

POLARIS

Requerimiento de los programas de estudios para el aporte a la exploración y desarrollo geotérmico.

Guillermo Chávez



17 DE OCTUBRE 2016

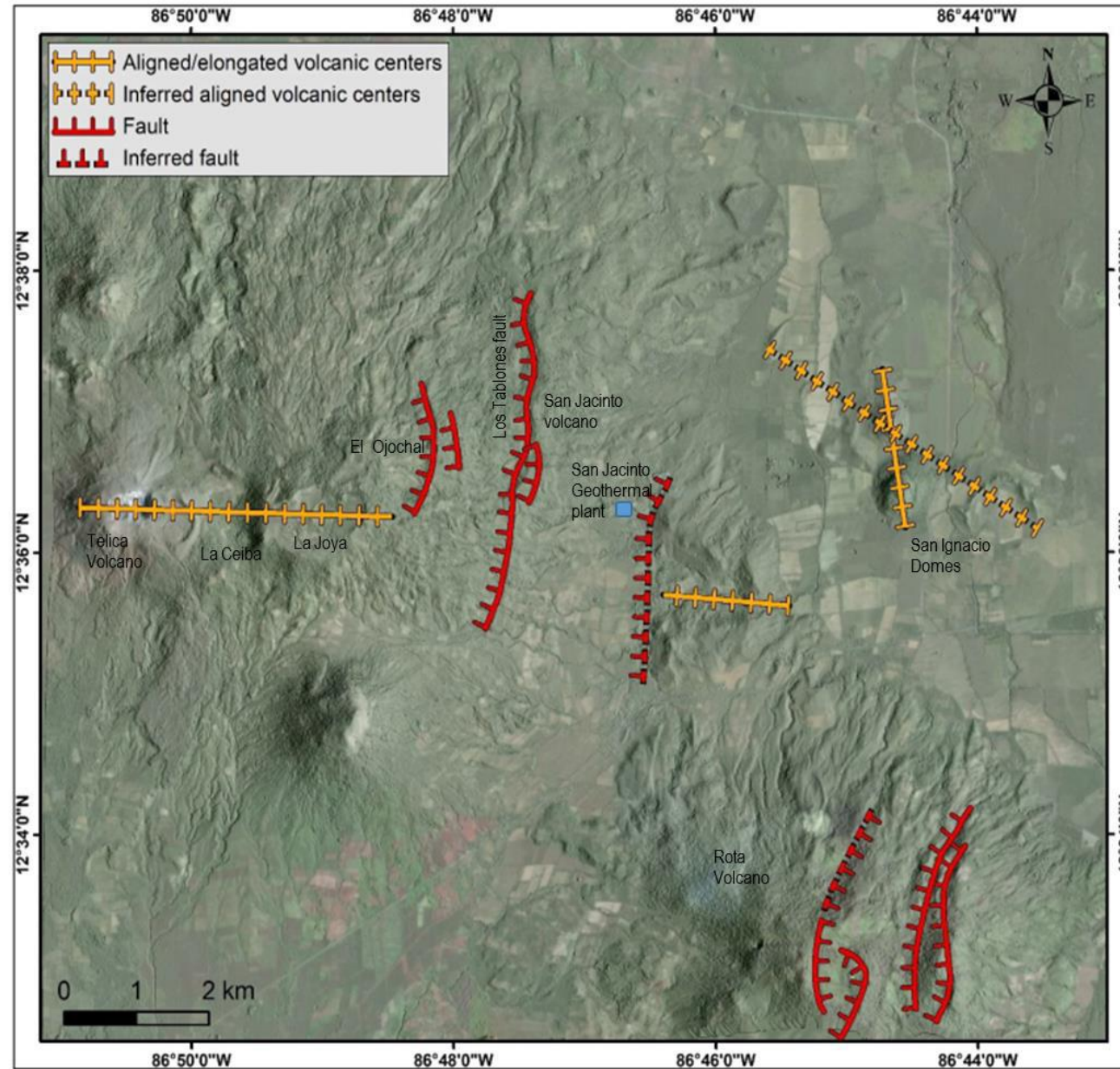
Exploración superficial

Cuando se inicia una prospección orientada a la búsqueda del recurso geotérmico nos preguntamos:

- Se encontrará **evidencia de actividad geotérmica** en la zona?
- Existen **rocas volcánicas jóvenes** en la zona que pudieran indicar la existencia de una **f fuente de calor** subyacente?
- Las litologías tendrán características de **porosidad y permeabilidad** adecuada para que exista una buena circulación de fluidos?
- Existen **fallas activas o abiertas** en las rocas que puedan constituir un sistema de permeabilidad secundario?

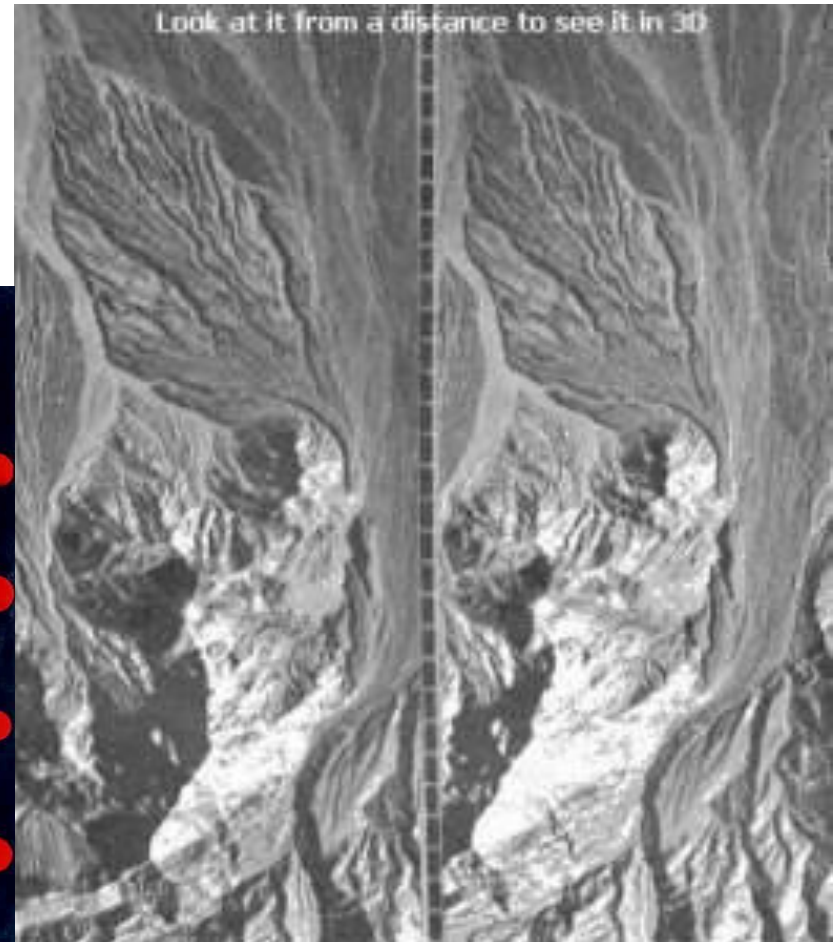
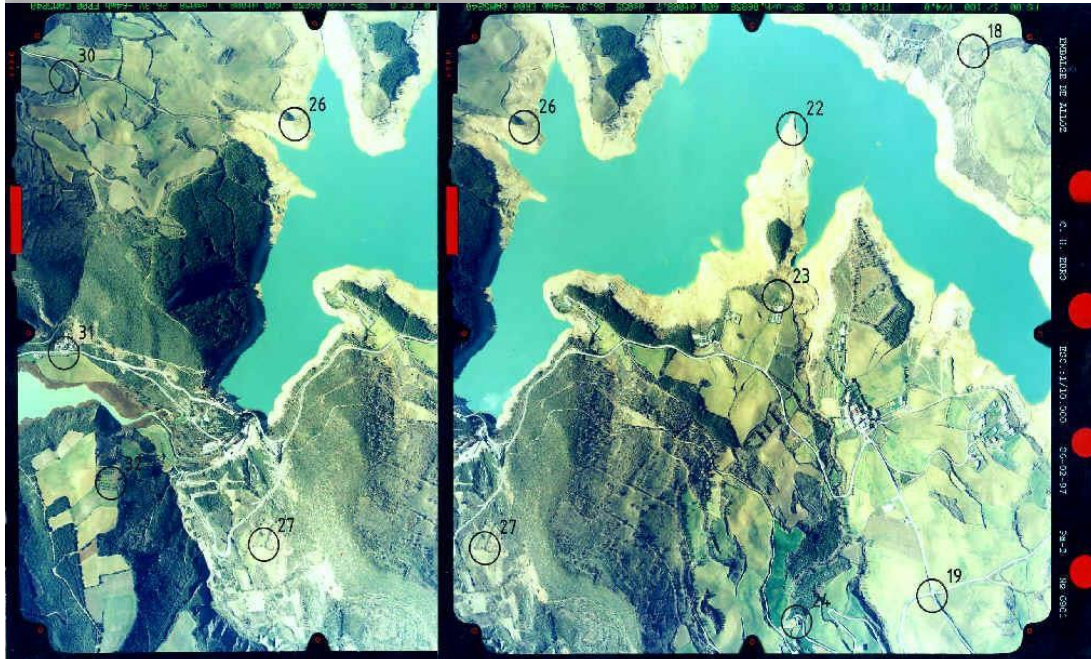
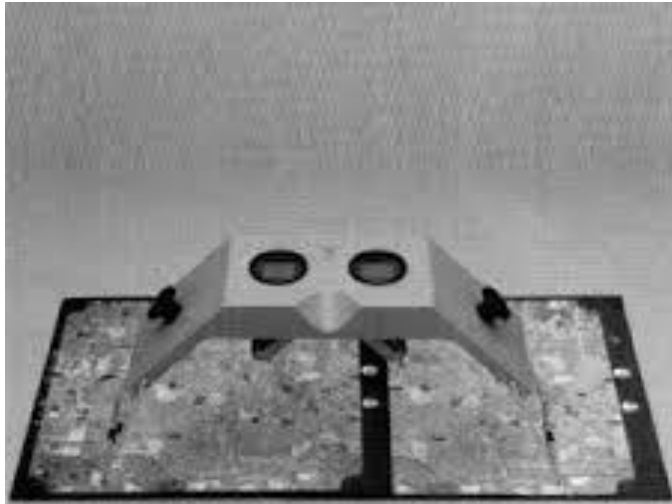
LA RESPUESTA A ESTAS INTERROGANTES LAS
PODREMOS ENCONTRAR A LA LUZ DE LOS
RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GEOLOGIA DE
CAMPO

Se identificarán en fotos aéreas, imágenes de satélites, mapas topográficos y modelos de elevación del terreno lineamientos morfológicos que puedan indicar fallas



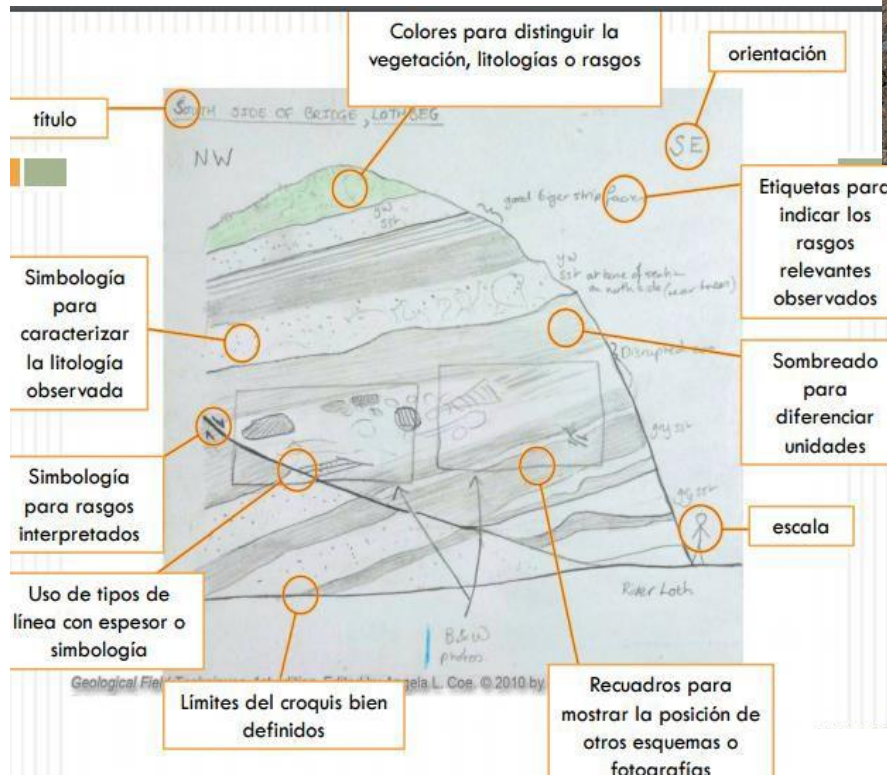
INTERPRETACIÓN FOTOGEOLÓGICA

- Geoformas
- Patrones de erosión
- Patrones de drenaje
- Tono o color
- Textura
- Vegetación



