

VOLCAN SOCOMPA



EXPLORACION GEOTERMICA

AGOSTO 2017



Lic. Geol. Alejandro Conde Serra
D. Geotermia

Av. Gral. Paz 5445 (San Martín) - Tel.: (011)5670.0193
alejandro.conde@segemar.gov.ar

Ministerio de Energía y Minería

Secretaría de Minería

República Argentina

INDICE

INTRODUCCION	1
BREVES COMENTARIOS SOBRE LA ZONA DEL PROYECTO	2
FASES DE DESARROLLO DE UN PROYECTO GEOTERMICO	3
GEOLOGIA CON ENFOQUE GEOTERMICO	4
PLAN DE EXPLORACION	5
OBJETIVOS	5
OBJETIVOS CONEXOS	5
FASE I, EXPLORACION DE SUPERFICIE	5
1.- COMPENDIO DE TODA LA INFORMACION GEOLOGICA EXISTENTE	5
2.- INTERPRETACION DE IMÁGENES SATELITALES	5
3.- MAPPING	6
4.- PROSPECCION GEOQUIMICA Y FISICOQUIMICA	6
4.1.- MUESTREO	6
4.2.- ANALISIS	6
4.2.1.-ANALISIS DE LA FASE LIQUIDA	6
4.2.2.-ANALISIS DE LA FASE GASEOSA	6
4.3.- RESULTADOS ESPERADOS	6
4.3.1.- Caracterización de la fase líquida	6
4.3.2.- Caracterización de la fase gaseosa	7
4.3.3.- En el caso de las emisiones exclusivamente gaseosas	7
4.3.4.- Geotermometrías	7
5.- RELEVAMIENTO DE GASES DIFUSOS EN SUELO	7
5.1.- RESULTADOS ESPERADOS	7
6.- PROSPECCION GEOFISICA	8
6.1.- AUDIO MAGNETO TELÚRICO (AMT)	8
6.2.- MAGNETO TELÚRICO DE ALTA FRECUENCIA (MT HF)	8
6.3.- MAGNETO TELURICO DE BAJA FRECUENCIA (MT LF)	8
6.4.- INSTRUMENTAL	8, 9, 10
6.5.- SOFTWARE DE ADQUISICION DE DATOS EN CAMPO Y PROCESAMIENTO	11
6.6.- RESULTADOS ESPERADOS	11
7.- ESTUDIO HIDROGEOLOGICO	12
7.1.- RESULTADO ESPERADO	12
8.- MUESTREO PARA IDENTIFICACION MINERALOGICA Y GEOQUIMICA COMPLEMENTARIA	12
8.1.- Colectado de muestras	12
8.2.- Análisis mineralógicos completos	12
8.3.- Análisis químico en elementos metálicos mayoritarios e ICP multielementos	12
8.4.- Sil, Cal o Bar la detección, geoquímica y geotermometría de posibles inclusiones fluidas	12
9.- MODELOS CONCEPTUALES ESPECIFICOS	13
10.- MODELO CONCEPTUAL GEOLOGICO GEOTERMICO	13
10.1. RESULTADO ESPERADO	13

11.- SIMULACIONES MONTE CARLO	14
12.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	14
RESUMEN DE ESTUDIOS APLICADOS A LA EXPLORACIÓN	14
CRONOGRAMA	15
DISTRIBUCION DE TAREAS (<i>Participes profesionales e instituciones</i>)	16
CONSIDERACIONES	16
BIBLIOGRAFIA	17

VOLCAN SOCOMPA

PREFACTIBILIDAD GEOTERMICA

PARA GENERACION ELECTRICA

PLAN DE EXPLORACION



INTRODUCCION

El 27 de junio pasado se ha realizado una presentación ante las máximas autoridades de Recursos Energéticos y Mineros Salta S.A. sobre la capacidad de la nueva gestión del Servicio Geológico Minero Argentino en lo que respecta a exploración y puesta en valor de prospectos geotérmicos de alta entalpía.

La presentación atendió tópicos técnicos comparativos entre energías renovables, destacando las ventajas costo/beneficio de la explotación de los recursos geotérmicos para generación limpia de electricidad. Se atendieron además los conceptos modernos de exploración geotérmica, donde se aplican normas técnicas internacionales como lo son las reconocidas *“Best Practices: Guide to Resources Datacollection, Analysis and Presentation for Geothermal Projects”* desarrolladas por los cuerpos técnicos de entes financieros como el IFC del World Bank y las nuevas políticas de calificación de la International Geothermal Association (IGA), institución en la cual el SEGEMAR es integrante.

