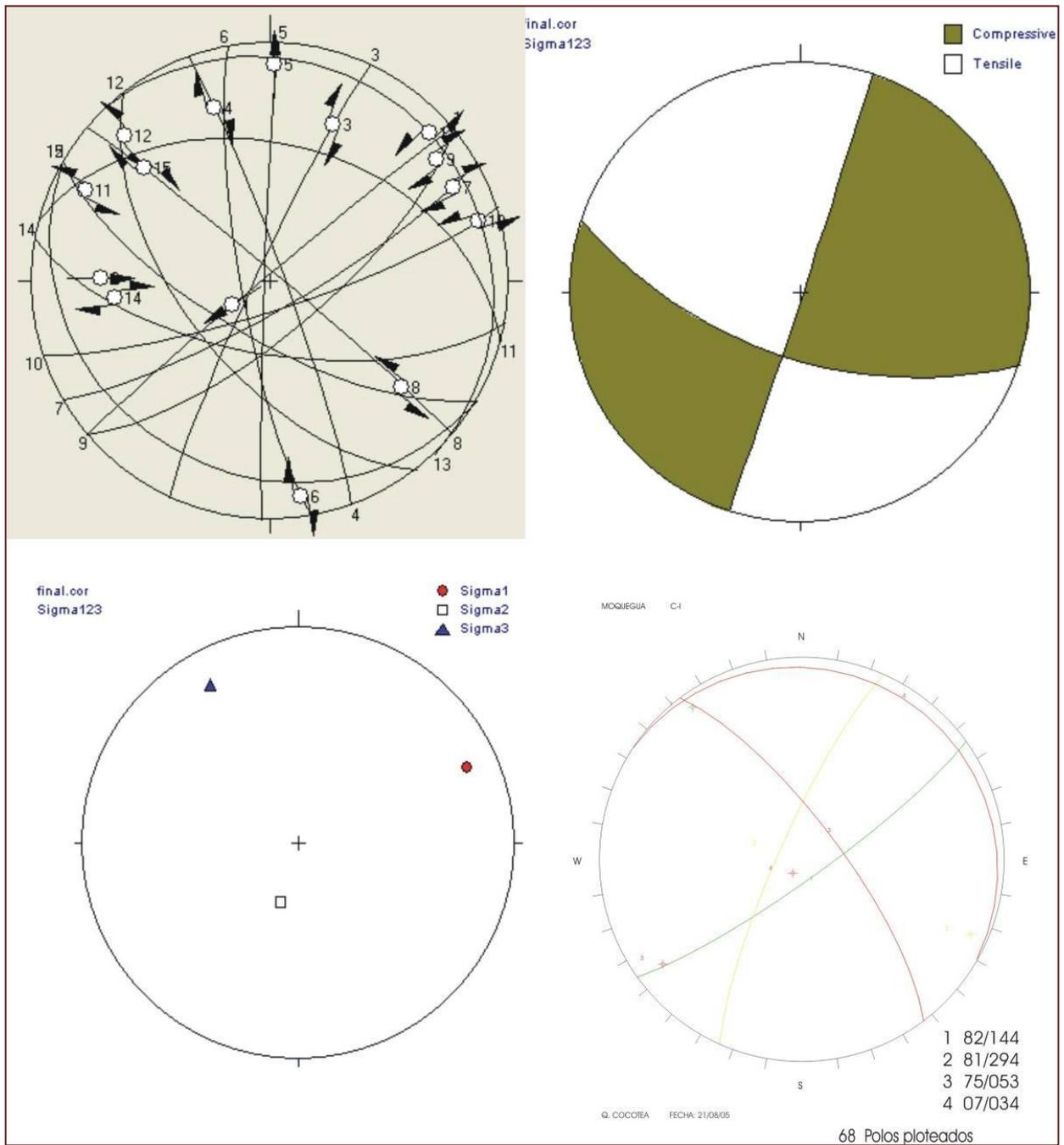


Figura N° 5.54. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-21.

5.2.2.22. ESTACION QUEBRADA CHUNTACALA

Se encuentra ubicada a 5 Km. al NE de Cuajone, está conformado por secuencias volcánicas con presencia de cuarzo en una masa afanítica de color gris claro, de la Formación Asana que son intruídas por un cuerpo diorítico de grano medio de la Súper Unidad Yarabamba.

En el punto (8118966, 324428) se observa un dique de composición asociado a gabrodiorita - gabro, que cortan a las secuencias de flujos lávicos con rumbo N260°E, 87°SE. En el punto geológico (8119421, 325028) Mirando al N se realizo las siguientes apreciaciones:

1. Facies volcánicas andesíticas del Grupo Barroso, con una orientación de Rumbo N-S buzamiento 15°NW.
2. Flujos lávico de la formación Asana, tenemos dioritas con pirita diseminada paralelo a la dirección de flujo lávico.
3. Observamos la presencia de diorita controlada por fallas de rumbo N240°E buzamiento 80° SE.

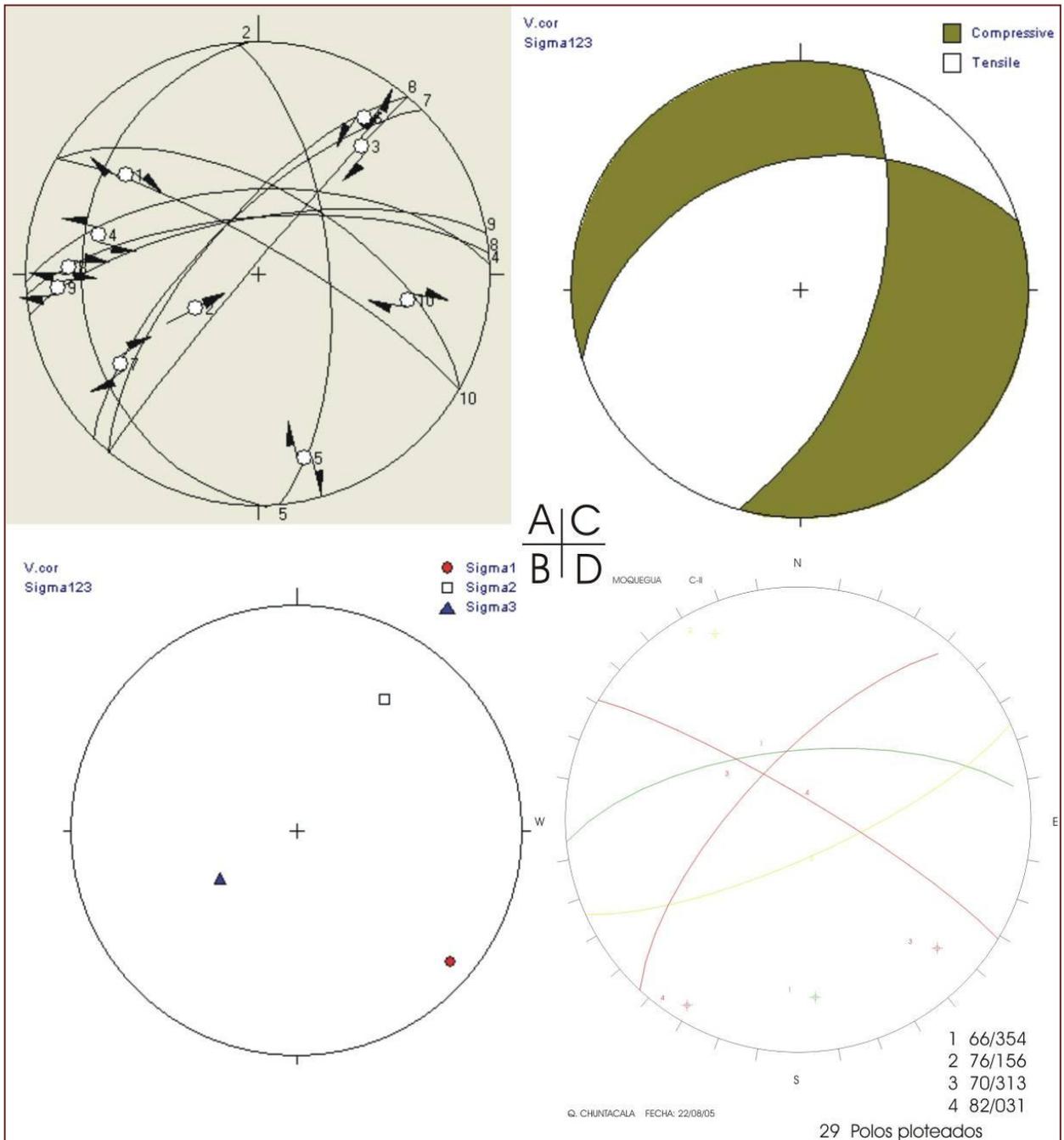


Figura N° 5.55. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-22.

5.2.2.23. ESTACION CAPILLUNI

Se encuentra ubicado a 5 Km. al Sur de Quellaveco, Esta conformado por tobas de color gris oscuras de la Formación Huaylillas suprayaciendo a rocas sub volcánicas de composición asociado a dioritas de la Formación Carpanito. En el punto geológico (8102495, 325483) Mirando al SE, se realizó las siguientes apreciaciones:

1. Flujos lávicos riolíticos de la Formación Asana de color gris pardusco infrayacen a rocas sub volcánicas de composición asociado a diorita de la Formación Carpanito.
2. Roca intrusiva monzonita de color gris pardo de grano medio a fino.
3. Monzonita de grano medio cortado por aplitas de color gris pardo con un rumbo de N80°E con buzamiento 70°SE. Con un grosor de 40 Cm.

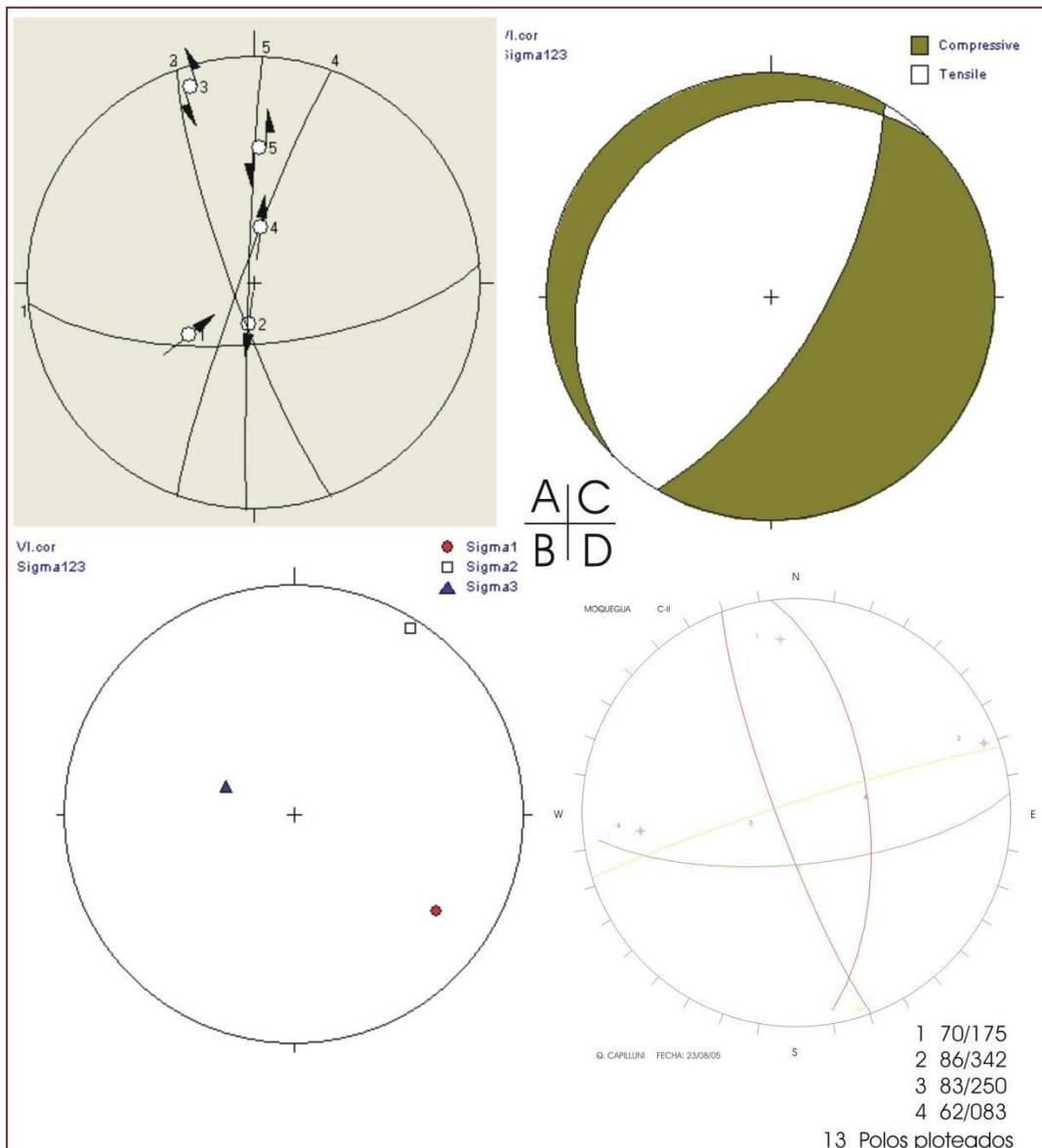


Figura N° 5.56. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-23.

5.2.2.24. ESTACION VIÑA BLANCA

Se encuentra localizada a 4 Km. al SE de Cuajone, esta conformado por flujos riolíticos Asana de color gris pardo con Rumbo N30°O con buzamiento 10° SO. La Formación Asana esta infrayaciendo a la Formación Huaylillas la misma que ha sido afectada por la falla Viña Blanca de dirección NO-SE, de componente inverso siniestral.

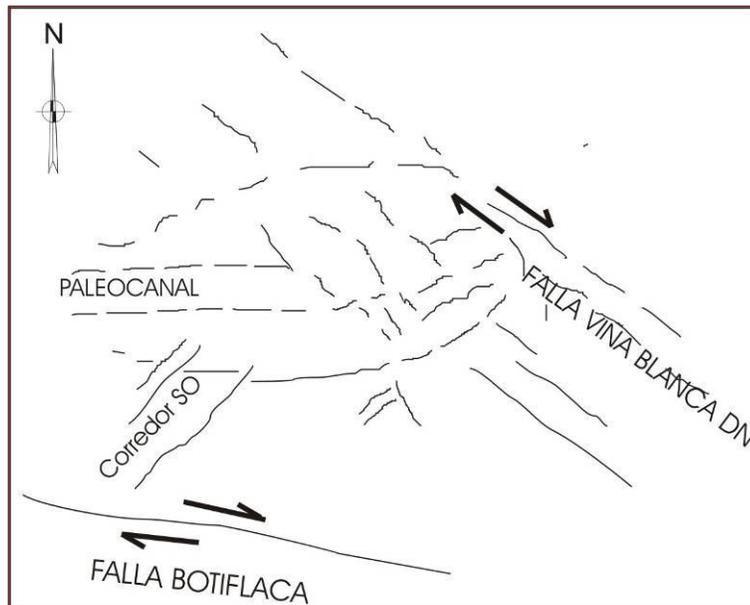


Figura N° 5.57. Estación Viña Blanca, en el sector Cuajone se observa la zona de falla de Viña blanca desarrollado por un componente de rumbo de dirección NO de comportamiento dextral normal en una zona de cizalla milonítica relacionado con material dúctil.

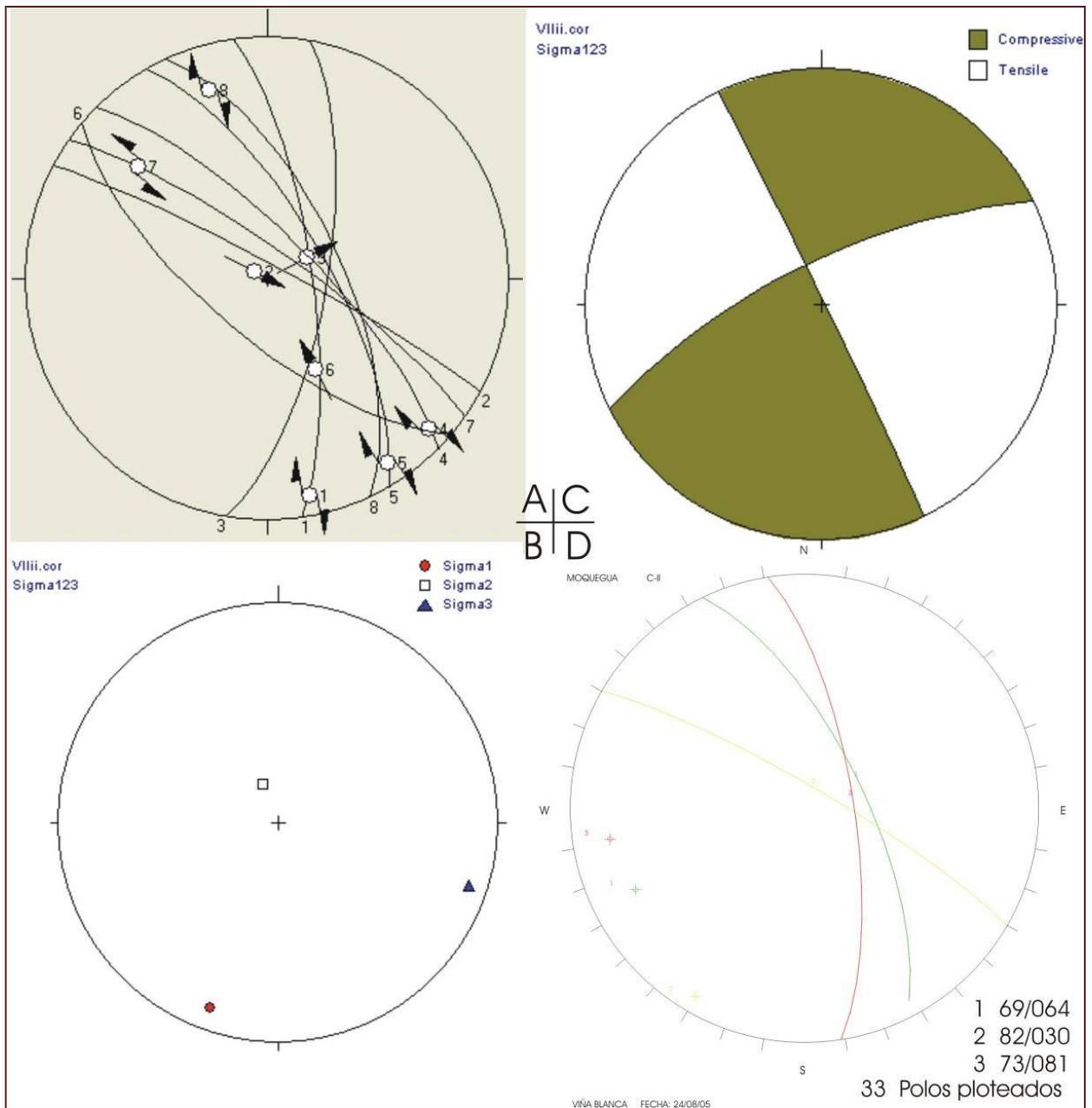


Figura N° 5.58. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-24.

5.2.2.25. ESTACION BOTIFLACA

Se encuentra localizada a 5 Km. al SE de Cuajone, esta conformado por flujos rio líticos de la Formación Asana de color gris pardo, infrayaciendo concordantemente a la Formación Huaylillas.

En el punto (8111479,312550) se puede observar una falla con rumbo N75°E buzamiento 85°SE, en el plano de esta falla se pudo ver hasta tres ángulos de estría diferente, 1. 55°ND, 2. 10°DN, 3. 75°NS.

Según la relación de campo y los análisis de distribución de esfuerzos esta asociado a un componente dextral inverso denotando un esfuerzo de reajuste para este medio en un régimen transpresivo (Ver cuadro N° 5.2).

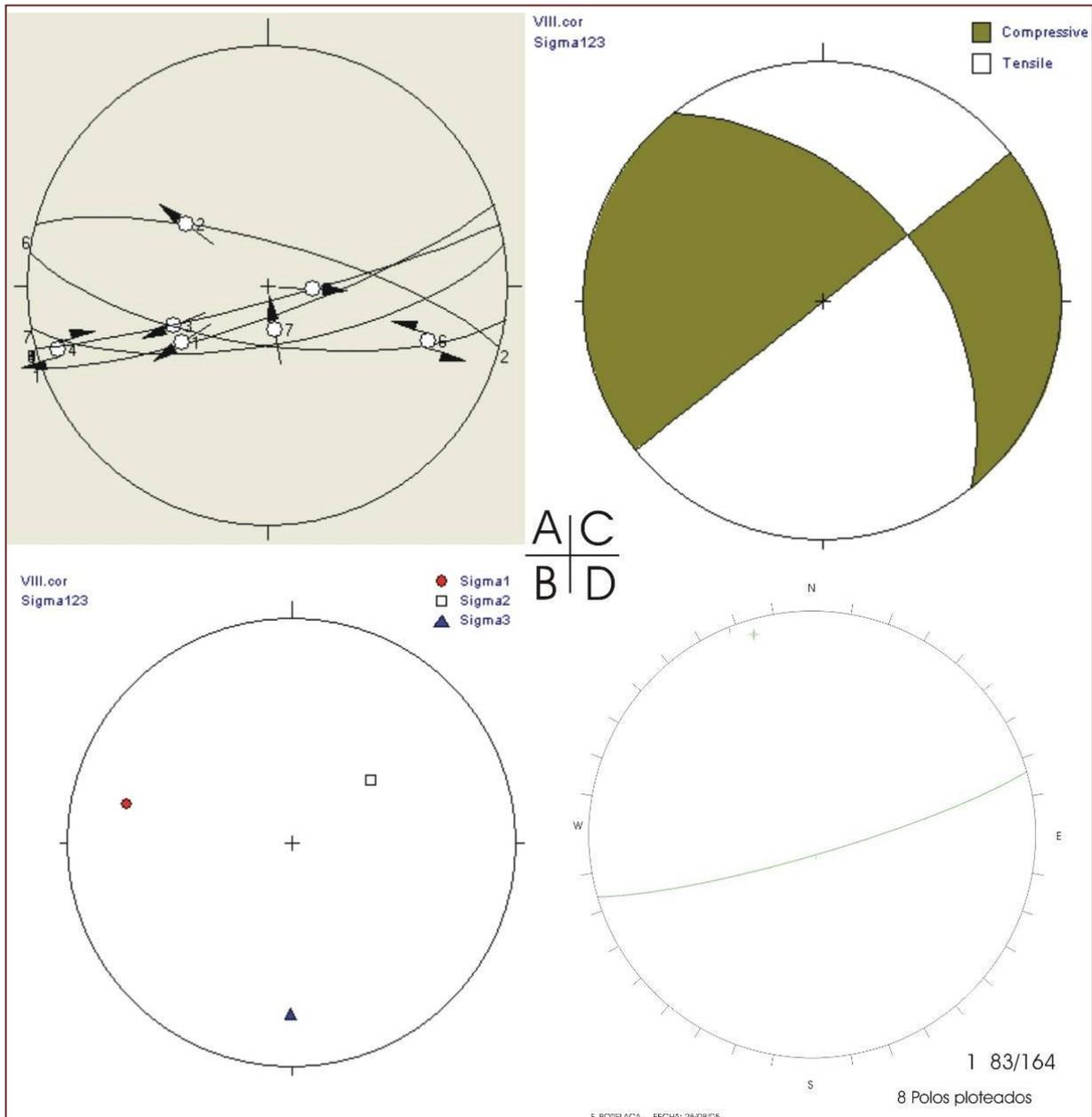


Figura N° 5.59. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-25.

5.2.2.26. ESTACION TOQUEPALA

Se encuentra localizada a 35 Km. aproximadamente al SE de Moquegua, está conformado por flujos riolíticos de la Formación Asana intruído por dioritas de la Súper unidad Yarabamba, y rocas sub volcánicas de la Formación Carpanito, se observa andesitas de la Formación Samanape.

En el punto (8092838,328812) Observamos un dique con un grosor de 2.5 m. con un Rumbo de N42°E y buzamiento de 62°NO.

La distribución de la zona de falla Micalaco ubicado al Sur del Pit de la unidad Toquepala, el cual controla la mineralización de dirección transcurrente para el emplazamiento de flujos verticales relacionadas a un ascenso de pluge NO.

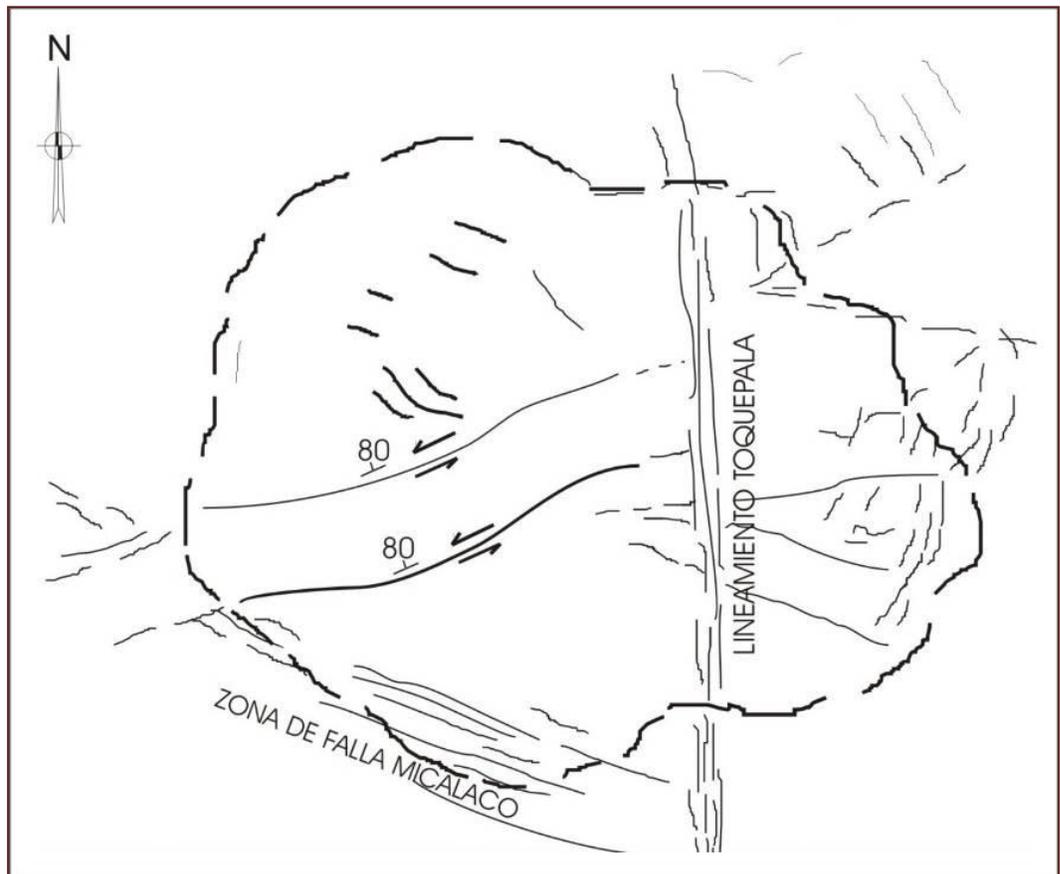


Figura N° 5.60. (8095122,322494) se observa el sector de la falla Micalaco.

Denotandose tres direcciones dominantes en el sector Toquepala NO, NE, N-S. se ha llegado a distinguir a las fallas de dirección NE con vergencias hacia el NO con ángulos de 80° tipificandolo como fallas de alto ángulo por lo que este esfuerzo seria interpretado un esfuerzo de reajuste para un componente siniestral normal.

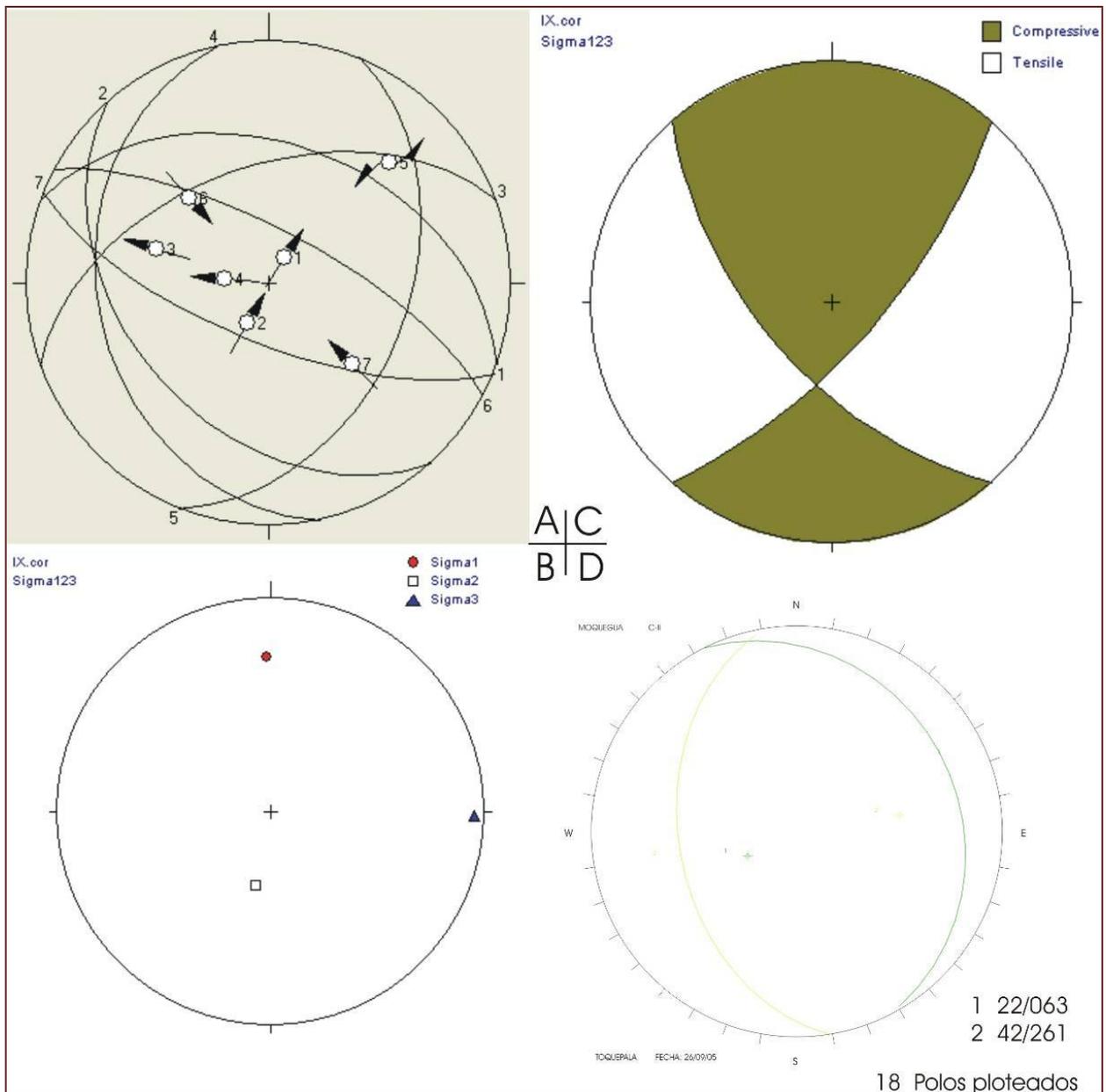


Figura N° 5.61. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-26.

5.2.2.27. ESTACION MICALACO

Se encuentra localizado a 13 Km. al SO de Quellaveco, esta constituido por Diorita de grano medio de la Súper Unidad Yarabamba afectado por fallas. De componente Dextral y Sinistral.

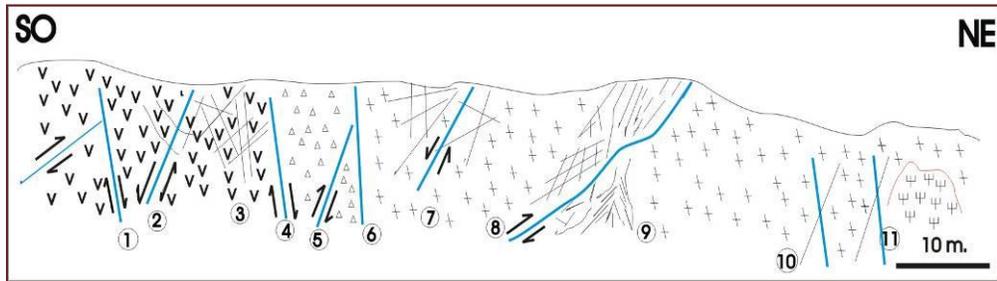


Figura N° 5.57. Mirando hacia el NO, observamos una sección en una zona de falla de mas de 100-200 m.