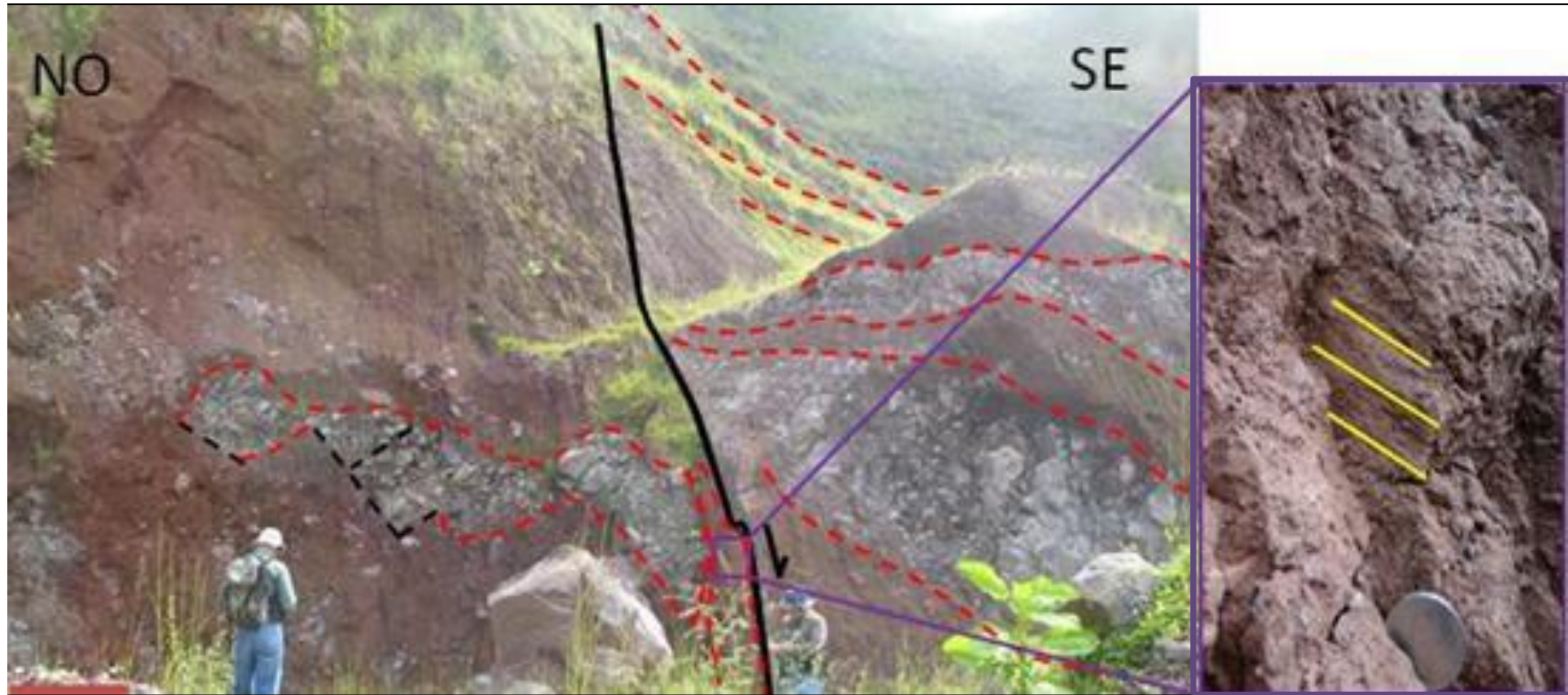
GEOLOGÍA DE CAMPO

Sobre la base del **estudio fotogeológico** para el trabajo de campo se establecen recorridos en busca de afloramientos. Al encontrar un afloramiento, éste se ubica sobre la foto aérea o en un mapa topográfico base.



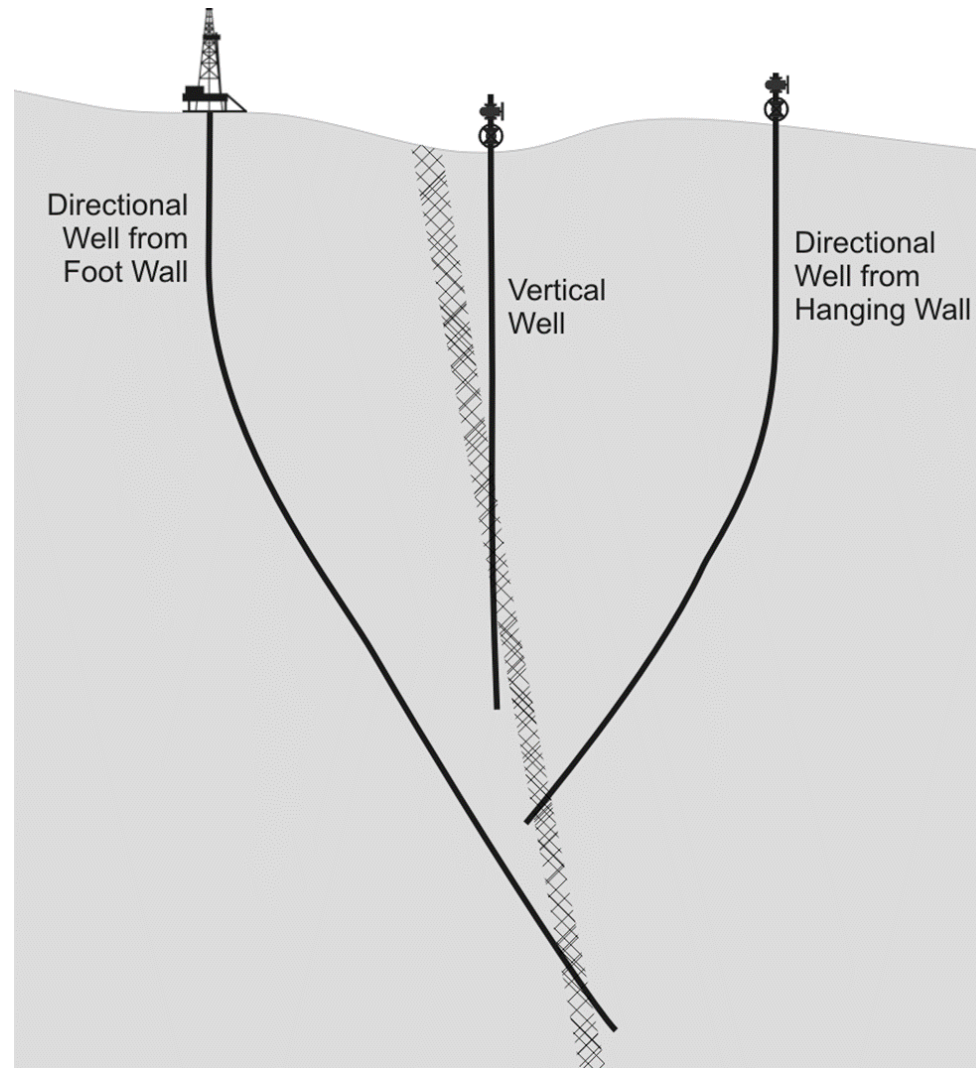
Es importante que el afloramiento sea examinado detenidamente y se documente al detalle toda observación (apuntes en la libreta de campo, con esquemas gráficos, fotografías) y el muestreo si es necesario; previendo que no se volverá más al ese sitio y así hacer mas eficiente el trabajo.

FALLAS GEOLOGICAS

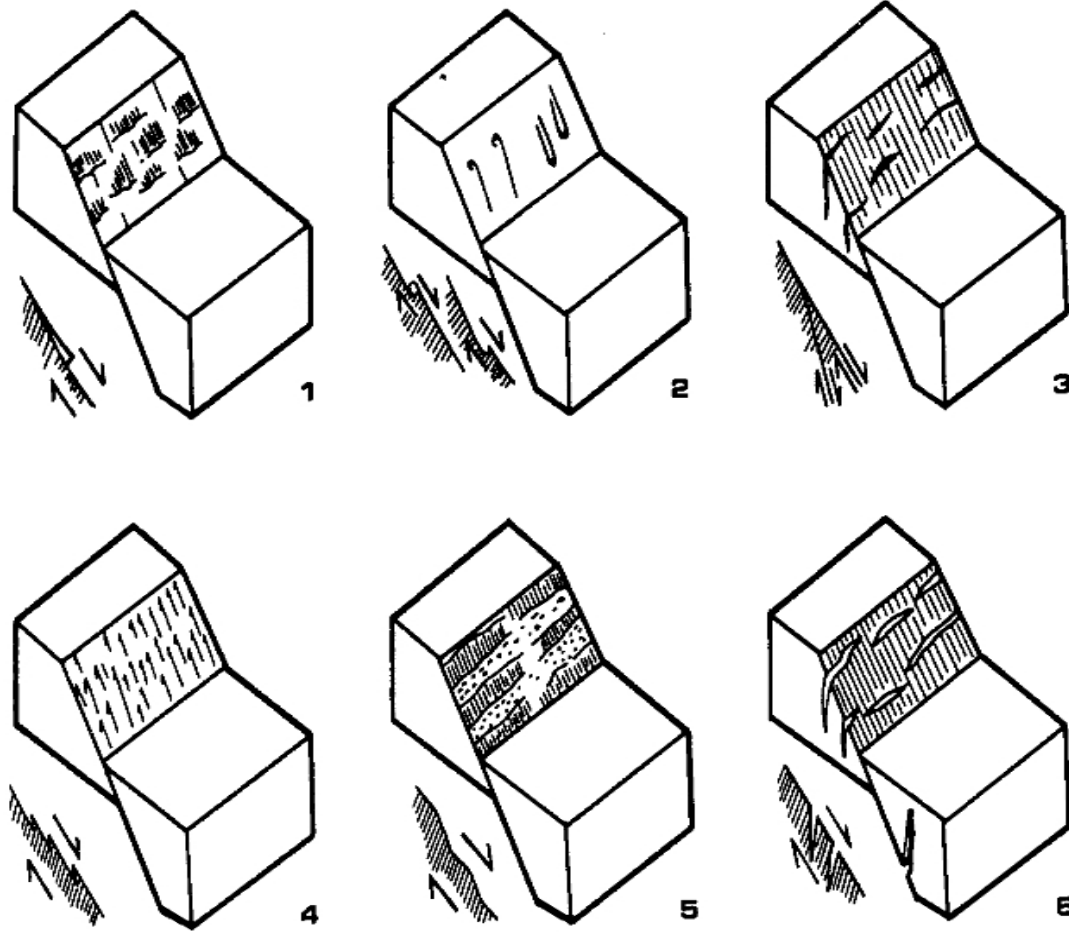


Zona de Falla de El Salvador (ZFES) en Lolotique y estrías de falla

Cartografía estructural detalladas para la Identificación de fracturas y fallas en el campo.