El Servicio Geológico está en condiciones de llevar adelante una exploración moderna y detallada con un alcance de pre factibilidad.

El 11 de julio la Gerencia General da curso a una invitación dirigida al SEGEMAR para que lleve a cabo un Plan de Exploración sobre sus propiedades mineras ubicadas en el ámbito del Volcán Socompa, el cual supone características de ser un modelo de tipo *“Blind Geothermal System”* sin marcadas expresiones geotermales en superficie, pero con la posibilidad de poseer un reservorio de fluidos en profundidad con aptitudes para su explotación geotermoeléctrica.

El presente detalla sucintamente las disciplinas geocientíficas a desarrollar en tal prospecto con el objetivo final de elaborar un Modelo Conceptual Geotérmico 2D – 3D Preliminar suficiente como para desarrollar un Plan de Perforaciones que defina su potencial económico de generación.

Un dato muy importante a considerar es que cada etapa de la exploración que se registre en una Base de Datos, a disposición de REMSA, será interpretada generando un



Lic. Geol. Alejandro Conde Serra
D. Geotermia

Av. Gral. Paz 5445 (San Martín) - Tel.: (011)5670.0193
alejandro.conde@segemar.gov.ar

Ministerio de Energía y Minería

Secretaría de Minería

República Argentina

reporte con evaluación de éxito a los efectos de brindar las recomendaciones a seguir para la prosecución del proyecto o su inviabilidad.

BREVES COMENTARIOS SOBRE LA ZONA DEL PROYECTO

Si bien el sector poblado más cercano al proyecto es la localidad de Tolar Grande, ubicada a 90 km al este, la región conforma un importante distrito minero de exploración y desarrollo, donde las necesidades de energía van a ser factores decisivos para la industria minera.

Desde el punto de vista logístico su acceso está definido mediante la Ruta Provincial Nº 27 que se recorre a partir de la localidad de Caucharí de la Ruta Nacional Nº 51.

Se cruza el Salar de Arizaro accediéndose a la localidad Estación Caípe con acometida al puesto de frontera Paso Socompa. En el ámbito del prospecto surcan huellas de operaciones mineras que colaboran a los accesos.

No obstante a estas condiciones de acceso, es menester disponer de un Campamento Base para el desarrollo con alto nivel de productividad de las actividades de exploración, en especial en períodos de ausencia de nieve.

El Volcán Socompa no ha sido objeto de una exploración geotérmica sistemática por lo que no se cuentan con antecedentes de estudios específicos en un orden de desarrollo programado. Hay citas de estudios de reconocimiento geotérmico (Gallinski et al) y regionales varios con un significativo aporte al conocimiento geológico de su entorno.

El SEGEMAR a través de su Catálogo de Manifestaciones Termales (Pesce y Miranda, 2003) reporta las características de algunos manantiales tibios que se hallan en la Laguna Socompa ubicada al pie del Volcán. Los datos geoquímicos del trabajo proceden de estudios efectuados por la Universidad de Salta en 1982.

Reforzando la hipótesis de tratarse de un sistema geotermal ciego o de baja intensidad de expresiones termales, la literatura hace mención de suelos tibios en la cima del Volcán, hasta menciona casuales fumarolas probablemente con emisión de vapor magmático.



Imagen 1: escenario regional de los volcanes cuaternarios con posibilidad de constituirse en fuentes de calor geotérmico en un distrito con desarrollo minero.