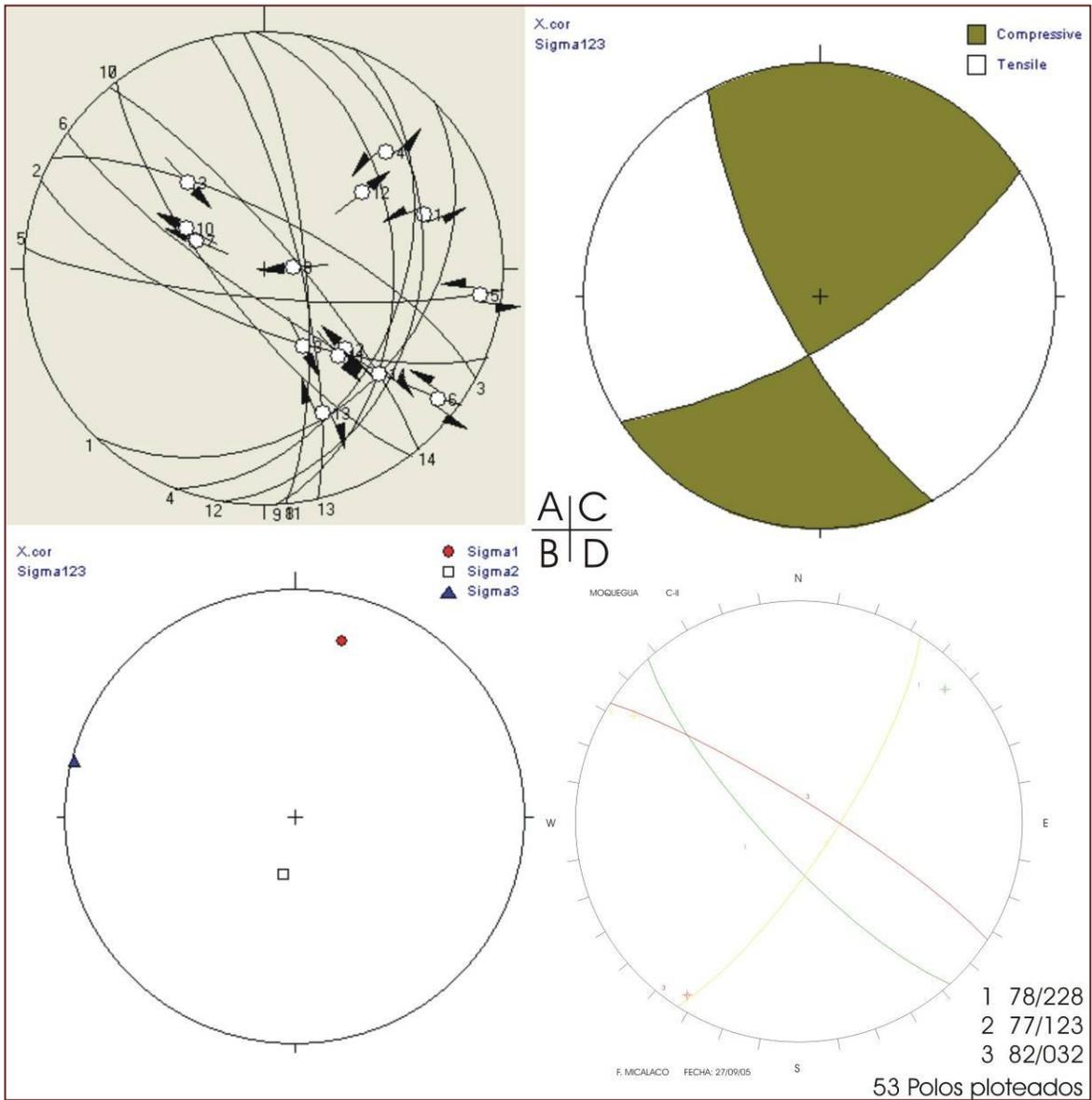


Figura N° 5.62. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-27.

5.2.2.28. ESTACION INCAPUQUIO

Se localiza a 20 Km. Al SE de Moquegua, esta conformado por rocas plutónicas monzonita, diorita, gabros de la Súper Unidad Yarabamba que están en contacto de falla con riolitas de la Formación Asana.

En este punto observamos alteración argílica, óxidos de fierro en el espejo de una falla.

Nº	EST	Rumbo	Buz	Pitch	Directo	Inverso
1	Falla	N225°E	35°SE	30°SN	71	251
2	Falla	N292°E	70°SW	50°ID	315	135
3	Falla	N298°E	72°NE	50°ID	139	319
4	Falla	N202°E	42°SE	30°SN	46	226
5	Falla	N275°E	80°SW	10°SN	97	277
6	Falla	N305°E	80°SW	10°SN	127	307
7	Falla	N322°E	75°SW	65°ND	293	113
8	Falla	N355°E	76°NE	60°ND	153	333
9	Falla	N358°E	45°NE	80°ID	266	86
10	Falla	N322°E	75°SW	60°ND	298	118
11	Falla	N355°E	76°NE	50°ND	140	320

(Este trabajo).

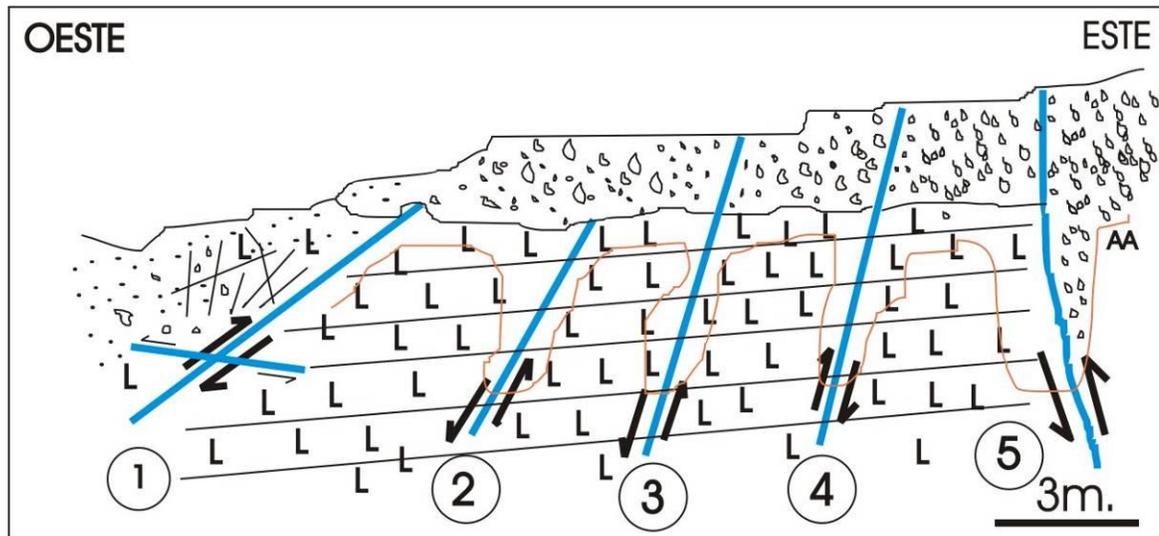


Figura Nº 5.63. (8089248, 320468) Mirando al Norte. Observamos tobas de la Formación Paralaque, alteración argílica.

1. Falla con Rumbo N170E buzamiento 60° SO estrías en 3 direcciones 30° IS, 20° IS, 85° IS. (Inverso Siniestral).
2. Falla N335°E buzamiento 70° NE estrías de 50° movimiento Inversa Dextral.

El basamento de Toquepala fue afectado por los movimientos de la segunda fase de la orogenia andina (fase Inca) durante el Eoceno tardío o comienzos del Oligoceno (Bellido, E. 1963)

En la segunda campaña de campo se observo en el punto (8089097, 320667) flujos lávicos de color gris claro con cuarzo libre en con fiammes cortado por fracturamiento relleno por óxidos de fe, se encuentra cubierto por material cuaternario (observar el perfil interpretativo).

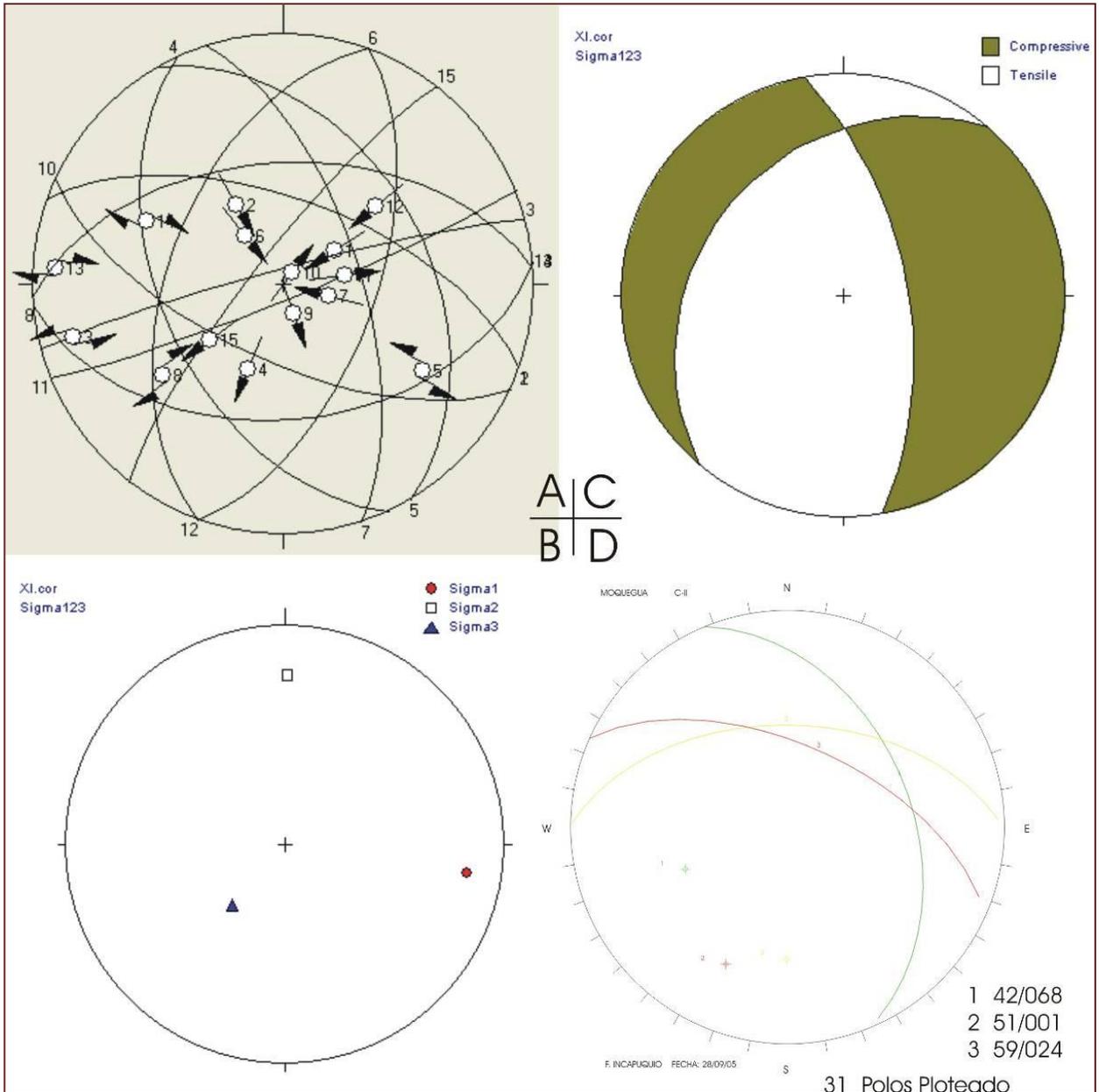


Figura N° 5.64. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-28.

5.2.2.29. ESTACION ILABAYA

Se encuentra localizado a 45 Km. aproximadamente, al SE de Moquegua, esta conformado por tobas grises oscuras de la Formación Paralaque, flujos lávicos de la Formación Asana de color gris pardo, y son cubiertos por conglomerados de la Formación Millo, tenemos la presencia de dioritas de la Formación Carpanito.

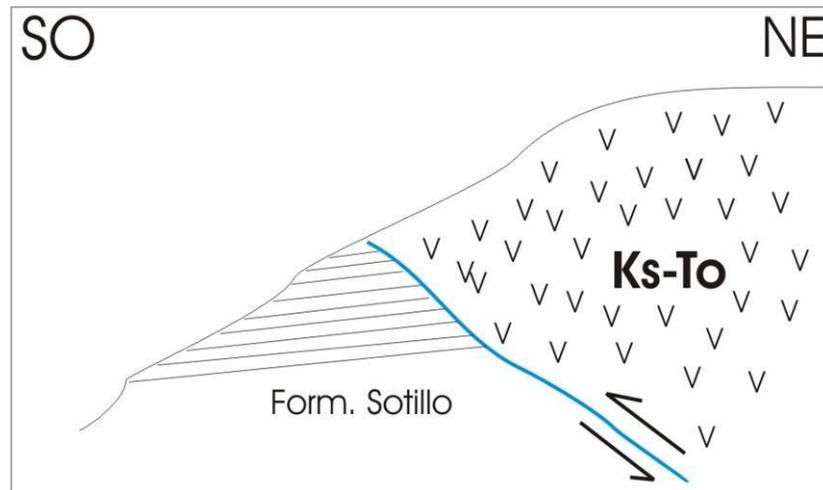


Figura N° 5.65. (8065857, 338696) Mirando al NW, se observa una falla inversa de bajo ángulo de contacto entre la Formación sotillo y el Grupo Toquepala.

Figura N° 5.66. (8071776,339116) Mirando al SW. Observamos el perfil de la estación transversal a la zona de falla del sistema de fallas Incapuquio.

Este sector corresponde a la traza de la zona de falla denominado Incapuquio sobre el Río Ilabaya, está relacionado con un esfuerzo de relajamiento, (ver Figura 5.85) en donde la posición de los sigmas domina el sigma 3 por consiguiente mantiene comportamiento de rumbo transcurrente compresivo presentando un vector de deslizamiento en dirección de la horizontal en sigma 1 con dirección N108°E siendo este un primer movimiento con un componente inverso dextral; mostrando indefectiblemente el segundo movimiento que sería de reacomodo a un esfuerzo normal siniestral producto del levantamiento del arco magmático.

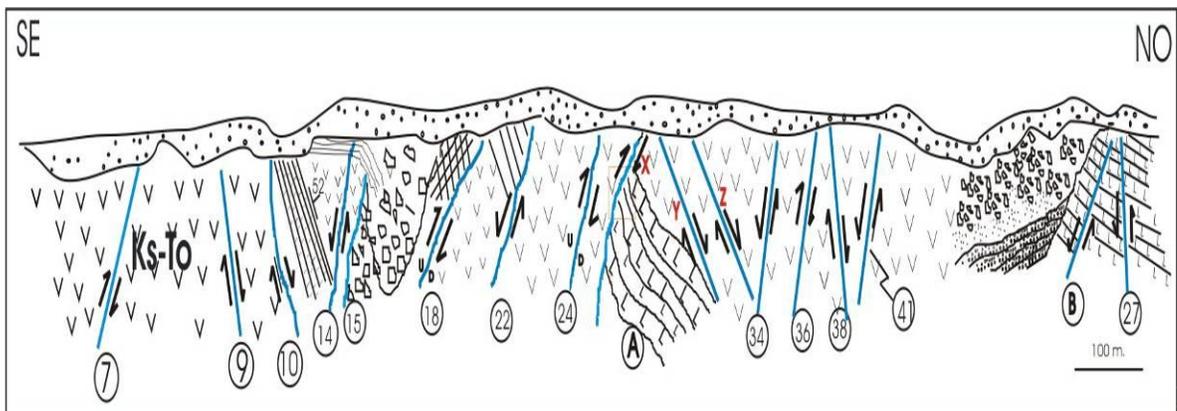
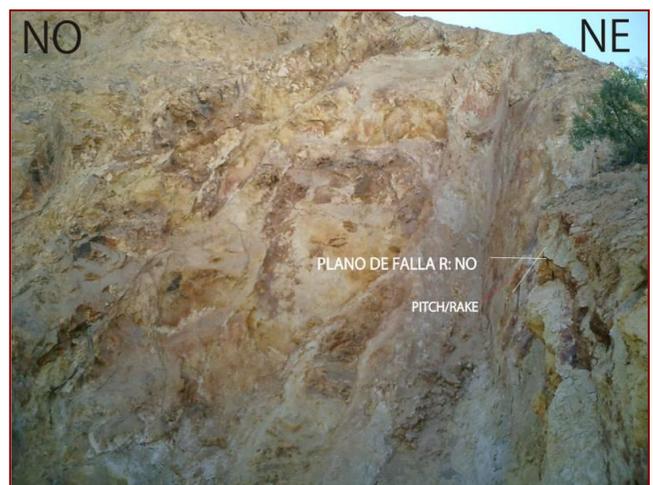
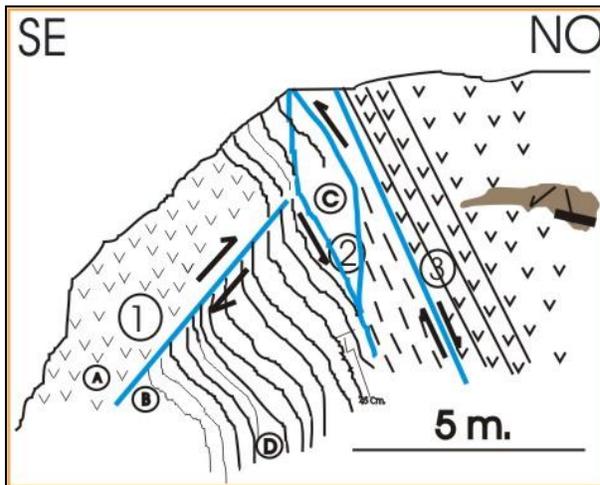




Foto N° 5.3. Mirando hacia el NO se aprecia una zona de falla con comportamiento de rumbo inverso. Transversalmente cortado por la zona de falla Incapuquio. Afectando a rocas volcánicas del Grupo Toquepala.

Figura N° 5.67. (8075704,340657) Izquierda, se observa el perfil interpretativo de la sección transversal a la zona de falla Incapuquio. Derecha se observa en (8089097, 320667), sección perpendicular a la zona de falla Incapuquio (Estación Cimarrona).



Un importante cambio en el régimen de esfuerzos entre 43-40 Ma provoca el cierre en compresión, este cambio indujo posteriormente a una evolución del comportamiento del límite Cordillera Occidental con movimientos de desgarre sinistral como lo muestra la evolución de las cuencas Oligocenas – Miocenas. Estos movimientos sinistral son compatibles con los modelos que tratan de explicar la formación del Oroclino Boliviano. Los tensores compresivos (crisis Quechua) son los marcadores del cierre de las cuencas Neógenas³⁰.

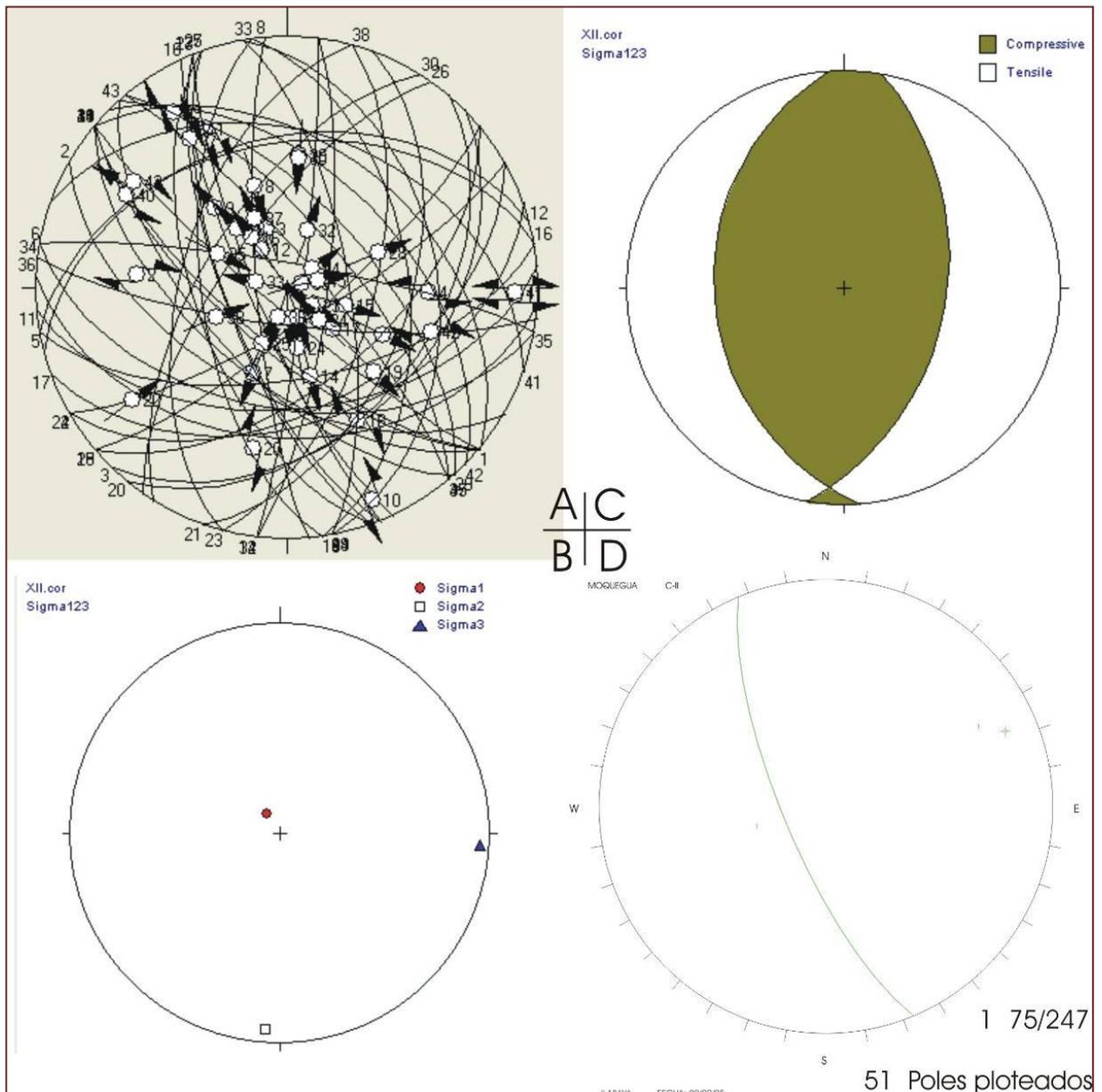


Figura N° 5.68. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-29.

³⁰ Carlotto, V. (2002) Evolución Andina y Acortamiento Tectónico a Nivel de Cusco (13°-16°S) p.4.G

5.2.2.30. ESTACION RIO ILABAYA

Se encuentra localizada a 4 Km. al Norte de Ilabaya, esta constituido por tobas soldadas de la Formación Paralaque que son intruídas por rocas plutónicas de la Súper Unidad Yarabamba, que producen alteración en el área.

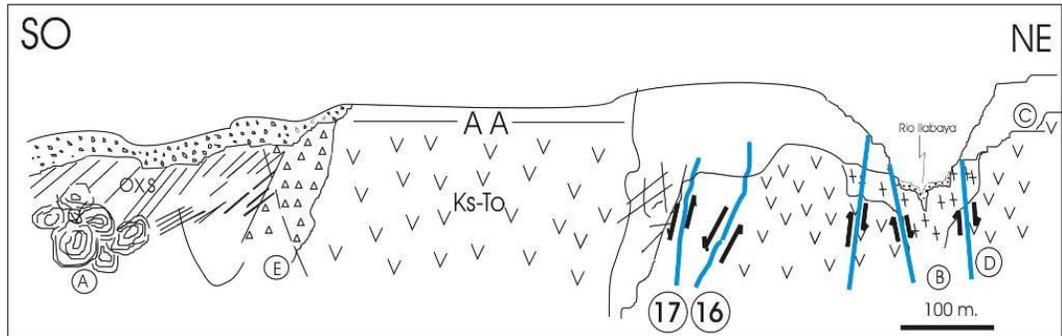


Figura N° 5.69. (8075545, 340805) Mirando al Norte zona de falla en el margen derecho del río Ilabaya.

1. Rocas sub volcánicas, de composición asociado a diorita
2. Zona de alteración argílica
3. Fallas destrales cortan a la diorita.

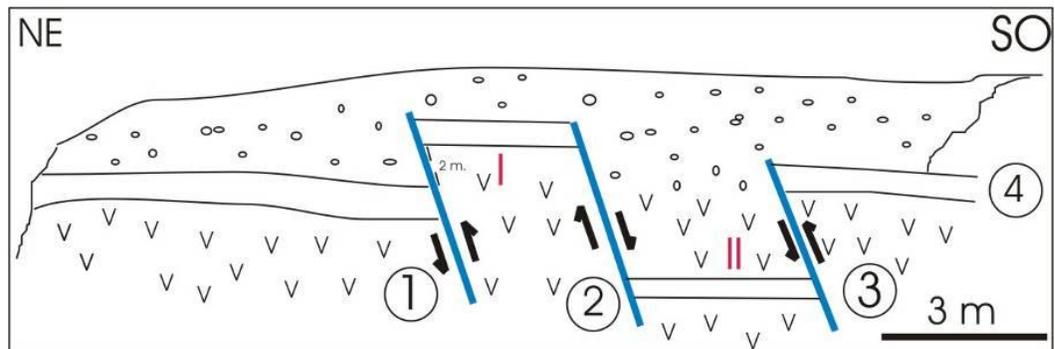


Figura N° 5.70. (8075545, 340805) Mirando al Norte. Se aprecia a rocas de volcánicas afectadas por 3 movimientos destando al primero como siniestral, al segundo como destral y a un último como siniestral.

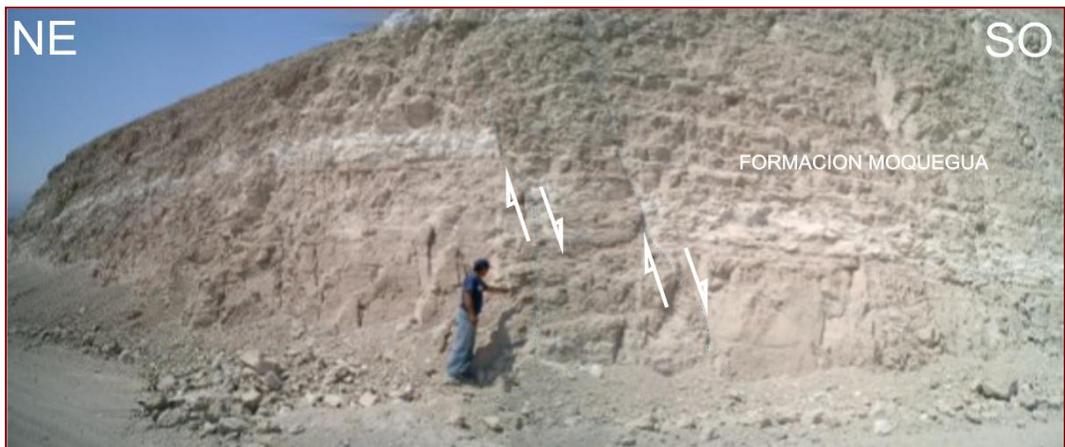


Foto N° 5.4. Mirando hacia el SE.

se aprecia los últimos movimientos de carácter normal según relación de campo para el sistema de fallas Incapuquio que afectarían a secuencias de la Formación Moquegua datados en 25.3 ± 0.8 Ma. En el cerro Baúl. (Movimiento post tectónico).

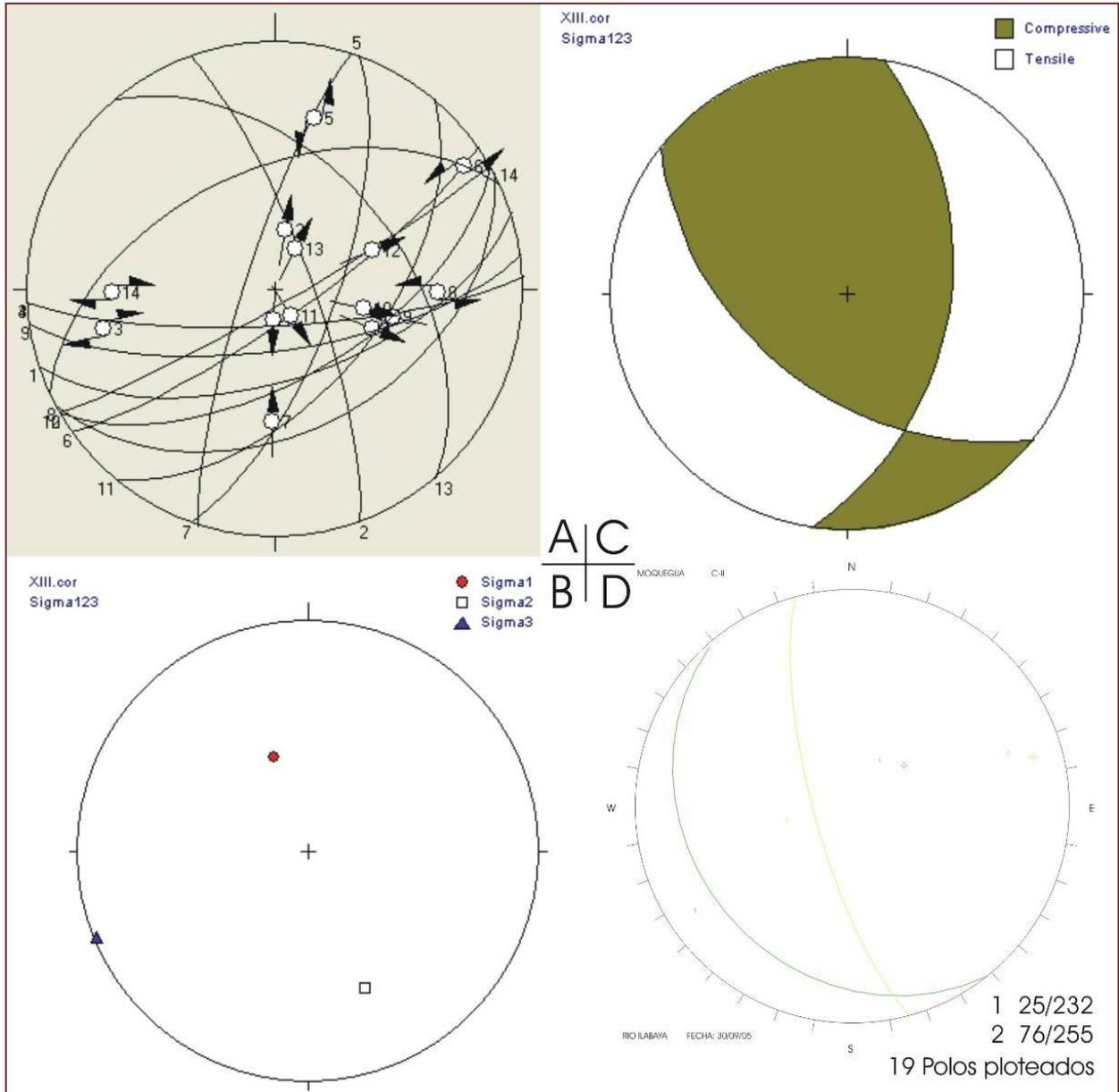


Figura N° 5.71. Proyección estereográfica de fallas con pitch Estación-30.

5.2.3. DEFORMACION

En el sistema de Fallas Incapuquio la intensa deformación viene desarrollándose desde el Arco del Jurásico, pasando a la época compresiva del Cretáceo Superior del Grupo Toquepala.

La deformación compresiva estuvo acompañada por el magmatismo sin tectónico que dio origen a los sistemas porfirícos Cu-Mo.

Sin embargo la observación sobre los gradientes de desplazamientos no son constantes y que la deformación es inhomogénea; con respecto al vector de levantamiento del magma que se deriva en función de la convergencia oblicua fue generando entre la Qda Lloquene y la Qda. Cocotea.

Sin embargo un esfuerzo diacrónico se vio asociado en la estación LLoquene relacionado con régimen transtensivo de distensión afectando a rocas de la Formación Moquegua, observando material milonítico por lo que estaríamos frente a una zona de deformación de cizalla relacionado con un ambiente de carácter dúctil.

La determinación del Elipsoide de Deformación de nivel regional esta dado por una forma y orientación a nivel de la disposición del placolito con eje mayor de alargamiento de rumbo NO-SE y un eje menor de dirección NE.

Los elementos estructurales como falla Micalaco, Asana, lineamiento Capilluni. presentes en la SFI, así como los corredores estructurales paralelos al lineamiento de la falla Incapuquio. Transfieren una deformación por procesos de segregación magmática, debido a que estos elementos mantienen un carácter translitosfericos de gran profundidad.

Dentro de las principales estructuras encontradas en la zona se puede describir las fallas tipo regional, teniendo relación con el Sistema de Fallas Incapuquio sugerimos cuatro procesos relacionados con el emplazamiento del magma que originalmente generó deformación directa en el emplazamiento del placolito: segregación, fusión parcial, ascenso de flujos de diques, y niveles de emplazamiento en ambientes de extensión desarrollado para la zona sur del área de estudio y de contracción para la zona norte y central del área de estudio.

5.2.4. ESTRUCTURAS LOCALES

5.2.4.1. Falla Micalaco

Se localiza desde el poblado del mismo nombre y en línea casi recta atraviesa el deposito de Toquepala, en una dirección NW-SE buzamiento vertical, cuya extensión sobrepasa los 21 Km. el fracturamiento producto de esta falla mantiene un stockwork³¹.

5.2.4.2. Falla Botiflaca

Se encuentra a 2.5 Km. al SW de la mina Cuajone se presenta en forma sinuosa cubre una longitud de 20 Km. cruzando la Quebrada de Cocotea y Torata, tiene un rumbo

³¹ Marca, F.O (2001) se caracteriza por presentar turmalina, la potencia es variable esta falla corta rocas volcánicas del Grupo Toquepala así como rocas intrusivas de tipo diorita-granodiorita.

general de N60° E/ 80°O y buzamiento subvertical la potencia llega hasta 40 m. (Manrique y Plazolles 1974)³².