Determinación del sentido y la dirección del movimiento de las fallas en el campo



MEDICIÓN DE FALLAS GEOLOGICAS



Uso de la brújula para medir fallas y fracturas, planos y estrías

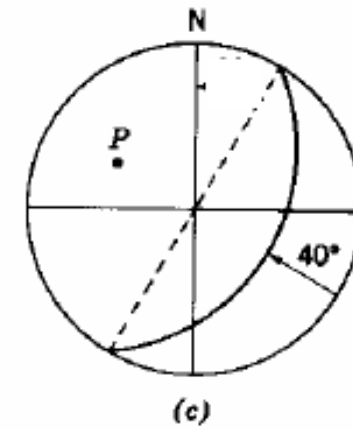
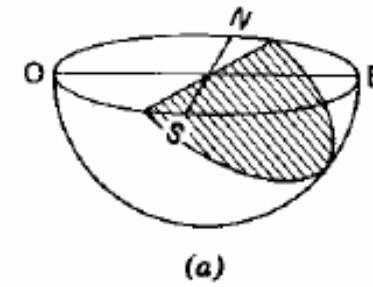
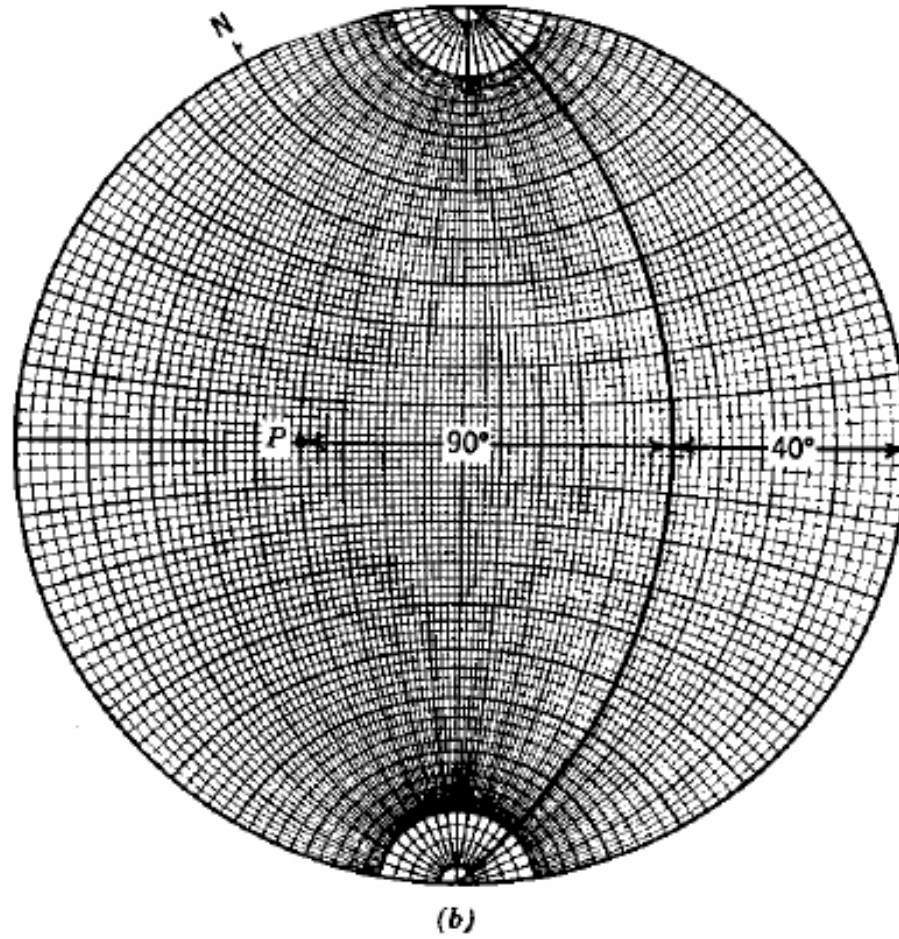
Dedos para mantener toda la tapa contra la estria



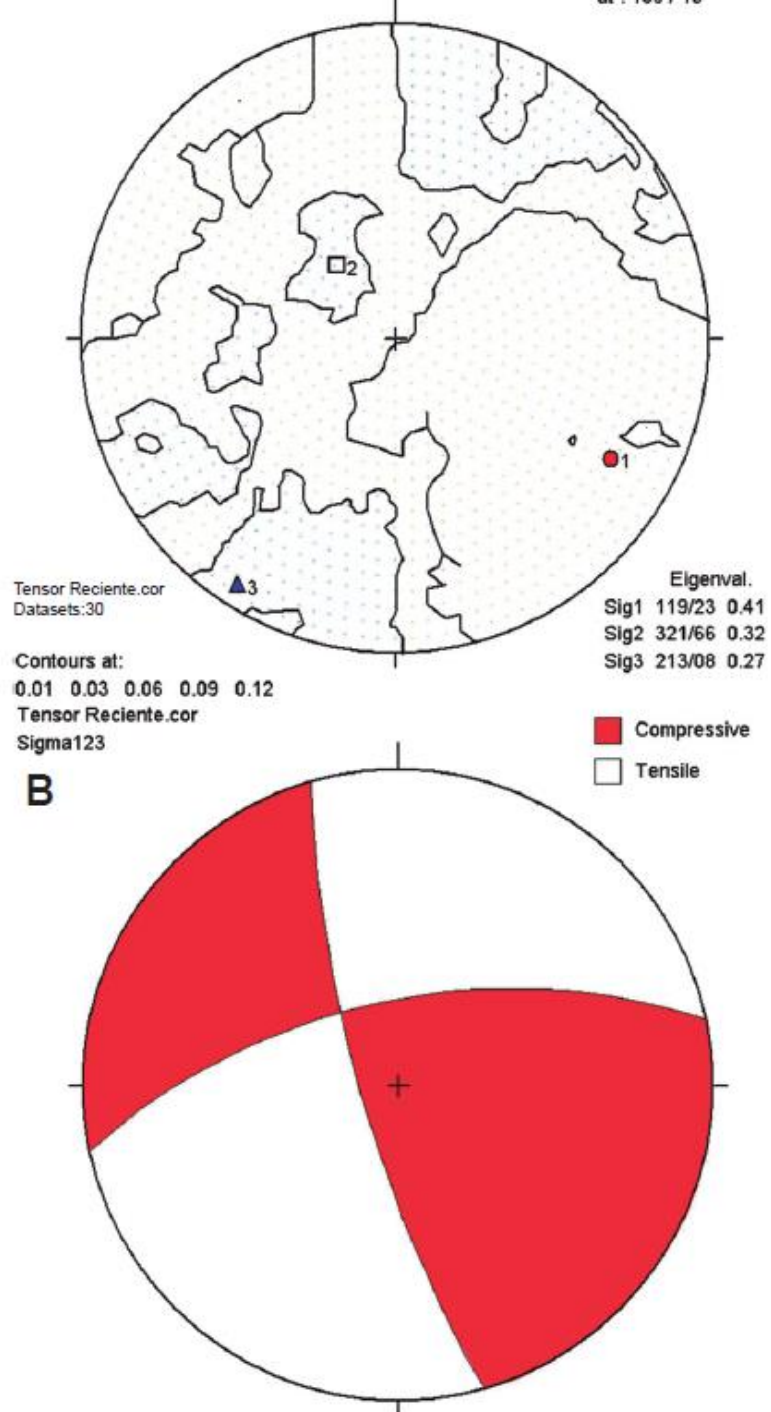
Con estos dos dedos sostengo el cuerpo de la brujula para moverlo de arriba y abajo

Dedo para mantener toda la tapa contra la estria

Dibujo de fracturas, fallas y estrías utilizando las proyecciones estereográficas



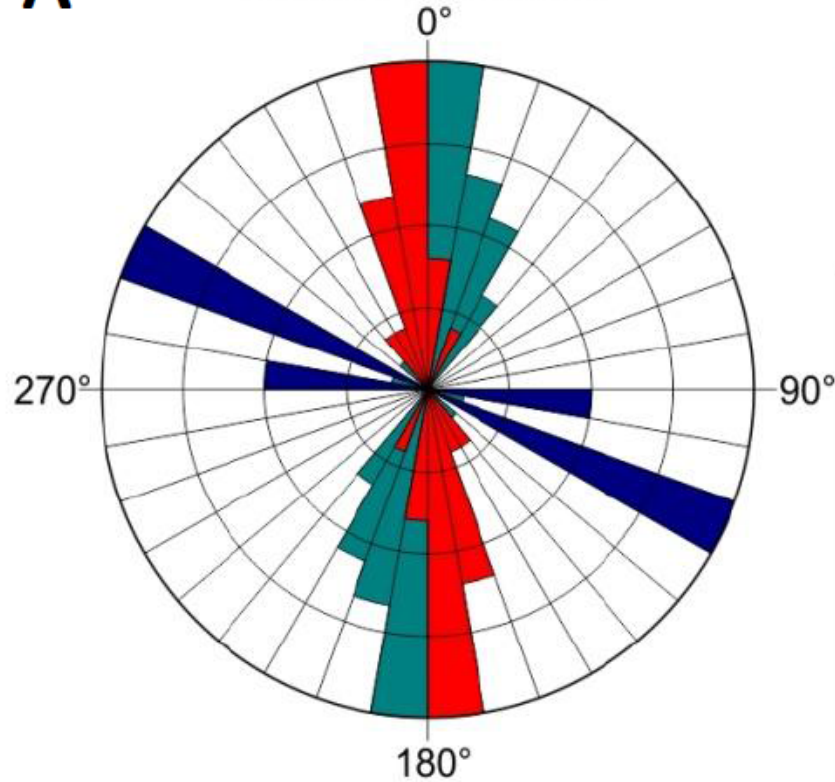
Utilización de algún programa estructural como TectonicsFP para representar campo de esfuerzos, resultante del procesamiento de las estrías de falla medidas en el campo






Interpretación cinemática de los centros volcánicos y los escarpes de fallas

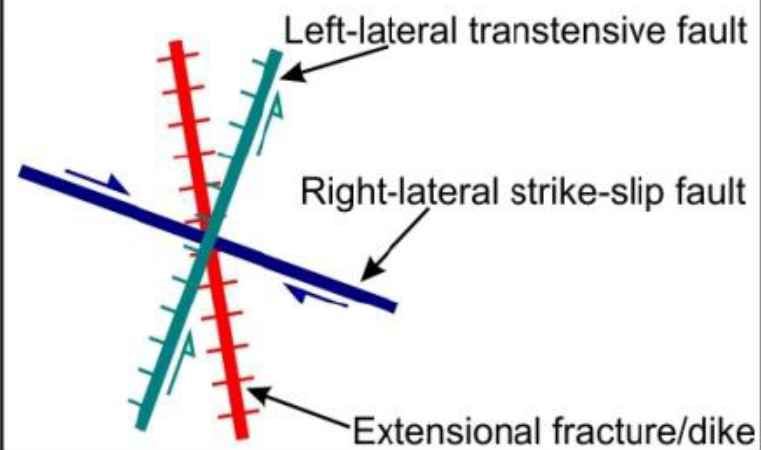
A

Strike direction

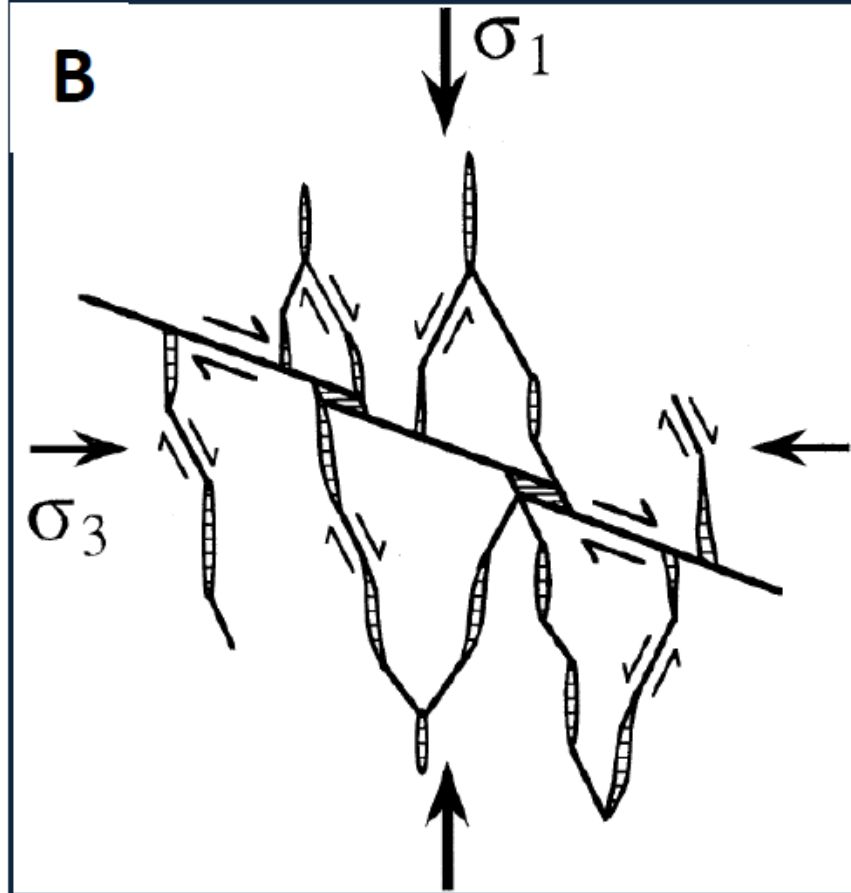


-  Alignments of polygenetic volcanic centers
-  Alignments of monogenetic volcanic centers
-  Orientation of fault scarps