Con un enfoque geológico y geotérmico nos ilustramos mediante la siguiente imagen Google Earth, a saber:

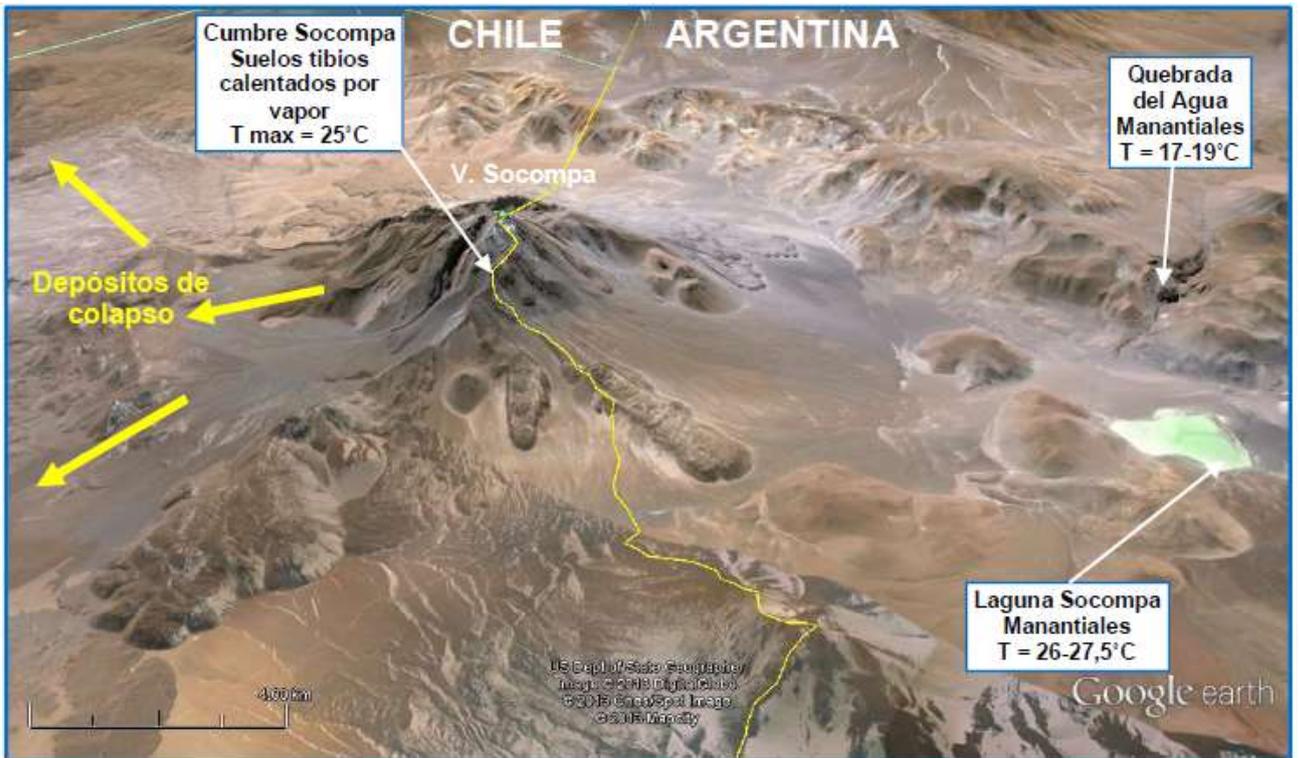


Imagen 2: Rasgos geotérmicos de interés que indican remanente calórico magmático.

FASES DE DESARROLLO DE UN PROYECTO GEOTERMICO



GEOLOGIA CON ENFOQUE GEOTERMICO

El Complejo Volcánico Socompa, ubicado en el límite con Chile a los 24°23'36" latitud Sur y 68°15'22" longitud Oeste (Provincia de Salta), tiene asignada una edad geológica pleistocena – holocena. Los episodios tectónicos predominantemente compresivos aunque con fases distensivas ocurridos durante el Cenozoico, reactivaron fallas y fracturaciones paleozoicas y mesozoicas dando lugar a emplazamientos de plutones y al desarrollo de cadenas de volcanes con una orientación preferente N-S y NNE –SSW.

La última actividad del complejo volcánico registra una edad máxima de 7200 años*, en tanto que las más antiguas arrojan una edad de 2 +/- 1 Ma (UNSa, 1982).

Podrían definirse sistemas hidrológicos profundos constituidos por unidades porosas capaces de contener fluidos, tales como Fm. Geste (conglomerados polimícticos que corresponden a facies de abanicos aluviales del Paleoceno – Eoceno), Fm. Vizcachera (areniscas, areniscas volcánicas, limolitas, tobas y yeso del Oligoceno Medio - Mioceno Inferior). Algunos afloramientos están plegados y cubiertos por coladas fenobasálticas que podrían actuar de sello (Complejo Volcánico Portomán, Volcanitas Cordón de Arizaro). Por encima de este posible sistema hidrológico se halla la Fm. Batín (Mioceno Superior), definida como una roca porosa conformada por conglomerados y areniscas volcánicas muy fracturadas. En forma suprayacente, las Coladas Fisurales de Aracar, Socompa y equivalentes (andesitas basálticas del Plioceno), podrían actuar como roca sello.