5.2.4.3. El Sistema de Fallas de Incapuquio (SFI)

El sistema de fallas de Incapuquio es un sistema estructural de carácter regional con rumbo Noroeste - Sureste. Se extiende sobre los departamentos de Tacna y Moquegua a lo largo de 140 Km., con un ancho de 4 Km. como máximo³³.

Edad de Inicio de la Falla Incapuquio De acuerdo con las evidencias de campo, el Sistema de fallas Incapuquio (SFI) ya estaba activo durante la formación de la cuenca marginal, la cual profundizaba hacia el suroeste. Así mismo, hacia el noroeste de la zona de estudio (en el sector de Yura), la dirección que presenta una serie de fallas sinsedimentarias, generadas en el Jurásico inferior y medio, concuerda con la orientación del sistema de fallas Incapuquio y Challaviento, lo que también sugiere que el SFI estuvo activo durante el rifting (Pino, A. 2004)³⁴.

Las observaciones a lo largo del SFI de dirección NO-SE, mantiene una sinuosidad, reflejado en bloques de componente transpresivo en las cercanías del **cerro Baúl mirando al NE**, observamos a una estructura en una zona de cizalla que controla una flor positiva como evidencia de deformación de contracción.

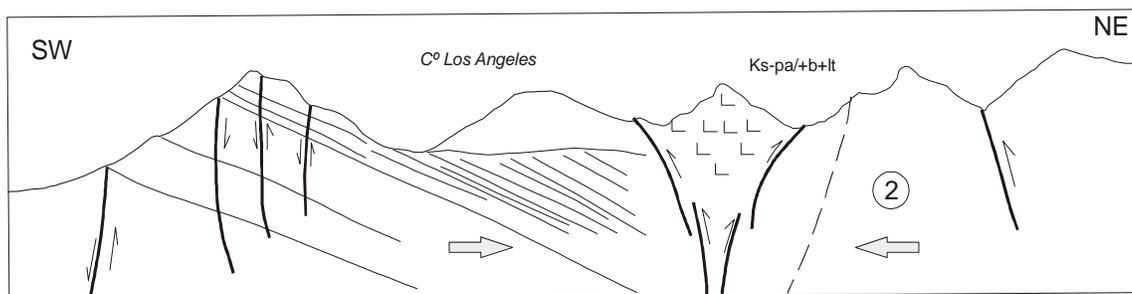


Figura N° 5.72. (8075545, 340805) Mirando al Noreste; apreciamos una zona de compresión que afecta a la Formación Paralaque del Cretáceo Superior.

En general uno de los mecanismos de emplazamiento del magma fue a través de *las fracturas se abren perpendiculares a sigma 3* y se propagan en el plano σ_1 - σ_2 , de esta manera la orientación de los diques puede ser vaticinada desde los campos de fuerzas locales y regionales, recíprocamente, la orientación de los diques solidificados pueden ser usados para interpretar los campos de paleofuerzas (e.g., Nakamura, 1977; Meriaux y Lister, 2002). En ambientes Strike slip y extensionales, la fuerza principal σ_3 , esta en el

³² Esta compuesta por roca intensamente triturada, breccias heteroleíticas con fragmentos subangulosos a subredondeados atravesando a rocas del Grupo Toquepala y por posibles reactivaciones también corta rocas posteriores mineralizando las secuencias volcánicas de la formación Huaylillas en Cuajone como una Superimposición al stockwork, ocurrió en Cuajone un intenso cizallamiento, fracturamiento y cizallamiento con una dirección predominante hacia el NW (Satchwell 1982).

³³ (Jacay et al, 2002). En el departamento de Tacna es conocido como sistema de Fallas Incapuquio y Challaviento, mientras que en su extensión hacia el noroeste, en el departamento de Moquegua, es conocida bajo el nombre de fallas Incapuquio, Micalaco y Capillune (Jacay et al., 2002).

³⁴ Así mismo, el registro estratigráfico indica el desarrollo de un arco volcánico a partir del Cretáceo inferior en las cercanías de la zona de estudio (Formación Chulluncane) probablemente a partir del Hauteriviano.

plano horizontal, y las estructuras de dilatación³⁵ (incluyendo diques) será vertical. Dadas estas fuerzas flotantes que manejan el ascenso del magma también están orientados verticalmente, tales estructuras suministran vías de menos resistencias y grandes permeabilidades para el flujo del magma³⁶.

		1 Estría		2 Estría		3 Estría			
		Observación	Interpretación	Observación	Interpretación	Observación	Interpretación		
DEXTRAL	(a)			(e)			(i)		
	(b)			(f)			(j)		
SINISTRAL	(c)			(g)			(k)		
	(d)			(h)			(l)		

Figura N° 5.73. El presente cuadro nos puede explicar los tipos de desarrollo de estrías, en las fallas del sistema de fallas Incapucio (Pitch=Estrías).

Sin embargo muchas de estas actividades son de difícil colección en vista de la actividad erosiva, y a los múltiples esfuerzos direccionados y de reajuste efectuados en esta región.

Sin embargo el cuadro muestra la interpretación con particularidades de hasta tres vectores de pitch sobre un mismo plano, deformación vista en los planos de falla del SFI.

Desarrollados tanto para componentes sinestrales como dextrales.

³⁵ (Tavernelli, E.& Holdsworth, R. E. 1999) "el modelo de deformación es más fácilmente explicado por la eficiente partición de deformación por transpresión dentro de acortamiento de fallas normales adyacentes a las zonas de falla⁴ⁿ".

³⁶ Richards, R.P. (2003), SEG P. 1522.

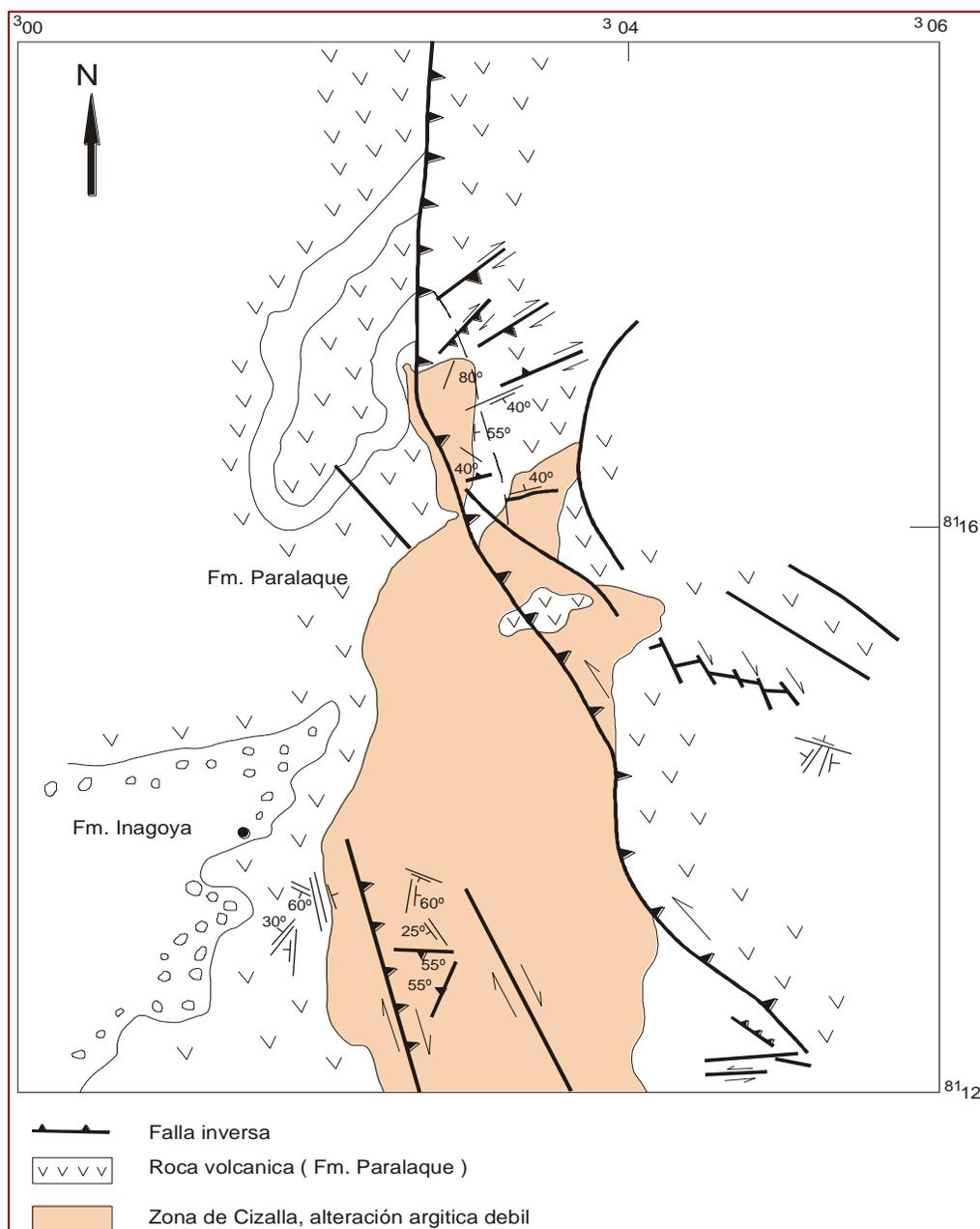


Figura N° 5.74. Mirando al NE, observamos estructuras con comportamiento de contracción en las zonas distales del sistema Incahuico, sector Otorá.

El área es afectado por un sistema transpresivo dextral hacia el noreste cortando a secuencias volcánicas de la Formación Paralaque del Cretáceo Superior sin embargo hacia el suroeste se observa fallas de dirección NO-SE con movimiento de rumbo y componente inverso dextral con vergencia hacia el NE.

La zona central presenta, zonas de fallas de dirección N-S, NO-SE con una elongación típico de sobrepresión magmática con movimientos de rumbo con una vergencia hacia el NE y un componente inverso siniestral.

Interpretando este sistema de fallas como una gran estructura en flor en su configuración actual, lo cual sería resultado de movimientos de rumbo transpresivos para el Cretáceo Superior.

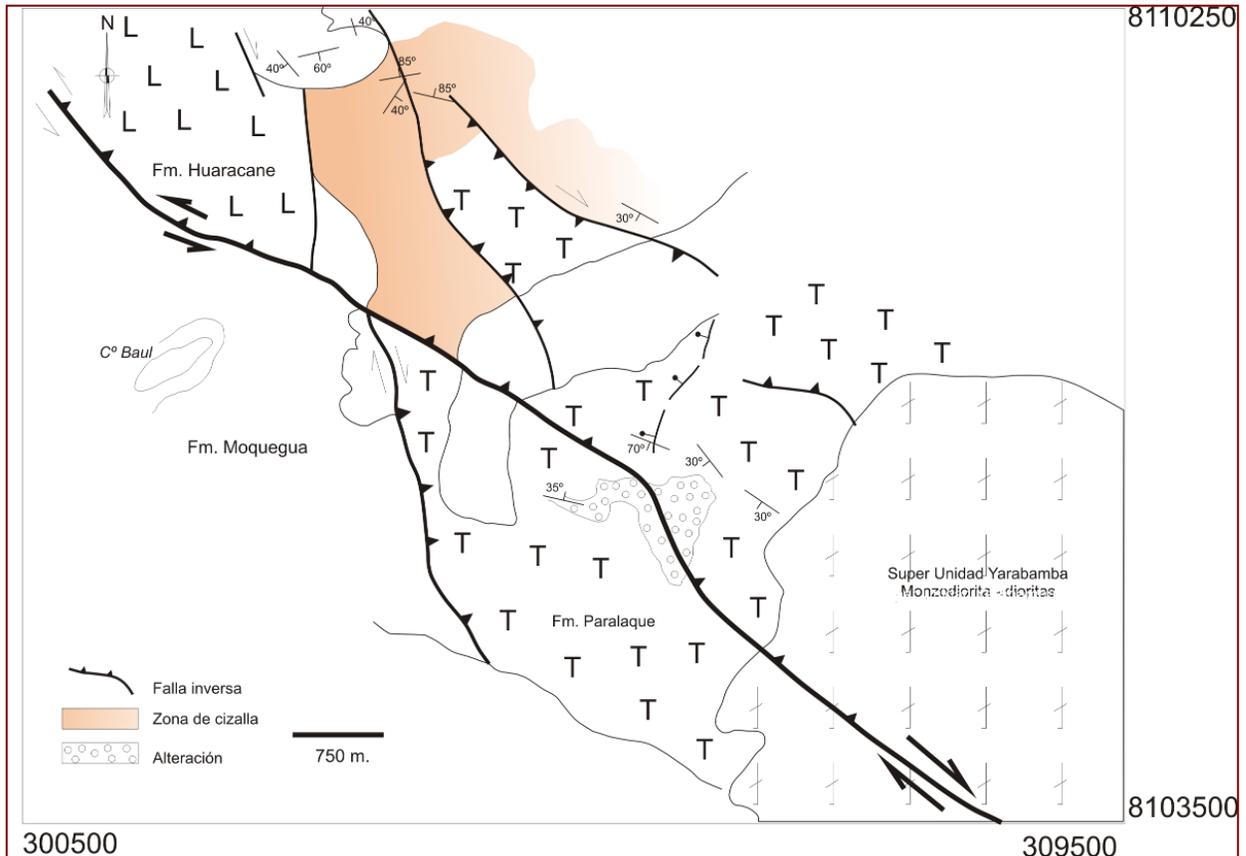


Figura N° 5.75. Mirando al NE, observamos una estructura en flor positiva, sector Tumilaca.

Hacia el norte se aprecia zonas de falla de dirección ONO-ESE con movimientos de rumbo y componentes inverso dextral con vergencia hacia el NE. Hacia el Sur se aprecia a las secuencias de la Formación Paralaque intruídas por facies ígneas de dioritas y monzodioritas de la Super Unidad Yarabamba. Los últimos movimientos de este sistema de fallas, es de rumbo dextral con componentes inversos (transpresivos), formando así la configuración actual la cual corresponde a una gran estructura de flor positiva.

5.2.5. EL SISTEMA TRANSCURRENTE DEL SISTEMA DE FALLAS INCAPUQUIO

El presente estudio esta enmarcado en los Andes Centrales de Sudamerica afectada por el ridge de Carnegie en el Norte Ecuador y por el Sur tenemos el Ridge de Nazca en Peru y el Ridge de Arica en Chile. Tectónicamente ubicado en un ambiente de placas convergentes en una zona de subducción de la corteza Oceánica debajo de la corteza continental derivando a

una intensa deformación. “En Sudamérica el sentido de oblicuidad cambia cerca de Arica, por consiguiente el sentido de la rotación de bloques también cambia³⁷”.

“Los estudios paleomagnéticos muestran que las rotaciones son una particularidad clave de la deformación, los resultados paleomagnéticos obtenidos en rocas mesozoicas y en rocas del paleoceno, muestran para el sur del Perú rotaciones antihorarias superiores a 30° sosteniendo la hipótesis de curvatura del oroclinal de los Andes Centrales.

Las evidencias se mostraron en el Grupo Toquepala y Moquegua Inferior. En el sur del Perú. En la región de Arica no se ha encontrado ninguna evidencia de rotación significativa indicando que la curvatura oroclinal no es una estructura simétrica, caracterizándose por una gran rotación antihoraria del antearco de todo el sur del Perú. Los resultados paleomagnéticos preliminares y los resultados precedentemente publicados sugieren una deformación oroclinal durante el intervalo 30 – 25 M.a. como un período de deformación importante en los Andes Centrales” (Roperch et al. 2002)³⁸. Las deformaciones más importantes parecen coincidir con el cambio de las velocidades de convergencia (Carlotto, C. V. et al. 2004)³⁹.

El marco geotectónico fue desde inicios del Jurásico de margen continental activo con subducción de la placa oceánica debajo del continente sudamericano (arco cordillerano). Sin embargo, hay evidencias que indican un régimen global extensivo en la zona de subducción durante el Jurásico y Cretácico Inferior (margen convergente tipo Mariana), el cual cambió a un régimen de tipo comprensivo a partir del Cretácico Superior (margen de tipo Chileno)⁴⁰. Durante los últimos movimientos en el cretácico inferior y superior los movimientos relativos entre los farallones oceánico (Previamente/Phoenix) y placa sudamericana a lo largo del margen central andino fue caracterizado por un período de alta convergencia (Jaillard et al. 2000; Larson 1991; Soler y Bonhomme 1990) con un significativo componente oblicuo⁴¹.

Respuesta a eventos de deformación compresiva que se correlacionan con etapas mayores de reorganización del sistema de placas oceánicas. Las variaciones de velocidad de convergencia, localmente del ángulo de subducción y de la estructura específica de la corteza continental determina una segmentación tectónica a lo largo de los Andes y los distintos segmentos presentan diferencias en el tipo de depósitos metálicos característicos.

La misma que repercute en la segmentación transversal en los Andes Peruanos derivando corredor estructurales como es el caso del Sistema de Fallas Incapuquio (SFI) razón por la que se genera zonas de debilidad litosférica en la corteza lo que va a ser aprovechado por el ascenso perpendicular por emplazamiento magmático, para el Cretáceo Superior.

Una compresión tectónica produce un gradiente de presión que permite el rápido ascenso de magmas por fraccionamiento hidráulico a niveles someros (en oposición a un lento ascenso día pirico en zonas de distensión regional).

5.2.5.1. Sistemas Transcurrentes en el Sur del Perú

En el sur del Perú se han reconocido tres elementos tectónicos⁴², con magmatismo asociado, CECLLA⁴³, es el principal elemento estructural del sur del Perú, cuya

³⁷ Beck, M. E. 1987) La subducción oblicua causa rotación de bloques, movimientos relativos en dirección, muestran resultados en convergencia oblicua dextral al Sur Arica y siniestral al Norte.

³⁸ Roperch et al. (2002) Nuevos datos Paleomagnéticos sobre la rotación antihoraria del antearco del sur del Perú.

³⁹ Lo que se traduce por la variación del ángulo de subducción de la placa oceánica.

⁴⁰ Maksiyev, J.V. (2001). Reseña Metalogénica de Chile y de los Procesos que determinan la Metalogénesis Andina.

En <WWW.Sernageomin>, página principal Accedido el Junio del 2001.

⁴¹ Polliand, M. Shaltegger, U.; Frank, M. (2005).

⁴² Sempere, T. et. al, observaron que los sistemas de deformación más prominentes en esta parte del “Oroclino Boliviano” son predominantemente transcurrentes.

orientación ~ N150° una oblicuidad de 20° con la dirección andina regional del tipo **sistema de desgarre dextral** ~40 a ~80 Km. de ancho, a lo largo del CECLLAC las rocas pre-oligocenas están localmente intensamente deformadas, rocas paleozoicas solo afloran al NE del CECLLA, facies continentales. Hacia el suroeste, facies marinas someras subordinadas (Sempere, Acosta & Carlotto, 2000). Plutones eocenos afloran solo al oeste (o dentro) del CECLLA.

El CECLLA fue el área de emplazamiento de las rocas ígneas del Grupo Tacaza s.s., el cual incluye principalmente rocas volcánicas básicas alcalinas (datadas en 30- 24 Ma; Fornari et al., 2002) e intrusiones básicas a félsicas que también presentan afinidades alcalinas (Mamani & Ibarra, 2000). Su geometría y características geoquímicas muestran que este corredor magmático no se relacionaba directamente con la subducción pero más bien **funciona como un sistema de desgarre litosférico** que permitió que líquidos mantelicos alcanzaran la superficie. En la actualidad, fallamientos normales y/o transtensionales son particularmente activos en el CECLLA (Sempere, T. et al., 2004).

El SFUACC⁴⁴, tiene una orientación ~N130°, se trata de un **sistema transcurrente sinistral** que limita al suroeste el dominio de la Cordillera Oriental y tiene un importante componente inverso de vergencia suroeste, el SFUACC está asociado un magmatismo neógeno (Redwood & Macintyre, 1989), que incluye rocas derivadas del manto emplazadas exactamente sobre fallas principales tanto en el Perú (Carlotto, 1998) como en Bolivia (Herail et al., 1993), hecho que demuestra netamente que se trata de un **sistema de desgarre cortical a litosférico**.

5.2.5.2. Sistema Transcurrente en el Sistema de Fallas Incapuquio (SFI)

Angulo de subducción: Actualmente en Los Andes existe una marcada segmentación tectónica que coincide con **variaciones del manteo de la zona de Benioff** a lo largo de la zona de subducción (Barazangi e Isacks, 1976; Jordan et al., 1983). La coincidencia de las variaciones de la geometría de la placa de Nazca descendente y cambios en la fisiografía y geología a lo largo de Los Andes es notable. En Chile esto se traduce en la existencia de dos zonas con volcanismo activo (desde los 27°S hacia el norte y desde los 33°S hacia el sur) ambas sobre segmentos de la zona de subducción con 30° de manteo y separadas por el segmento entre los 27° a 33° en el que la zona de subducción manta entre 2° a 15° (subducción plana) sin volcanismo activo (Thorpe et al., 1982). Los distintos segmentos actuales tienen características muy distintas en cuanto a morfología y tectónica (Jordán et al., 1983). La variación del ángulo de subducción también deben haber existido en el pasado y pueden haberse reflejado en las características tectónicas y metalogénicas de los distintos segmentos de Los Andes.

Sillitoe (1974) identificó 16 límites transversales de segmentos tectónicos a lo largo de la cadena andina y atribuyó las variaciones longitudinales en la naturaleza de las franjas metalogénicas a la segmentación tectónica de esta cadena montañosa; podríamos tomar como ejemplo a la deflexión de Abancay el cual representa un rasgo profundo y probablemente de larga duración que separa segmentos corticales de diferente composición al norte y al sur de los 13°⁴⁵.

⁴³ Corredor Estructural Cusco-Lagunillas-Laraqueri-Abaroa (CECLLA).

⁴⁴ Sistema de Fallas Urcos-Ayaviri- Copacabana- Coniri (SFUACC).

⁴⁵ Petford, N. & Atherton, M. (1955)

5.2.5.3. Estructuras Mayores

En la corteza superior las estructuras “frágiles” o aquellas de la transición frágil - dúctil pueden actuar como conductos de fluidos, zonas permeables para depositación de minerales y/o como control de intrusión de magmas, por lo tanto ejercen un importante control metalogénico (Ej. Kutina, 1998). A lo largo del sector SFI existen **estructuras ligadas a la subducción** las que son paralelas al sistema de fosa oceánica (trench-linked faults) estas pueden ser fallas normales como las que limitaron la cuenca de tras-arco que existió durante el Jurásico y Cretácico Inferior en el SFI o fallas transcurrentes como la **falla Incapuquio**, esfuerzos de cizalla que se desarrollan a lo largo del arco magmático **falla Micalaco** y que están ligados a períodos de convergencia oblicua de placas, como los Sistemas de Falla de Atacama y de Falla de Domeyko en el norte de Chile y el Sistema Liquiñe – Ofqui en el sur de Chile. También existe estructuras paralelas al tras arco que corresponden a la zona de falla que corresponde al **lineamiento capilluni, falla de dilatación dextral Asana**; resultantes de la acreción de terrenos se provocan (suturas) como la zona de **falla de dilatación** en el sector de Quellaveco (Anexo plano Tectonomagmático), pero este no es un fenómeno característico de Los Andes Centrales del Meso-Cenozoico, aunque fallas mayores o suturas que limitan terrenos acrecionados son comunes en Los Andes septentrionales (Ecuador, Colombia) y existirían suturas en el basamento Paleozoico de Los Andes, ya que la evolución geológica pre-andina involucró la acreción de terrenos alóctonos (Maksaev, 2001) determinan los procesos de metalogenesis andina.

5.2.6. **Parámetros de los Tensores de Esfuerzo**

Los parámetros de los Tensores de Esfuerzo fueron hallados a partir de las medidas de campo de fallas con pitch, llegando a plotearlas en una plantilla estereográfica de Wulff, determinando físicamente su comportamiento, posteriormente fue alimentado la base de datos (Anexo N° 02), y contrastado con el *software Faultkin*. En el cual se puede determinar la posición de los Tensores y su interpretación nos deriva el tipo de esfuerzo al que se adhiere el efecto asociándolo a una edad relativa de la unidad litológica respectiva para cada estación; los resultados de este proceso son vistos en la (Tabla 5.2.1).

5.2.7. **Distribución de los Estados de Esfuerzos**

A partir del análisis de los tensores obtenidos en la tabla N° 5.2.1 Se determinó dos eventos tectónicos:

1. Un primer evento para el Cretáceo Superior deformación afectada al Grupo Toquepala deformación post-tectónica a 72 m.a. vista en los sectores Pre Toquepala cerca del borde occidental de la zona estudiada.
2. Un segundo evento para el Cretáceo Superior, el cual es sint-tectónico con el emplazamiento del placolito Super Unidad Yarabamba, originando una edad máxima para dicha deformación frágil.

Se detalla los datos colectados por estaciones en los siguientes nueve sectores con sus vectores de desplazamiento para cada estación respectivamente.

TABLA Nº 5.2.1. PARÁMETROS DE LOS TENSORES DE ESFUERZO DESVIATORIO.

Fase	No.	Estación	Unidad	No. de Datos	Coordenadas		DIRECCIONES PRINCIPALES DE ESFUERZO						RÉGIMEN TECTÓNICO
							S1		S2		S3		
					Norte	Este	azimut	buzamiento	azimut	buzamiento	azimut	buzamiento	
C-I	1	Los Calatos	Fm. Huaracane	6	8130800	287000	218	22	331	43	110	37	Transcurrente
	2	J. Chico	Fm. Huaracane	4	8129540	296126	45	19	182	64	309	15	Transcurrente
	3	Rio Otorá	Fm. Paralaque	5	8117100	302700	108	43	218	20	326	40	Normal
	4	Torata I	Fm. Paralaque	3	8112198	305103	243	4	58	85	153	1	Transcurrente
	5	Torata II	Fm. Paralaque	5	8113386	302500	331	57	187	27	89	16	Normal
	6	Torata III	Fm. Paralaque	4	8113150	301779	29	22	179	64	294	11	Transcurrente
	7	Torata IV	Fm. Paralaque	6	8109200	307000	121	2	30	35	213	54	Inversa
	8	Torata V	Fm. Huaracane	11	8109650	303400	27	37	125	10	228	50	Inversa
	9	Torata VI	Fm. Paralaque		8114300	304125							
	10	C. Mejía	Fm. Huaracane	21	8108100	302950	286	36	153	42	37	25	Transcurrente
	11	Silica	Fm. Huaracane	2	8102900	292700	25	67	200	22	291	2	Normal
	12	Estuquiña I	Fm. Huaracane	12	8103150	296050	85	75	278	14	188	3	Normal
	13	Estuquiña II	Fm. Huaracane	15	8103450	296725	166	34	326	53	70	9	Transcurrente
	14	Pocata I	Fm. Paralaque	14	8105920	306850	284	57	143	26	44	17	Normal
	15	Pocata II	Fm. Paralaque	18	8105775	306320	180	23	343	66	87	6	Transcurrente
	16	Lloquene	S.U. Yarabamba	12	8094325	312700	26	57	140	14	238	28	Normal
	17	Cimarrona	S.U. Yarabamba	13	8089300	320450	145	51	310	37	45	7	Normal
C-II	18	Q. Ichupampa	Fm. Huaylillas	4	8115861	315212	34	14	128	17	268	67	Inversa
	19	Q. Charaque	Fm. Asana	10	8111726	325814	66	23	294	56	166	22	Transcurrente
	20	Q. Asana	Fm. Asana	28	8108462	326051	119	1	209	2	3	87	Inversa
	21	Q. Cocotea	S.U. Yarabamba	15	8110000	314091	302	55	100	8	103	32	Normal
	22	Q. Chuntac.	Gr. Barroso	10	8119411	325028	299	1	153	78	30	6	Transcurrente
	23	Capilluni	Fm. Huaylillas	5	8103250	326661	273	35	48	44	164	24	Transcurrente
	24	Viña Blanca	S.U. Yarabamba	8	8113296	322534	182	9	74	62	276	26	Transcurrente
	25	F. Botiflaca	Unidad Samanape	7	8111959	317836	138	25	244	30	101	40	Inversa
	26	Toquepala	Fm. Carpanito	7	8092900	328812	334	21	242	6	136	67	Inversa
	27	F. Micalaco	Fm. Carpanito	14	8095251	322430	55	17	149	13	275	67	Inversa
	28	F. Incapuquio	S.U. Yarabamba (diorita)	15	8089097	320667	178	23	306	55	77	24	Transcurrente
	29	Ilabaya	Fm. Paralaque	45	8071776	339116	108	19	200	6	308	69	Inversa
	30	Rio Ilabaya	Fm. Paralaque	14	8075545	340805	137	20	42	12	282	65	Inversa

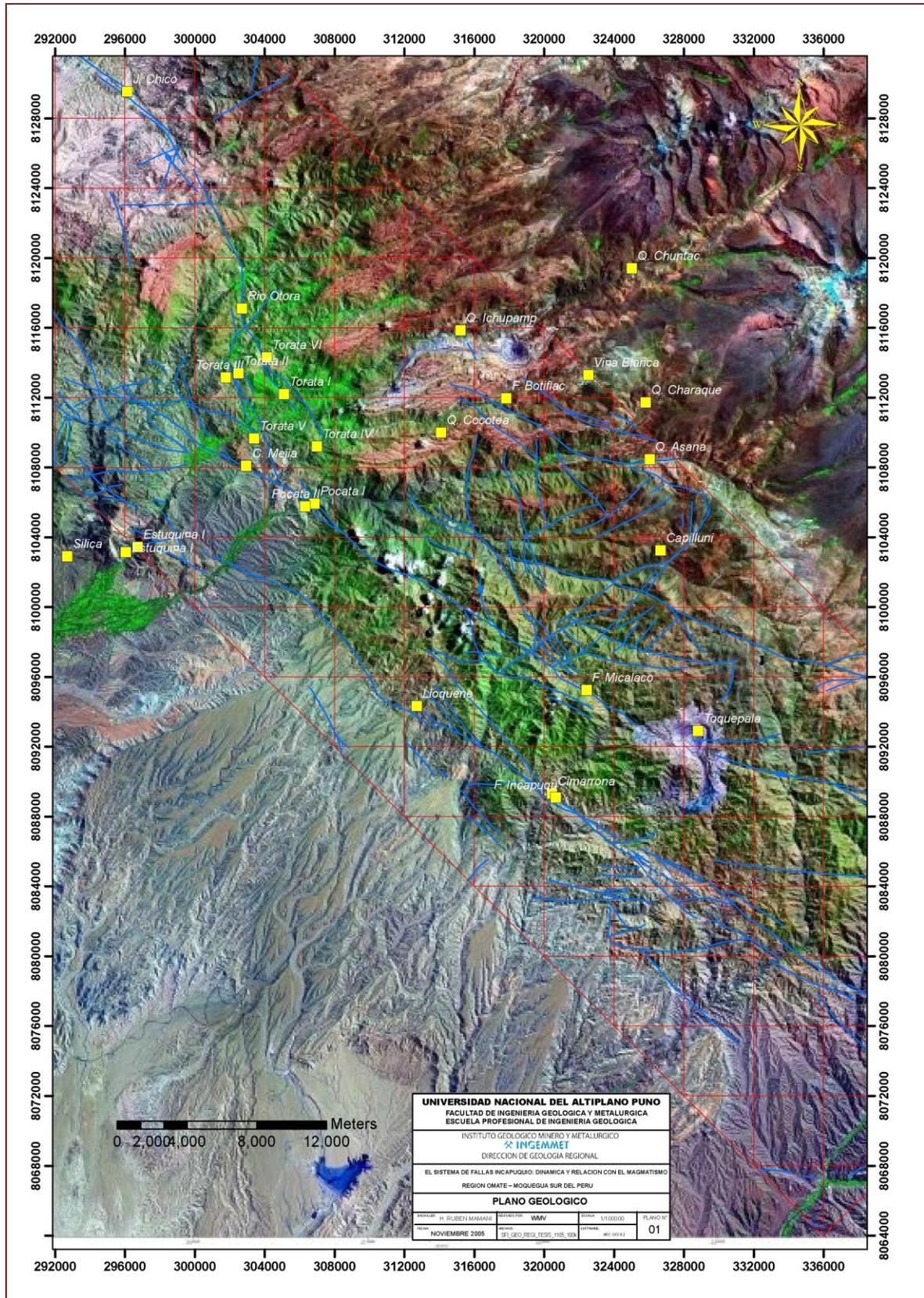


Figura N° 5.76. Ubicación de 30 estaciones para la realización del análisis estructural.

5.2.7.1. SECTOR JAHUAY CHICO

En la estación Los Calatos, el vector de deslizamiento de régimen transpresivo (de rumbo) con σ_3 y σ_1 horizontales, las flechas ligadas a las trazas de fallas corresponden al vector de deslizamiento medido en (red de wulff, hemisferio inferior). Los pequeños segmentos en la traza de cada falla indicaría un régimen de rumbo compresivo. Las flechas negras anchas y convergentes hacia el centro del diagrama. indican el azimuth de la dirección de esfuerzo principal máximo σ_3 calculado (N110°E). aquí el eje σ_3 tiene un buzamiento de 37° en la dirección azimuthal, el azimuth se mide en el sentido horario en las tablas se escribe en forma directa 110°/37°.

En el caso de la estación Jahuay Chico su posición está expresada por σ_2 en la vertical y σ_3 , σ_1 en la horizontal con un vector de deslizamiento en dirección azimuthal de N309°E con un buzamiento de 15°; lo que correspondería a un componente de rumbo transcurrente compresivo.