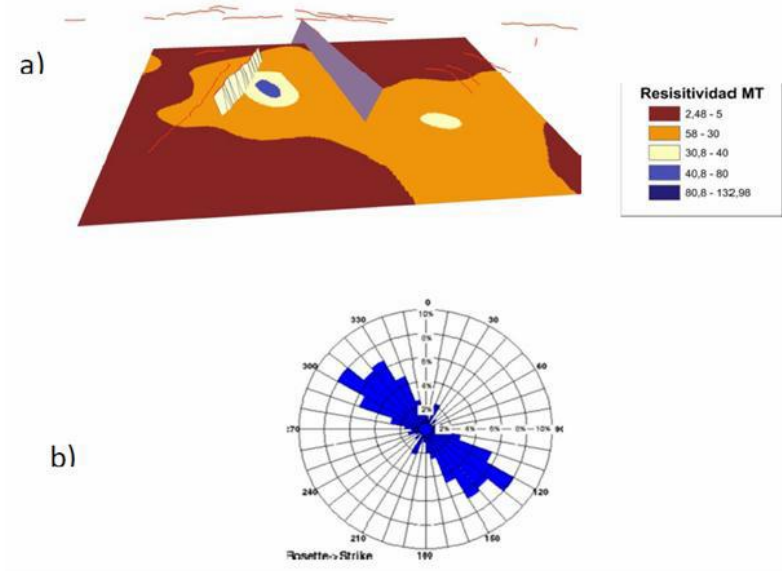
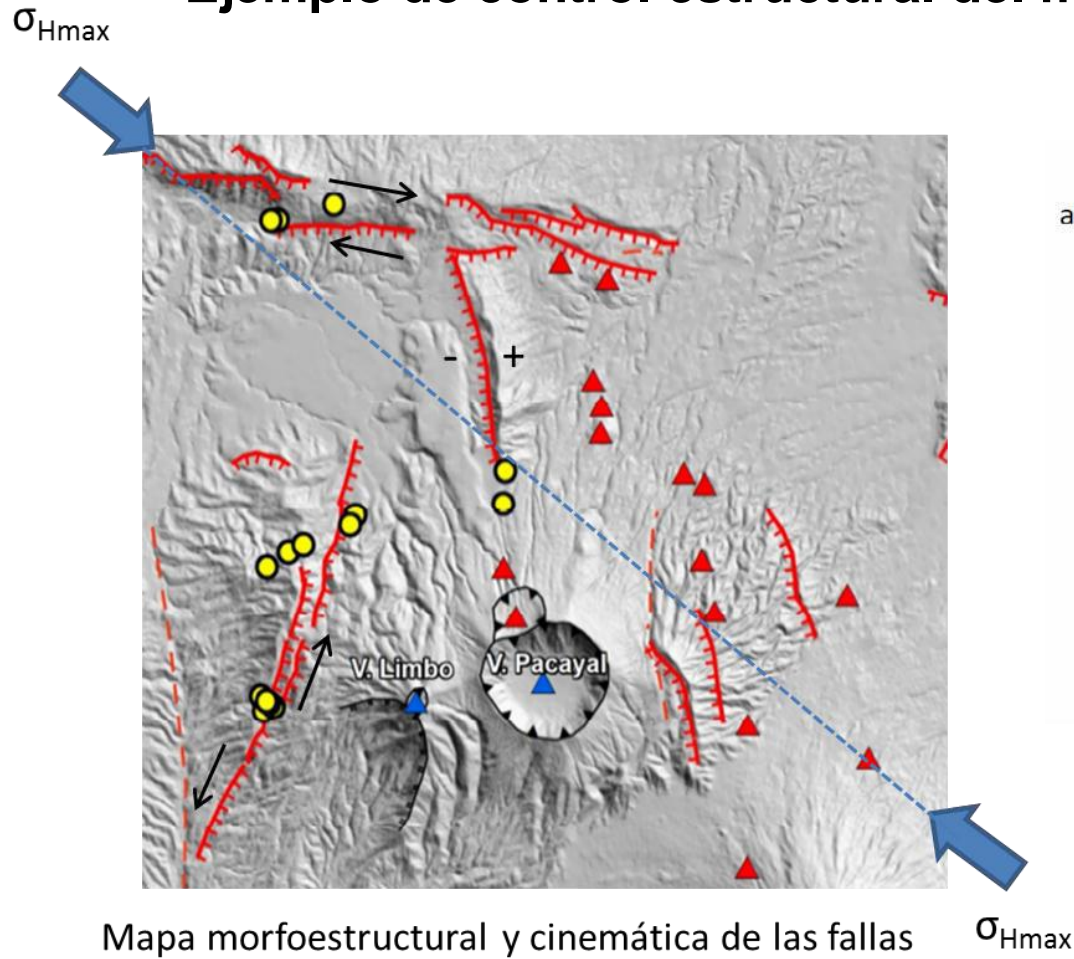
Kinematic interpretation



B



Ejemplo de control estructural del movimiento de los fluidos



Orientación principal de fracturas abiertas (NO-SE) a partir del registro Fullbore Formation Microimager (FMI)

IDENTIFICACION DE ESTRUCTURAS GEOVULCANOLOGICAS

Una parte importante de la exploración geológica en áreas geotérmicas es el **reconocimiento y delimitación de estructuras de origen vulcanotectónico**. Estas estructuras son previamente identificadas en las fotografías aéreas y luego son delimitadas con mayor precisión y detalle en el terreno.

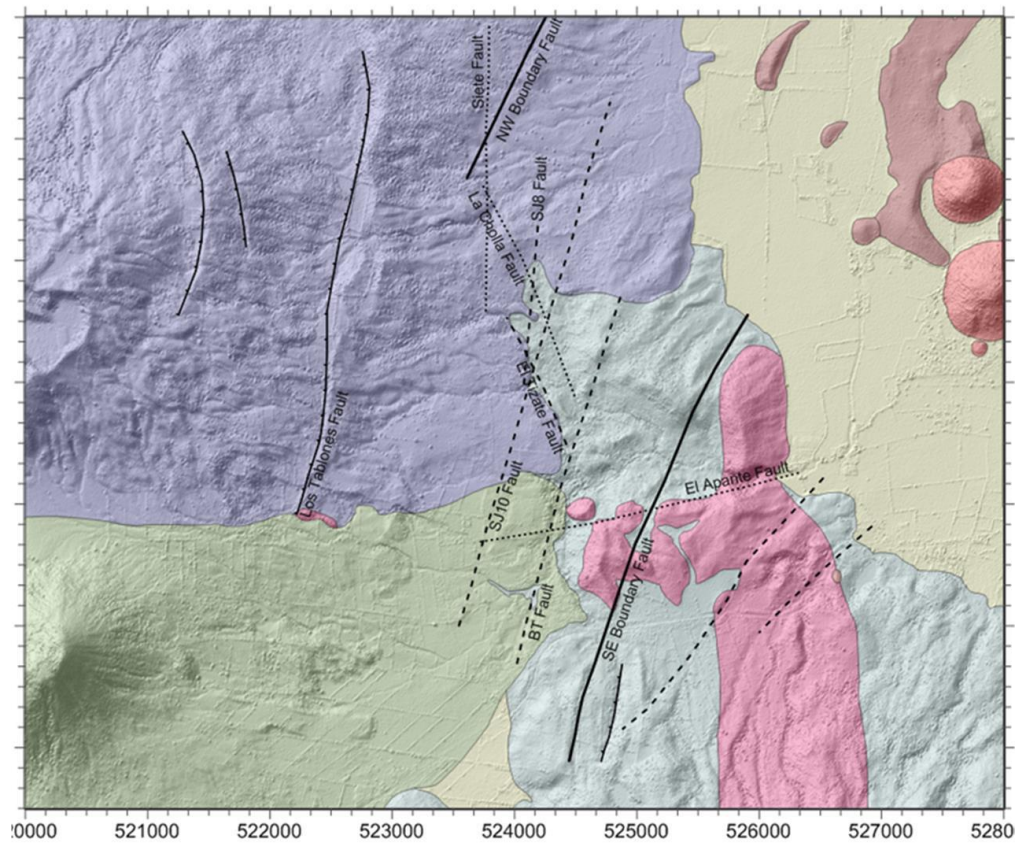


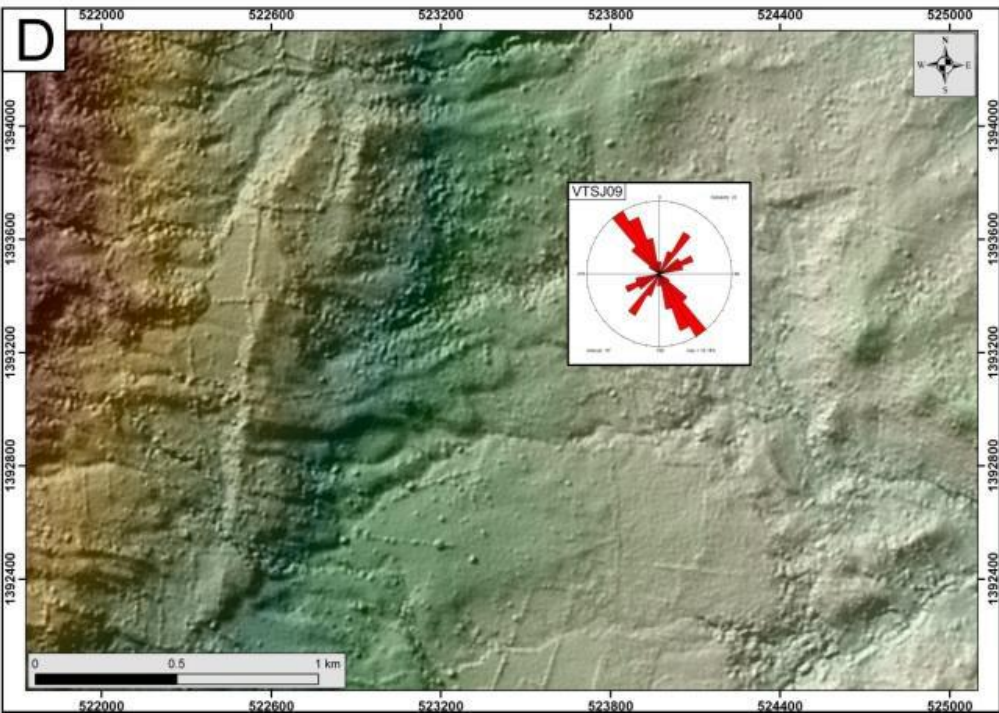
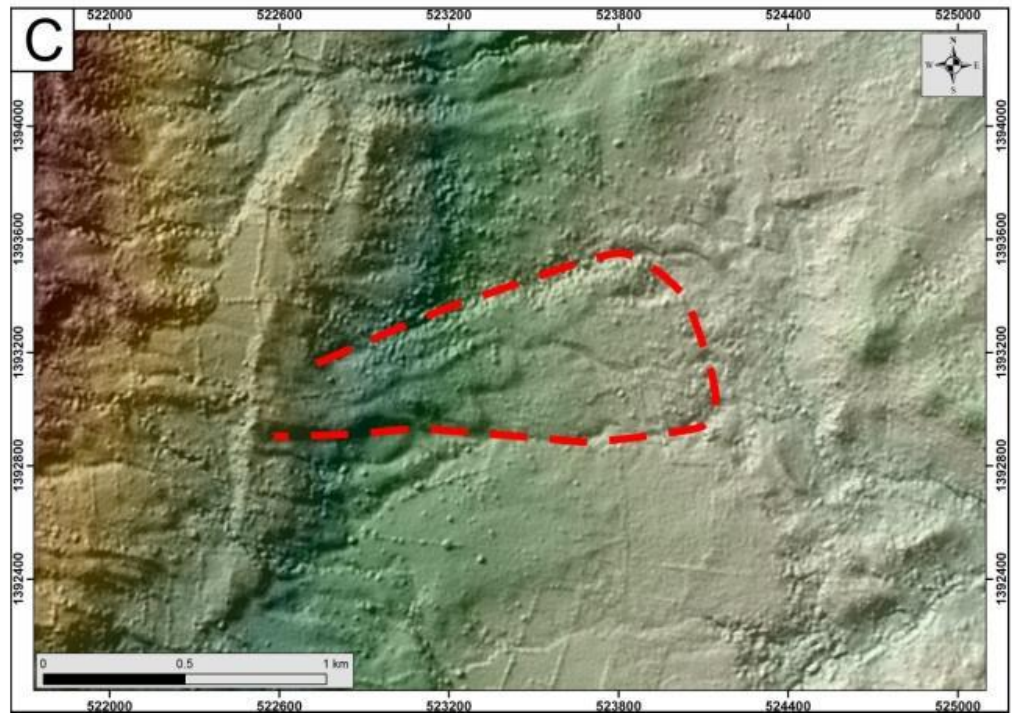
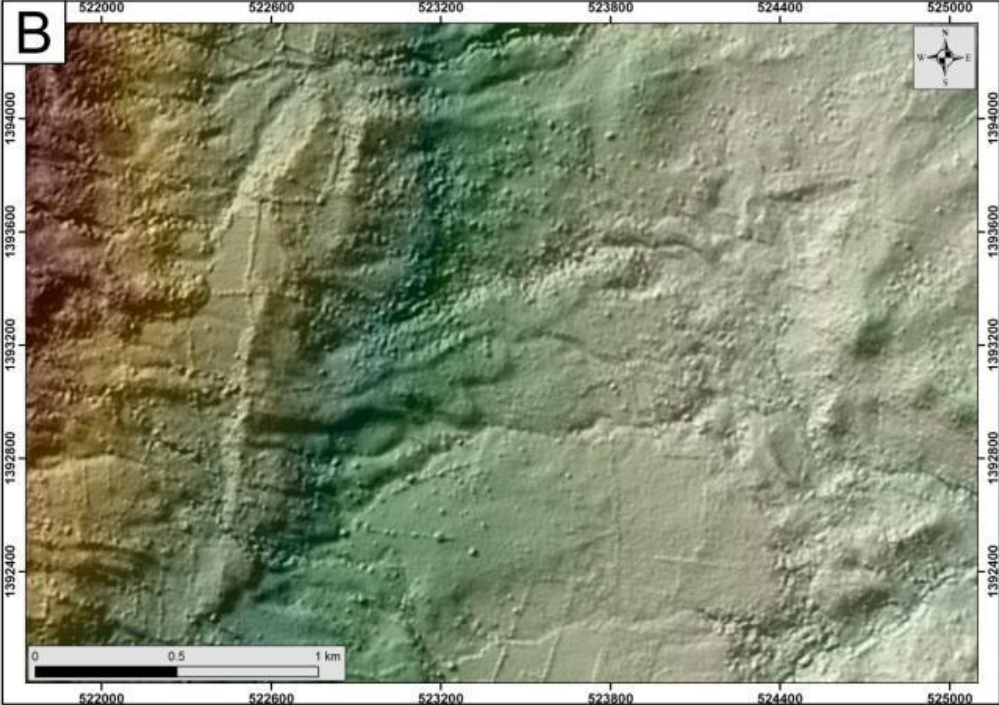
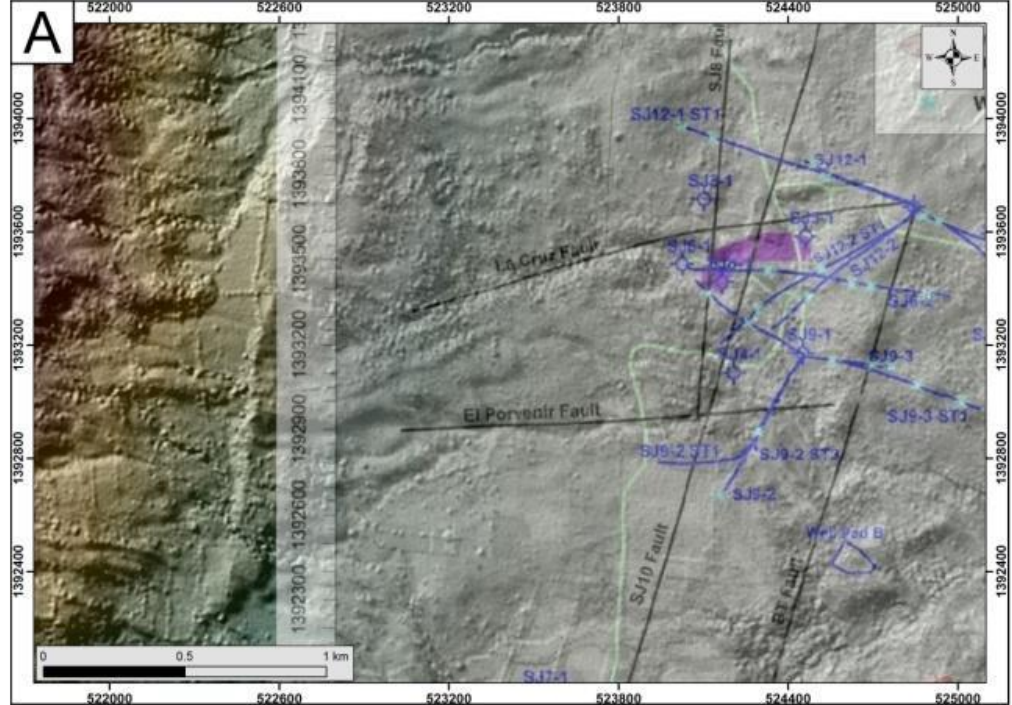
Es importante cartografiar las unidades geológicas, los contactos entre estas y las estructuras que controlan la disposición espacial de las unidades.