Desde principios del siglo XXI el volcán Socompa ha sido de gran interés para paleontólogos, geólogos y biólogos al descubrirse formas de vida extremófilas muy similares a las que originaron la vida en la Tierra (Stephan R.P. Halloy, 2008), que obtienen energía de los componentes de fumarolas sulfurosas con alto contenido de arsénico. Estos ecosistemas así como las aguas termales en las bases del edificio volcánico son evidencias de que todavía mantiene una cámara magmática activa en su interior.

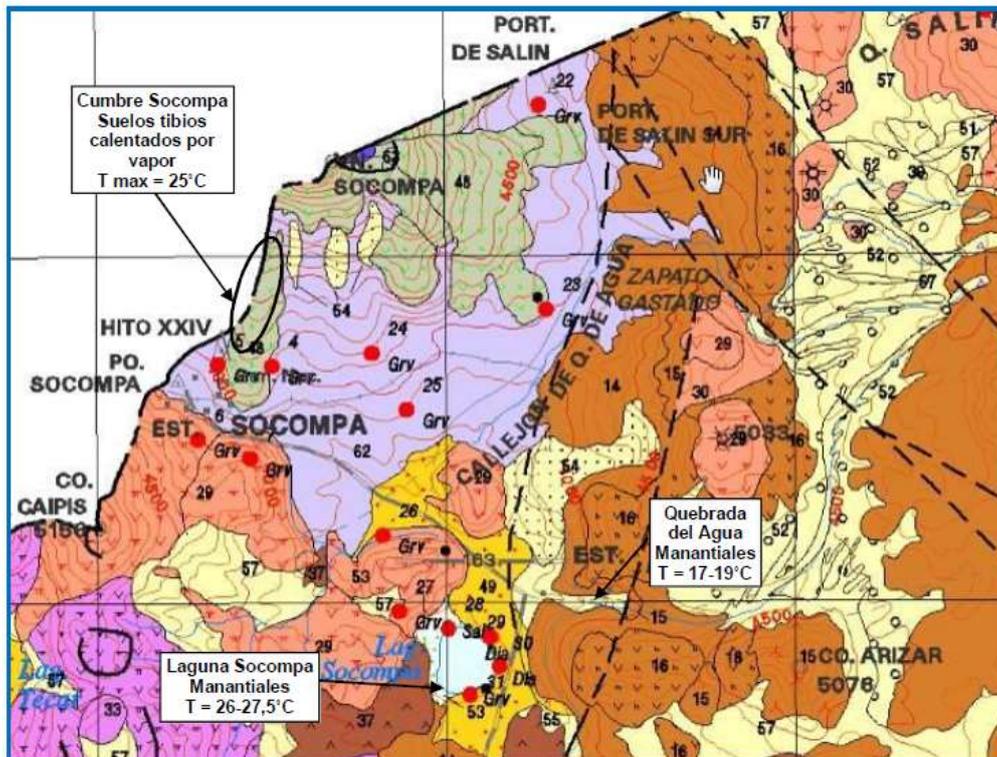


Fig.1 (anterior): Extracto de la Hoja Geológica Socompa 2569-II de escala 1:250.000.

Las manifestaciones termales están representadas generalmente por manantiales que afloran a orilla de lagunas salinas donde la interacción con depósitos salinos afectarían probablemente los resultados y la interpretación de estudios geoquímicos y geotermométricos. No obstante la presencia de suelos tibios y focos fumarólicos en su cima podrían ser manifestaciones interesantes para su muestreo geoquímico como evidencia firme de una actividad hidrotermal debajo del edificio volcánico. No obstante, se reitera de que se trataría de un sistema geotermal ciego, donde razones estratigráficas y estructurales impiden la fuga de los fluidos geotermales de origen profundo.