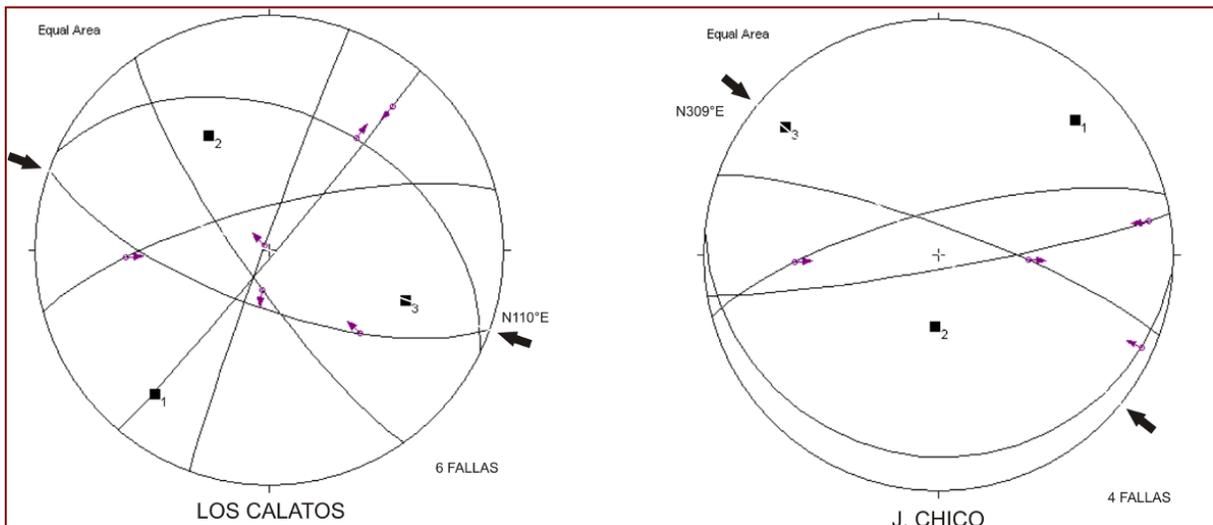


Figura Nº 5.77. Diagrama del vector de deslizamiento.

Estos dos sectores obedecen a un régimen tectónico de movimiento de rumbo transcurrente que afecta a la Formación Huaracane que presenta un componente de tipo dextral en dirección NO-SE (Ver Sección Geológica B-B').

5.2.7.2. SECTOR PRE TOQUEPALA

En la estación *Silica*, el vector de deslizamiento de régimen transtensivo (de rumbo) con σ_1 en la vertical y σ_2, σ_3 en la horizontal, las flechas ligadas a las trazas de fallas corresponden al vector de deslizamiento medido en (red de wulff, hemisferio inferior). Los pequeños segmentos en la traza de cada falla indicaría un régimen de rumbo extensional. Las flechas negras anchas y divergentes del centro del diagrama. indican el azimuth de la dirección de esfuerzo principal máximo σ_2 calculado (N200°E).

Aquí el eje σ_2 tiene un buzamiento de 22 ° en la dirección azimuthal, el azimuth se mide en el sentido horario en las tablas se escribe en forma directa 200°/22°.

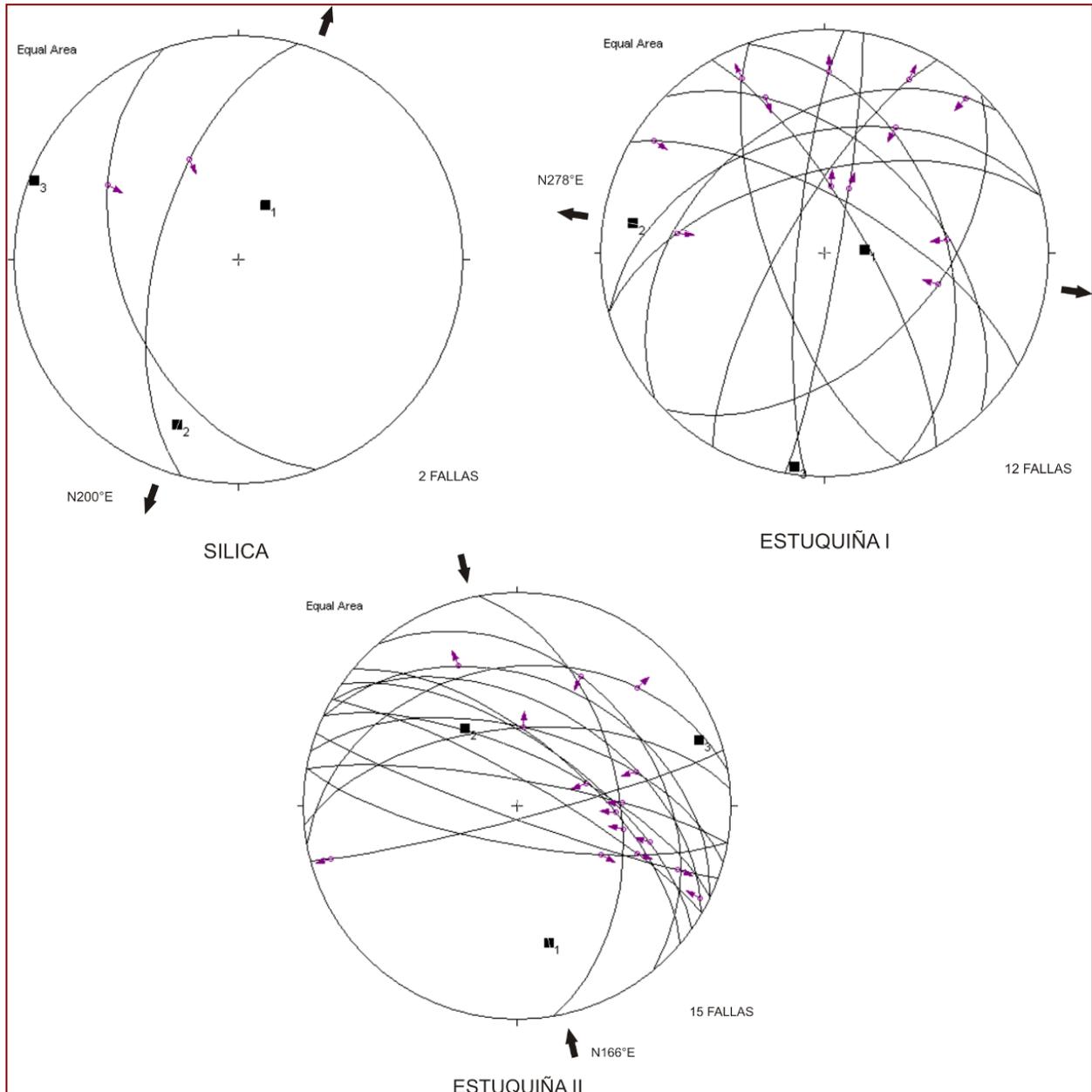


Figura N° 5.78. Diagrama del vector de deslizamiento en el Sector Pre Toquepala.

Esta zona de falla esta asociado con un componente de rumbo de dirección N200°E desarrollado en un movimiento inverso siniestral.

En la estación Estuquiña I, el vector de deslizamiento de régimen transtensivo (de rumbo) con σ_2 y σ_3 horizontales σ_1 en la vertical y las flechas ligadas a las trazas de fallas corresponden al vector de deslizamiento medido en (red de wulff, hemisferio inferior). Los pequeños segmentos en la traza de cada falla indicaría un régimen de rumbo extensional representadas con las flechas negras anchas y divergentes del centro del diagrama. El azimut de la dirección de esfuerzo principal máximo σ_2 calculado (N278°E). aquí el eje σ_2 tiene un buzamiento de 14° en la dirección azimutal, el azimut se mide en el sentido horario en las tablas se escribe en forma directa 278°/14 °. Esta zona de falla esta asociado con un componente de rumbo de dirección N278°E desarrollado en un movimiento inverso siniestral.

5.2.7.3. SECTOR TORATA I

En el **SECTOR TORATA I**, se han realizado 6 estaciones, que se detallan sucesivamente, que se encuentran ubicadas al noreste de Moquegua al norte del emplazamiento de la Super Unidad Yarabamba en el área comprendida entre el cerro Mejia y Ilubaya llegando hasta Quele Grande.

En la estación Pocata I el σ_2 y σ_3 están en la horizontal y σ_1 presenta un comportamiento compresivo en la vertical, sin embargo representaria el equilibrio de extensión las flechas divergentes con Rumbo N143°E y buzamiento 26°.

Según los datos obtenidos lo relacionamos con un esfuerzo de componente inverso dextral que afecta a secuencias de lavas andesíticas gris oscuras afaníticas de la Formación Paralaque.

En la estación Pocata II presenta el σ_2 en la vertical y σ_3 , σ_1 en la horizontal desarrollando un componente inverso en el sector Torata I, con movimiento de Rumbo de dirección NNO-SSE. Com un vector de deslizamiento de Rumbo N180°E y buzamiento 23° en un régimen transtensivo inverso dextral en el sector Torata.

En la estación Cerro Mejia la disposición de los sigmas presenta σ_1 y σ_3 en la horizontal y σ_2 está en la vertical, con un vector de deslizamiento y movimiento de Rumbo N286°E en una fase de compresión con un componente inverso siniestral en la configuración actual.

En la estación Torata I, se aprecia una zona de falla con un vector de deslizamiento con Rumbo N153°E y buzamiento 01° y σ_2 en la vertical y σ_1 , σ_3 en la horizontal en un estado de compresivo de Rumbo de dirección NO y asociado a um componente inverso siniestral y movimientos de reacomodo normal dextral.

En la estación Torata II, presenta una disposición de sigmas σ_2 , σ_3 en la horizontal y σ_1 en la vertical relacionado con un componente inverso dextral, con un movimiento de Rumbo, su vector de deslizamiento de Rumbo N187°E buzamiento 27°.

En la estación Torata III, presenta un componente compresivo con sigmas σ_2 en la vertical y σ_1 , σ_3 en la horizontal y un vector de deslizamiento de Rumbo N29°E y buzamiento 22° relacionado a um esfuerzo compresivo de Rumbo normal siniestral y con reactivaciones de esfuerzo inverso dextral.

Esfuerzo transtensivo asociado a un componente normal.

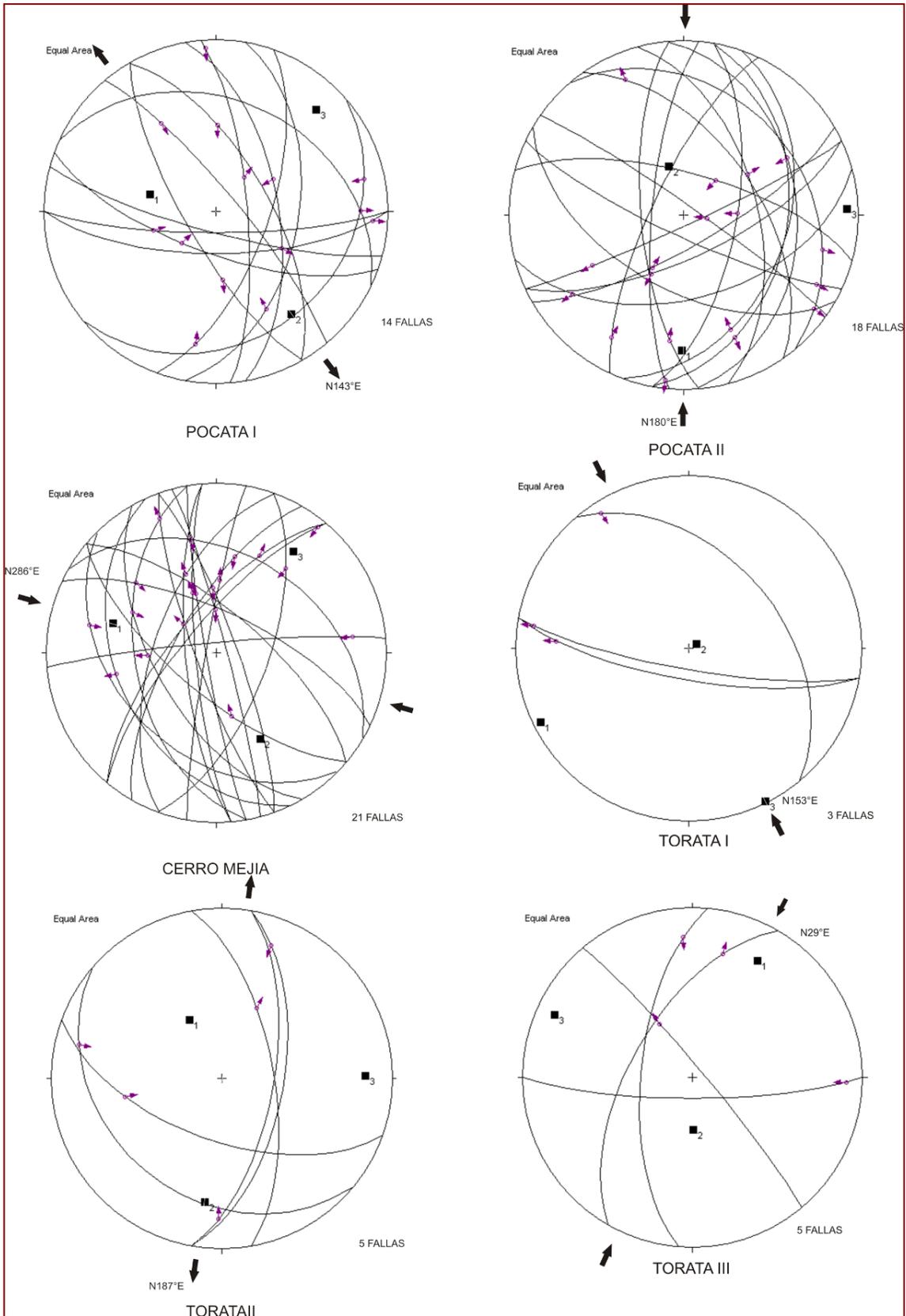


Figura N° 5.79. Diagrama del vector de deslizamiento en el Sector Torata I.

5.2.7.4. SECTOR TORATA II

En el **SECTOR TORATA II**, se han efectuado 03 estaciones y se encuentra ubicada al noreste de Moquegua entre las áreas comprendidas entre el cerro Viscachane y Quele Grande llegando hasta el Río Otorá. Estas zona de falla desarrollan componentes de rumbo dextral y afectan em gran manera a secuencias de lavas riolíticas de la Formación Huaracane (Grupo Toquepala).

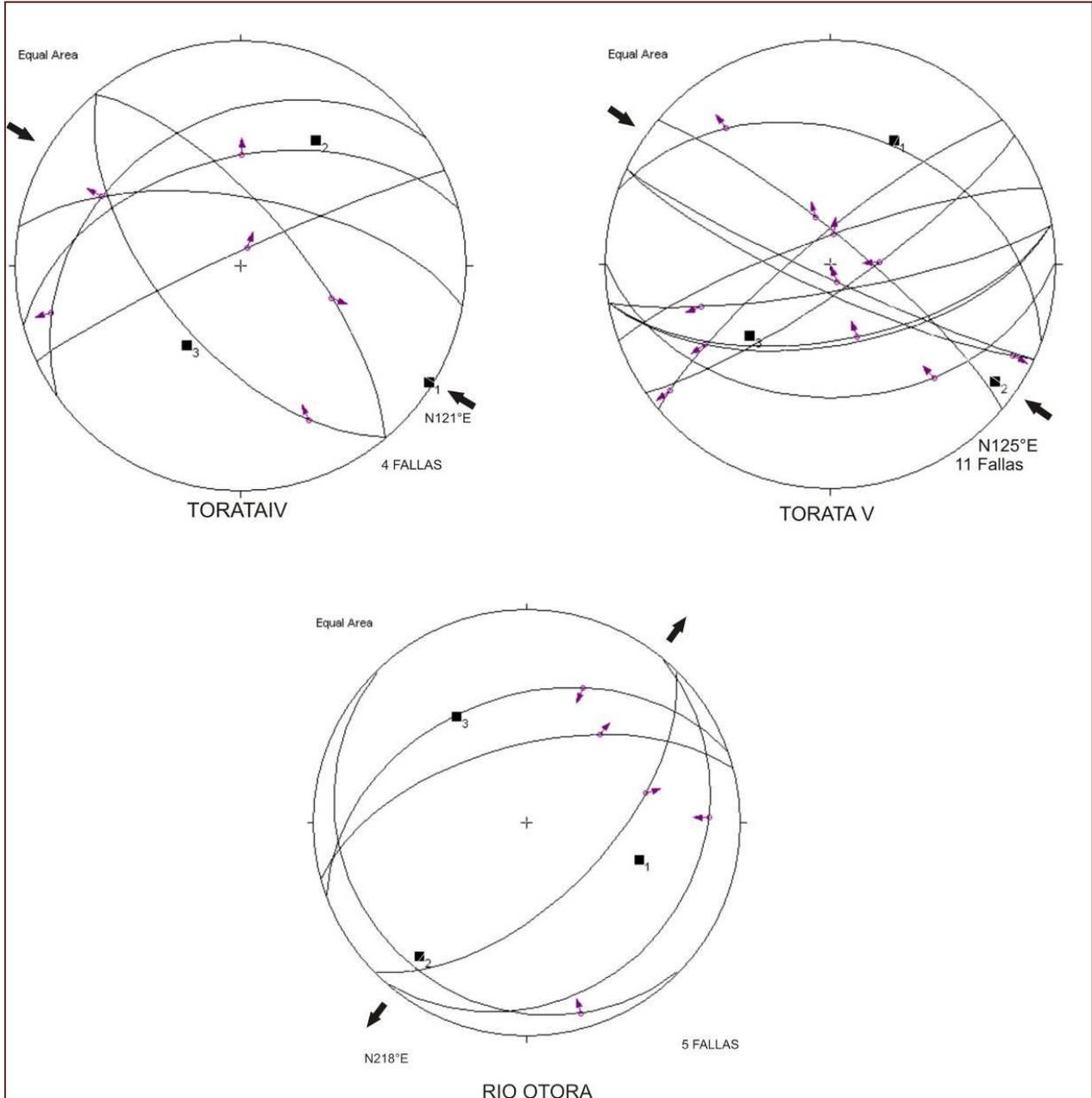


Figura. Nº 5.80. Vector de desplazamiento del sector Torata II.

En la estación Torata IV, se aprecia según la Fig.. σ_3 en la vertical relacionado a un componente inverso de dirección NO-SE y σ_1 , σ_2 en la horizontal con un vector de

deslizamiento con Rumbo N121°E y buzamiento 2°, asociado a un componente de Rumbo normal siniestral.

La estación Torata V, se aprecia a σ_3 en la vertical y σ_1 , σ_2 en la horizontal con un vector de deslizamiento de Rumbo N125°E y buzamiento 10°, relacionado a un componente inverso siniestral y con reactivaciones de esfuerzo normal dextral. En la estación Otorá, la disposición de los sigmas presenta σ_1 en la vertical y σ_2 , σ_3 en la horizontal con un vector de deslizamiento de Rumbo N218°E y buzamiento 20°. Relacionado con un componente de régimen normal siniestral, este movimiento corresponde a un esfuerzo de reajuste posterior al evento transpresivo, presentando en su configuración actual régimen transtensivo con un componente de rumbo normal siniestral.

5.2.7.5. SECTOR CUAJONE QUELLAVECO

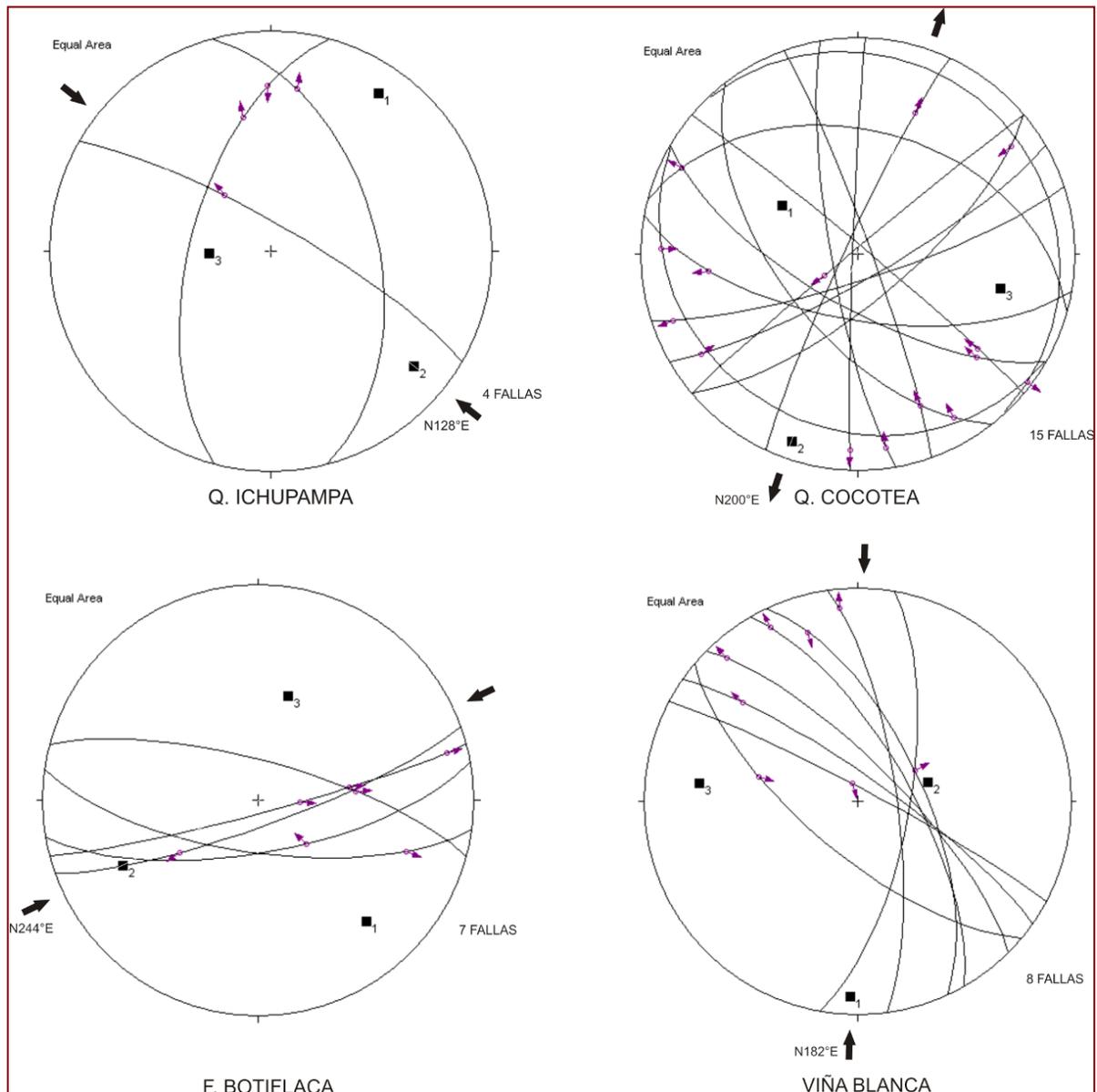


Figura N° 5.81. Vector de desplazamiento del sector Cujone Quellaveco.

En el **SECTOR CUAJONE QUELLAVECO**, se han efectuado 04 estaciones y se encuentra ubicada al noreste de Moquegua en las áreas comprendidas entre las quebradas Viña Blanca y quebradas Asana.

Esta zona de falla desarrolla componentes de rumbo dextral y se emplaza sin tectónicamente con el emplazamiento de cuerpos ígneos, en la actualidad se puede observar cubiertas por flujos de lavas de las secuencias del volcánico Huaylillas, estos sistemas de fallas son el producto de la sobrepresión magmática para el arco del cretáceo superior.

En la estación de la quebrada Ichupampa, la disposición de los sigmas presenta a σ_3 en la vertical y σ_1 , σ_2 en la horizontal, con un vector de deslizamiento de Rumbo de N128°E y buzamiento 17° relacionado con un componente inverso dextral.

En la estación de la quebrada Cocotea, los sigmas se presentan σ_2 , σ_3 en la horizontal y σ_1 en la vertical. Esta zona de falla está relacionada a un esfuerzo transtensivo de Rumbo N200°E y buzamiento 8°, relacionado con un régimen transtensivo de movimiento de rumbo con una componente dextral inversa y esfuerzos de reacomodo de sinistral normal. Esta zona de falla está ligada a la zona central del emplazamiento del arco magmático para el cretáceo asociándose con emplazamiento de cuerpos intrusivos félsicos en la zona central del magma félsico.

En la estación Falla Botiflaca la disposición de los sigmas σ_1 , σ_2 está en la horizontal y σ_3 en la vertical, relacionado a un evento compresivo con un vector de deslizamiento de Rumbo N244°E y buzamiento 30°. Asociado a un componente normal dextral. Esta zona de falla es parte del sistema de régimen transtensivo que se observa en la imagen satelital.

En la estación Viña Blanca la disposición de los sigmas se presentan σ_1 , σ_3 en la horizontal y σ_2 en la vertical, relacionado a un componente inverso dextral con reactivaciones de componente normal sinistral. con un vector de deslizamiento de Rumbo N182°E y buzamiento 9°.

5.2.7.6. SECTOR ASANA

En el **SECTOR ASANA**, se ha efectuado 03 estaciones y se encuentra ubicada al noreste de Moquegua en las áreas comprendidas entre las quebradas Charaque y el cerro Samanape.

En la estación de la qda Charaque los sigmas se encuentran en la siguiente disposición σ_1 , σ_3 en la horizontal y σ_2 en la vertical. Con un vector de deslizamiento de Rumbo N66°E y buzamiento 23°. Relacionado con un componente compresivo de Rumbo inverso dextral.

En la estación de la quebrada Asana, los sigmas presentan σ_3 en la vertical y σ_1 , σ_2 en la horizontal, relacionado a un componente inverso sinistral y normal dextral de dirección noroeste.

Con un vector de deslizamiento de Rumbo N119°E y buzamiento 1°.

En la estación Capilluni los sigmas se aprecian σ_2 en la vertical y σ_1 , σ_3 en la horizontal con un componente transcurrente normal sinistral con un vector de deslizamiento de Rumbo N164°E y buzamiento 24°.

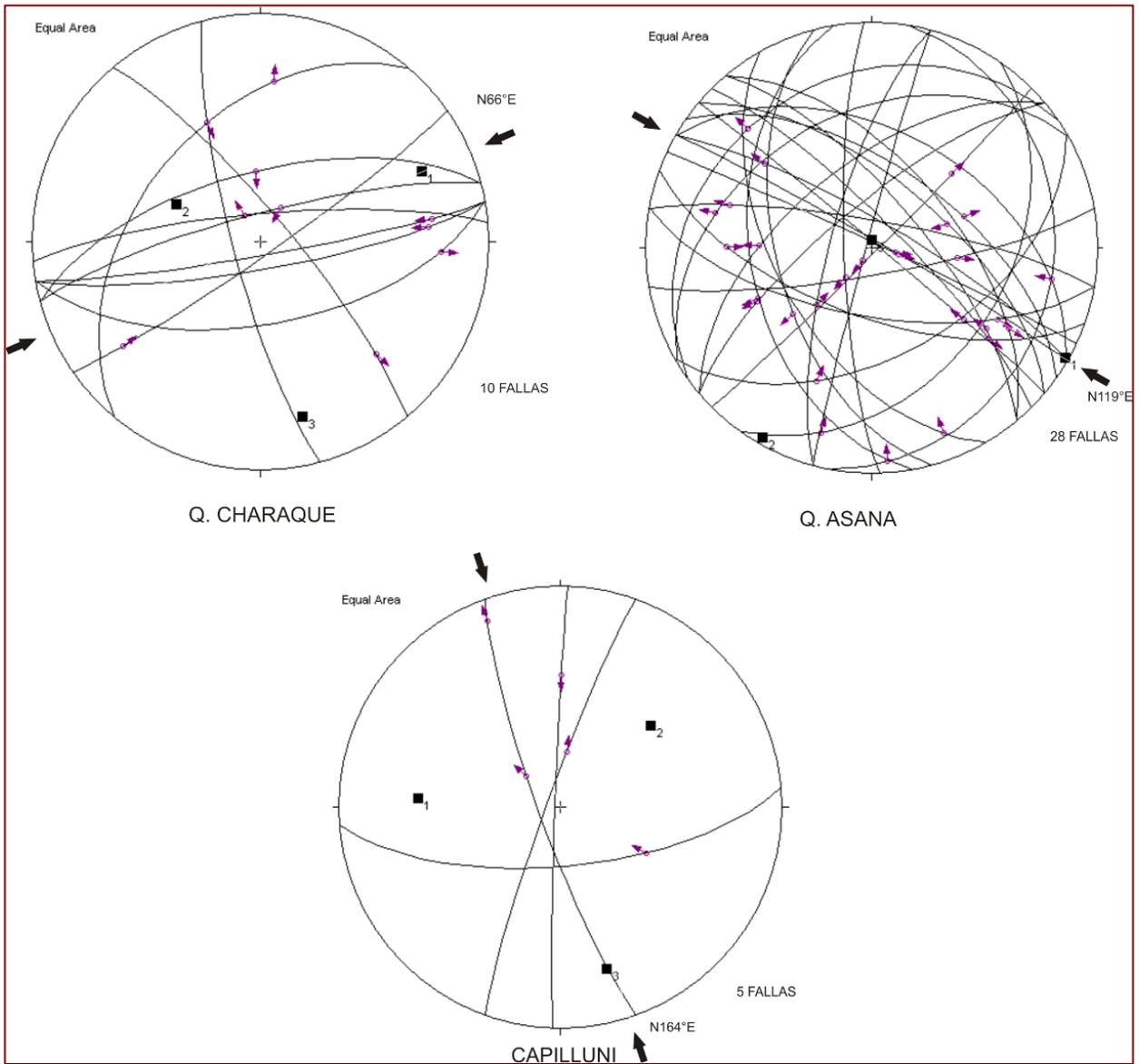


Figura N° 5.82. Vector de desplazamiento del sector Asana.

5.2.7.7. SECTOR FALLA INCAPUQUIO

En el **SECTOR FALLA INCAPUQUIO**, se há efectuado 03 estaciones y se encuentra ubicada al noreste de Moquegua en las áreas comprendidas entre las quebradas LLoquene y la Garita Cimarrona.

En la estación LLoquene los sigmas se encuentran σ_1 en la vertical y σ_2 , σ_3 en la horizontal. Esta disposición de sigmas se encuentran relacionadas con un componente transtensiva con movimiento de Rumbo normal sinistral y en su configuración actual inverso sinistral. con un vector de deslizamiento de Rumbo N140°E y buzamiento 14°. En la estación Falla Incapuquio presenta a σ_2 en la vertical el cuál representa un esfuerzo transtensivo y σ_1 ,

σ_3 en la horizontal está disposición está relacionada con un movimiento de Rumbo de dirección N77°E, para un sistema de régimen transpresivo en su configuración actual, en una zona de falla con una vergencia de 60° hacia el oeste con un componente inverso siniestral y esfuerzos de reacomodo normal siniestral.

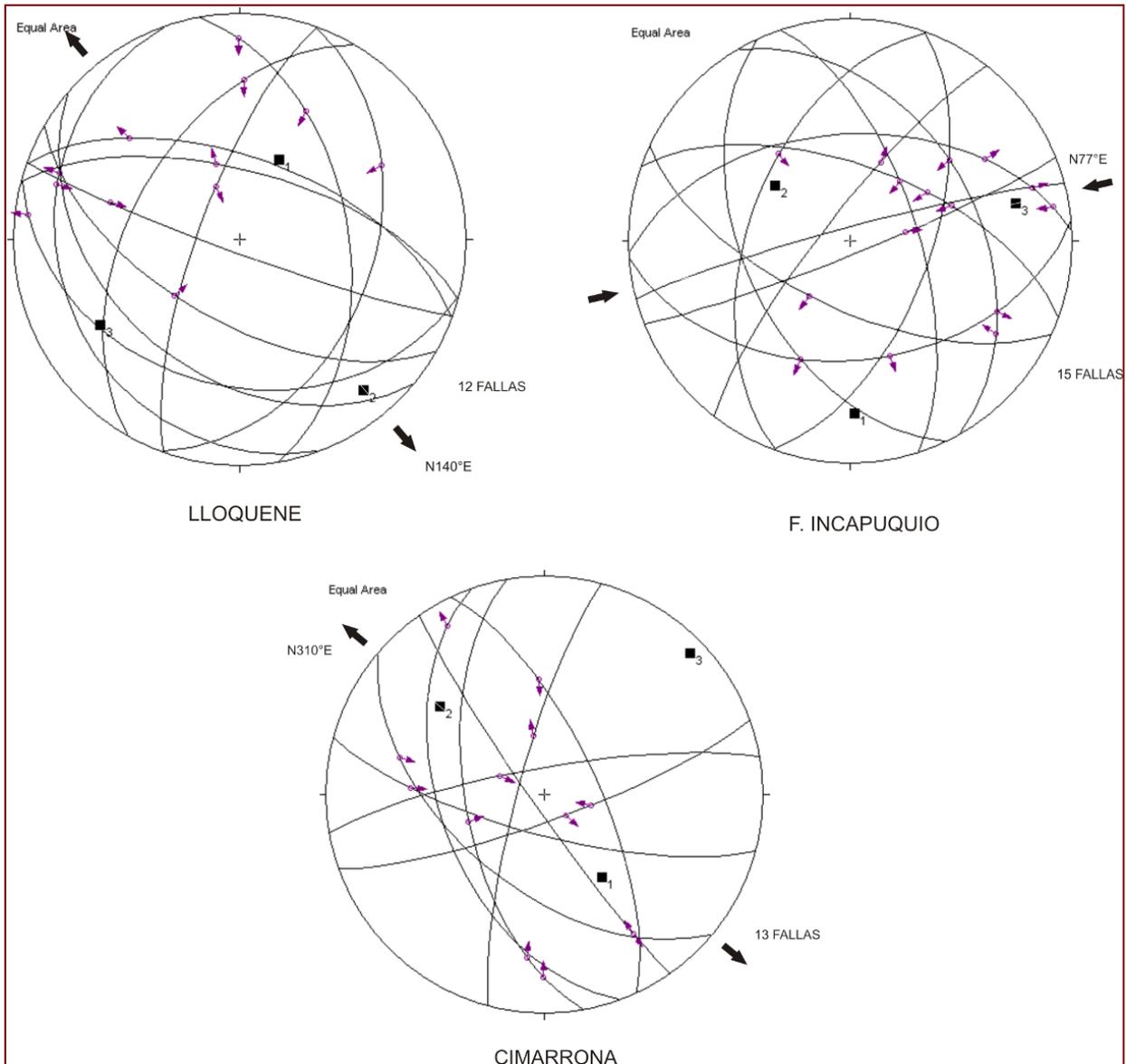


Figura N° 5.83. Vector de desplazamiento del sector Incapuquio.