Fundamentalmente de terrenos de origen volcánicos

Diferenciado en lo posible unidades de lavas de las piroclásticas

Reflejando también las zonas de alteración hidrotermal y de temperatura superficial

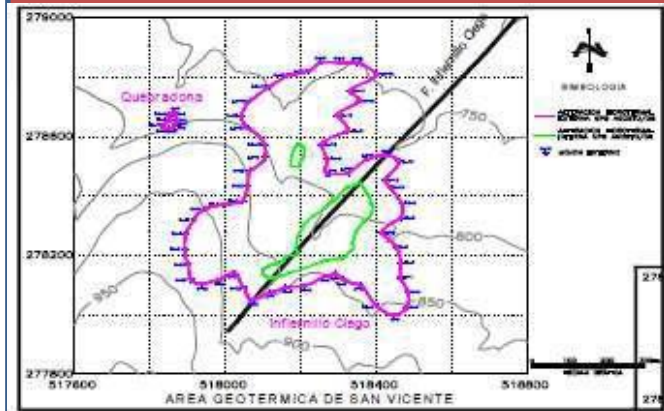






CARTOGRAFÍA DE MANIFESTACIONES HIDROTERMALES

El mapeo de manifestaciones termales consiste en la delimitación y la caracterización de toda evidencia superficial de la actividad geotérmica del subsuelo



- Identificar y catalogar manifestaciones activas o fósiles.
- Delimitar su extensión superficial diferenciando los tipos de manifestación.
- Correlacionar con las condiciones geológicas.
- Muestreo de rocas y productos de alteración para su correspondiente análisis de laboratorio (Petrografía y DRX).
- Muestreo de aguas y gases.

RECONSTRUCCION DE LA EVOLUCION GEOVULCANOLOGICA



CREACIÓN DE BASE DE DATOS SIG

(Para una mejor clasificación y análisis de los datos relacionados con la zona)
Obtención de una base de datos SIG completa y eficiente.



RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE (Evaluación crítica de cada fuente de información)

Se espera complementar la base de datos con la información estructural de la literatura



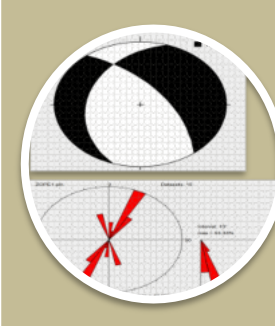
TELEDETECCIÓN Y ANÁLISIS MORFOESTRUCTURAL

Objetivo principal es realizar un mapa morfoestructural y volcanotectónico



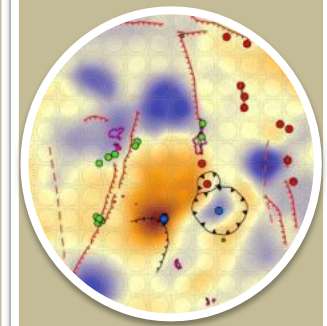
TRABAJO DE CAMPO ESTRUCTURAL Y VOLCANOTECTÓNICO (Caracterización de la geometría y cinemática de las fallas principales reconocidas)

Base de datos con mediciones de fallas y fracturas, elementos volcanotectónicos y manifestaciones hidrotermales.



ANÁLISIS DE LOS DATOS ESTRUCTURALES (proyecciones estereográficas de plano y polos, diagramas de rosetas, análisis estadísticos y gráficos)

Mapa estructural y modelo tectónico de la región y su relación con los elementos volcánicos, circulación de fluidos, intersecciones entre estructuras tectónicas activas, geometría de los cuerpos en el subsuelo.



INTEGRACIÓN DE DATOS GEOLÓGICOS, GEOFÍSICOS Y GEOQUÍMICOS

Elaboración de modelo conceptual del sistema geotérmico y de la deformación tectónica, mediante la integración de datos geológicos, geofísicos, geoquímicos, hidrológicos y de pozos.

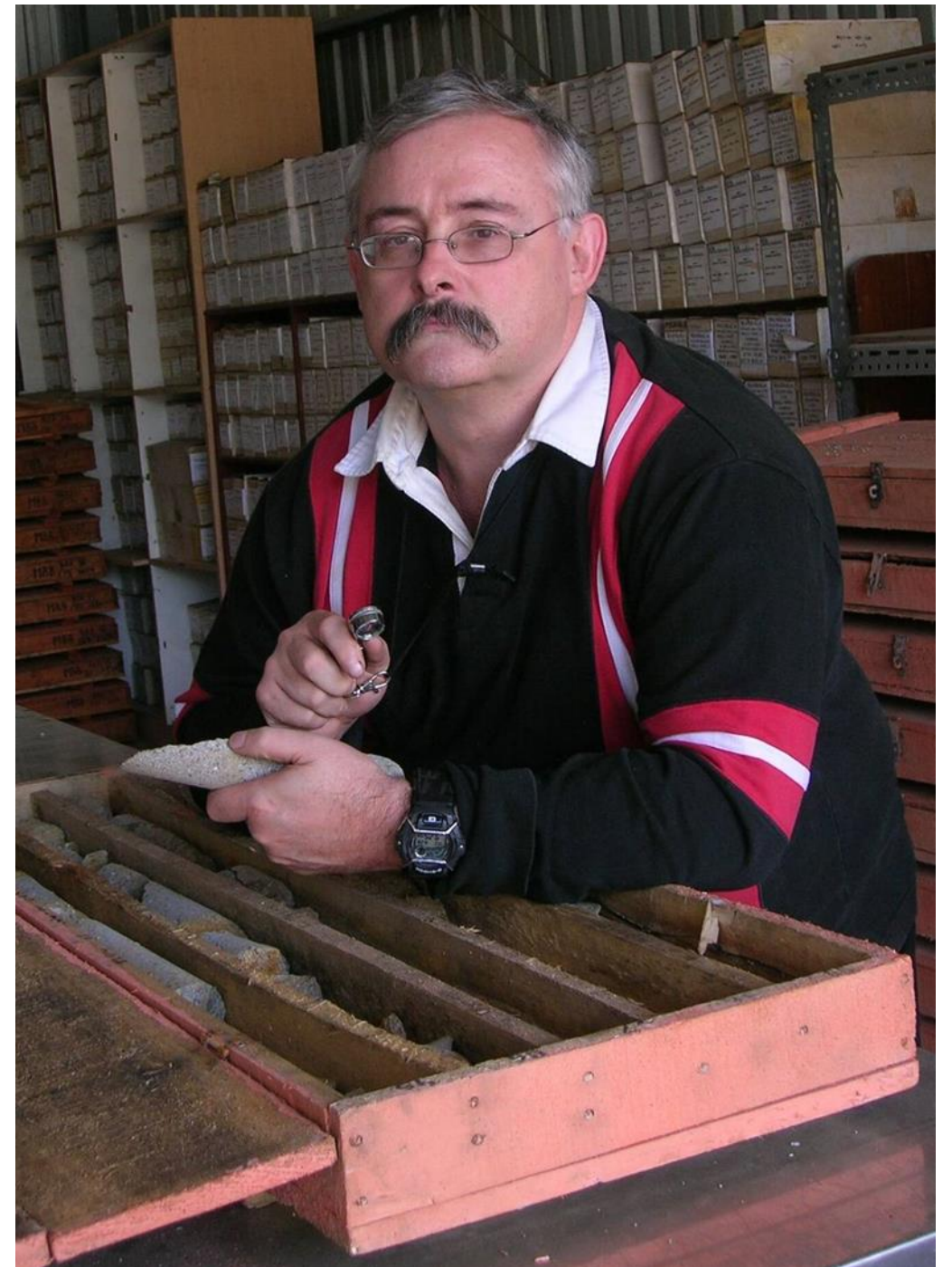


Habilidades petrográficas y mineralógicas

Identificar rocas y minerales con lupa de mano

Microscopio binocular

Microscopio petrográfico



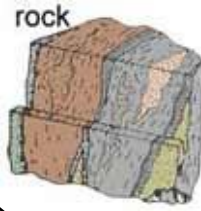
Examinación de roca



Trabajo de campo, muestreo,
examinación visual, lupa



Muestra, examinación visual, microscopio
estereoscópico

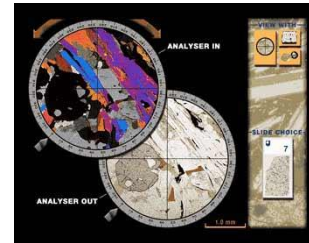


Thin Section of rock on slide



Preparación de lamina
delgada, microscopios
estereoscópico y
petrográfico

Magnificación



Lamina delgada,
microscopio
petrográfico

Análisis microscópico (petrográfico)



Haciendo uso de un microscopio con luz polarizada, se analizan las láminas delgadas, identificando tipo de roca (minerales primarios, textura), % de minerales de alteración hidrotermal, microestructuras, etc.