Un estudio estructural y estructural activo, mediante inSAR, permitirá comprender su situación de sistema blind, acto conexo al desarrollo de un exhaustivo relevamiento geofísico profundo.

Los valores de temperatura medidas, expresados en la Imagen 1 y la Fig. 1 resultan de transmisión verbal vertida por el colega especialista Dr. Paolo Bona (2017), alentando por su experiencia a investigar poniendo el foco en la potencialidad de hallar un reservorio de fluidos en profundidad.

PLAN DE EXPLORACION

OBJETIVOS

Estudio de Prefactibilidad Geotérmica para generación eléctrica del Volcán Socompa

OBJETIVOS CONEXOS

- Identificar la existencia de un Reservorio de Vapores Endógenos.
- Ubicación espacial del reservorio.
- Modelo Conceptual Geológico Geotérmico Preliminar.
- Identificación de blancos de perforación exploratoria.

FASE I, EXPLORACION DE SUPERFICIE

1.-COMPENDIO DE TODA LA INFORMACION GEOLOGICA EXISTENTE

2.- INTERPRETACION DE IMÁGENES SATELITALES

- Imágenes Térmicas determinando ubicación de anomalías calóricas.
- Identificación de alteraciones hidrotermales.
- Identificación de fallas y fracturas. Marco Tectónico.
- Imágenes inSAR determinando áreas de subsidencia o inflación del edificio volcánico, y cinemática estructural reciente (fallas activas). Marco Tectónico de control.
- Imágenes de identificación de vegetación termófila y/o vegetación zonada por humedad-vapor.
- Identificación de red hídrica y sus escurrimientos sobre restitución topoaltimétrica de imagen.
- Identificación de litologías.

La información se sube a una Base de Datos GIS.

**Un dato particular es que el Grupo de Estudios y Seguimiento de Volcanes Activos – GESVA, asigna al Volcán Socompa como una expresión magmática dacítica reciente con erupciones hace 5250 años AP.*

3.- MAPPING

Escala 1:20000 cubriendo una superficie de 75.000 ha. (25 km x 30 km)

El detalle y shapés temáticos serán los siguientes:

- Alteraciones Hidrotermales.
- Rasgos estructurales y cinemática estructural. Resumen descriptivo del ámbito estructural regional y local, acompañando los planos temáticos de cada shape.
- Hidrogeología. Red de drenaje distinguiendo zonas de recarga-descarga.
- Litoestratigrafía. Perfiles. Resumen descriptivo de la estratigrafía, litología y columnas litoestratigráficas.
- Geoformas volcánicas y termales sean por explosiones freatomagmáticas, sínter síliceos y travertínicos aterrazados.
- Cross Sections integrales (servirán para esquemas primigenios de modelos conceptuales).

Debido a la gran superficie se considerará entonces también la generación de mapas temáticos a partir de imágenes de alta resolución (tipo QB, IK, etc). En especial la efusión de vapor en la cima y la posible zonación de vegetación en la misma.

Se subirá la información a la Base de Datos GIS.

4.- PROSPECCION GEOQUIMICA Y FISICOQUIMICA. Sujeta a la consabida escasez de manifestaciones geotermales.

4.1.- MUESTREO

- Muestreo de fumarolas geotermales: fase líquida, fase gaseosa y muestreo de gases disueltos. Será evaluada la posibilidad de acceso.
- Muestreo de manantiales termales en Quebrada del Agua y en la Laguna Socompa. Con cada muestra identificada con su ID, se tomarán datos de Tº, PH, conductividad eléctrica (mS/cm), HCO₃, CO₃, radioactividad alfa/beta/gamma (micro Sievert/h) y sílice disuelta (tipo azul heteropoli).

4.2.- ANALISIS

4.2.1.-ANALISIS DE LA FASE LIQUIDA (Análisis de la composición química e isotópica de la fase líquida)

- Análisis de los Compuestos Mayoritarios, Menores y Trazas.
- Determinaciones isotópicas en agua y condensados

4.2.2.-ANALISIS DE LA FASE GASEOSA (Análisis de la composición química inorgánica, compuestos orgánicos volátiles e isotópica de la fase gaseosa)

- Análisis de los compuestos en fase gaseosa de la ampolla
- Análisis de los compuestos gaseosos en fase líquida de la ampolla Giggenbach.
- Reconstrucción de la composición original del gas
- Análisis isotópicos de la Fase Gaseosa
- Determinación de las relaciones ¹³C/¹²C en el CO₂.
- Determinación de las relaciones ³He/⁴He.