Afectando a fácies intrusivas de carácter tonalítico a granodiorítico, esta estructura controla el desarrollo de emplazamiento por el flanco oeste de la Super Unidad Yarabamba.

La estación Cimarrona presenta sigma σ_1 en la vertical y σ_2 , σ_3 en la horizontal es parte de un sistema extensional, con un componente distensivo siniestral y esfuerzos de reacomodos normal dextral. Presenta un vector de deslizamiento con Rumbo N310°E y buzamiento 37° con vergencia hacia el oeste.

5.2.7.8. SECTOR MICALACO

En el **SECTOR MICALACO**, se realizó 02 estaciones y se encuentra ubicada al sureste de Moquegua en las áreas comprendidas entre las quebradas Los Chalsos y el sector Toquepala.

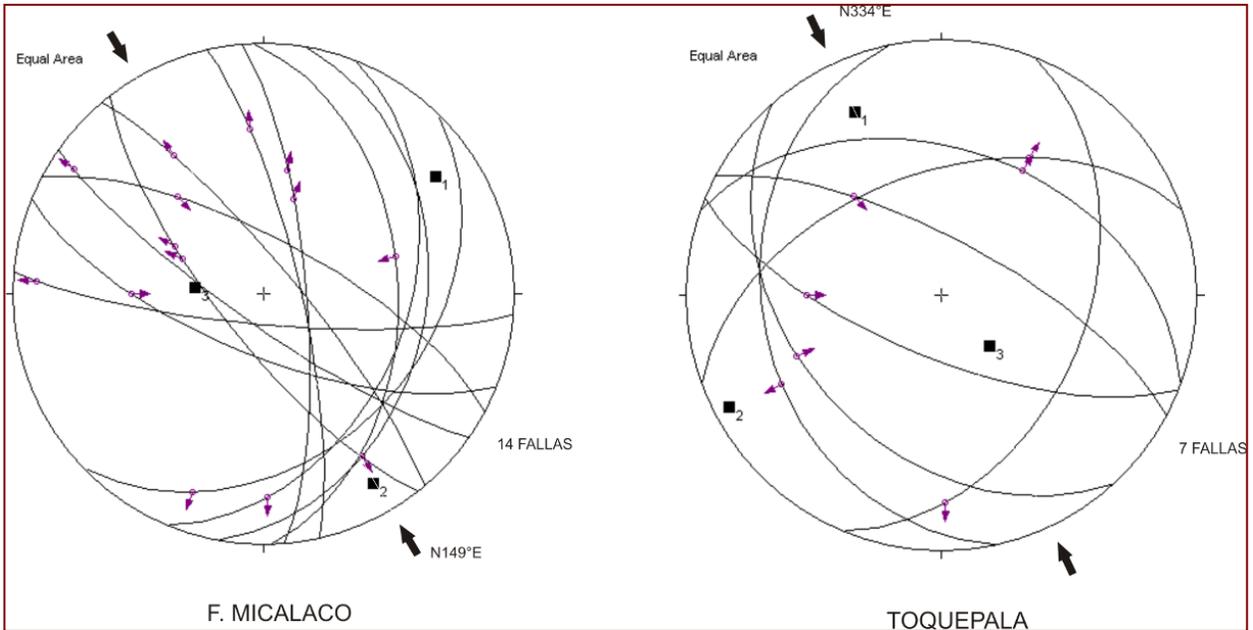


Figura N° 5.84. Vector de desplazamiento del sector Micalaco.

La estación de la Falla Micalaco se encuentra en la Qda Los Chalsos, presenta a σ_3 en la vertical lo que representa un comportamiento inverso relacionado a un movimiento de Rumbo de dirección NO-SE con σ_1 , σ_2 en la horizontal asociado a un componente normal dextral con esfuerzos de reajuste de componente normal sinistral en su configuración actual. Con un vector de deslizamiento de Rumbo N149°E y buzamiento 13°, con una vergencia hacia el este.

La estación Toquepala presenta una disposición de sigmas de σ_3 en la vertical y σ_1 , σ_2 en la horizontal relacionado a un movimiento de Rumbo de dirección NO-SE. Con un vector de deslizamiento de Rumbo N334°E y buzamiento 21° con una ligera vergencia hacia el oeste. Asociado a un componente de Rumbo inverso dextral.

5.2.7.9. SECTOR ILABAYA

En el **SECTOR ILABAYA**, se realizó 02 estaciones y se encuentra ubicada al sureste de Moquegua estas estaciones se midieron a 3 km. Antes de llegar al Distrito de Ilabaya sobre la carretera midiendo la proyección hacia el sur del sistema de Fallas Incapuquio.

La estación Ilabaya se colectó 45 fallas y el análisis de la posición de los sigmas presenta a la σ_3 en la vertical y σ_1 , σ_2 en la horizontal relacionado a una zona de falla con régimen transcurrente de Rumbo N108°E y buzamiento 19° con una vergencia hacia el este; asociado a un componente normal dextral para su configuración actual sin embargo, esfuerzos de reacomodo vanan a presentar componentes de esfuerzo normal sinistral.

La estación Río Ilabaya margen derecho se midió a 2 km. Al norte del Distrito de Ilabaya. La posición de los sigmas presenta a σ_3 en la vertical representando un componente inverso, con σ_1 , σ_2 en dirección horizontal con un vector de deslizamiento con Rumbo N42°E y buzamiento 12° con una vergencia hacia el este. Asociado a un componente de Rumbo de régimen transcurrente inverso siniestral de reacomodo y siniestral normal para su configuración actual.

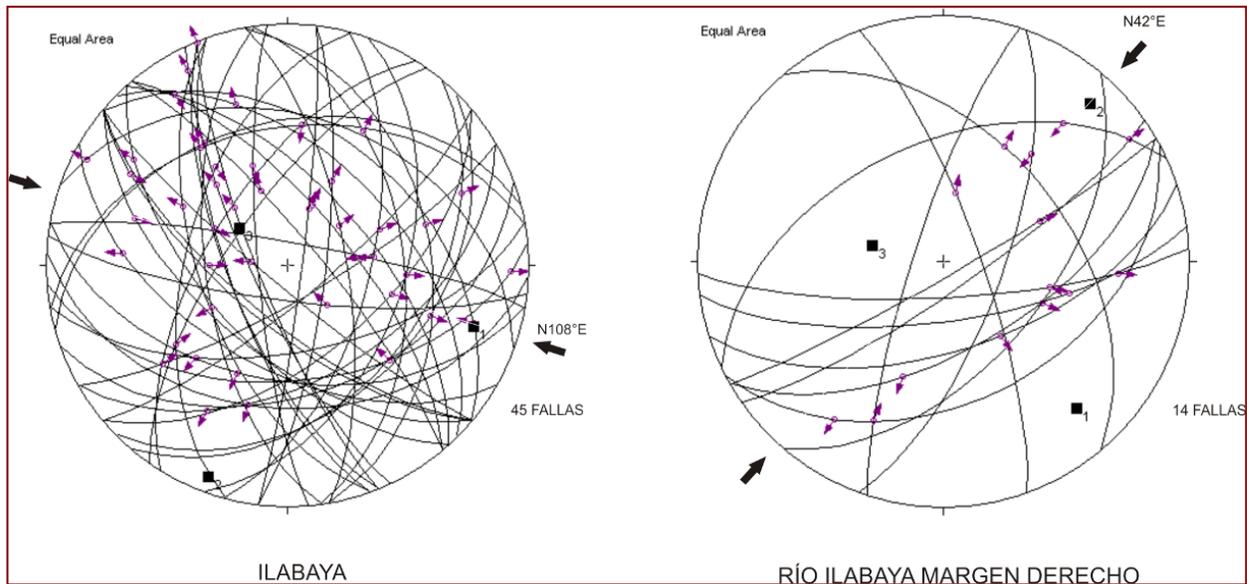


Figura N° 5.85. Vector de desplazamiento del sector Ilabaya.

En la estación Ilabaya se observa una zona de falla definida como Inversa siniestral en un entorno de componente transpresivo.

5.2.8. Tectónica Compresiva

El sistema de fallas Incapuquio presenta para el Cretáceo Superior 03 movimientos bien definidos en el área comprendida de investigación:

LA PRIMERA, consta de zonas de fallas con dirección NO-SE que afecta a secuencias del piso del Grupo Toquepala, específicamente a la Formación Huaracane desarrollando zonas de compresión vistas en el sector Silica, Estuquiña I, Estuquiña II.

LA SEGUNDA, consta de zonas de falla relacionadas con el ascenso del emplazamiento de magma (Super Unidad Yarabamba). Asignándolo como **arco magmático para el Cretáceo**, indicadores mesoscópicos de sistemas de porfiroblastos, zonas de cizalla y bandas S-C (sigmoidales) indican movimientos inversos siniestrales y dextrales relacionados a fuerzas de reacomodo vistas en el sector Torata I y Torata II.

LA TERCERA, está relacionado con movimientos epicontinentales entrando a ambientes de arco magmático asociados a movimientos para el cretáceo Superior coetáneo son cuerpos subvolcánicos, y un último movimiento relacionado con secuencias oligo-miocénicas destacando a la Formación Moquegua, Formación Sotillo y los últimos eventos de la Formación Huaylillas desarrollado entre 23 y 17 M.a.

5.2.9. Tectónica Tensional

La tectónica tensional está muy ligada a ambientes estructurales favorables para el Jurásico para el emplazamiento de rocas intrusivas desarrollando en estas bajos estructurales que son aprovechados en el Cretáceo Superior por el emplazamiento de cuerpos subvolcánicos con carga metálica lo que ayudaría a pensar que esta tendencia se ha dado antes y durante el emplazamiento de estos cuerpos subvolcánicos vistos en el sector de la quebrada Asana relacionados a fallas de dilatación de componente de rumbo dextral relacionados con los cuerpos subvolcánicos de Quellaveco, observados en el Río Asana.

En el Jurasico inferior, el Norte de los andes fueron caracterizados por una tectónica extensional mientras que en los Andes centrales había subducción para el emplazamiento de magma calcoalcalino durante el Jurasico medio (batoniano a oxfordiano)⁴⁶.

5.2.10. Evolución Dinamica del Sistema de Fallas Incapuquio (SFI)

5.2.10.1. Evento Pre Toquepala

El estudio de los controles magmáticos y tectónicos en el área del SFI pone en evidencia De acuerdo con las evidencias de campo, el sistema de fallas Incapuquio ya estaba activo durante el *Arco Jurásico*.

En la sección B-B podemos demostrar que la zona de falla Incapuquio de movimiento de rumbo de componente siniestral normal, controla la cuenca sedimentaria molasica de la Formación Moquegua del Oligoceno. En donde se observa el movimiento de estas fallas con un componente inverso; con respecto al Grupo Toquepala.

De esta manera las secuencias basales del Grupo Toquepala suprayace a las secuencias de la Formación Matalaque (Cretáceo Inferior) e incluso al arco Jurásico compuesto por la Formación Guaneros por lo que lo tipificamos como estructura de nivel translitosférico.

Sin embargo se colectó datos en la estación LLoquene con un vector de deslizamiento de N140°E y la estación Estuquiña con un vector de deslizamiento de N278°E, los cuales llegan a definir dos comportamientos uno transpresivo hacia el Norte y transtensivo hacia el Sur (ver Cuadro 5.2)

Lo que explicaría el comportamiento ductil a frágil a partir de los niveles de emplazamiento presentes a causa de sobrepresión magmática.

Sufriendo de esta manera un cambio de ambiente tectónico a partir del sector Tumilaca se generan fallas de movimientos de distensión para la configuración actual.

⁴⁶ Romeuf, N. et al, (1995), una active subducción perpendicular al margen continental, en el Perú en la región de la costa sur, fueron caracterizados por una convergencia oblicua entre la placa oceánica phoenix y la margen continental de Sudamerica. Esta subducción produjo rocas de medio a alto K, series andesitas volcánicas, condensa andesitas basalticas porfiríticas y emplazado cómo flujos, rocas intrusivas (diques, sills y stocks) y rocas piroclásticas acidas, datación por Ar, confirma una edad de 165 Ma. Para la flujos de andesita basaltica de la formación Chala, es tambien contemporaneo con la sedimentación de la Formación Guaneros (Jaen et al., 1963) y con la Formación de Rio Grande (Roperch y Carlier, 1992). Dataciones de Ar. Lo asignan a 177 Ma.

CUADRO N° 5.6. MOVIMIENTOS TRANSPRESIVOS Y TRANSTENSIVOS EN EL SFI.

SECTOR	No.	ESTACION	VECTOR DE DESLIZAMIENTO			CLASE	COMPONENTE	REGIMEN	
			SIGMA	RUMBO	BUZAMIEN TO			TECTONICO	
JAHUAY CHICO	1	Los Calatos	σ_3	N110°E	37°	Transcurrente	ID/ND	INVERSO DEXTRAL	TRANSPRESIVO
	2	J. Chico	σ_3	N309°E	15°	Transcurrente	ID		
TORATA I	14	Pocata I	σ_2	N143°E	26°	Normal	ID	INVERSO DEXTRAL	TRANSPRESIVO
	15	Pocata II	σ_1	N180°E	23°	Transcurrente	ID/NS		
	10	C. Mejia	σ_1	N286°E	36°	Transcurrente	IS/ID		
	4	Torata I	σ_3	N153°E	01°	Transcurrente	IS/ND		
	5	Torata II	σ_2	N187°E	27°	Normal	ID		
	6	Torata III	σ_1	N29°E	22°	Transcurrente	NS/ID		
TORATA II	7	Torata IV	σ_1	N121°E	2°	Inversa	NS	INVERSA SINIESTRAL	TRANSPRESIVO
	8	Torata V	σ_2	N125°E	10°	Inversa	IS/ND		
	3	Rio Otorá	σ_2	N218°E	20°	Normal	NS/ID		
PRE TOQUEPALA	11	Silica	σ_2	N200°E	22°	Normal	IS	INVERSA SINIESTRAL	TRANSPRESIVO
	12	Estuquiña I	σ_2	N278°E	14°	Normal	ID/ND		
	13	Estuquiña II	σ_1	N166°E	34°	Transcurrente	IS/ND		
CUAJONE	18	Q. Ichupampa	σ_2	N128°E	17°	Inversa	ID	INVERSA DEXTRAL	TRANSPRESIVO
	21	Q. Cocotea	σ_2	N200°E	8°	Normal	DI/SN		
	25	F. Botiflaca	σ_2	N244°E	30°	Inversa	ND		
	24	Viña Blanca	σ_1	N182°E	9°	Transcurrente	ID/NS		
ASANA	19	Q. Charaque	σ_1	N66°E	23°	Transcurrente	ID	NORMAL DEXTRAL	TRANSTENSIVO
	20	Q. Asana	σ_1	N119°E	1°	Inversa	ND/IS		
	23	Capilluni	σ_3	N164°E	24°	Transcurrente	NS		
F. MICALACO	26	Toquepala	σ_2	N344°E	21°	Inversa	ID	INVERSO DEXTRAL	TRANSPRESIVO
	27	F. Micalaco	σ_1	N149°E	13°	Inversa	ND/NS		
F. INCAPUQUIO	16	Lloquene	σ_2	N140°E	14°	Normal	NS/IS	SINIESTRAL NORMAL	TRANSTENSIVO
	28	F. Incapuquio	σ_3	N77°E	24°	Transcurrente	IS/NS		
	17	Cimarrona	σ_2	N310°E	37°	Normal	S/ND		
ILABAYA	29	Ilabaya	σ_1	N108°E	19°	Inversa	ND/NS	NORMAL SINIESTRAL	TRANSTENSIVO
	30	Rio Ilabaya	σ_2	N42°E	12°	Inversa	IS/SN		

5.2.10.2. Evento Sin Magmático

Los niveles de emplazamiento para el placolito Yarabamba son coetáneos con movimientos de rumbo de carácter transpresivo. Desarrollado con un plunge de proyección SE a NO.

Desarrollando un cuerpo subhorizontal asimilando e incrementando los niveles de potasio por las múltiples intrusiones se integran los elementos compatibles e incrementa potasio en las secuencias basales del Grupo Toquepala (Fm. Huaracane).

Estas estructuras presentan un comportamiento compresivo desarrollado en el Acapite 5.2.8.

En la parte septentrional del cuadrángulo de Moquegua tenemos cinco elementos estructurales que han originado la alimentación de actividad magmática cíclica para el Cretáceo Superior originando deformación en el proceso de emplazamiento:

1. A) Falla Incapuquio zona Norte presenta un componente Siniestral inverso transpresivo desarrollado en el Sector Torata.
B) Falla Incapuquio zona Sur presenta un componente Siniestral normal transtensivo desarrollado en la Estación Lloquene.
2. Falla Micalaco zona de máximo engrosamiento cortical de arco magmático, de dirección NO-SE, falla inversa con vergencia hacia el este, esta estructura controla la zona de mayor fraccionamiento caracterizado por facies de granodiorita a monzonita.
3. Lineamiento Capilluni relacionado con una zona de dilatación dextral que es aprovechado por el ascenso de monzonitas en la Qda. Papujune.
4. Falla Asana, está caracterizado por presentarse en un marco tectónico de *Tras – Arco Magmático (Ver Anexo plano geológico)*.
Relacionado a un régimen transtensivo desarrollado por un vector de deslizamiento de dirección N119°E (Ver Cuadro 5.6). está zona de falla limita hacia el este con el Arco del Barroso (Caldera Tutupaca relacionado con actividad magmática Miocénica).
5. El sector Torata está afectado por un complejo de fallas inversas coalescentes con vergencia hacia el este limitando el engrosamiento de la corteza y que pone en contacto fallado secuencias de la Formación Paralaque sobre la Formación Huaracane con un vector de deslizamiento de N280°E, asociado a un campo transpresivo tipo flor positiva (Cerro Mejia, Pocata).

5.2.10.3. Evento Post Magmático

Los últimos movimientos de este sistema de fallas Incapuquio afecta a secuencias de la Formación Moquegua datados en el C° Baul asignándolo 25.3+-0.8 Ma. para este movimiento asociado a un régimen transtensivo.

Relacionado a movimientos de rumbo de componente siniestral normal formando así la configuración actual.

Sin embargo en la parte de borde oriental del cuadrángulo de Moquegua se observan secuencias de la Formación Huaylillas que infrayace en disconformidad a flujos del Grupo Barroso, por lo que se asocia a esfuerzos inversos de reacomodo asociado al

arco volcánico del Barroso (Mioceno); de carácter transtensivo de componente dextral normal.

5.3 Propuesta para Prospección Metálica

El emplazamiento de los sistemas de pórfidos cretácicos ha sido controlado por estructuras regionales de dirección NO-SE, N-S, E-O y NE-SO y sus intercepciones, asociadas a un ambiente compresional y de inversión tectónica relacionado a la Fase Peruana del ciclo andino de edad Cretáceo Superior (INGEMMET 1995).

Las estructuras longitudinales de dirección andina (NO-SE) son mayormente fallas inversas de alto ángulo cortadas por las fallas de cizalla transversales que exhiben movimientos dextrales y sinestrales, las cuales son estructuras de extensión o dilatación que favorecieron el emplazamiento de stocks y diques intrusivos que conforman el complejo intrusivo de los diferentes sistemas tipo pórfido de edad cretácea en el sur del Perú. Sin embargo en el segmento Moquegua y Omate se observa comportamientos de extensión y zonas de dilatación estructural que son observados en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 5.7 Relación de Régimen Tectónico con ambientes estructurales asociados a PCD.

Pórfidos	Sector	Régimen Tectónico		Nivel de Emplazamiento		Mena
				Magma	Grosor de Corteza	
Los Calatos	Jahuay Chico	INVERSO DEXTRAL	TRANSPRESIVO	Alcalino/Monzonítico	> 40 km.	Cu-Au
Cuajone	Cuajone	INVERSA DEXTRAL	TRANSPRESIVO	Intermedio-sialico/Tonalita gradando a Andesitas porfiríticas		Cu-Mo
Quellaveco	Asana	NORMAL DEXTRAL	TRANSTENSIVO	Bien diferenciado moderadamente fraccionado-granodioritas, monzonitas.		Cu-Mo
Toquepala	Micalaco	INVERSO DEXTRAL	TRANSPRESIVO	Composición fémica – Dioritas.		Cu-Mo
Ilabaya	Ilabaya	NORMAL SINISTRAL	TRANSTENSIVO	Volcánicos Toquepala-andesita, riolitas.		Cu-Mo

Fuente: Este trabajo.

En el sector Jahuay Chico se observa levantamiento de la corteza asociado a magmatismo alcalino de carácter monzonítico controlado por sistemas transpresivo que presentan zonas de debilidad para emplazamiento de cuerpos porfiríticos de Cu-Mo; sin embargo mas al sur se observa el borde noreste del placolito de la Súper Unidad Yarabamba controlado por estructuras transversales de dirección NE asociado al comportamiento de Inca plateau para su tiempo, esfuerzos de reajuste de dirección noroeste y noreste se intersectan los cuales controlan el emplazamiento de cuerpos subvolcánicos de cobre porfirítico asociados a magma de composición intermedia exponiéndose en eventos post Toquepala aflorando lateralmente hacia el este del arco magmático Yarabamba generando un ambiente transpresivo para el Cretáceo Superior.

Por otro lado la estación Asana esta relacionado con esfuerzos de distensión y regionalmente con estructuras de dilatación dextral asociado a eventos sincrónicos con el emplazamiento del placolito Yarabamba. Estos esfuerzos generaron zonas de extensión que fue aprovechado por el pórfido quellaveco de carácter monzonítico intruyendo a granodioritas (host rock), perfectamente controlado hacia el Este por la zona de falla Asana, limitando hacia el este la época del Cretáceo Superior, infrayaciendo discordantemente a secuencias volcánicas del mioceno. Formación Huaylillas, Grupo Tacaza y Grupo Barroso sucesivamente.

En el sector Toquepala se observa un magmatismo menos diferenciado conformado por dioritas gradando a tonalitas de grano medio ubicándose en una zona lateral que corresponde a las primeras fases de cristalización del magma, sin embargo el sistema de fallas Incapuquio está controlando cuerpos ígneos asociados a fusión parcial, como se puede evidenciar con la presencia de brechas turmalina constituido por la presencia de Boro elemento típico de nivel astenosférico.

Y estas asociaciones nos indican un complejo ígneo que fue controlado por fallas de carácter translitosférico.

Sin embargo enfatizamos la presencia de otros cuerpos de emplazamiento subvolcánico a lo largo del sistema de fallas Incapuquio llegando hacia el Proyecto Zafranal por el norte; en donde estudios previos sugieren que la mejor zona para la exploración deben de ser orientados hacia el sureste del Cerro Zafranal⁴⁷.

Alineadas a las mineralizaciones de esta edad, se encuentra el proyecto Zafranal, ubicado a 75 Km del NO del prospecto Angostura. Este prospecto presenta una mineralización de óxidos de cobre, con zona de alteración fílica y capa lixiviada rica en hematita, así como un stockwork de cuarzo – limonita. (Teckcominco, 2004). Dentro de esta época metalogénica se encuentra el prospecto Angostura ubicado a 37 Km al SO de Arequipa.

Tiene una edad de 68 Ma y presenta ensambles lixiviados ricos en hematita y en menor grado con óxidos de cobre y jarosita (Quang et al., 2005). Existen otras mineralizaciones menores en vetas cobre en el Distrito de Challadita en Tacna documentadas por Wilson & García (1962) quienes reportan menas de malaquita. El plutón que aloja la mineralización ha sido datado en 78.18 Ma (Clark et al., 1990).

Además este estudio determinó zonas de exploración en base a lineamientos estructurales siguiendo la dirección de la zona de falla Asana hacia el sureste, cerca del borde intra caldera del Tutupaca.

En la figura 5.86. se correlaciona franjas de fallas estructurales de dirección noroeste asociado con emplazamientos de subvolcánicos relacionado con cuerpos porfíricos como Los Calatos, Cuajone y Quellaveco corroborados regionalmente por un componente de régimen dextral para el cretáceo superior; asociado con anomalía de intensidad magnética de 8 a 52 gammas relacionado a lineamientos regionales que controlan el ascenso y transferencias de volúmenes magmáticos, generando zonas de transpresión hacia el norte y comportamiento transtensivo hacia el sur, resaltando comportamientos diacrónicos para el sistema de fallas Incapuquio.

Se observa además un cambio súbito de contraste de intensidad magnética en el segmento de Moquegua a Tacna, el cual puede ser interpretado como el emplazamiento de grandes volúmenes de cuerpos plutónicos alineados en dirección N10°E; este comportamiento correspondería a la sobrepresión del magma relacionado a sentidos de esfuerzo a partir del comportamiento del Inka plateau, corroborados en campo como zonas de levantamiento cortical, llegando a determinar la presencia de cuerpos subvolcánicos en las intersecciones de estas franjas de fallas. Y cambios de valores de intensidad magnética que bordean los contrastes con tonos rojos (131 gammas).

⁴⁷ Rivera, F. (2008) Se recomienda explorar desde la sub franja Puquio hasta la sub franja Zafranal porque estas zonas presenta niveles de erosión mas somero por lo que existe la probabilidad de ubicar cuerpos asociados a PCD preservados.

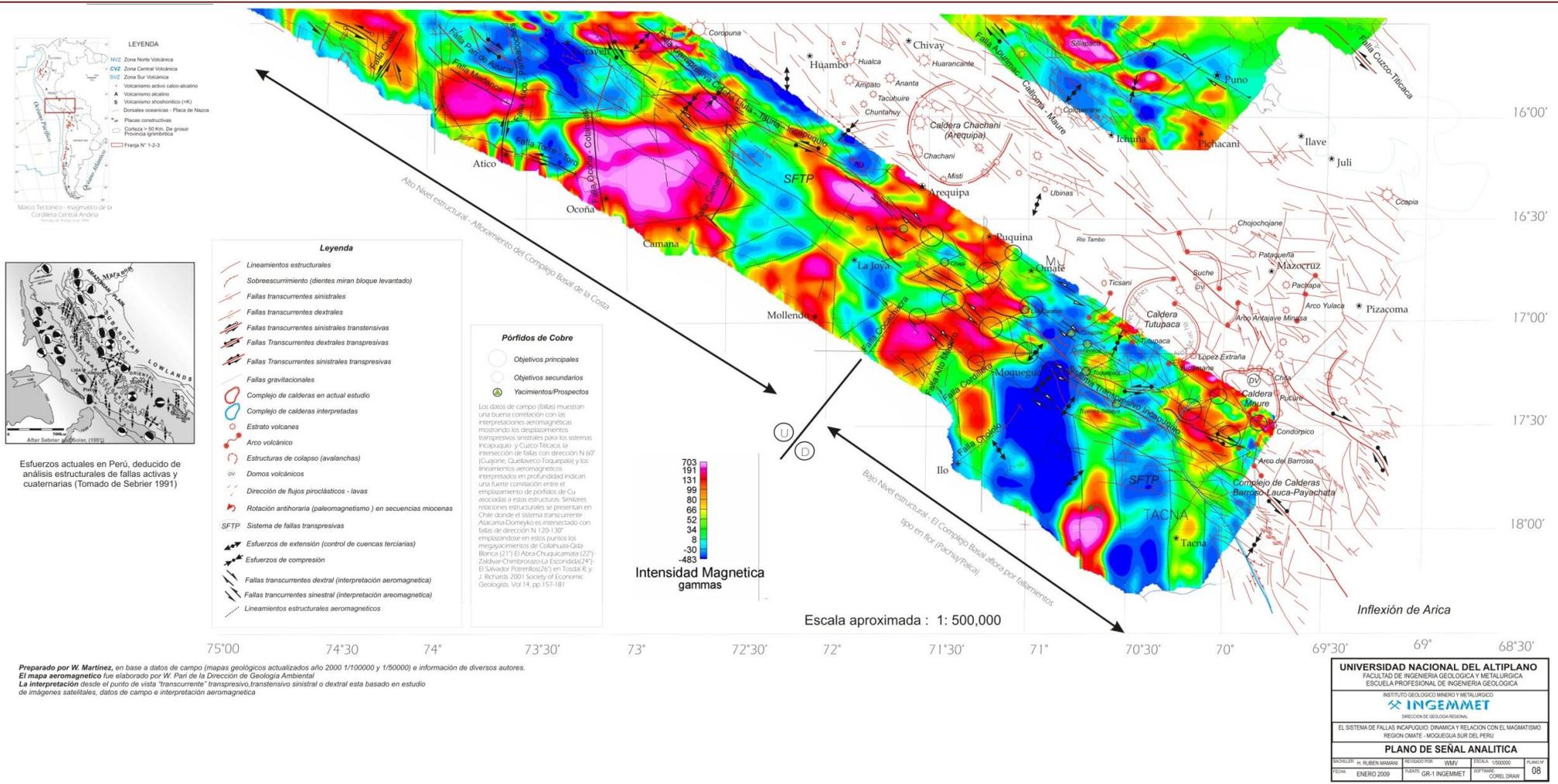


Figura 5.86. Mapa de Control Estructural, Aeromagnético (Campo Total) Calderas y Estructuras Volcánicas Paralelos 12° y 18°30' de Latitud Sur. Fuente: INGENMET.

Cuadro N° 5.8. Yacimientos metálicos en el presente estudio.

N°	Nombre	Dpto.	Hoja		Coordenada UTM		Tipo de Yacimiento	Elem.	Minerales		Roca Caja
					Norte	Este			Mena	Ganga	
1	C° Los Calatos	Moquegua	34-u	Omate	8,130,001	287,080	Pórfido	Cu,Au	Cris, MI, Atac, Co, Dig	Ca	Roca porfirítica alterada
2	Quellaveco	Moquegua	35-u	Moquegua	8,107,795	810,213	Pórfido	Cu, Mo	Cpy, Co, Cv.	Qz, Py, Gyp, Ca	Riolitas, Dacitas
3	Togenes	Tacna	35-u	Moquegua	8,084,570	335,829	Filoniano	Cu, Ag	MI, Cris, Cc, Cv, Cpy, Ga, Az.	Qz, Br, Ca	Granodiorita
4	El Chorro	Moquegua	35-u	Moquegua	8,089,397	314,238	Pórfido	Cu, Mo		Qz, Br, Ca	Volcánicos, Toquepala e Hipabisales
5	Toquepala	Tacna	35-u	Moquegua	8,092,663	328,045	Pórfido	Cu, Mo	Cpy, Co, Cv.	Qz, Py, Gyp, Ca	Volcánicos, Toquepala, Dioritas (ksup).
6	Cuajone	Moquegua	35-u	Moquegua	8,115,861	315,212	Pórfido	Cu, Mo	Cpy, Co, Cv.	Qz, Py, Gyp, Ca	Volcánicos, Toquepala, Dioritas (ksup).

Abreviaciones: Cu, Au =asociación de cobre y oro; cp=calcopirita, Cv=covelina, Gyp=gypsum, Cpy= calcopirita, Ga=galena, Atac=atacamita, Az=azurita, Br=baritina, Ca=calcita, Py=pirita.

Fuente: Este trabajo (2009).

Cuadro N° 5.9. Yacimientos Metálicos de Cobre Porfirítico.

N°	Nombre	Formación (Caja)	Estado	Mineralización	
				Hipógena Ma	Referencias
1	C° Los Calatos	Huaracane	Inactivo		
2	Quellaveco	Samanape	Factibilidad	54.5	Minera Quellaveco
3	Togenes	Grupo Toquepala	Inactivo		
4	El Chorro	Mioceno Sup.	Exploración		
5	Toquepala	Super Unidad Yarabamba	Explotación	55-55.5	Clarck,(2003, ; Zweng y Clarck (1995)
6	Cuajone	Unidad Samanape	Explotación	52.4	Clarck et al. (1990b); Clarck (2003).

Compilado de Clarck et al. (1990).

Sin embargo resaltamos el comportamiento de forma irregular que presenta la proyección del sistema de fallas Incapuquio próximo a la zona de intracaldera miocénica, este sector presentaría ocurrencias de carácter porfirítico Cu-Au relacionado a las franjas de Maricunga y Domeyko que se extiende desde Chile hasta el sur del Perú.