Características mineralógicas y texturales, clasificación de las rocas

Análisis de secciones delgadas en: a) recortes y b) núcleos



Análisis de Secciones Delgadas de una roca perteneciente a la Unidad de Andesitas Recientes de Berlín (by), del Campo Geotérmico de Berlín. Nombre de la Roca: *Andesita piroxenica porfirítica* Descripción: a) Textura: Vesicular b) Minerales: Plagioclasas (andesina), clinopiroxeno, minerales opacos c) Matriz: Vitrica con microlitos de feldespatos

Geología de pozos



Perforación de un pozo geotérmico exploratorio de pequeño diámetro (diamantino, núcleo continuo)



Perforación de un pozo geotérmico de diámetro comercial

Propósito principal de la Geología de pozo

- **Durante la Perforación:**
 - Tipo de Roca, Estratigrafía (porosidad/permeabilidad),
 - (Alteración) temperatura
 - Profundidades de anclaje de casing
 - Condiciones del pozo

- **Modelo del Sistema Geotérmico-Reservorio**
 - Geología sub-superficial y Estructural
 - Relación de la Geología y la permeabilidad
 - Alteración hidrotermal (forma del sistema, evolución, estado actual)

Control geológico de la perforación de pozos geotérmicos

Una vez inicia perforación del pozo:

Si es un pozo exploratorio de pequeño diámetro, donde se toma núcleo continuo, diariamente en el sitio del pozo el geólogo hace una descripción macroscópica del mismo. Posteriormente se puede hacer a los núcleos otros análisis, tales como petrografía microscópica, petrofísica, etc.

Si es un pozo de diámetro comercial (con fines de exploración, producción o reinyección) se hace todos los días el control geológico, tomando muestras de recortes cada 2 m y analizándolas macroscópicamente. También se elaboran láminas delgadas y se analizan microscópicamente cada 10 m.

También se puede enviar muestras al laboratorio para análisis de la mineralogía de alteración hidrotermal, mediante la técnica de difracción de rayos X

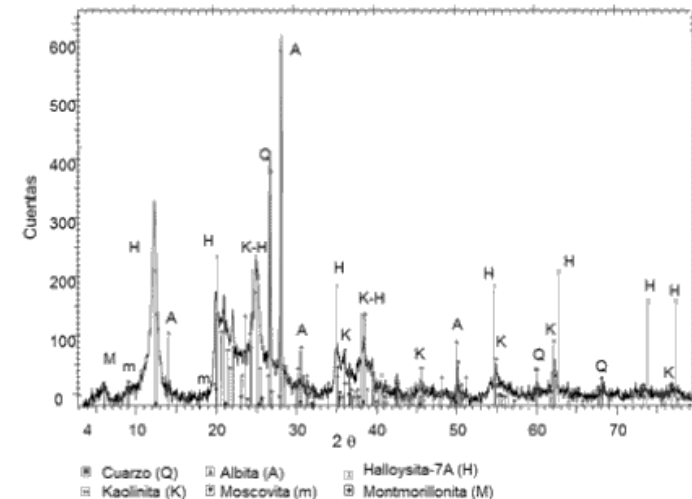
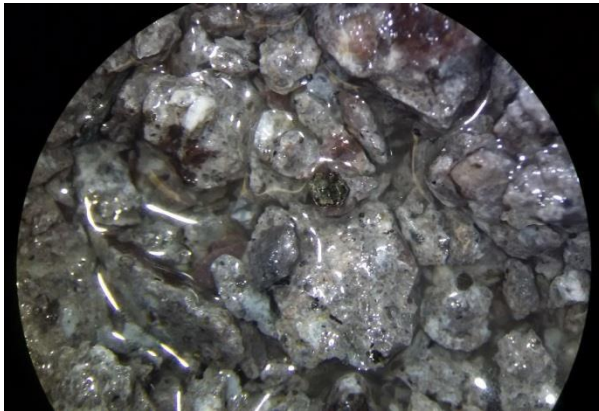


Control geológico pozos profundos

Lo que realiza un Geólogo de Pozo

¿Qué se hace?

- Análisis macroscópico: Estéreo-microscopio o lupa binocular,
- Análisis petrográfico: Microscopio petrográfico o polarizante
- Análisis por Difracción de Rayos X: Difractómetro (en el Laboratorio)



Análisis de recortes:



Se analiza, utilizando una lupa binocular estereoscópica, los recortes que se van sacando durante la perforación del pozo.

Se describe el tipo de roca, color, textura, estimando el % de los minerales de alteración hidrotermal que están presentes.

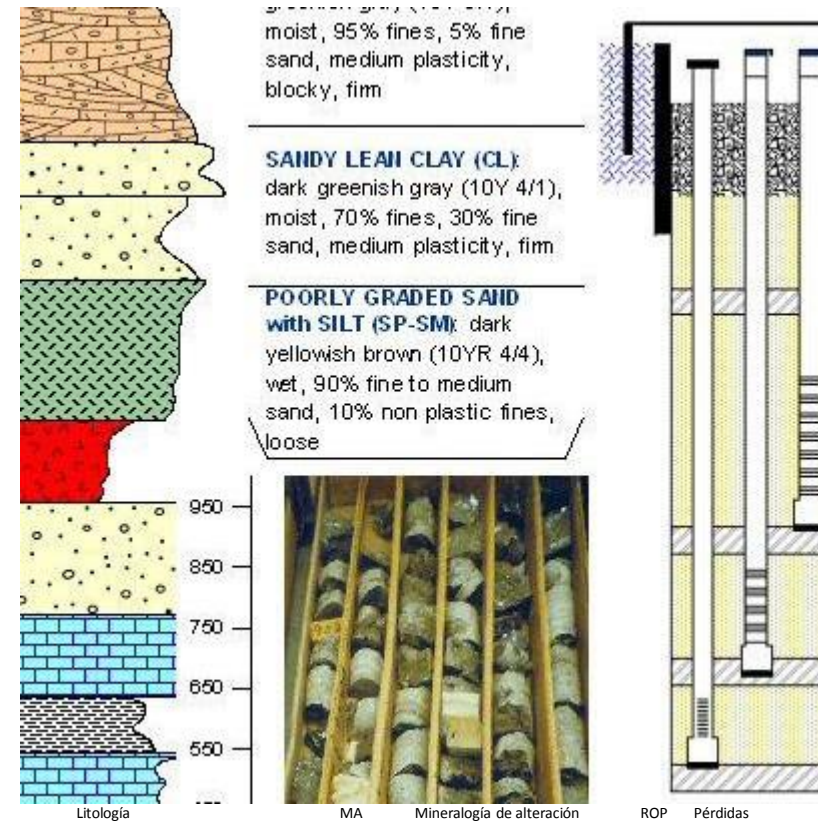
Se identifica el grado de fracturamiento de la roca.



Control geológico

¿Qué se obtiene?

- Litología (Tipos de rocas)
- Estratigrafía (Columna estratigráfica),
- Grado de fracturamiento,
- Mineralogía de alteración hidrotermal,
- Facies de minerales hidrotermales
- Niveles arcillosos (Zonas inestables)
- Correlación de zonas permeables con la litología/mineralogía



Prof. Columna

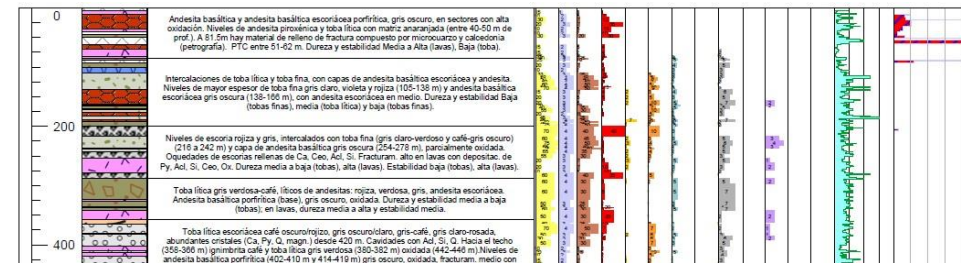
Litología

MA

Mineralogía de alteración

ROP

Pérdidas



Control geológico durante la perforación

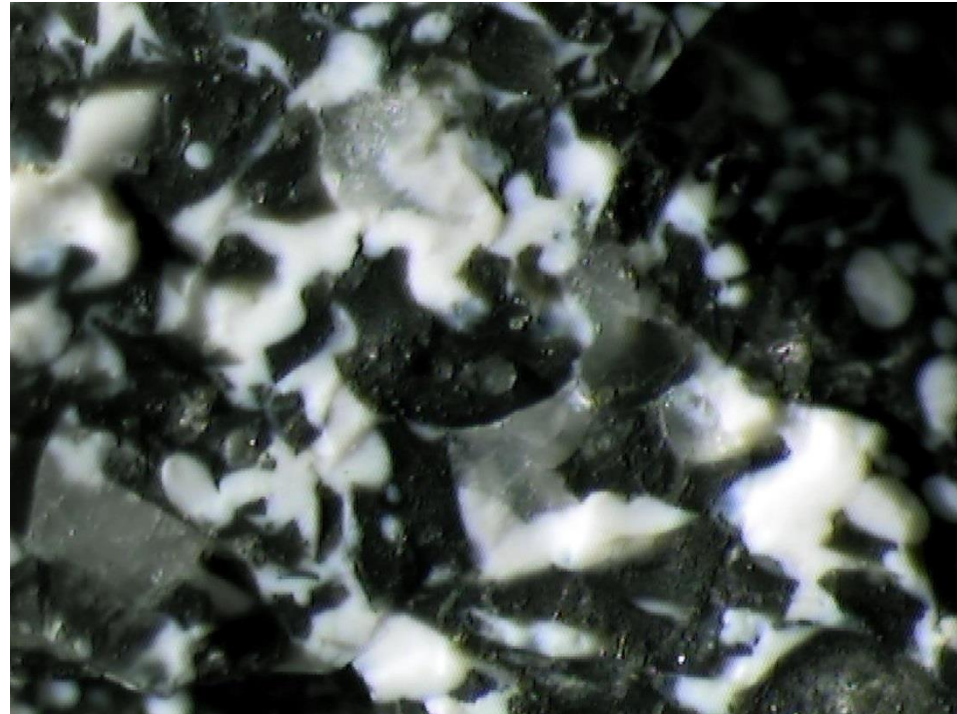
Durante la perforación el control geológico es muy importante para:

- Identificar zonas inestables en el agujero (niveles arcillosos o muy fracturados)
- Seleccionar zonas estables apropiadas para el anclaje de las tuberías de revestimiento.
- Identificar zonas donde ocurre incorporación de arcillas de la formación al lodo bentonítico de perforación.
- Identificar zonas permeables asociadas a acuíferos
- Identificar el techo del reservorio
- Identificar minerales secundarios, que puedan indicar incremento o decremento de temperatura de formación.

Alteración Hidrotermal



Roca Sana



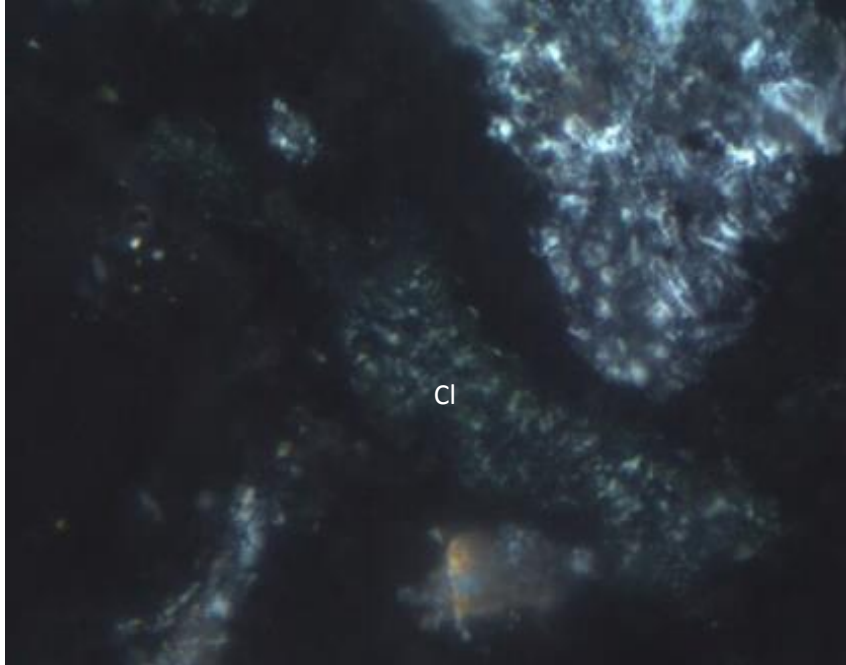
Roca Alterada

Alteración Hidrotermal



Identificación de minerales de alteración hidrotermal en recortes

Ejemplos:

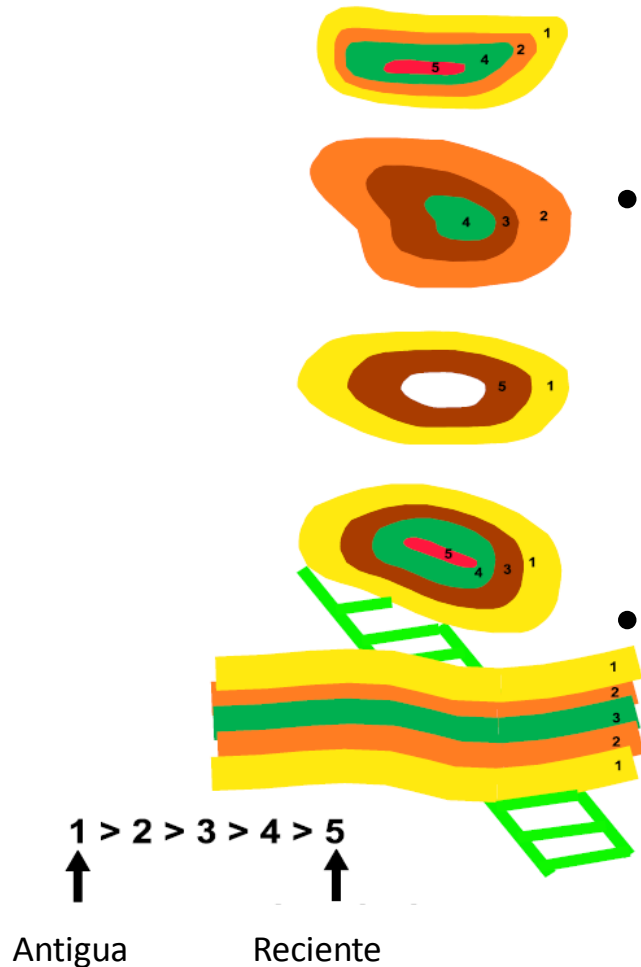


Clorita bien formada a los 1240 m pozo SV-5A



Cristal suelto de calcita en lavas andesíticas a los 1160 m pozo SV-5 A

Alteración Hidrotermal



- Representación esquemática de la secuencia de alteración mineral en espacios porosos de la roca.