4.3.- RESULTADOS ESPERADOS

4.3.1.- Caracterización de la fase líquida:

- Composición química de las manifestaciones superficiales (SiO₂, Na, K, Ca, Mg, Li, Fe, Al, Mn, Ni, Rb, Cs, As, V, Se, Co, Be, Cd, Zn, Cu, Cr, Hg, Sr, Pb, U, B, SO₄²⁻, NH₃, TSD, fluoruros, cloruros, sulfatos, nitratos, fosfatos, boratos)

- Composición isotópica de las manifestaciones superficiales (¹⁸O/¹⁶O y ²H/¹H)

4.3.2.- Caracterización de la fase gaseosa:

- Composición química de los compuestos gaseosos (gases no condensables: H₂, He, Ar, N₂, O₂, CH₄ y gases condensables en NaOH: CO₂, H₂S, HCl, HF).

- Composición isotópica de los compuestos gaseosos

4.3.3.- En el caso de las emisiones exclusivamente gaseosas

- Composición química de las emisiones gaseosas (NH₃, HCl, HF).

- Composición isotópica de las emisiones gaseosas

4.3.4.- Geotermometrías:

Catiónicas Na/K (Giggenbach 1983) y K/Mg (Giggenbach 1986); Qtz sin pérdida de vapor y con máx pérdida de vapor (Fournier, 1973), Chy (Fournier, 1973), Cry Alfa (Fournier, 1973), Sil. Amorfa (Fournier, 1973) y Aniónicas y gaseosas (H₂/Ar).

Se espera determinar las temperaturas del reservorio y sus condiciones redox a través de estos geoindicadores en fase líquida y gaseosa.

Los resultados a obtener requerirán interpretaciones deducidas de gráficos y diagramas Piper, Ternarios y de gráficas Giggenbach (Grillas de relación de gases H₂/Ar vs CO₂/Ar; H₂/Ar vs T; CH₄/CO₂ vs CO/CO₂; CO/CO₂ vs H₂/Ar).

Todos estos estudios geoquímicos tendrían como objetivo: - la caracterización de los fluidos geotermales – generar modelos geoquímicos conceptuales que ilustren el flow sheet de los fluidos a partir de un reservorio caracterizado de manera preliminar. Y determinar el origen de los fluidos del sistema geotermal (meteórico, magmático y sus mezclas).

5.- RELEVAMIENTO DE GASES DIFUSOS EN SUELO

CO₂, Rn y He mediante espectrómetros portátiles para gases difusos, enfocado a:

- Las Anomalías Térmicas que hayan sido identificadas mediante imágenes termográficas y las observadas en campo (mapeadas).
- Fallas y fracturas identificadas y mapeadas, como así también los lineamientos identificados por inSAR. Se relevarán con espectrómetro de Rn y He.
- En lo posible en las zonas de cima que se encuentran con humedad por emanación de vapores hidrotermales.
- Y en los alrededores a los manantiales termales y orillas del Lago Socompa.

5.1.- RESULTADOS ESPERADOS

Delimitación del sistema, identificación de fallas permeables y zonas con emisión de fluidos.



Foto 1: se ilustran los espectrómetros que se emplearán en este proyecto.

Los resultados se subirán como layers a la plataforma GIS del mapping general.

6.- PROSPECCION GEOFISICA

6.1.- AUDIO MAGNETO TELÚRICO (AMT)

Se ubicarán un mínimo de 40 estaciones AMT

Se harán registros de alta frecuencia para 2 bandas de 10 Hz a 1000 Hz y 750 Hz a 92.000 Hz con arreglo electródico y magnético específico.

6.2.- MAGNETO TELÚRICO DE ALTA FRECUENCIA (MT HF)

En las mismas estaciones AMT se ejecutarán lecturas MT HF para 2 bandas de 50 Hz a 1000 Hz y 0.10 Hz a 100 Hz, con arreglo electródico y magnético específico.

En las estaciones AMT/MT (6.1.- + 6.2.-) se realizarán dos (2) series de registro por banda, resultando un promedio de 8 mediciones.