En el cuadro 5.6 se observa los resultados de las relaciones de campo con respecto al régimen tectónico próximos a los yacimientos de cobre porfiríticos.

Así mismo presentamos en el cuadro 5.7. las características de los principales yacimientos presentes en el área estudio; de porte mundial, con modelos de tipo pórfido de cobre (PCD).

En el cuadro 5.8, se describe la edad de la mineralización relacionado con sus respectivas unidades litoestratigráficas.

Zonas de máxima intersección relacionado con estructuras regionales con esfuerzos de extensión y compresión correlacionado como posibles objetivos de exploración primaria y secundaria se observa en la figura 5.86 que son de utilidad para la ejecución de trabajos preliminares

Sin embargo en el planeamiento de exploración se debe realizar programas preliminares en relación a la presencia de los cuerpos intrusivos estériles y aportadores este trabajo inducirá al explorador a tener un esquema estructural de la configuración actual y se debe de evaluar la presencia de sistemas hidrotermales que estén relacionados con estos cuerpos intrusivos. Determinando de esta forma su relación si es distal o proximal, estos planteamientos deben ser desarrollados en la etapa inicial, interpretando planos en folios tipo (overline) sobreponiendo la información de mayor alcance a una misma escala.

De esta manera se establece programas de exploración **greenfield** y posibles programas **brownfield** a escala de mayor detalle; siendo estos programas enfocados en la búsqueda de ambientes estructurales favorables que se relacionen con cuerpos ígneos de importancia económica con movilidad de elementos base.

CONCLUSIONES

1. Se presenta en el manuscrito la relación dinámica de 30 estaciones colectadas para fallas con pitch haciendo un total de 337 datos y su debido tratamiento de proyección estereográfica en la falsilla de Wulf. Con los resultados inéditos en la *tabla 5.2.1.* para el SFI.
2. Este trabajo es parte de los estudios de Arcos magmáticos realizados por INGEMMET Sin embargo presentamos como trabajo inédito el Levantamiento Geológico E:1/50000. De las secciones geológicas A-A' B-B' C-C' (*Este trabajo*).
3. En el sistema de fallas Incapuquio se determinó tres movimientos compresivos para el Cretáceo Superior.
4. El sistema de fallas Incapuquio corresponde a estructuras translitosféricas de escala cortical.
5. El Sistema de Fallas Incapuquio está constituido por una zona de cizalla frágil en su configuración actual; presenta sin embargo en la zona de la traza de falla Incapuquio fallas de carácter dúctil en un ambiente de componente transtensivo (Estación LLoquene).
6. El emplazamiento del magma es facilitado por el ambiente estructural en zonas de extensión relacionado a los elementos estructurales analizados en detalle en el acápite de eventos sin magmáticos (Régimen Tectónico) desarrollando corredores equilibrados debido a sobrepresión de magma a partir del manto superior.
7. El magma de la Súper Unidad Yarabamba se caracteriza por presentar una composición ácida a calcoalcalina con una correlación positiva de SiO_2 , K_2O ; por lo que se tipifica como moderadamente evolucionado (Ver cuadro 5.3).
8. El espectro litogeoquímico para el ratio La/Yb del placolito Yarabamba presenta un rango de (9-15 ppm) lo que indicaría la interpretación de una corteza engrosada > 40 km y una varianza de SiO_2 del 65% que demuestra mayor fraccionamiento en condiciones hidratadas de alta presión (Ver figura 5.4.)
9. El espectro litogeoquímico para el ratio de La/Yb del Grupo Toquepala, presenta un rango de (8-18 ppm) por lo que se interpreta una inversión proporcional de un engrosamiento de la corteza > 40-50 km. de profundidad (Ver figura 5.8).
10. Se realizó ensayos petroquímicos de rocas frescas en los laboratorios de la Geological Survey Canada, por el método ICP-MS para 81 muestras (INGEMMET - roca total). Por lo que se logró determinar el estado de oxidación del magma tanto para el Grupo Toquepala como para el placolito Yarabamba. Derivándonos un resultado de 0.3 – 0.8 visto en el cuadro N según Blevin. Tipificándolo en el campo VSO relacionado a niveles de oxidación fuerte a muy fuerte por lo que afirmamos la presencia de un magma de ambiente oxidante, propicio para emplazamientos subvolcánicos tipo PCD (Ver figura 5.5 – 5.9).

RECOMENDACIONES

1. Realizar ensayos de Geobarometría para determinar el nivel de cristalización del magma y el nivel de profundidad para su desenvolver el zoneamiento vertical.
2. Incentivar el estudio de la Geología Regional para determinar controles mas integrales del nivel de deformación.
3. Realizar interpretaciones de los campos magmáticos félsicos desde la falla Asana hacia el Arco del Barroso puesto que estaríamos dentro un cambio súbito de edad pasando gradualmente a un ambiente de Arco Magmático del Cretáceo Superior a un arco volcánico Mioceno.
4. Recomendamos que en los trabajos de exploración se efectúen en una fase inicial la interpretación de imágenes y enlazarlo con planos de señal analítica para la ubicación de cuerpos intrusivos profundos asociados a sistemas strike slip, con intersección de estructuras transandinas.
5. Tomar en cuenta que los subvolcánicos se encuentran asociados a niveles de engrosamiento cortical y aprovechan las zonas extensivas (Quellaveco).
6. Desarrollar planos tectonomagmáticos para determinar los controles que serían de utilidad en los programas de exploración, porque los magmas están relacionados con el aporte de metales base en ambientes estructurales favorables para el emplazamiento de cuerpos subvolcánicos asociados con la mineralización proximal o distal.

BIBLIOGRAFIA

- Acosta, J.; Marocco, R. Quispe, R. (2002)** Facies y Ambientes Sedimentarios de la parte Proximal de una Cuenca de Antearco: El Grupo Moquegua, En XI Cong. Per. de Geol. Lima Perú, Resúmenes p. 3.
- Aldmendinger R.W. (2001)**. Programa de computo para fallas FaultkinWinFull v. 1.1.
- Anderson, E.M. (1951)** The dynamics of faulting and dyke formation with application is to Britain – Oliver and Boyd 206 p. Edyburgh.
- Bellido, E. B. (1979)**. Caracteres Generales de la evolución de la cordillera de los andes Peruanos. Lima – Perú: Ed. INGEMMET. 313p. (Serie D: Boletín No 12).
- Bellido, E.B. (1979)**. Geología del Cuadrángulo de Moquegua. Lima – Perú: Ed. INGEMMET. Boletín 15.
- Beck, M. E. (1987)** Tectonic rotations on the leading edge of South America: The Bolivian orocline revisited En: *Geology*, v.15,p. 806-808, September 1987.
- Blanquat, S.; Tikoff, B. & Dunlap, W. (1998)** Cinematica Transpressional y Arcos Magmaticos. En: *Geological Society Special Publication No. 135 the Geological Society London*, p. 327-340.
- Blevin, P. L., and Chappell, B. W., 1992**. The role of magma sources, oxidation states and fractionation in determining the granite metallogeny of eastern Australia: *Trans. Roy. Soc. Edinburgh: Earth Sci.*, v. 83,p. 305-316.
- Boyle, M. et.al. (1990)** Geochemical Constraints on the magmatic evolution of pre and post Oligocene volcanic suites of the southern Perú: Implications for the tectonic evolution of the Central Volcanic Zone. *Geological Society of America Bulletin*, V. 102, p. 1565-1579, 11 figs., 3 tables, November 1990.
- Calzada, J. (1970)** Métodos Estadísticos para la Investigación. 611 pág.
- Camus, F. (2003)** Geología de los Sistemas Porfíricos en los Andes de Chile; Ed. Servicio Nacional de Geología y Minería, Chile. 267 pág.
- Carlotto, C. V. et al. (2004)**. Relación de la Cinemática de Placas con la Evolución de las Cuencas Sinorogénicas Terciarias de la Región Sur del Perú En: XII Congreso Peruano de Geología. *Trabajos Científicos, Publicación Especial N° 6*, p. 420 – 423.
- Carlotto, C. V. (2002)** Evolución Andina y Acortamiento Tectónico a Nivel de Cusco (13°-16°S), Perú, Memoria N° 39, 203 p.
- Carey, E. (1979)** Recherche des directions principales de contraintes associées au jeu d'une population de failles. *Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique*, Vd. 21, N° 1, p. 57-66.
- Estrada, F. (1975)** Geología de Quellaveco, SGP Bol N° 46, pág 65-86.
- Franz Reiter and Peter (2001)** Computer Software for Structural Geology, Acs © 1996- 2001, Developed in cooperation with Institut für Geologie und Paläontologie, Universität Innsbruck. ©Tectonics FP online help.
- Gonzalez, G. (1999)** Mecanismo y profundidad de emplazamiento del Plutón de Cerro Cristales, Cordillera de la Costa, Antofagasta, Chile. *Rev. Geol. Chile* V.26 N°1. p. 43-66, 14 figs., 3 tablas, Julio 1999.
- Gutscher, M. A. et al (1999)** The "lost Inca Plateau": cause of flat subduction beneath Peru? En: *ELSEVIER, Earth and Planetary Science Letters* 171 (1999) 335–341.
- Hoek, E. & Brown E. T. (1980)** Underground Excavations in Rock. Ed. The Institution of Mining and Metallurgy, London U.K., 527 p.
- Husson, L. & Jacay, J. & Sempere, T. (2000)**. Cronología Estructural del Margen Sur del Perú. En: X Congreso Peruano de Geología, Soc. Geol. de Perú, V. Esp.1, Lima, p. 28.

- Hodgson, C. J. (1989)** The Structure of Shear-Related, Vein Type Gold Deposits: A Review. En: Ore Geology Reviews, 4 (1989) 231-273, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam-Printed in the Netherlands.
- Jacay et al (2002)** Características Estructurales del Sistema de Fallas Incapuquio. XI Congreso Peruano de Geología En: Sociedad Geología del Perú, Resúmenes Extendidos, p-29.
- Kay, K. (1995)** Magmatismo en Cordillera de Tapajos 134 pág.
- Lister y Snoke (1984).** Estudios Internos Golder Associates.
- Lavenu, A. & Cembrano, J. (1999)** Estados de esfuerzo compresivo plioceno y compresivo-transpresivo pleistoceno, Andes del sur, Chile (38-42°30'S) En: Revista Geológica de Chile v. 26 n.1 26 pág.
- Machare, O. J. (2001)** Geología Estructural en la Exploración, En: Soc. Geol. Perú, workshop 2001.
- Mamani, M. & Ibarra, I. (2001).** Magmatismo y Tectónica Meso-Cenozoica del Altiplano y del Borde Noroeste de la Cordillera Occidental de Perú. Cuzco. 120 h. (Tesis de Ingeniero) – Carrera Profesional de Ingeniería Geológica, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.
- Marca, F.O. (2001).** Interpretación Geológico Estructural y Anomalías de color (Alteraciones Hidrotermales) de la Zona Mal Paso (Moquegua) – Incapuquio (Tacna), Aplicando Imágenes de Satélite Landsat TM. Arequipa. 52 h. (Tesis de Ingeniero) – Carrera Profesional de Ingeniería Geológica, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa.
- Marshak, S. & Mitra Gautam (1998)** Basic Methods of Structural Geology, United States of America. 446 P.
- Martínez, W. & Zuloaga, A. (2002).** Nuevas Contribuciones a la Caracterización Geoquímica del Grupo Toquepala; Sector Moquegua – Sur del Perú. XI Congreso Peruano de Geología, Perú.
- Martínez, W. et al. (2004)** Características Generales de las Rocas Intrusivas en el Sur del Perú XII Congreso Peruano de Geología, Perú.
- Mercier, J. & Vergely, P.(1999)** Tectónica, 259 pág.
- Ocola, L. (1972)** Estudios de Gravimetría Informe Interno Southern.
- Paterson, S.R.; Fowler, T.K. (1993).** Extensional Pluton Emplacement Models. En: Geology 21(9) p. 781-784.
- Pitcher, W. S. (1985).** A Multiple and Composite Batholith En: Magmatism at a Plate Edge The Peruvian Andes, John Wiley and Sons Inc, New York, P. 93 – 101.
- Polliand, M. Shaltegger, U.; Frank, M. (2005)** Formation of intra-arco cuenca volcano sedimentarias en el flanco oeste en el flanco oeste de los Andes Peru Central durante las ultimas subducciones oblicuas del cretácico: evidencia de campo y constraints de U – Pb edades y Hf Isótopos En: Journal Heart Siences (Geology rundersch) p. 231-242.
- Petford, N. & Atherton, M. (1995)** Segmentation and the isotopic significance of the Abancay Deflection: Northern Central de Andes (9°-20°S). En: Revista Geológica de Chile, v-22, N° 2, p. 235-243, 5 figs, 2 tablas.
- Petford, N. et al. (1993)** Dike transport of granitoid magmas En: Geology, v. 21, p. 845-848.
- Pino, A. (2004)** “Estratigrafía y Paleogeografía del intervalo Paleozoico superior-Cretáceo inferior en el extremo Sur del Perú” (Area Mal Paso-Palca). Tacna. 144 h. (Tesis de Ingeniero) – Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica – Geotécnia, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna.
- Quang, C. X. Clark, A. H. (2005)** Response of Supergene Processes to Episodic Cenozoic Uplift, Pediment Erosion, and Ignimbrite Eruption in the Porphyry Copper Province of Southern Peru Economic Geology, January 1, 2005; 100(1): 87 - 114.
- Ragan, D.R. (1985)** Structural Geology An Introduction to Geometrical techniques, 3ra edicion.

389 pág.

- Reches, Z; Baer G; Hatzer, Y. (1992)** Constraints on the strength of the upper crust from stress inversion of fault slip data. *Journal of Geophysical Research* Vol. 97, p. 485-493.
- Richards, R.P. (2003)** Tectono-Magmatic Precursors for Porphyry Cu-(Mo-Au) Deposit Formation. *Economic Geology* v. 98, pp.1515-1533.
- Rivera, F. et al (2008)** La Franja Cretacea de Pórfidos de Cobre en el Sur del Perú. En: XIV Congreso Peruano de Geología Octubre.
- Roperch, P. et al. (2002)** Nuevos datos Paleomagnéticos sobre la Rotación Antihoraria del Antearco del Sur del Perú. En XI Cong. Per. Geol. Lima Perú, Resúmenes p. 48.
- Robyn T. I. & Hollister, V.F. (1980).** Origin of Calc-alkaline Magmas Associated with Porphyry Copper Deposits. En: *Metalogénesis en Latinoamérica, Symposium Internacional* Feb, 1980, México, p. 313-338.
- Romeuf, N. (1995)** Middle Jurassic Volcanism in the Northern and Central Andes. En: *Revista Geologica de Chile*, vol.22, No.2 p. 245-259, 9 Figs., 3 tables.
- Romero, A. (2005)** ¿Qué es hacer una Investigación Científica?, 124 pág.
- Sillitoe, R. (1972).** Un Modelo de Placa Tectónica para el Origen de Los Depósitos de Pórfidos de Cobre, Paper traducido al Español de *Economic Geologist*, 25 p.
- Tavarnelli, E. & Holdsworth, R. E. (1999).** How long do structures take to form in transpression zone? A cautionary tale from California. En: *Geology*. V.27; no. 12; p. 1063-1066; 4 figures; 1 table.
- Uyen, A. D. (1981).** Geología y Mineralización de la Mina Cuajone, 38 h. (Tesis de Ingeniero) – Carrera Profesional de Ingeniería Geológica, Universidad Nacional San Agustín.
- Valdivia, J.; Torres, A. & Montoya, C. (1994).** El Factor Tectono – Estructural como Control en la Localización de Depósitos Minerales al Sur de los 14°S, Sector Occidental de los Andes Centrales. En: IX Cong. Per. de Geol., SGP, v. Esp.1, Lima, p. 44-47.
- Vigneresse & Tikoff (1995)** Crustal deformation and ascent of granitic magmas, *Tectonophysics*, Vol. 249, p. 187-202.
- Vearncombe, J. R. (1998)** Shear Zones, fault networks, and Archean gold. En: *Geology*, V.26; no, 9; p. 855-858; 3 figuras.
- Vergely, P., et al. (1987)** Analyse graphique des failles à l'aide des focalisation des stries. *Bull. Soc. Geol. France*, 3 (2), p. 395-402.
- Wilson, D. V. (1985)** The Beeper Structure of the Central Andes and Some Geophysical Constraints. En: *Magmatism at a Plate Edge the Peruvian Andes*, John Wiley and Sons Inc, New York, 325 pág.
- Winter, J. D. (2001).** An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology. New Jersey: Prentice Hall. 687 pág..
- Wise et al (1984).** Geología Estructural 234 pág.
- Sampieri, R. H. (2006)** Metodología de la Investigación 4ta ed. 839 pág.
- Scott R. Paterson,; Fowler T. K. (1993)** Extensional Pluton Emplacement Models. : Do They Work for Large Plutonic Complexes. En *Geology*. V. 21, p 781-784.
- Streckeisen (1967)** Petrogenesis, Wiley Sons, 235, Pág.
- Zweng & Clark (1995)** Hypogene Evolution of the Toquepala Porphyry Copper-Molibdenum Deposit, Moquegua, Southern Perú. In *Porphyry Copper Deposits of the American Cordillera*, (Pierce, F.W.; Bolm, J. G.; editors) *Arizona Geological Society Digest*, Vol. 20, p. 566-612.
- Zimmermann, et. al. (1983)** Estudio Dinámico Cuenca de Jahuay en SGP (1996). 250 pág.

REFERENCIAS WEBSITE

Almendinger, R. W. (1999). Introducción a la Geología Estructural. [s.l.]: [s.n.]. 180p. Disponible en: < <http://dep.cie.geo/geologiaestructural.com/index.shtml>>. Accesado el 15 Ago. 2002.

Disponible en: <<http://departamentos.unican.es/diqteg/ingegraf/cd/ponencias/29.pdf>>. Accesado el 15 de Octubre del 2003.

Disponible en: www.una.med.edu.10/~rrodriguez/metalogenia/factores-etalogenia%20andina.htm> Accesado el 20 de Mayo del 2005.

Disponible en:<<http://es.wikipedia.org/wiki/Tect%C3%B3nica>>Accesadoel 13 de Setiembre del 2005.

Disponible en:<www.cpoyato.com/Glosario/glosarioT.htm> Accesado el 14 de Setiembre del 2005.

Anexos

Base de datos

1. Resultados de óxidos mayores y trazas SFI
2. Datos de elementos estructurales de 30 Estaciones
3. Fotos

Planos a Escala en Físico

1. Plano Geológico Escala 1/100000
2. Plano Tectonomagmático Escala 1/100000
3. Secciones Geológicas A-A' B-B' C-C' Escala H/V: 1/50000

Apêndices

Anexo 1. Base de datos de óxidos mayores y trazas – SFI.

GRUPO/Fm.	SUPER UNIDAD YARABAMBA (OXIDOS MAYORES Y TRAZAS)					
Sample	98AP074/515	TO17	MO25	MO32	MM15	TO08
Hoja	Moquegua	Moquegua	Moquegua	Moquegua	Moquegua	Moquegua
Este	337352	320267	326404	319981	327020	310663
Norte	8082621	8101462	8108054	8104779	8098429	8098914
Tipo de Roca	Aplita	Monzogranito	Granodiorita	Monzonita	Monzonita	Diorita
SiO ₂	69.95	62.15	63.75	61.53	60.84	56.45
TiO ₂	0.43	0.87	0.56	0.85	0.63	1
Al ₂ O ₃	13.53	14.77	16.33	15.07	17.25	16.34
Fe ₂ O ₃	2.91	5.92	4.36	5.61	4.73	7.81
FeO	0.07	2.8	2.25	2.08	1.69	3.31
MnO	0.02	0.12	0.08	0.1	0.09	0.12
MgO	0.3	1.76	1.95	2.24	1.68	3.54
CaO	0.98	3.63	4.22	4.04	4.08	6.53
Na ₂ O	3.56	3.51	3.65	3.05	4.35	3.33
K ₂ O	5.95	4.07	2.81	4.28	3.14	2.57
P ₂ O ₅	0.1	0.27	0.19	0.25	0.17	0.25
H ₂ O	0.48	1.15	0.49	0.93	1.06	0.64
Rb	391	227	78.8	241	117	126.5
Ba	423	716	1005	679	841	528
Sr	127.5	283	635	282	567	367
V	35	90	85	95	80	170
Ni	-1	-1	10	5	5	20
Zr	287	352	132	350	168	208
Cu	145	50	265	70	200	135
Ag	-1	-1	-1	-1	-1	-1
CO ₂	-1	-1	-1	0.2	-1	-1
LOI	0.83	1.61	1.03	1.74	1.63	0.73
Sn	1	3	18	4	8	-1
Ta	5.5	5.5	3	2.5	3	2.5
Th	88	29	5	24	8	10
U	14.5	9.5	2	14	2	3.5
W	148	111	72	43	67	68
Zn	20	75	55	35	85	70
La	39	48.5	18.5	32.5	23	20.5
Ce	77	101	38	73	46	43
Pr	10.2	12.6	4.6	8.3	5.8	5.2
Nd	37	51	19	35	22	21.5
Gd	6.4	8.8	3.1	6.7	4.3	5.1
Tb	1.1	1.3	0.3	1	0.5	0.7
Dy	5.5	7.7	1.7	6.3	2.6	4.3
Ho	1.3	1.6	0.3	1.2	0.6	0.7
Sm	7.6	9.2	3	6.2	4.2	4.7
Eu	0.8	1.6	0.8	1	1.1	1
Er	3.6	4.9	1	3.6	1.5	2.4
Lu	0.6	0.7	0.1	0.6	0.3	0.3
TM	0.6	0.6	0.1	0.6	0.2	0.3
Yb	3.6	4.4	0.9	3.8	1.7	2.1
Co	19	24.5	17	16.5	21.5	28
Cs	7.1	11.8	3.3	10.7	5	12.1

F	-	21	21	17	21	17
Ga	15	13	4	21	5	7
Ge	-	20	6	19	7	8
Hf	10	20	270	20	25	20

GRUPO/Fm.	SUPER UNIDAD YARABAMBA (OXIDOS MAYORES Y TRAZAS)			
Sample	MO39	TO50	TO25	TO32
Hoja	Moquegua	Moquegua	Moquegua	Moquegua
Este	317084	335045	319486	326740
Norte	8105165	8080919	8089522	8083116
Tipo de Roca	Monzonita	Diorita	Diorita	Diorita
SiO[2]	61.82	54.03	63.28	59.81
TiO[2]	1.06	1.28	0.86	0.8
Al[2]O[2]	14.81	15.58	14.22	16.19
Fe[2]O[2]	6.32	9.4	5.77	6.47
FeO	2.25	4.55	2.7	3.91
MnO	0.13	0.16	0.09	0.12
MgO	1.56	4.12	2.47	2.68
CaO	2.99	6.83	3.44	5.3
Na[2]O	3.87	3.26	2.99	3.44
K[2]O	4.63	2.43	4.69	3.35
P[2]O5	0.37	0.48	0.19	0.21
H[2]O	0.77	1.23	0.45	0.84
Rb	258	124	210	155
Ba	799	445	744	648
Sr	288	346	246	349
V	90	190	115	150
Ni	-1	25	10	10
Zr	371	279	409	230
Cu	120	235	50	105
Ag	-1	-1	-1	-1
CO[2]	-1	-1	-1	-1
LOI	1.32	1.36	1.09	0.48
Sn	-1	3	11	4
Ta	3	3	3	3
Th	22	14	17	10
U	6	3.5	5	2.5
W	56	70	70	63
Zn	30	100	45	65
La	42	27.5	29.5	25.5
Ce	92	63.5	61.5	54.5
Pr	11.7	8.1	7.1	6.6
Nd	48	36	29.5	26.5
Gd	10	7.7	5.9	5.1
Tb	1.4	1	0.8	0.8
Dy	7.4	6.8	4.3	4.7
Ho	1.5	1.2	1	0.9
Sm	9.4	7.8	6.3	5.4
Eu	1.6	1.2	0.9	1

Er	4.9	3.5	2.6	2.6
Lu	0.6	0.4	0.5	0.4
TM	0.7	0.4	0.4	0.4
Yb	4.7	3	2.5	2.8
Co	17.5	459	20	24
Cs	8	10.3	10	20.3
F	20	17	17	19
Ga	11	7	13	7
Ge	17	13	14	10
Hf	20	20	15	20

GRUPO/Fm.	FORMACION PARALAKE TRAZAS						
Muestra	Pu/II-02-05	Pu/II-11-05	Om/II-01-05	Mo/II-01-05	Mo/II-02-05	Mo/II-04-05	Mo/II-16-05
Este	283307	291270	295335	305320	305533	305264	318934
Norte	8134629	8126936	8127590	8112387	8109321	8114567	8086400
Cuadrángulo	Puquina	Omate	Omate	Moquegua	Moquegua	Moquegua	Moquegua
Al	79800	85800	69700	80300	80000	71700	82800
Ba	814	480	936	705	700	669	740
Be	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Ca	12800	52900	9100	17300	20500	9100	24500
Cr	140	140	230	180	230	240	180
Cu	6	42	8	13	16	<5	68
Fe	26200	60600	18900	29000	29800	15800	35400
K	33300	14500	33000	26500	24300	38600	28400
Li	20	20	30	30	20	<10	20
Mg	3800	20800	1600	5600	7000	1400	10600
Mn	480	830	330	670	960	340	560
Ni	<5	26	5	9	165	34	29
P	700	1100	200	500	500	200	600
Sc	11	26	6	6	6	<5	12
Sr	300	545	157	393	361	121	282
Ti	3500	5200	1900	2500	2500	1000	3200
V	44	212	25	64	56	7	105
Zn	53	69	32	45	48	18	51
Zr	221	78.7	157	134	131	103	126
Ag	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
As	<30	<30	30	<30	<30	<30	<30
Bi	0.1	0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.4
Cd	0.3	<0.2	<0.2	<0.2	0.3	<0.2	<0.2
Ce	68.6	37.1	67.1	45.2	44.3	50.9	65.4
Co	4	19.8	1.9	7.2	7.5	2.4	13.4
Cs	5.9	1.4	7	9.2	5.5	9.9	3
Dy	5.09	3.27	4.26	2.34	2.27	2.14	4.03
Er	3.4	2.28	3.02	1.79	1.7	1.63	2.74
Eu	1.48	1.17	1.15	0.93	0.96	0.45	1.21
Ga	17	15	15	15	15	13	16
Gd	5.67	3.86	4.89	2.92	2.68	2.5	5
Ge	2	1	2	1	1	2	1
Hf	6	2	4	4	4	3	4
Ho	1.19	0.77	1.01	0.57	0.54	0.51	0.95
In	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
La	34.4	18.3	36	25.9	24.7	30.8	33

Lu	0.51	0.33	0.45	0.27	0.28	0.29	0.4
Mo	3	2	3	4	4	3	3
Nb	9	4	9	8	7	10	7
Nd	31.8	18.8	29.6	17.4	17.2	17.5	27.1
Pb	26	14	28	19	20	19	21
Pr	8.16	4.61	7.98	4.87	4.79	5.34	7.25
Rb	126	48.4	142	125	116	169	134
Sm	6.4	4	5.6	3.2	3.1	2.9	5.5
Sn	2	1	2	1	1	1	2
Ta	0.6	<0.5	0.6	0.6	0.5	0.8	0.6
Tb	0.88	0.6	0.76	0.41	0.42	0.39	0.75
Th	12.3	5.1	13.9	15.7	14.3	16.5	17.2
Tl	0.8	<0.5	1	<0.5	<0.5	0.9	0.9
Tm	0.5	0.3	0.41	0.25	0.24	0.25	0.39
U	2.9	1.26	3.03	3.31	3.39	2.34	4.42
W	12	6	2	15	14	14	13
Y	30.5	18.6	25.8	14.6	14.4	13.6	25.4
Yb	3.5	2	3	1.7	1.8	1.7	2.6

GRUPO/Fm.	SECTOR LOS CALATOS (ALTERACIÓN) TRAZAS			
ANALYTE	Pu/II-07-05	Pu/II-08-05	Pu/II-09-05	Pu/II-10-05
Este	285894	285894	286260	286424
Norte	8130845	8130810	8130892	8130956
Cuadrángulo	Puquina	Puquina	Puquina	Puquina
Unidad	Alteración	Alteración	Alteración	Alteración
Al	80900	91700	85800	94500
Ba	677	559	423	745
Be	<5	<5	<5	<5
Ca	21800	39500	900	600
Cr	150	210	510	250
Cu	106	102	46	36
Fe	51000	61200	36400	42100
K	28000	23300	23900	30600
Li	30	30	<10	<10
Mg	9900	23100	2900	3300
Mn	1030	1200	120	100
Ni	13	20	18	<5
P	800	1100	1300	800
Sc	17	25	9	14
Sr	329	492	1010	1380
Ti	4600	5900	2200	4400
V	129	181	68	172
Zn	274	86	<5	<5
Zr	219	122	165	121
Ag	<1	<1	<1	<1
As	<30	<30	70	70
Bi	0.3	<0.1	0.6	1.7
Cd	0.3	0.3	0.2	<0.2
Ce	57.3	50.8	67.1	52.9
Co	17.3	22.6	1.9	2.6
Cs	4.1	3.6	1.1	3.6
Dy	7.35	4.74	5.08	2.53
Er	4.86	3.18	3.34	2.16
Eu	1.58	1.33	1.63	1.3
Ga	17	19	20	19
Gd	7.79	5.34	6.74	3.74
Ge	2	2	2	2
Hf	6	4	5	4
Ho	1.73	1.09	1.13	0.69
In	<0.2	<0.2	<0.2	0.4
La	26.1	24.1	41.9	23.8
Lu	0.6	0.41	0.46	0.3
Mo	5	4	15	12
Nb	9	7	7	6
Nd	29.8	26.7	30.3	48.7
Pb	27	15	15	11
Pr	7.43	6.38	7.83	8.09
Rb	163	107	103	167
Sm	7.1	5.7	8	9.3
Sn	2	2	2	2
Ta	0.6	<0.5	0.6	<0.5
Tb	1.27	0.84	1	0.52
Th	19.9	8.6	41.9	10.2
Tl	1.6	<0.5	0.6	1.4

Tm	0.66	0.42	0.45	0.3
U	7.11	2.34	9.03	1.69
W	2	14	13	33
Y	43.6	26.9	28.2	17.3
Yb	4.3	2.9	3.1	1.9

GRUPO/Fm.	GRUPO TOQUEPALA ELEMENTOS MAYORES Y TRAZAS					
Sample	OMT14	MO20000401	MO20000402	MO20000403	PER1	OT03
Hoja	Omate	Moquegua	Moquegua	Moquegua	Moquegua	Moquegua
Este	299149	298020	298804	299845	299135	300978
Norte	8139526	8101805	8102514	8101839	8103299	8118509
Tipo de Roca	Toba	Toba	Toba	Toba	Toba	Toba
SiO[2]	72.86	73.24	74.48	74.15	75.09	51.68
TiO[2]	0.21	0.25	0.17	0.25	0.15	1.52
Al[2]O[2]	13.04	13.15	12.75	12.65	12.53	15.61
Fe[2]O[2]	1.57	1.71	1.38	1.85	1.6	11.12
FeO	0.13	0.17	0.13	0.22	0.4	6.01
MnO	0.06	0.07	0.05	0.06	0.04	0.16
MgO	0.42	0.28	0.31	0.38	0.35	3.59
CaO	1.21	0.72	1.15	0.81	1.18	7.37
Na[2]O	2.81	2.42	3.19	2.03	3.29	3.56
K[2]O	4.41	4.71	4.18	4.18	4.37	2.01
P[2]O5	0.04	0.04	0.04	0.09	0.03	0.45
H[2]O	-	-	-	-	0.35	-
Rb	136	194	140	127	127	71
Ba	925	1045	860	694	823	554
Sr	139.5	89.1	118.5	118	126	438
V	10	10	10	25	19	335
Ni	-1	5	5	5	-1	10
Zr	110.5	197.5	111	133.5	90	158.5
Cu	-1	5	-1	5	4	40
Ag	-1	-1	-1	-1	-	-1
CO[2]	-1	0.2	-1	-1	0.09	-1
LOI	2.36	2.51	1.37	2.8	1.17	1.59
Sn	-1	-1	-1	-1	1.2	1
Ta	3	-1	0.5	-1	0.6	0.5
Th	20	19	16	12	14.3	8
U	5	3.5	3.5	2	2.52	3
W	118	26	45	21	1.7	12
Zn	20	30	40	45	22	105
La	27	26	24	24	26	25
Ce	49.5	51	41.5	46	45.1	59.5
Pr	5.4	5.7	4.5	5.2	4.2	8
Nd	18	19	14	18	13.8	34.5
Gd	2.9	3.1	2	2.8	1.8	7.6
Tb	0.4	0.5	0.3	0.4	-1	1.1
Dy	2.4	2.6	1.6	2.4	1.6	6.6
Ho	0.5	0.5	0.3	0.4	0.3	1.4
Sm	3.1	4.1	2.2	3.1	2.2	8.2
Eu	0.5	0.7	0.4	0.5	0.5	1.9
Er	1.5	1.6	1.1	1.4	1.02	4
Lu	0.3	0.3	0.2	0.2	0.21	0.6
TM	0.2	0.3	0.1	0.2	-1	0.6
Yb	2.1	2.1	1.1	1.7	1.2	3.4
Co	14	4	4.5	6.5	2	32

Cs	1.8	9.7	6.7	12.7	7.2	2.5
Ga	13	15	14	15	12	25
Hf	4	6	3	4	2.61	4
Nb	7	7	5	5	6.58	6
Pb	15	30	25	20	20.7	15