- La secuencia de tiempo y espacio en que los minerales de alteración se depositan, da idea sobre la evolución del sistema geotérmico.

Difractómetro de Rayos X



Azul de metileno

Se define índice de azul de metileno como la cantidad de azul de metileno adsorbida por las partículas de arcilla presentes en una muestra de recortes, expresada como porcentaje respecto a la masa seca de esa muestra.

Al adsorber estas partículas el azul de metileno, cuanto mayor sea la proporción de arcilla, mayor será la cantidad de azul de metileno adsorbido, por lo que a mayores índices de azul de metileno, mayor contenido en partículas arcillosas y orgánicas.

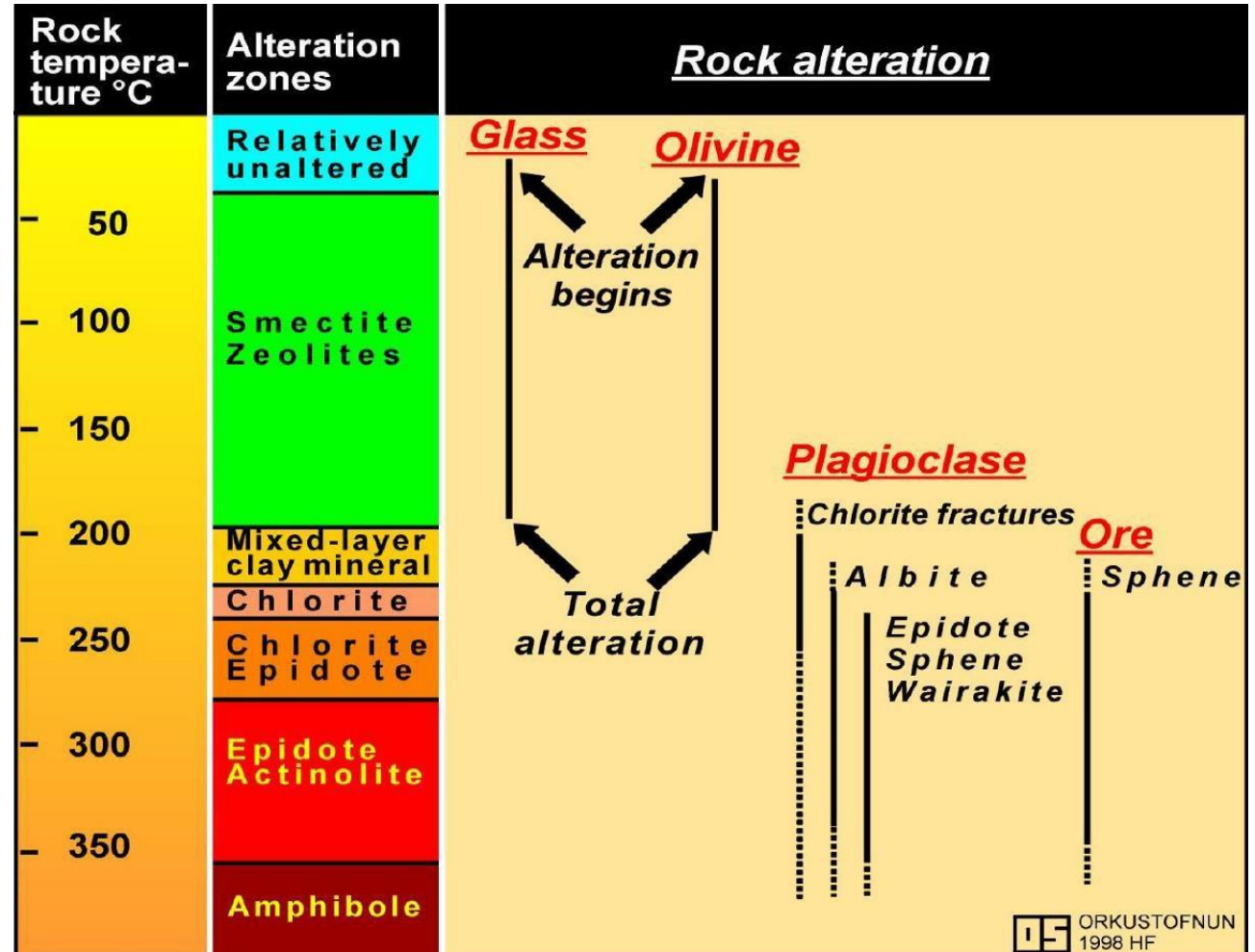


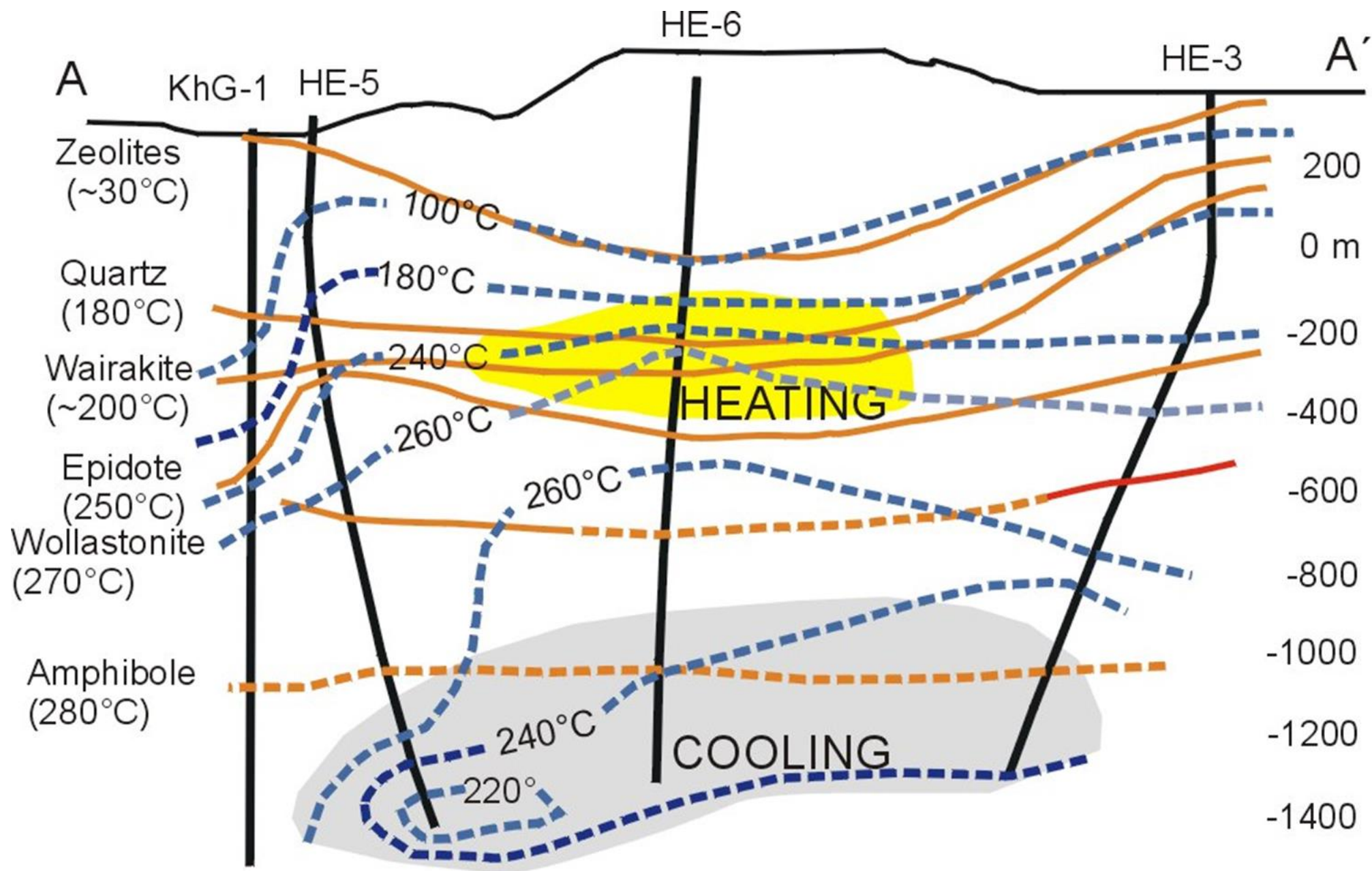
$[(\text{\# de gotas} * \text{concentración de Meb}) / \text{peso de muestra}] * 3 = \text{concentración de esmectita en la muestra.}$

Facies mineralógicas

- La estabilidad de muchos minerales de alteración dependen altamente de la temperatura
- La identificación de los minerales de alteración es una herramienta muy útil durante la perforación de un pozo, ya que nos da una expectativa de la temperatura.

Temperatura





Modelo conceptual

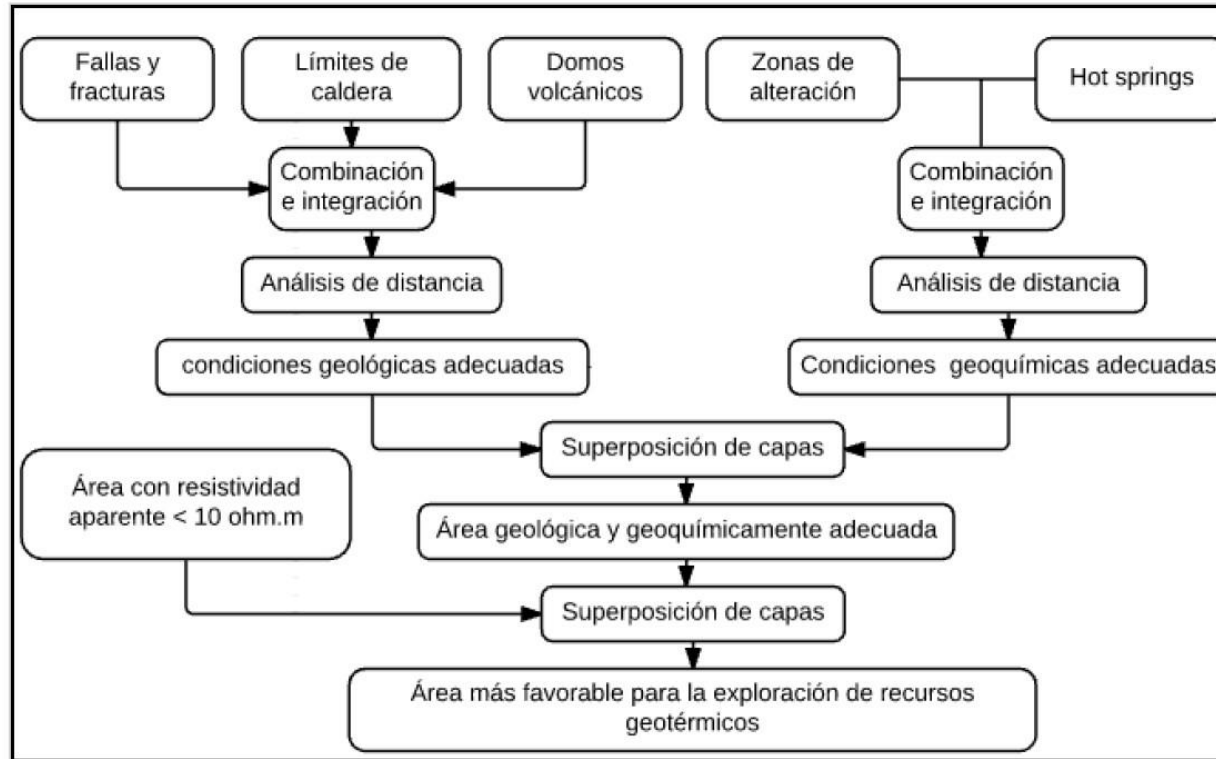
Un modelo geotérmico conceptual contiene los siguientes elementos:

- a) Fuente de calor
- b) Reservorio, acuífero
- c) Capa sello
- d) Zona de ascenso de fluidos calientes (zona de “upflow”)
- e) Patrón de circulación de fluidos
- f) Zona de recarga
- g) Zona de descarga (zona de “outflow”)

La definición de estos elementos se basa en los resultados de los estudios geocientíficos, dentro de los cuales la Geología juega un papel muy importante.