6.3.- MAGNETO TELURICO DE BAJA FRECUENCIA (MT LF)

Se realizarán un mínimo de 20 mediciones MT de Baja Frecuencia ubicadas según consignas geológicas vulcanológicas.

Se harán lecturas en las bandas de frecuencia entre 0,001Hz a 10.000 Hz con una duración de registro del orden de las 10 a 15 hs.

6.4.- INSTRUMENTAL

Se empleará un equipo AMT/MT (Magneto Telúrico) portátil marca Geometrics modelo Stratagem EH4-II, origen USA, que permitirá prospectar el subsuelo desde unos pocos metros hasta profundidades del orden del kilómetro.



Foto 2: Logger de medición Geometrics model Stratagem con batería de alimentación de 12 volts.

Arreglo de medición en campo AMT (Audio Magneto Telúrico):

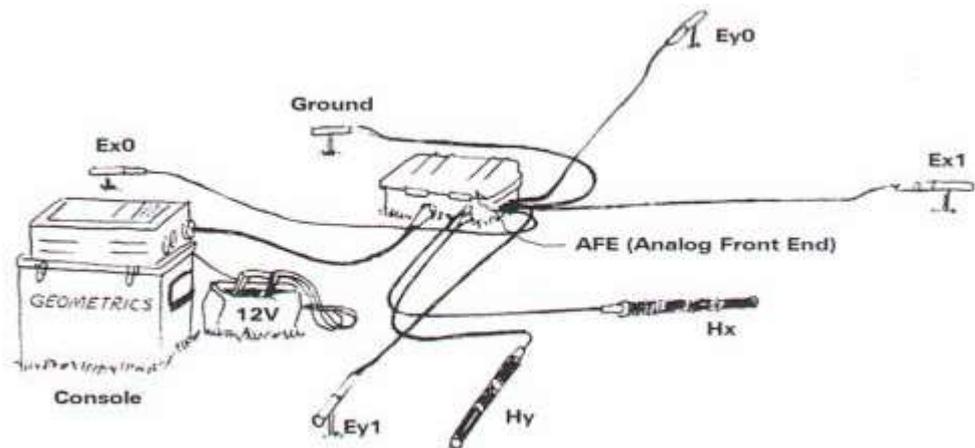


Fig. 2: Arreglo de medición para el sistema AMT (Audio Magneto Telúrico).

Arreglo de medición para mediciones de MT HF y LF:

Foto 3: Nudo de conexión de los 2 sensores magnéticos (barras Hx y Hy) con orientación N-S y E-W, y los 4 dipolos (Ex e Ey) con orientación N-S y E-W.



Foto 4: Imagen de un electrodo impolarizable correspondiente al arreglo de registros para bajas frecuencias MT.

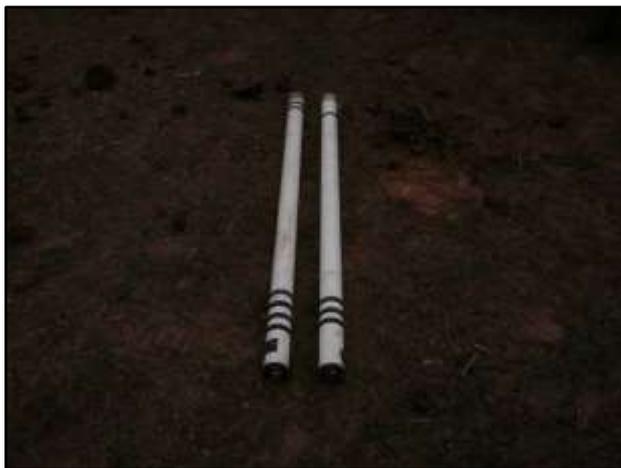


Foto 5: Imagen de la barras de lectura del campo magnético de bajas frecuencias. La barra izquierda está señalizada para ubicarse en sentido E-W y la barra de la derecha para una ubicación en sentido N-S.

Para las mediciones de MT LF de ultra baja frecuencia el equipo será un METRONIX de origen Alemania, empleando un arreglo similar al empleado en las mediciones combinadas AMT/MT HF.