GRUPO/Fm.	GRUPO TOQUEPALA ELEMENTOS MAYORES Y TRAZAS					
Sample	PA870600	PER1/XRF/A	PER1/XRF/B	PER1/XRF/C	PER1/XRF/D	PER1/XRF/E
Hoja	Tarata	Moquegua	Moquegua	Moquegua	Moquegua	Moquegua
Este	379765	299135	299135	299135	299135	299135
Norte	8067623	8103299	8103299	8103299	8103299	8103299
Tipo de Roca	Lavas	Lavas	Lavas	Lavas	Lavas	Lavas
SiO[2]	60.73	73.97	74.27	74.81	73.9	74.4
TiO[2]	0.61	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15
Al[2]O[2]	16.68	12.63	12.54	12.43	12.56	12.54
Fe[2]O[2]	5.82	1.38	1.41	1.41	1.5	1.35
FeO	2.93	0.12	0.13	0.13	0.16	0.13
MnO	0.09	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04
MgO	2.96	0.43	0.39	0.35	0.4	0.35
CaO	4.39	1.15	1.19	1.07	1.13	1.06
Na[2]O	3.75	2.93	3.12	3.16	3.11	3.12
K[2]O	1.97	4.23	4.06	4.27	4.35	4.23
P[2]O5	0.17	0.03	0.06	0.03	0.05	0.04
H[2]O	-	0.52	0.21	0.51	0.48	0.47
Rb	58.6	140	143	141	141.5	143.5
Ba	747	818	826	820	814	836
Sr	550	114.5	115.5	116	112.5	115
V	125	15	15	15	15	20
Ni	20	-1	-1	-1	-1	-1
Zr	145	100	99.5	98	111.5	111
Cu	35	5	5	-1	5	5
Ag	1	-1	-1	-1	-1	-1
CO[2]	-1	-1	0.2	-1	0.2	-1
LOI	2.38	1.9	1.78	1.57	1.39	1.51
Sn	1	1	2	-1	-1	4
Ta	1	3.5	5.5	2.5	3.5	2
Th	7	4	9	10	10	10
U	1.5	3	3	3	3	3
W	25	220	240	270	300	120
Zn	95	50	125	35	70	25
La	22.5	24	24.5	24.5	24	25
Ce	47.5	42.5	43	43	42	44
Pr	5.6	4.1	4.2	4.1	4.1	4.3
Nd	20.5	14	14.5	14	13.5	14.5
Gd	3.3	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
Tb	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
Dy	2.6	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7
Ho	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4

Sm	4.1	2.2	2.4	2.4	2.3	2.4
Eu	1	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Er	1.5	1.2	1.2	1.1	1.1	1.2
Lu	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
TM	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
Yb	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3
Co	14.5	16.5	19	22.5	21.5	9.5
Cs	2.7	6.6	6.8	7.4	7.2	7.2
Ga	20	13	14	14	13	13
Hf	4	3	3	3	3	3
Nb	6	8	9	9	10	8
Pb	5	20	25	20	20	15

GRUPO/Fm.	GRUPO TOQUEPALA ELEMENTOS MAYORES Y TRAZAS					
Sample	PER1/XRF/F	PER1/XRF/G	PER1/XRF/H	HHB000509	HHB000601A	HHB000601B
Hoja	Moquegua	Moquegua	Moquegua	Moquegua	Moquegua	Moquegua
Este	299135	299135	299135	363631	369156	369156
Norte	8103299	8103299	8103299	8093169	8084856	8084856
Tipo de Roca	Lavas	Lavas	Lavas	Lavas	Lavas	Lavas
SiO[2]	74.65	71.17	74.79	66.41	63.22	62.53
TiO[2]	0.16	0.25	0.17	0.44	0.67	0.69
Al[2]O[2]	12.57	13.79	12.75	15.99	14.96	14.98
Fe[2]O[2]	1.35	1.68	1.36	3.73	4.75	5.08
FeO	0.13	0.04	0.13	0.13	1.91	2.19
MnO	0.05	0.08	0.06	0.1	0.09	0.09
MgO	0.36	0.3	0.29	0.7	1.95	2.12
CaO	1.09	0.59	1.2	2.81	3.69	4.03
Na[2]O	3.1	2.43	3.1	3.87	3.4	3.4
K[2]O	4.31	5.8	4.41	3.43	3.49	3.43
P[2]O5	0.05	0.06	0.04	0.12	0.22	0.22
H[2]O	0.38	0.93	0.48	-	-	-
Rb	142	215	140.5	99.4	108	105.5
Ba	823	1140	814	990	962	981
Sr	116	93.1	113	332	475	507
V	20	20	15	50	95	100
Ni	-1	-1	-1	30	10	5
Zr	98.5	212	90.5	159.5	135	145.5
Cu	-1	5	-1	25	20	15
Ag	-1	-1	-1	-1	1	-1
CO[2]	-1	-1	0.2	-1	-1	-1
LOI	1.4	2.65	1.51	1.35	2.62	2.46
Sn	-1	29	-1	-1	-1	-1
Ta	1.5	1.5	1.5	0.5	1.5	3
Th	9	13	11	14	18	18
U	3	3	3	2.5	5	5
W	200	55	77	49	59	84
Zn	55	45	35	70	70	65

La	25.5	29.5	24.5	31	31	31.5
Ce	43	56	40.5	58	60	61.5
Pr	4.2	5.8	4.4	6.9	7.1	7.2
Nd	14.5	21.5	12.5	23.5	24.5	26.5
Gd	1.9	3.1	1.8	4.2	3.5	3.8
Tb	0.3	0.5	0.1	0.6	0.5	0.5
Dy	1.7	3.1	1.6	3	2.4	2.4
Ho	0.4	0.6	0.3	0.6	0.5	0.5
Sm	2.2	3.9	2	4.2	4.5	4.5
Eu	0.4	0.8	0.2	1.1	1.2	1.2
Er	1.2	2	1	1.8	1.2	1.2
Lu	0.2	0.4	-1	0.3	0.1	0.2
TM	0.2	0.3	-1	0.3	0.1	0.2
Yb	1.4	2.1	1.1	2.1	1.3	1.3
Co	13	8	11	12.5	24.5	21.5
Cs	6.9	9.6	7.3	2	4.9	4.9
Ga	13	16	12	18	19	19
Hf	3	6	3	5	5	5
Nb	9	9	4	8	9	9
Pb	20	25	20	40	55	25

GRUPO/Fm.	GRUPO TOQUEPALA ELEMENTOS MAYORES Y TRAZAS					
Sample	HHB000601C	CL42	TO15	PQ2460800	PA220800	MO01
Hoja	Moquegua	Clemesi	Moquegua	Puquina	Pachía	Clemesi
Este	369156	280779	298986	276725	387995	287266
Norte	8084856	8105696	8102912	8158752	8037150	8104519
Tipo de Roca	Lavas	Toba	toba	Lavas	Lavas	Riolita
SiO[2]	60.75	73.53	73.23	60.75	62.17	72.85
TiO[2]	0.67	0.21	0.17	0.79	0.46	0.18
Al[2]O[2]	15.95	12.86	12.64	15.62	16.1	12.57
Fe[2]O[2]	5.26	1.63	1.49	5.87	4.29	1.1
FeO	2.14	0.08	0.1	1.68	1.68	-1
MnO	0.09	0.07	0.06	0.09	0.1	0.05
MgO	2.08	0.38	0.49	2.25	2.45	0.25
CaO	4.79	0.44	1.63	5.32	3.88	1.2
Na[2]O	3.5	2.82	2.63	4	4.09	3.01
K[2]O	2.88	4.88	4.2	2.52	1.78	4.32
P[2]O5	0.21	0.07	0.02	0.23	0.15	0.05
H[2]O	-	-	0.6	0.31	2.45	0.86
Rb	90.6	146	155	58	40	82.4
Ba	893	1010	951	948	618	1480
Sr	587	131	122	830	771	46.7
V	105	15	15	150	90	10
Ni	5	-1	-1	30	15	-1
Zr	131.5	112	100	150	109	106
Cu	20	-1	-1	70	50	-1
Ag	-1	-1	-1	-1	-1	-1

CO[2]	-1	-1	0.8	-1	-1	0.6
LOI	2.82	2.14	2.56	0.96	3.57	2.98
Sn	-1	-1	1	1	-1	3
Ta	2	0.5	5.5	3.5	1.5	1.5
Th	15	18	11	8	2	9
U	4	2.5	2.5	2	0.5	2
W	68	36	150	65	37	38
Zn	70	55	30	75	40	35
La	30	26	21	29.5	13	27.5
Ce	58.5	46.5	36.5	59.5	27	50.5
Pr	6.8	5.3	4	7.1	3.3	5.2
Nd	24	18	13.5	27.5	13	18.5
Gd	3.7	2.3	2.2	4	2	2.9
Tb	0.5	0.4	0.6	0.6	0.3	0.4
Dy	2.5	2	1.6	2.3	1.7	2.2
Ho	0.5	0.4	0.3	0.5	0.3	0.4
Sm	4.6	3.1	1.6	5	2	3.2
Eu	1.3	0.6	0.6	1.2	0.7	0.5
Er	1.5	1.7	1	1.3	1	1.5
Lu	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.2
TM	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2
Yb	1.4	1.5	1.6	1.5	0.8	1.7
Co	19.5	4	16	29	16.5	5
Cs	4	7	7.3	2.9	1.6	4.3
Ga	20	14	16	25	16	14
Hf	4	4	3	5	3	4
Nb	8	6	8	10	4	7
Pb	25	20	25	20	5	15

GRUPO/Fm.	GRUPO TOQUEPALA ELEMENTOS MAYORES Y TRAZAS					
Sample	MM06	PA980600	OM06	MO02	MO17	MO22
Hoja	Moquegua	Pachía	Moquegua	Clemesi	Moquegua	Moquegua
Este	326759	350420	288565	287582	324002	321835
Norte	8101979	8058575	8118918	8104714	8113051	8109005
Tipo de Roca	Dolerita	Riolita	Dolerita	Riolita	Riolita	Riolita
SiO[2]	59.17	72.32	55.88	75.88	75.84	77.96
TiO[2]	1.1	0.22	0.91	0.19	0.12	0.12
Al[2]O[2]	16	13.28	16.2	11.55	12.54	12.03
Fe[2]O[2]	7.26	1.68	8.28	1.07	0.7	0.27
FeO	2.28	-1	3.66	-1	0.05	0.05
MnO	0.18	0.08	0.15	0.07	0.02	0.01
MgO	1.93	0.39	3.91	0.26	0.26	-1
CaO	2.78	1.17	6.68	0.78	0.17	0.1
Na[2]O	4.04	4.14	2.97	2.73	2.56	3.07
K[2]O	4.04	4	2.13	4.14	4.84	4.36
P[2]O5	0.52	0.07	0.28	0.04	0.03	0.01
H[2]O	1.71	0.44	1.53	0.72	0.85	0.22

Rb	107	140.5	80.6	62.8	125	92.2
Ba	1465	887	406	1875	376	467
Sr	475	189	414	65.5	63.1	35.3
V	70	5	170	5	10	-1
Ni	-1	-1	15	-1	-1	-1
Zr	236	106	103	115	102.5	79
Cu	-1	5	80	-1	5	-1
Ag	-1	-1	-1	-1	-1	-1
CO[2]	-1	-1	-1	0.2	-1	-1
LOI	1.81	1.32	1.82	2.23	1.82	0.86
Sn	15	12	111	20	47	63
Ta	2	3	1	2.5	2	3.5
Th	7	12	9	7	7	7
U	2	3	2.5	1.5	2	2
W	38	67	26	71	40	70
Zn	80	25	75	25	85	10
La	32	24	20	26	9.5	10.5
Ce	70	43.5	44	47	16.5	22.5
Pr	9.3	4.3	5.4	5.1	2.6	2.5
Nd	37	15.5	22.5	17.5	10	9
Gd	7.9	2.3	4.4	2.6	2.6	1.9
Tb	1.1	0.4	0.7	0.4	0.4	0.3
Dy	6.3	2.3	3.9	1.9	2.8	2.4
Ho	1.2	0.5	0.7	0.4	0.6	0.4
Sm	8.4	2.6	4.6	2.7	2.2	1.8
Eu	1.7	0.6	1.2	0.5	0.3	0.1
Er	3.8	1.5	2.3	1.2	1.7	1.2
Lu	0.5	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2
TM	0.5	0.1	0.3	0.1	0.3	0.2
Yb	3.8	1.8	1.8	1.3	1.8	1.4
Co	12.5	7	25.5	6	5.5	8
Cs	3	5.8	2.1	3.5	5.6	2.1
Ga	20	14	18	13	14	11
Hf	7	3	4	3	2	2
Nb	12	8	4	6	8	7
Pb	15	10	15	15	5	15

GRUPO/Fm.	GRUPO TOQUEPALA ELEMENTOS MAYORES Y TRAZAS					
Sample	OM7	MO30	TO04	M40	M43	MO12
Hoja	Moquegua	Moquegua	Moquegua	Moquegua	Moquegua	Moquegua
Este	287273	329294	317796	315666	324430	290441
Norte	8116777	8106764	8096493	8105155	8101798	8103154
Tipo de Roca	Riolita	Riolita	Riolita	Riolita	Toba	Riolita
SiO[2]	69.39	77.52	68.79	70.78	72.64	72.29
TiO[2]	0.34	0.09	0.47	0.23	0.18	0.2
Al[2]O[2]	14.16	12.31	14.59	13.27	13.2	13.54
Fe[2]O[2]	2.56	0.34	2.85	1.59	1.77	1.66

FeO	0.52	0.07	1.24	-1	0.46	0.29
MnO	0.09	0.01	0.08	0.1	0.07	0.05
MgO	0.63	0.09	0.46	0.27	0.27	0.45
CaO	1.19	0.23	1.31	1.4	0.9	1.4
Na[2]O	4.13	3.39	3.98	2.57	3.67	3.29
K[2]O	3.63	4.13	5.18	5.43	4.93	4.22
P[2]O5	0.13	-1	0.07	0.06	0.03	0.05
H[2]O	1.24	0.44	0.52	0.66	0.6	0.71
Rb	124	126.5	251	218	204	139
Ba	936	125	913	1140	297	1230
Sr	210	50.2	153	109.5	93.3	203
V	30	5	15	10	15	15
Ni	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Zr	166	61.5	416	191	151	125
Cu	5	-1	20	-1	-1	-1
Ag	-1	-1	-1	-1	-1	-1
CO[2]	-1	-1	-1	0.6	-1	0.2
LOI	2.44	0.83	0.86	3.15	1.12	1.56
Sn	20	12	9	3	-1	1
Ta	2	4	4.5	1.5	2	3
Th	9	7	24	15	17	10
U	2.5	2	6	3	4.5	2.5
W	41	89	88	29	31	61
Zn	50	20	60	35	45	25
La	26	5.5	35.5	26	30.5	24
Ce	49	12	78.5	52.5	61	40.5
Pr	5.3	1.4	9.5	5.4	7	4
Nd	19.5	4	38	19	25.5	15.5
Gd	2.9	1.7	7.2	3	4.7	1.9
Tb	0.4	0.4	1	0.4	0.7	0.3
Dy	2.9	2.2	5.8	2.6	4.1	1.5
Ho	0.5	0.5	1.2	0.5	0.9	0.3
Sm	3	1.1	6.9	3.5	4.9	1.8
Eu	0.6	-1	1.1	0.5	0.4	0.5
Er	1.8	1.8	3.3	1.9	2.6	1
Lu	0.2	0.2	0.6	0.3	0.4	0.1
TM	0.2	0.2	0.6	0.3	0.3	0.1
Yb	2	1.5	3.5	1.7	2.8	1.4
Co	8.5	5.5	12.5	6.5	5.5	7.5
Cs	5.2	2.9	8.1	12.2	6.6	3.4
Ga	17	16	18	15	16	15
Hf	4	2	12	6	5	4
Nb	7	12	16	8	11	7
Pb	30	10	15	30	20	20

GRUPO/Fm	GRUPO TOQUEPALA ELEMENTOS MAYORES Y TRAZAS					
Sample	MO38	MO14	MO10	TO48	TO37	TO39
Hoja	Moquegua	Moquegua	Moquegua	Moquegua	Moquegua	Moquegua
Este	317902	323604	296514	333694	324274	322618
Norte	8104314	8112300	8103246	8079438	8085679	8085982
Tipo de Roca	Dolerita	Dolerita	Toba	Toba	Riolita	Riolita
SiO ₂	59.96	54.3	73.75	56.03	65.22	72.99
TiO ₂	0.94	1.05	0.15	0.96	0.57	0.24
Al ₂ O ₃	14.83	18.28	12.96	16.14	16.28	13.52
Fe ₂ O ₃	4.48	7.63	1.65	7.85	3.17	1.99
FeO	1.62	3.9	0.36	3.55	0.01	0.09
MnO	0.14	0.16	0.07	0.13	0.04	0.01
MgO	1.47	2.24	0.22	4.04	0.14	0.05
CaO	3.83	7.42	0.64	6.16	1	0.35
Na ₂ O	4.17	3.52	3.79	2.81	2.84	3.84
K ₂ O	4.79	1.88	4.58	2.43	7.07	4.28
P ₂ O ₅	0.33	0.45	0.02	0.25	0.14	0.09
H ₂ O	1.23	1.72	0.37	1.78	1.17	0.8
Rb	175	41.4	177	118.5	234	139
Ba	1110	739	241	604	797	1635
Sr	219	785	69.6	422	211	206
V	60	125	10	180	60	30
Ni	-1	-1	-1	10	-1	-1
Zr	324	164	149	196	358	140.5
Cu	-1	15	5	105	5	-1
Ag	-1	-1	-1	-1	-1	-1
CO ₂	2	0.4	-1	-1	0.6	-1
LOI	3.95	1.96	0.84	2.31	2.24	1.31
Sn	3	3	-1	-1	3	1
Ta	8.5	1.5	2.5	1	2.5	4.5
Th	13	3	14	10	19	12
U	4.5	2	4	3.5	6	2.5
W	200	28	48	24	37	97
Zn	45	85	40	70	30	15
La	36.5	27.5	27.5	22	32.5	27
Ce	75	57.5	55	47	74.5	46
Pr	9.1	7.4	6.1	5.9	8.2	5.1
Nd	35	31.5	23.5	25	32.5	17
Gd	6.7	6.8	4	5	5	2.6
Tb	1	1	0.6	0.7	0.8	0.4
Dy	5.3	5.7	4.1	4	5	2.5
Ho	1.1	1	0.7	0.8	0.9	0.4
Sm	7	6.6	4.2	5.1	5.6	2.8
Eu	1.5	2	0.3	1.1	0.9	0.7
Er	2.9	3.1	2.4	2.2	3	1.4
Lu	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.2
TM	0.5	0.4	0.4	0.3	0.4	0.2
Yb	2.9	3.2	2.7	2.3	3.1	1.3
Co	75	18.5	7	39.5	6.5	10.5

Cs	4.4	0.9	5.4	9.4	5.4	2.7
Ga	15	22	13	19	16	13
Hf	9	7	5	6	10	5
Nb	15	9	10	8	18	10
Pb	20	15	20	15	20	10

GRUPO/Fm	GRUPO TOQUEPALA ELEMENTOS MAYORES Y TRAZAS		
	TO36	TO26	MM13
Sample	Moquegua	Moquegua	Moquegua
Hoja	324454	318434	327468
Este	8086174	8085792	8102720
Norte			
Tipo de Roca	Riolita	Riolita	Dolerita
SiO[2]	70.28	65.08	54.92
TiO[2]	0.36	0.45	1.2
Al[2]O[2]	14.29	15.16	17.12
Fe[2]O[2]	2.43	3.52	8.64
FeO	0.38	0.14	3.82
MnO	0.08	0.09	0.21
MgO	0.43	1.32	2.92
CaO	2.13	2.73	6.21
Na[2]O	4.09	3.8	4.23
K[2]O	3.74	3.23	1.86
P[2]O5	0.12	0.13	0.49
H[2]O	0.34	1.39	1.25
Rb	132.5	115.5	36.4
Ba	1225	759	691
Sr	268	313	684
V	25	35	135
Ni	-1	-1	-1
Zr	150	157	147.5
Cu	25	-1	5
Ag	-1	-1	-1
CO[2]	0.2	-1	-1
LOI	1.09	2.91	1.19
Sn	1	-1	2
Ta	4	1.5	2.5
Th	10	11	2
U	3	3.5	0.5
W	96	25	52
Zn	45	45	70
La	22.5	21.5	24.5
Ce	42	39.5	52.5
Pr	4.3	4.2	7
Nd	16	15.5	31
Gd	2.6	2.8	7

Tb	0.4	0.3	0.9
Dy	2.1	2.4	5.1
Ho	0.4	0.5	1
Sm	3.1	3.1	6.4
Eu	0.7	0.8	1.6
Er	1.1	1.5	2.8
Lu	0.2	0.3	0.4
TM	0.1	0.1	0.4
Yb	1.5	1.8	2.8
Co	10	9	21
Cs	2.1	5.9	1.4
Ga	13	17	20
Hf	4	5	5
Nb	7	7	12
Pb	20	15	10

GRUPO/Fm.	SUPER UNIDAD YARABAMBA (TRAZAS)					
Muestra	Pu/II-01-05	Pu/II-03-05	Pu/II-04-05	Pu/II-05-05	Pu/II-06-05	Mo/II-05-05
Este	287229	284891	285153	285364	286540	313810
Norte	8129666	8133113	8133129	8133422	8132073	8095504
Cuadrángulo	Puquina	Puquina	Puquina	Puquina	Puquina	Moquegua
Al	85400	85400	80700	76100	81800	84500
Ba	723	675	519	573	521	519
Be	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Ca	44500	33800	31500	25500	38200	39000
Cr	70	170	150	350	240	230
Cu	27	59	59	54	88	64
Fe	59600	42300	45400	42000	49800	55500
K	21200	18400	21800	24800	23300	25200
Li	30	<10	20	10	10	10
Mg	20100	13900	13900	9900	12300	18000
Mn	1240	800	1080	830	930	1060
Ni	65	9	8	<5	16	23
P	1300	700	800	700	900	900
Sc	17	12	19	14	21	20
Sr	401	606	393	344	415	375
Ti	4600	3500	4500	3800	5100	5500
V	137	129	140	108	151	136
Zn	172	46	109	49	77	88
Zr	99.9	99.8	144	159	167	131
Ag	<1	<1	<1	<1	<1	<1
As	<30	<30	<30	<30	<30	<30
Bi	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Cd	<0.2	<0.2	0.5	0.3	0.4	<0.2
Ce	50.6	34.3	55.9	55.5	61.3	53
Co	18.8	15.2	16.2	14.5	19.5	17.5
Cs	2.3	3.4	2.3	3.5	6.8	11.4
Dy	4.2	2.37	4.65	4.44	5.41	4.63
Er	2.76	1.43	3.29	3.11	3.8	2.96

Eu	1.48	0.97	1.28	1.07	1.46	1.17
Ga	18	16	18	16	20	16
Gd	4.73	2.97	5.51	4.8	6.13	5.2
Ge	2	1	2	1	2	2
Hf	3	3	5	5	6	4
Ho	0.94	0.51	1.12	1.07	1.26	1.05
In	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
La	25.1	16.8	27.6	27.8	29.5	25.8
Lu	0.37	0.21	0.45	0.45	0.46	0.43
Mo	<2	3	4	6	6	<2
Nb	6	4	7	8	7	9
Nd	24.9	16.6	26.8	25.9	30.7	27
Pb	12	13	51	17	19	20
Pr	6.18	4.15	6.85	6.58	7.72	6.71
Rb	86.5	54.2	111	124	136	149
Sm	5.2	3.5	5.7	5.3	6.6	5.6
Sn	1	1	2	2	2	2
Ta	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	0.5	0.6
Tb	0.73	0.42	0.81	0.81	0.94	0.81
Th	4.5	4.6	13.1	15.1	13.3	15.7
Tl	0.6	<0.5	0.7	0.7	0.8	<0.5
Tm	0.38	0.2	0.43	0.42	0.52	0.39
U	1.02	1.21	3.4	3.51	3.52	3.95
W	<1	11	1	25	19	2
Y	23.9	13.3	27.6	26	31.8	26.1
Yb	2.6	1.4	3	2.9	3.3	2.6

GRUPO/Fm.	SUPER UNIDAD YARABAMBA (TRAZAS)					
Muestra	Mo/II-07-05	Mo/II-08-05	Mo/II-09-05	Mo/II-10-05	Mo/II-11-05	Mo/II-12-05
Este	312464	312296	310400	308817	320185	320151
Norte	8101389	8104740	8105534	8106208	8088860	8088717
Cuadrángulo	Moquegua	Moquegua	Moquegua	Moquegua	Moquegua	Moquegua
Al	82100	84800	83700	85100	80900	84700
Ba	529	512	365	489	557	550
Be	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Ca	34300	34400	50600	40300	30800	38900
Cr	160	220	210	330	150	270
Cu	105	41	58	81	36	82
Fe	50800	45000	56600	56300	41100	55100
K	27200	26900	19300	24100	30300	25600
Li	10	20	10	20	20	30
Mg	13200	15700	24600	19000	14600	17300
Mn	880	1120	940	900	780	940
Ni	19	36	35	45	22	43
P	1100	1000	700	900	700	900
Sc	18	17	23	18	15	19
Sr	363	412	379	366	305	365
Ti	5500	5200	5000	5000	4700	5200
V	119	119	174	134	105	138

Zn	75	49	72	74	73	85
Zr	231	127	118	163	235	143
Ag	<1	<1	<1	<1	<1	<1
As	<30	<30	<30	<30	<30	<30
Bi	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Cd	0.3	<0.2	<0.2	<0.2	0.4	0.2
Ce	70.3	63.7	46.2	59.3	67.3	60.3
Co	14.7	16.1	22.7	21.8	16.3	20.1
Cs	14.1	6.3	9.7	10.1	10.6	11.4
Dy	5.42	4.6	4.35	4.83	4.91	4.6
Er	3.65	2.91	2.9	3.36	3.3	3.06
Eu	1.38	1.22	1.03	1.24	1.12	1.28
Ga	19	18	16	18	18	18
Gd	6.42	5.51	4.78	5.63	5.59	5.57
Ge	2	2	2	2	2	2
Hf	7	4	4	5	7	5
Ho	1.23	1.01	1.02	1.12	1.17	1.12
In	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
La	33.2	30.1	22.1	28.3	32.5	29.3
Lu	0.49	0.35	0.41	0.43	0.42	0.4
Mo	2	4	3	6	<2	4
Nb	11	10	7	9	11	10
Nd	34.4	31	23.8	29.4	30.5	29.5
Pb	18	11	15	16	28	20
Pr	8.8	7.94	5.82	7.25	7.97	7.38
Rb	228	229	146	170	211	166
Sm	7	6.3	5.3	6.1	6.2	5.9
Sn	3	3	2	2	3	7
Ta	0.8	0.7	<0.5	0.6	0.8	0.7
Tb	0.97	0.82	0.76	0.85	0.89	0.86
Th	33.4	35.7	14.9	18.5	22.9	16.7
Tl	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.8	0.6
Tm	0.5	0.38	0.4	0.44	0.44	0.41
U	7.89	8.66	4.72	4.7	5.51	3.92
W	2	16	2	20	2	18
Y	31	25.3	24.7	27.6	29.2	26.7
Yb	3.2	2.5	2.7	2.9	3	2.7

GRUPO/Fm.	SUPER UNIDAD YARABAMBA (TRAZAS)		
	Mo/II-13-05	Mo/II-14-05	Mo/II-15-05
Muestra	Mo/II-13-05	Mo/II-14-05	Mo/II-15-05
Este	319666	319154	318948
Norte	8088089	8087814	8086896
Cuadrangulo	Moquegua	Moquegua	Moquegua
Al	81500	83500	85900
Ba	573	594	424
Be	<5	<5	<5
Ca	36300	36300	53500
Cr	130	420	260
Cu	112	80	170

Fe	56200	56700	67900
K	28900	24700	16300
Li	20	20	10
Mg	16800	14300	25400
Mn	890	940	1120
Ni	24	45	41
P	900	1000	1100
Sc	19	18	24
Sr	326	343	425
Ti	5500	5400	5900
V	136	121	208
Zn	69	72	64
Zr	212	154	163
Ag	<1	<1	<1
As	<30	<30	<30
Bi	<0.1	<0.1	0.7
Cd	0.4	<0.2	<0.2
Ce	63	58.2	50.7
Co	17.4	17.5	26.5
Cs	6.6	4.7	3.4
Dy	4.84	4.66	4.82
Er	3.11	3.18	3.13
Eu	1.1	1.32	1.31
Ga	16	17	18
Gd	5.58	5.49	5.4
Ge	2	2	2
Hf	6	4	5
Ho	1.16	1.13	1.1
In	<0.2	<0.2	<0.2
La	29.8	28.5	24.9
Lu	0.41	0.47	0.43
Mo	2	7	2
Nb	10	9	8
Nd	29.8	28.2	26.4
Pb	21	27	15
Pr	7.65	7.04	6.32
Rb	170	123	82.7
Sm	6.1	5.9	5.9
Sn	2	3	2
Ta	0.7	0.6	<0.5
Tb	0.86	0.86	0.8
Th	18.1	14.8	11.7
Tl	0.6	0.5	<0.5
Tm	0.44	0.45	0.43
U	4.76	3.9	3.57
W	1	29	2
Y	27.1	27.8	27.2
Yb	3	2.9	2.9

Anexo 2. Tabla de datos de fallas de 30 estaciones en el SFI.