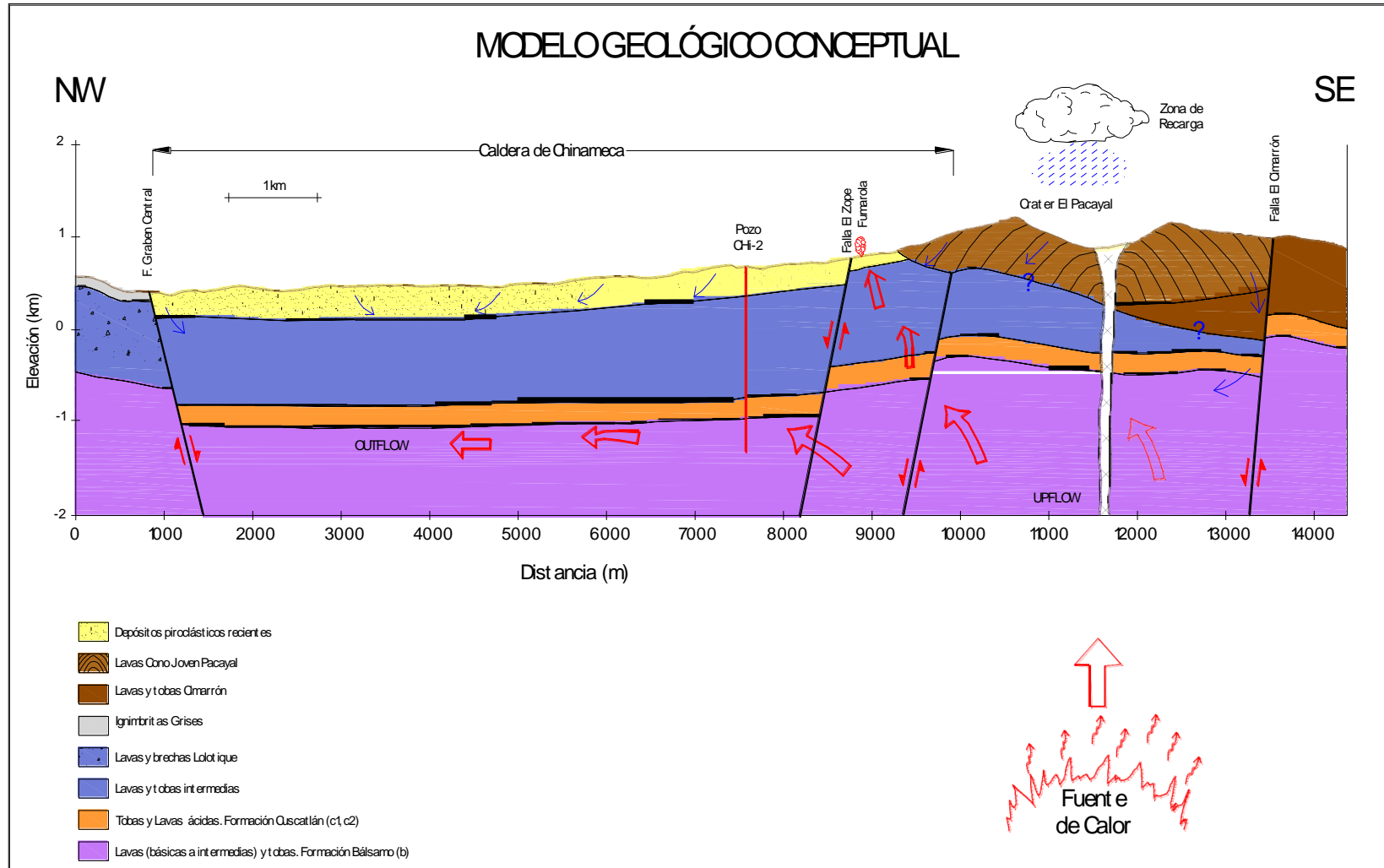
Método de integración de datos por superposición de capas (Garcíadiego et. al, 2016)

A partir de los resultados de la exploración geológica, geofísica y geoquímica, se generan diferentes tipos de mapas, los cuales se integran en un solo archivo en donde cada mapa recibe el nombre de capa. Cada capa tendrá un puntaje o peso de importancia que estará dado por métodos estadísticos, o con base en el concepto de los expertos en modelamiento geotérmico.

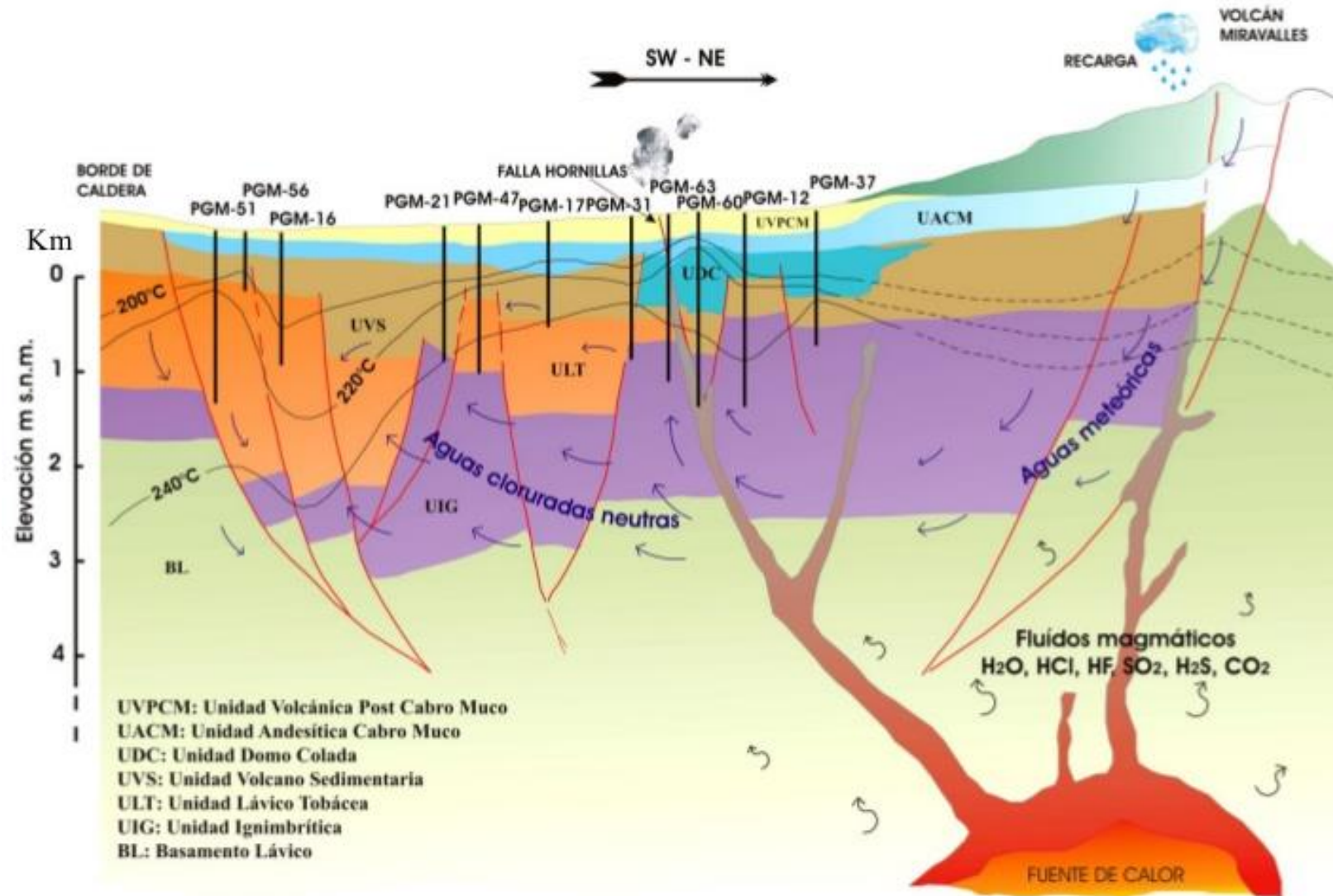


Esquema de representación del modelo de integración de datos por superposición de capas. (Modificado de Noorollahi et. al 2008).

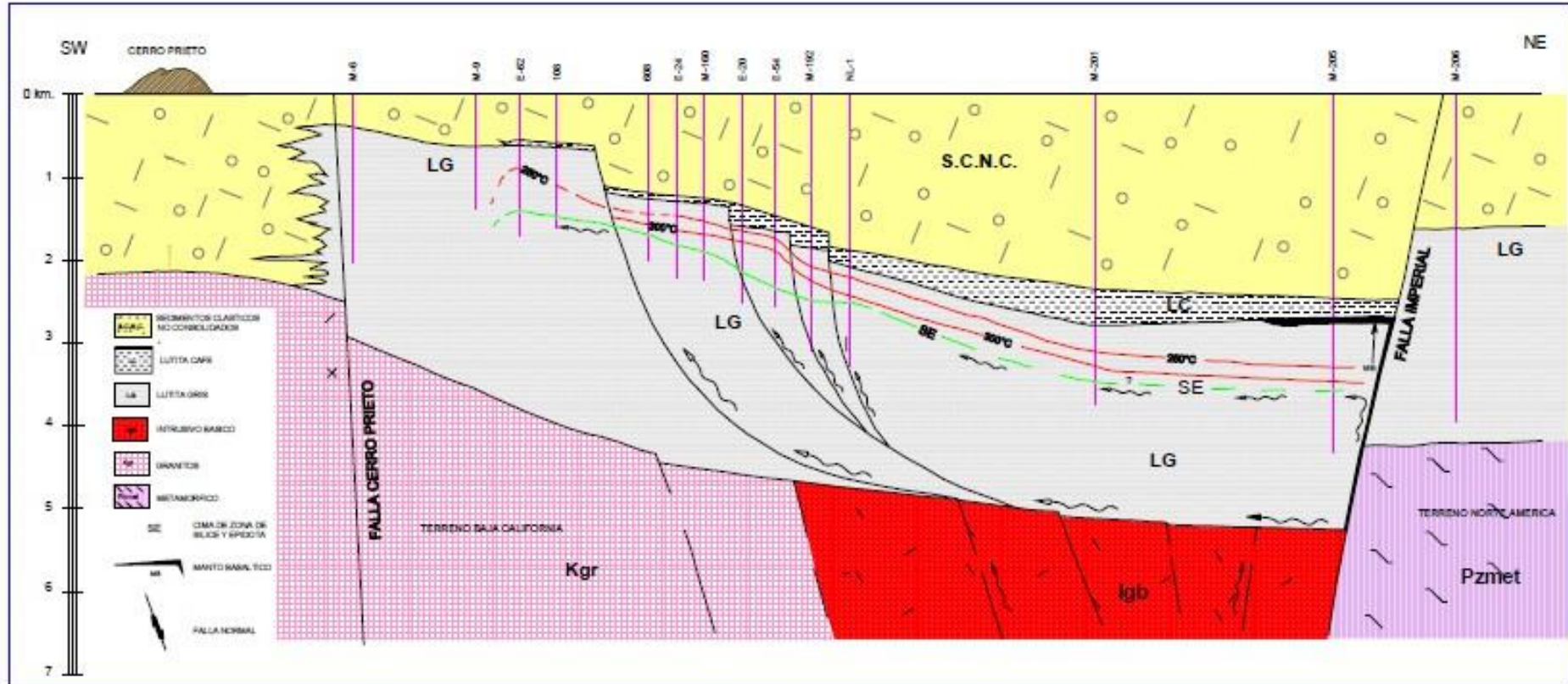
Perfil geológico NO-SE del área geotérmica de Chinameca



MODELO DEL CAMPO GEOTERMICO MIRAVALLES



Modelo geológico conceptual de Cerro Prieto



Sección geológica general, campo de Cerro Prieto, México (Lira, 2005)

POLARIS

MUCHAS GRACIAS

Preguntas



17 DE OCTUBRE 2016