No	Movimiento	Calid. Del Dato
1	Inverso	Muy Bueno
2	Normal	Bueno
3	Dextral	Regular
4	Siniestral	no se observa

Campo I

No	ESTACION	Coord. UTM		Estruct.	Orientac. Geometrica			Az. Pitch		Datos Procesados para Tectonic FP						Geocronologia	
		N	E		Azimet	Buz.	Estrias	Directo	Inv.	Dir. Bz.	Bz	Az	Estrias	Mov.	Calid. del Dato	direccion de estrias	
1	Los Calatos	8130800	287000														
1	13			Falla	N110E	70SO	50 ID	312	132	200	70	132	50	1	1		
2	96			Falla	N255E	75NO	40DI	88	268	345	75	268	40	3	1		
3	97			Falla	N40E	88SE	20SI	39	219	130	88	39	20	4	1		
4	98			Falla	N145E	80SO	80ND	281	101	235	80	281	80	2	1		
5	99			Falla	N20E	88NO	89ND	346	166	290	88	346	89	2	1		
6	100			Falla	N115E	40NE	80ND	38	218	25	40	38	80	2	1		
2	J. Chico	8129540	296126														
1	20			Falla	N95E	15SW	20 IS	254	74	185	15	254	20	1	1		
2	21			Falla	N80E	85SE	10 ID	261	81	170	85	81	10	3	1		
3	22			Falla	N255E	75NW	40 ID	88	268	345	75	268	40	3	1		
4	23			Falla	N110E	80NE	60ND	94	274	20	80	94	60	2	1		
3	Rio Otora	8117100	302700														
1	1			Falla	N40E	20SE	50 ID	270	90	130	20	90	50	1	1		
2	6	8116796	302896	Falla	N45E	60SE	50 ND	195	15	135	60	195	50	2	1		
3	20			Falla	N70E	40NW	55 ID	118	298	340	40	298	55	1	1		
4	31			Falla	N75E	60NW	55NS	292	112	345	60	292	55	2	1		
5	32			Falla	N135E	15SW	30 ID	344	164	225	15	164	30	1	1		
4	Torata I	8112198	305103														
1	14	8112277	305152	Falla	N280E	75SW	25 ND	273	93	190	75	273	25	3	1		
2	16			Falla	N320E	45NE	10 IS	313	133	50	45	133	10	4	1		
3	18			Falla	N280E	80SW	10 ND	278	98	190	80	278	10	3	1		
5	Torata II	8113386	302500														
1	1			Falla	N190E	65SE	20 ID	197	17	100	65	17	20	3	1		
2	4	8113417	302576	Falla	N10E	60SE	20 ID	200	20	100	60	20	20	3	1		
3	17	8113489	301913	Falla	N350E	65NE	60 ND	143	323	80	65	143	60	2	1		
4	25			Falla	N290E	60SW	50 ID	320	140	200	60	140	50	1	1		
5	32			Falla	N310E	30SW	30 ID	337	157	220	30	157	30	3	1		

No	ESTACION	Coord. UTM		Estruct.	Orientac. Geometrica			Az. Pitch		Datos Procesados para Tectonic FP						Geocronología	
		N	E		Azimut	Buz.	Estrias	Directo	Inv.	Dir. Bz.	Bz	Az	Estrias	Mov.	Calid. del Dato	dirección de estrías	
6	Torata III	8113150	301779														
1	5			Falla	N30E	60NW	30DN	13	194	300	60	13	30	3	1		
2	7			Falla	N320E	85NE	60 NS	327	147	50	85	327	60	2	1		
3	10			Falla	N90E	80S	10 SI	88	268	180	80	268	10	4	1		
4	15			Falla	N5E	65NW	20 ID	13	194	275	65	194	20	3	1		
7	Torata IV	8109200	307000														
1	13			Falla	N235E	35NW	25 ND	33	213	325	35	33	25	3	1		
2	19			Falla	N65E	85SW	85 NS	294	114	335	85	294	85	2	1		
3	26			Falla	N280E	65NE	35 NS	297	117	10	65	297	35	4	1		
4	27			Falla	N75E	50NW	80 NS	330	150	345	50	330	80	2	1		
5	28			Falla	N140E	60SW	30 IS	124	304	230	60	304	30	4	1		
6	40			Falla	N140E	70NE	60 NS	352	172	50	70	352	60	2	1		
8	Torata V	8109650	303400														
1	5			Falla	N260E	60SE	40 ND	237	57	170	60	237	40	3	1		
2	6			Falla	N70E	80NW	85 ND	6	186	340	80	6	85	2	1		
3	16	8109852	303513	Falla	N260E	80SE	40 NS	88	268	170	80	88	40	4	1		
4	21	8109841	303610	Falla	N115E	85SW	85 IS	70	250	205	85	250	85	1	1		
5	28			Falla	N55E	80SE	75 ID	267	87	145	80	87	75	1	1		
6	33			Falla	N115E	80SW	10 ND	292	112	205	80	292	10	3	1		
7	34			Falla	N90E	40S	55 IS	41	221	180	40	221	55	1	1		
8	35	8115340	306387	Falla	N80E	62SE	85 IS	1	181	170	60	181	85	1	1		
9	38			Falla	N310E	80NE	75 ND	184	274	40	80	274	75	3	1		
10	48			Falla	N230E	80NW	10 ND	47	227	320	80	47	10	3	1		
11	57			Falla	N290E	40NE	40 SN	324	144	20	40	324	40	4	1		
10	C. Mejia	8108100	302950														
1	1			Falla	N350E	85SW	60 NS	179	358	260	85	179	60	2	1		
2	7			Falla	N310E	70NE	60 ID	161	341	40	70	341	60	1	1		
3	9			Falla	N30E	70NW	45 ID	50	230	300	70	230	45	1	1		
4	10			Falla	N20E	65SE	40 IS	359	179	110	65	179	40	4	1		
5	11			Falla	N130E	70SW	65 IS	93	273	220	70	273	65	1	1		
6	12			Falla	N295E	70NE	40 IS	280	100	25	70	100	40	4	1		
7	13			Falla	N85E	85NW	20 ID	87	267	355	85	267	20	3	1		
8	14			Falla	N40E	75NW	5 ID	42	222	310	75	222	5	3	1		
9	16			Falla	N10E	85NW	55 NS	198	18	280	85	198	55	2	1		
10	17			Falla	N340E	80SW	15 ND	336	156	250	80	336	15	3	1		
11	18			Falla	N40E	70SE	40 ND	203	23	130	70	203	40	3	1		
12	19			Falla	N355E	75SW	75 NS	218	38	265	75	218	75	2	1		
No	ESTACION	Coord. UTM		Estruct.	Orientac. Geometrica			Az. Pitch		Datos Procesados para Tectonic FP						Geocronología	

		N	E		Azimut	Buz.	Estrias	Directo	Inv.	Dir. Bz.	Bz	Az	Estrias	Mov.	Calid. del Dato	dirección de estrías	
13	20			Falla	N340E	80NE	60 IS	324	144	70	80	144	60	1	1		
14	21			Falla	N335E	40SW	80 NS	232	52	245	40	232	80	2	1		
15	22			Falla	N355E	80SW	60 NS	200	20	265	80	200	60	2	1		
16	23			Falla	N330E	60SW	75 NS	212	32	240	60	212	75	2	1		
17	24			Falla	N20E	60 NW	60 NS	241	61	290	60	241	60	2	1		
18	28			Falla	N315E	40SW	40 IS	102	282	225	40	282	40	4	1		
19	29			Falla	N350E	50SW	65 IS	116	296	260	50	296	65	1	1		
20	30			Falla	N345E	85NE	70 ID	178	358	75	85	358	70	1	1		
21	31			Falla	N300E	40NE	55 IS	252	72	30	40	72	55	1	1		
11	Silica	8102900	292700														
1	12			Falla	N340E	45SW	50 IS	120	300	250	45	300	50	1	1		
2	13			Falla	N15E	60NW	60 IS	153	333	285	60	333	60	1	1		
12	Estuquiña I	8103150	296050														
1	6	8103308	296377	Falla	N300E	70NE	10 ID	123	303	30	70	303	10	3	1		
2	7			Falla	N315E	50NE	35 ID	160	340	45	50	340	35	3	1		
3	24	8103260	296362	Falla	N45E	50SE	70 ID	285	105	135	50	105	70	1	1		
4	27	8103248	296328	Falla	N330E	75NE	70 ND	115	295	60	75	115	70	2	1		
5	30	8103250	296317	Falla	N50E	40NW	10 ID	58	238	320	40	238	10	3	1		
6	31			Falla	N75E	45NW	55 IS	209	29	345	45	29	55	4	1		
7	37			Falla	N255E	60NW	40 IS	232	52	345	60	52	40	4	1		
8	52	8103113	296197	Falla	N30E	75NW	15 NS	213	33	300	75	213	15	4	1		
9	56	8103035	296173	Falla	N5E	80NW	20 ND	1	181	275	80	1	20	3	1		
10	60			Falla	N340E	70SW	15 ND	334	154	250	70	334	15	3	1		
11	61	8102927	296135	Falla	N10E	85SE	65 ND	181	1	100	85	181	65	2	1		
12	63			Falla	N160E	45SW	80 ID	54	234	250	45	234	80	3	1		
13	Estuquiña II	8103450	296725														
1	1			Falla	N170E	50NE	75 IS	282	102	80	50	102	75	1	1		
2	3			Falla	N85E	60NW	85 NS	344	164	355	60	344	85	2	1		
3	4			Falla	N295E	40NE	50 NS	337	157	25	40	337	5	2	1		
4	16			Falla	N120E	50NE	5 IS	297	117	30	50	117	5	4	1		
5	19	8103509	296744	Falla	N255E	85SE	10 ND	254	74	165	85	254	10	3	1		
6	22			Falla	N120E	80NE	40 ND	113	293	30	80	113	40	3	1		
7	23			Falla	N125E	65NE	40 ID	145	325	35	65	325	40	3	1		
8	25			Falla	N105E	60NE	50 IS	254	74	15	60	74	50	1	1		
9	26			Falla	N100E	80NE	50 ID	112	292	10	80	292	50	1	1		
10	27			Falla	N115E	70NE	70 IS	251	71	25	70	71	70	1	1		
11	31			Falla	N320E	35NE	70 IS	253	73	50	35	73	70	1	1		
No	ESTACION	Coord. UTM		Estruct.	Orientac. Geométrica			Az. Pitch		Datos Procesados para Tectonic FP						Geocronología	
		N	E		Azimut	Buz.	Estrias	Directo	Inv.	Dir. Bz.	Bz	Az	Estrias	Mov.	Calid. del Dato	dirección de estrías	

12	36			Falla	N100E	75SW	55 ND	261	81	190	75	261	55	3	1		
13	37			Falla	N110E	85SW	20 ND	288	108	200	85	288	20	3	1		
14	46			Falla	N80E	35NW	40 NS	294	114	350	35	294	40	4	1		
15	47			Falla	N130E	65NE	60 ID	347	167	40	65	347	60	1	1		
14	Pocata I	8105920	306850														
1	1			Falla	N335E	75NE	75 NS	19	199	65	75	19	75	2	1		
2	2			Falla	N320E	80NE	40 ID	148	328	50	80	328	40	3	1		
3	3			Falla	N330E	65NE	55 ID	182	2	60	65	2	55	1	1		
4	4			Falla	N270E	80S	60 IS	73	253	180	80	253	60	1	1		
5	5			Falla	N105E	80SW	55 NS	120	300	195	80	120	55	2	1		
6	6			Falla	N50E	25SE	30 ID	258	78	140	25	78	30	3	1		
7	7			Falla	N150E	75 SW	60 ND	306	126	240	75	306	60	2	1		
8	8			Falla	N355E	75NE	5 ID	176	356	80	75	356	5	3	1		
9	9			Falla	N90E	70SW	10 ND	266	86	180	70	266	10	3	1		
10	30			Falla	N200E	65SE	25 ID	211	31	110	65	31	25	3	1		
11	31			Falla	N350E	60NE	80 ID	241	61	80	60	61	80	1	1		
12	32			Falla	N190E	50SE	50 ID	227	47	100	55	47	50	1	1		
13	33			Falla	N290E	70SW	80 ID	352	172	200	70	172	80	1	1		
14	34			Falla	N115E	35NE	35 ND	89	269	25	35	89	35	3	1		
15	Pocata II	8105775	306320														
1	2			Falla	N345E	55NE	80 NS	57	237	75	55	57	80	2	1		
2	10			Falla	N245E	70SE	65 NS	104	284	155	70	104	65	2	1		
3	11			Falla	N105E	70NE	80 ID	172	352	15	70	352	80	1	1		
4	12			Falla	N355E	35NE	70 ID	241	61	85	35	61	70	1	1		
5	13			Falla	N200E	40SE	50 ID	243	63	110	40	63	50	1	1		
6	20			Falla	N245E	85SE	40 NS	74	254	155	85	74	40	4	1		
7	23			Falla	N240E	75SE	65 IS	32	212	150	75	212	65	1	1		
8	24			Falla	N325E	55NE	20 NS	337	157	55	55	337	20	4	1		
9	26			Falla	N255E	50SE	30 NS	96	276	165	50	96	30	4	1		
10	28			Falla	N190E	40SE	40 NS	43	223	100	40	43	40	4	1		
11	32			Falla	N120E	55SW	10 ND	295	115	210	55	295	10	3	1		
12	33			Falla	N140E	30NE	40 NS	357	177	50	30	357	40	4	1		
13	34	8101665	300982	Falla	N205E	75NW	20 IS	200	20	295	75	20	20	4	1		
14	35			Falla	N185E	75NW	5 NS-ID	186	6	275	75	186	5	4	1		
15	37			Falla	N125E	85NE	80 ID	150	330	35	85	330	80	1	1		
16	39			Falla	N115E	80SW	15 NS	118	298	205	80	118	15	4	1		
17	40			Falla	N175E	70SW	30 ID	5	185	265	70	185	30	3	1		
No	ESTACION	Coord. UTM		Estruct.	Orientac. Geometrica			Az. Pitch		Datos Procesados para Tectonic FP						Geocronología	
		N	E		Azimet	Buz.	Estrias	Directo	Inv.	Dir. Bz.	Bz	Az	Estrias	Mov.	Calid. del Dato	dirección de estrias	

18	46	8106067	305003	Falla	N10E	65SE	85 ID	268	88	100	65	88	85	1	1		
16	Lloquene	8094325	312700														
1	1			Falla	N285E	35SW	10 NS	113	293	195	35	113	10	4	1		
2	2			Falla	N290E	60NE	40 NS	313	133	20	60	313	40	4	1		
3	8			Falla	N310E	40SW	25 NS	150	330	220	40	150	25	4	1		
4	18			Falla	N300E	60SW	80 IS	48	228	210	60	228	80	1	1		
5	31			Falla	N285E	65NE	75 ND	47	227	15	65	47	75	2	1		
6	32			Falla	N290E	85SW	40 ID-NS	293	113	200	85	113	40	3	1		
7	35			Falla	N20E	75NW	75 IS	157	337	290	75	337	75	1	1		
8	37			Falla	N340E	20SW	55 IS	111	291	250	20	291	55	1	1		
9	38			Falla	N30E	50NW	40 IS	177	357	300	50	357	40	1	1		
10	39			Falla	N20E	40SE	50 IS	338	158	110	40	158	50	1	1		
11	40			Falla	N350E	50NE	50 IS	312	132	80	50	132	50	1	1		1
12	41			Falla	N350E	50NE	15 ID	178	358	80	50	358	15	3	1		2
17	Cimarrona	8089300	320450														
1	3			Falla	N340E	50SW	15 ND	331	151	250	50	331	15	3	1		
2	5			Falla	N70E	80SE	75 IS	39	219	160	80	39	75	2	1		1
3	6			Falla	N70E	80SE	85 NS	133	313	160	80	133	85	2	2		2
4	12			Falla	N145E	85SW	25 IS	143	323	235	85	143	25	4	1		1
5	13			Falla	N145E	85SW	25 ND	322	142	235	85	322	25	3	1		2
6	19			Falla	N170E	60SW	30 IS	153	333	260	60	333	30	4	1		1
7	20			Falla	N170E	60SW	20 IS	160	340	260	60	340	20	4	1		2
8	21			Falla	N170E	60SW	85 IS	89	269	260	60	269	85	1	1		3
9	23			Falla	N310E	55SW	40 IS	103	283	220	55	283	40	4	1		
10	27	8089271	320439	Falla	N335E	70NE	50 ID	183	3	65	70	3	50	1	1		
11	29			Falla	N285E	S75W	40 SI	93	273	195	75	273	40	4	1		
12	32			Falla	N15E	80NW	70 NS	220	40	285	80	220	70	2	1		
13	33			Falla	N260E	80NW	75 ID	114	294	350	80	294	75	1	1		

Campo II

No	ESTACION	Coord. UTM		Estruct.	Orient. Geometrica			Az. Pitch		Datos Procesados para Tectonic FP							
		N	E		Rumbo	Buz.	Pitch	Directo	Inv.	Dir. Bz.	Bz	Az	Estrias	Mov.	Calid. del Dato		
18	Q. Ichupampa	8115861	315212														
1	1			Falla	N345°E	50°NE	35°DN	141	321	75	50	141	35	3	1		
2	2			Falla	N300°E	80°NE	65°ND	100	280	30	80	100	65	2	1		

No	ESTACION	Coord. UTM		Estruct.	Orientac. Geometrica			Az. Pitch		Datos Procesados para Tectonic FP						Geocronología	
		N	E		Azimut	Buz.	Estrias	Directo	Inv.	Dir. Bz.	Bz	Az	Estrias	Mov.	Calid. del Dato	dirección de estrias	
3	3			Falla	N15°E	60°NW	30°DI	31	211	285	60	211	30	3	1	1	
4	4			Falla	N15°E	60°NW	45°ND	349	169	285	60	349	45	3	1	2	
19	Q. Charaque	8111726	325814														
1	7			Falla	N75°E	80°NW	80°ID	113	293	345	80	293	80	1	1		
2	14			Falla	N345°E	80°SW	43°DI	355	175	255	80	175	43	3	1		
3	21	8108830	321906	Falla	N80°E	60°SE	25°DN	245	65	170	60	245	25	3	1		
4	22			Falla	N80°E	80°SE	27°SI	66	246	170	80	246	27	4			
5	27			Falla	N75°E	65°NW	85°ID	151	331	345	65	331	85	1	1		
6	28			Falla	N80°E	85°SE	25°SI	78	268	170	85	268	25	4	1		
7	38			Falla	N40°E	45°NW	45°ND	4	184	310	45	4	45	2	1		
8	49	8108794	321845	Falla	N140°E	80°NE	30°DN	135	315	50	80	135	30	3	1		
9	51			Falla	N265°E	80°NW	85°SN	325	145	355	80	325	85	4	1		
10	55	8108776	321898	Falla	N235°E	85°SE	25°SI	54	234	145	85	234	25	4	1		
20	Q. Asana	8108462	326051														
1	10			Falla	N120°E	47°NE	28° ID	140	320	30	47	320	28	1	1		
2	11			Falla	N240°E	50°SE	50°SI	24	204	150	50	204	50	1	1		
3	13			Falla	N215°E	40°SE	25°IS	16	196	125	40	196	25	4	1		
4	17			Falla	N190°E	20°SE	15°IS	155	175	110	20	175	15	4	1		
5	19			Falla	N195°E	88°NW	85°DN	356	176	285	88	356	85	2	1		
6	24			Falla	N100°E	65°SW	40°DN	260	80	190	65	260	40	3	1		
7	28			Falla	N178°E	80°SW	80°ND	317	137	268	80	317	80	2	1		
8	32			Falla	N80°E	80°SE	60°ND	242	62	170	80	242	60	2	1		
9	33			Falla	N120°E	87°NE	82°ND	99	279	30	87	99	82	2	1		
10	34			Falla	N115°E	88°NE	80°NS	306	126	25	88	126	80	2	1		
11	35			Falla	N165°E	55°SW	75°ND	281	101	255	55	281	75	2	1		
12	43			Falla	N45°E	88°SE	50°NS	48	128	135	88	48	50	2	1		
13	44			Falla	N140°E	72°NE	40°SI	305	125	50	72	125	40	4	1		
14	48			Falla	N130°E	88°NE	47°ID	308	128	80	88	128	47	1	1		
15	49			Falla	N170°E	45°SW	80°ND	274	94	260	45	274	80	2	1		
16	51			Falla	N150°E	55°SW	15°SI	143	323	240	55	323	15	4	1		
17	53			Falla	N240°E	40°NW	50°NS	284	104	330	40	104	50	2	1		
18	58			Falla	N230°E	60°NW	60°NS	272	92	320	60	272	60	2	1		
19	59			Falla	N290°E	65°SW	40°IS	90	270	200	65	270	40	4	1		
20	60			Falla	N195°E	75°NW	65°ID	44	224	285	75	224	65	1	1		
21	61			Falla	N235°E	25°NW	80°NS	314	134	325	25	134	80	2	1		
22	62			Falla	N125°E	60°NE	70°ND	71	251	35	60	71	70	2	1		
23	68			Falla	N135°E	80°NE	35°SN	331	151	45	80	151	35	4	1		

No	ESTACION	Coord. UTM		Estruct.	Orientac. Geometrica			Az. Pitch		Datos Procesados para Tectonic FP						Geocronología	
		N	E		Azimut	Buz.	Estrias	Directo	Inv.	Dir. Bz.	Bz	Az	Estrias	Mov.	Calid. del Dato	dirección de estrías	
24	69			Falla	N130°E	65°NE	75°IS	252	72	40	65	72	75	1	1		
25	70			Falla	N230°E	75°NW	45°NS	245	65	320	75	245	45	2	1		
26	73			Falla	N280°E	80°NE	35°SN	288	108	10	80	288	35	4	1		
27	74			Falla	N300°E	80°NE	40°SN	309	129	30	80	309	40	4	1		
28	79			Falla	N140°E	60°NE	35°ND	120	300	50	60	120	35	2	1		
21	Q. Cocotea	8110000	314091														
1	23			Falla	N230°E	88°NW	75°NS	238	58	320	88	238	75	2	1		
2	26			Falla	N300°E	20°SW	30°SI	91	271	210	20	271	30	1	1		
3	32			Falla	N25°E	85°NW	30°DN	22	202	295	85	22	30	3	1		
4	36			Falla	N160°E	85°NE	25°DI	162	342	70	85	342	25	3	1		
5	40			Falla	N182°E	88°NW	10°DN	1	181	272	88	1	10	2	1		
6	42			Falla	N170°E	80°SW	10°DI	352	172	260	80	172	10	3	1		
7	43			Falla	N240°E	80°SE	15°DI	243	63	150	80	63	15	3	1		
8	49			Falla	N130°E	87°NE	30°SI	309	129	40	87	129	30	4	1		
9	50			Falla	N50°E	72°SE	15°DI	234	54	140	72	54	15	3	1		
10	53			Falla	N252°E	80°SE	10°SN	74	254	162	80	74	10	4	1		
11	56			Falla	N285°E	42°NE	15°SN	296	116	15	42	296	15	4	1		
12	58			Falla	N142°E	60°SW	15°SI	135	315	232	60	315	15	4	1		
13	61			Falla	N137°E	10°NE	10°SN	327	147	47	10	47	10	4	1		
14	67			Falla	N280°E	65°SW	35°DN	264	84	190	65	264	35	3	1		
15	68			Falla	N120°E	70°SW	30°DI	312	132	210	70	312	30	3	1		
22	Q. Chuntac.	8119411	325028														
1				Falla	N120°E	80°NE	30°DI	127	307	30	80	307	30	3	1		
2				Falla	N178°E	25°SW	65°ID	62	242	268	25	242	65	1	1		
3				Falla	N220°E	87°NW	30°DN	39	219	310	87	39	30	3	1		
4				Falla	N88°E	60°NW	30°SN	284	104	358	60	284	30	4	1		
5				Falla	N175°E	65°NE	20°DN	166	346	85	65	166	20	3	1		
6				Falla	N220°E	70°NW	20°DN	34	214	310	70	34	20	4	1		
7				Falla	N225°E	70°NW	30°DI	57	237	315	70	237	30	3	1		
8				Falla	N85°E	70°NW	20°DI	92	272	355	70	272	20	3	1		
9				Falla	N260°E	70°NW	15°DN	86	266	350	70	266	15	3	1		
10				Falla	N120°E	60°NE	35°DN	100	280	30	60	100	35	3	1		
23	Capilluni	8103250	326661														
1				Falla	N85°E	68°SE	60°IS	52	232	175	68	232	60	1	1		
2				Falla	N340°E	82°SO	75°NS	187	7	250	82	187	75	2	1	1	
3				Falla	N340°E	82°SO	10°SN	162	342	250	82	342	10	4	1	2	
4				Falla	N20°E	85°NO	70°ND	7	187	290	85	7	70	2	1		
5				Falla	N2°E	88°NO	40°SI	182	2	272	88	2	40	4	1		

No	ESTACION	Coord. UTM		Estruct.	Orientac. Geometrica			Az. Pitch		Datos Procesados para Tectonic FP						Geocronología	
		N	E		Azimet	Buz.	Estrias	Directo	Inv.	Dir. Bz.	Bz	Az	Estrias	Mov.	Calid. del Dato	dirección de estrías	
24	Viña Blanca	8113296	322534														
1				Falla	N352°E	75°NE	10°DN	169	349	82	75	169	10	3	1		
2				Falla	N298°E	85°NE	85°ID	118	298	28	85	298	85	1	1		
3				Falla	N10°E	70°SE	75°NS	62	242	100	70	62	75	2	1		
4				Falla	N315°E	75°NE	10°DN	133	313	45	75	133	10	3	1		
5				Falla	N330°E	70°NE	10°DN	147	327	60	70	147	10	3	1		
6				Falla	N310°E	70°SO	55°ID	332	152	220	70	152	55	1	1		
7				Falla	N305°E	80°NE	30°SN	311	131	35	80	311	30	4	1		
8				Falla	N335°E	65°NE	20°DI	163	343	65	65	343	20	3	1		
25	F. Botiflaca	8111959	317836														
1				Falla	N250°E	80°SE	55°ND	237	57	160	80	237	55	2	1		
2				Falla	N105°E	75°NE	55°NS	307	127	15	75	307	55	2	1		
3				Falla	N75°E	85°SE	55°ND	247	67	165	85	247	55	2	1	1	
4				Falla	N75°E	85°SE	10°DN	253	73	165	85	253	10	3	1	2	
5				Falla	N75°E	85°SE	75°NS	93	273	165	85	93	75	2	1	3	
6				Falla	N98°E	70°SW	30°SN	109	289	188	70	109	30	4	1		
7				Falla	N80°E	70°SE	75°ID	312	132	170	70	170	75	1	1		
26	Toquepala	8092900	328812														
1				Falla	N110°E	42°NE	80°ND	33	213	20	42	33	80	2	1		
2				Falla	N318°E	40°SW	75°ID	29	209	228	40	209	75	1	1		
3				Falla	N70°E	50°NW	50°NS	287	107	340	50	287	50	2	1		
4				Falla	N168°E	30°SW	75°ND	275	185	258	30	275	75	2	1		
5				Falla	N202°E	42°SE	30°SN	45	225	112	42	45	30	4	1		
6				Falla	N298°E	72°NE	50°ID	137	317	28	72	317	50	1	1		
7				Falla	N292°E	70°SW	50°ID	314	134	202	70	134	50	1	1		
27	F. Micalaco	8095251	322430														
1				Falla	N225°E	35°SE	30°SN	71	251	135	35	71	30	4	1		
2				Falla	N292°E	70°SW	50°ID	315	135	202	70	135	50	1	1		
3				Falla	N298°E	72°NE	50°ID	139	319	28	72	319	50	1	1		
4				Falla	N202°E	42°SE	30°SN	46	226	112	42	46	30	4	1		
5				Falla	N275°E	80°SW	10°SN	97	277	185	80	97	10	4	1		
6				Falla	N305°E	80°SW	10°SN	127	307	215	80	127	10	4	1		
7				Falla	N322°E	75°SW	65°ND	293	113	232	75	293	65	2	1		
8				Falla	N355°E	76°NE	60°ND	153	333	85	76	153	60	2	1		
9				Falla	N358°E	45°NE	80°ID	266	86	88	45	86	80	1	1		
10				Falla	N322°E	75°SW	60°ND	298	118	232	75	298	60	2	1		
11				Falla	N355°E	76°NE	50°ND	140	320	85	76	140	50	2	1		
12				Falla	N190°E	35°SE	47°NS	52	132	100	35	52	47	2	1		

No	ESTACION	Coord. UTM		Estruct.	Orientac. Geometrica			Az. Pitch		Datos Procesados para Tectonic FP						Geocronología	
		N	E		Azimet	Buz.	Estrias	Directo	Inv.	Dir. Bz.	Bz	Az	Estrias	Mov.	Calid. del Dato	dirección de estrías	
13				Falla	N347°E	78°NE	35°DN	158	338	77	78	158	35	3	1		
14				Falla	N320°E	80°NE	35°DN	133	313	50	80	133	35	3	1		
28	F. Incapuquio	8089097	320667														
1				Falla	N110°E	62°NE	70°IS	237	57	20	62	57	70	1	1	1	
2				Falla	N110°E	62°NE	60°ID	329	149	20	62	329	60	1	1	2	
3				Falla	N75°E	85°NW	15°SN	256	76	345	85	256	15	4	1		
4				Falla	N155°E	50°SW	60°NS	203	23	245	50	203	60	2	1		
5				Falla	N150°E	42°NE	35°SI	302	122	60	42	122	35	4	1		
6				Falla	N20°E	52°NW	70°IS	141	321	290	52	321	70	1	1		
7				Falla	N342°E	65°NE	75°IS	284	104	72	65	104	75	1	1		
8				Falla	N85°E	45°SE	40°DN	233	53	175	45	233	40	3	1	1	
9				Falla	N85°E	45°SE	80°NS	161	341	175	45	161	80	2	1	2	
10				Falla	N295°E	65°SW	85°ND	37	117	205	65	37	85	2	1		
11				Falla	N68°E	85°SE	70°NS	82	262	158	85	82	70	2	1		
12				Falla	N20°E	60°SE	50°ID	230	50	110	60	50	50	1	1		
13				Falla	N87°E	50°NW	10°DI	94	274	357	50	274	10	3	1	1	
14				Falla	N87°E	50°NW	40°DN	295	115	357	50	295	40	3	1	2	
15				Falla	N38°E	80°NW	60°NS	233	53	308	80	233	60	2	1		
29	Ilabaya	8071776	339116														
1				Falla	N130°E	43°NE	30°DI	333	153	40	43	333	30	3	1		
2				Falla	N300°E	55°SW	40°DN	275	75	210	55	275	40	3	1		
3				Falla	N45°E	40°SE	70°ND	161	341	135	40	341	70	2	1		
4				Falla	N240°E	50°SE	43°SN	92	172	150	50	92	43	4	1		
5				Falla	N260°E	60°SE	55°NS	116	296	170	60	116	55	2	1		
6				Falla	N280°E	50°SW	80°NS	176	356	190	50	176	80	2	1		
7				Falla	N340°E	60°SW	60°NS	202	22	250	60	202	60	2	1		
8				Falla	N355°E	80°SW	55°IS	162	342	265	80	342	55	1	1		
9				Falla	N335°E	78°SW	55°ND	318	156	245	78	318	55	2	1	1	
10				Falla	N335°E	78°SW	10°SN	158	338	245	78	158	10	4	1	2	
11				Falla	N85°E	50°SE	10°SN	92	272	175	50	92	10	4	1		
12				Falla	N255°E	40°NW	75°NS	327	147	345	40	327	75	2	1		
13				Falla	N338°E	80°SW	65°ND	319	139	248	80	319	65	2	1		
14				Falla	N7°E	77°SE	60°ND	165	345	97	77	165	60	2	1		
15				Falla	N50°E	58°SE	70°NS	107	287	140	58	107	70	2	1		
16				Falla	N260°E	42°NW	70°NS	325	145	350	42	325	70	2	1		
17				Falla	N70°E	45°SE	70°ID	312	132	160	45	132	70	1	1		
18				Falla	N310°E	60°SW	40°DI	332	152	220	60	152	40	3	1		
19				Falla	N352°E	50°NE	50°ND	134	314	82	50	134	50	2	1		

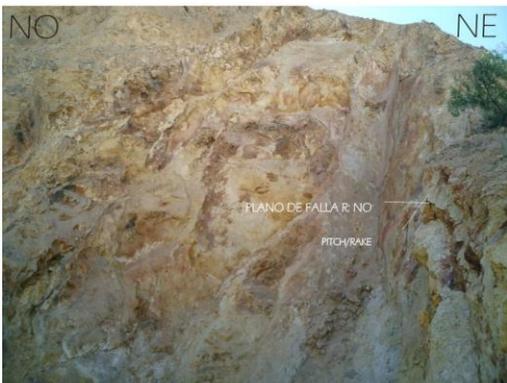
No	ESTACION	Coord. UTM		Estruct.	Orientac. Geometrica			Az. Pitch		Datos Procesados para Tectonic FP						Geocronología	
		N	E		Azimet	Buz.	Estrias	Directo	Inv.	Dir. Bz.	Bz	Az	Estrias	Mov.	Calid. del Dato	dirección de estrias	
20				Falla	N40°E	42°SE	35°DN	192	12	130	42	192	35	3	1		
21				Falla	N20°E	50°SE	80°ND	125	305	110	50	125	80	2	1		
22				Falla	N240°E	78°SE	25°SI	54	234	150	78	234	25	1	1		
23				Falla	N15°E	62°SE	80°IS	305	125	105	62	125	80	1	1		
24				Falla	N310°E	72°SW	70°ID	350	170	220	72	170	70	1	1		
25				Falla	N340°E	70°SW	70°ID	24	204	250	70	204	70	1	1		
26				Falla	N215°E	70°NW	46°IS	185	5	305	70	5	46	1	1		
27				Falla	N338°E	70°SW	30°DN	327	137	248	70	327	30	3	1		
28				Falla	N50°E	78°SE	58°NS	69	249	140	78	69	58	2	1		
29				Falla	N318°E	63°NE	18°DI	147	327	48	63	327	18	3	1		
30				Falla	N32°E	63°NW	47°IS	185	5	302	63	5	47	1	1		
31				Falla	N310°E	83°SW	80°NS	161	341	220	83	161	80	2	1		
32				Falla	N7°E	85°SE	70°NS	20	200	97	85	20	70	2	1		
33				Falla	N172°E	62°SW	80°ND	282	102	262	62	282	80	2	1		
34				Falla	N97°E	78°SW	75°ID	315	135	187	78	135	75	1	1		
35				Falla	N100°E	82°NE	65°ID	116	296	10	82	296	65	1	1		
36				Falla	N273°E	40°SW	80°ND	196	16	183	40	196	80	2	1		
37				Falla	N320°E	80°NE	65°NS	335	155	50	80	335	65	2	1		
38				Falla	N15°E	55°NW	65°ID	67	247	285	55	247	65	1	1		
39				Falla	N350°E	40°NE	85°NS	73	253	80	40	73	85	2	1		
40				Falla	N310°E	70°SW	27°SI	120	300	220	70	300	27	4	1		
41				Falla	N290°E	38°NE	10°DN	91	271	20	38	91	10	3	1		
42				Falla	N315°E	52°NE	40°DN	107	287	45	52	107	40	3	1		
43				Falla	N318°E	62°SW	27°DN	305	125	228	62	305	27	3	1		
44				Falla	N350°E	70°NE	80°NS	53	233	80	70	53	80	2	1		
45				Falla	N320°E	70°NE	80°ND	77	257	50	70	77	80	2	1		
30	Rio Ilabaya	8075545	340805														
1				Falla	N72°E	60°SE	80°ND	182	2	162	60	182	80	2	1		
2				Falla	N340°E	78°NE	70°NS	9	189	70	78	9	70	2	1		
3				Falla	N87°E	78°SE	30°DN	257	77	177	78	257	30	3	1	1	
4				Falla	N87°E	78°SE	55°NS	112	292	177	78	112	55	2	1	2	
5				Falla	N198°E	80°NO	30°SI	193	13	288	80	13	30	4	1		
6				Falla	N55°E	80°SE	10°SN	57	237	145	80	57	10	4	1		
7				Falla	N20°E	70°SE	46°IS	1	181	110	70	181	46	1	1		
8				Falla	N242°E	42°SE	35°SN	91	271	152	42	91	35	4	1		
9				Falla	N82°E	70°SE	50°ID	283	103	172	70	103	50	1	1		
10				Falla	N240°E	60°SE	60°NS	102	282	150	60	102	60	2	1		
11				Falla	N40°E	55°SE	80°ND	147	327	130	55	147	80	2	1		

No	ESTACION	Coord. UTM		Estruct.	Orientac. Geometrica			Az. Pitch		Datos Procesados para Tectonic FP						Geocronología	
		N	E		Azimet	Buz.	Estrias	Directo	Inv.	Dir. Bz.	Bz	Az	Estrias	Mov.	Calid. del Dato	dirección de estrias	
12				Falla	N60°E	85°SE	55°NS	68	248	150	85	68	55	2	1		
13				Falla	N320°E	48°NE	75°NS	27	207	50	48	27	75	2	1		
14				Falla	N65°E	50°NO	35°DI	89	269	335	50	269	35	3	1		

Fotos 1. Sector Los Calatos



Fotos 2. Sector Cuajone Quellaveco



Fotos 2. Sector Toquepala