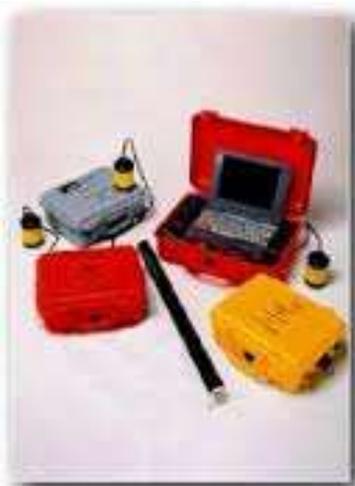


Foto 6: Equipo marca Metronix de MT LF de origen Alemania.

6.5.- SOFTWARE DE ADQUISICION DE DATOS EN CAMPO Y PROCESAMIENTO

El software que se empleará será el IMAGEN, desarrollado por Geometrics de Silicon Valley, San José, California, USA., que procesa series de tiempo, aplica FFT, obtiene inversión, como también puede configurar las mediciones de campo, filtros de tensión urbana, ganancias, límites de coherencias, intervalos de resistividad, profundidad de investigación, intervalos de frecuencias, etc.

El software de proceso será el software WinGLink de Schlumberger de USA.

6.6.- RESULTADOS ESPERADOS

Pseudosecciones 2D, modelos 3D de anomalías electromagnéticas, sean someras como profundas (800 – 5000 m?), asociables a reservorios de fluidos geotermales, acuíferos

someros, feeders de fluencia geotermal, outflow, upflow, discontinuidades debidas a rasgos estructurales, electrounidades asociables a roca sello y reservorio, basamento, feeder de plumas magmáticas y fuentes de calor en caso de que se pueda identificar la cámara magmática. Y finalmente un dimensionamiento aproximado del reservorio de fluidos.

Los planos y secciones de resistividad se volcarán en la plataforma GIS.

7.- ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO

Comprende un mapeo hidrogeológico, identificando zonas de recarga y descarga, red hídrica, pendientes de escurrimiento, litologías, etc.

Se realizarán mediciones de caudales, muestreo geoquímico de los cursos de agua, geoelectrica SEVs (Sondeos Eléctricos Verticales) para identificar acuíferos en profundidades someras, identificación de electrounidades referenciables a niveles de acuitardos y acuícludos, y las pertinentes mediciones de caudal (para balances hídricos).

7.1.- RESULTADO ESPERADO

La obtención de un Modelo Hidrogeológico – Hidroquímico vectorial numérico 2D y 3D que ilustre el circuito de alimentación, confinamiento y fluencia-descarga.

8.- MUESTREO PARA IDENTIFICACION MINERALOGICA Y GEOQUIMICA COMPLEMENTARIA

8.1.- Colectado de muestras para:

- Alteraciones hidrotermales. Arcillas (kao, smc, zeo, ill, chl, epi, wai)
- Estructuras mineralizadas (Qz, Cal, Ba, S, Chy, Sil, etc) aledañas. Mineralización hidrotermal asociada (adu, cal, S, jar, etc).
- Muestreo geoquímico de suelos esquema LAG según una grilla que abarque las manifestaciones geotermales y fallas permeables en una superficie a determinar. *La presencia de Hg absorbido, elementos no volátiles depositados por ascenso de fluidos a escala traza, y combinado todo ello, con los resultados de las anomalías de gases difusos-ocluidos, permitirá delimitar el área de acción o influencia del sistema geotermal.*

8.2.- Análisis mineralógicos completos (DRX, cortes, microscopios, SEM-EDX, etc)

8.3.- Análisis químico en elementos metálicos mayoritarios e ICP multielementos (Pb, Zn, Cu, Ni, Hg, As, Sr, Bi, Sb, Ag, Au, etc).

8.4.- En caso de hallarse estructuras de Sil, Cal o Bar la detección, geoquímica y geotermometría de posibles inclusiones fluidas.

Ilustración de los sitios de muestreo a escalas de detalle como shapes de los planos de la Base de Datos GIS. Se empleará *Rock Code* internacional.

9.- MODELOS CONCEPTUALES ESPECIFICOS

MODELOS GEOFISICO

MODELO ESTRUCTURAL

MODELO GEOQUIMICO

MODELO HIDROGEOLOGICO-HIDROQUIMICO VECTORIAL NUMERICO

10.- MODELO CONCEPTUAL GEOLOGICO GEOTERMICO

Resultado de la interpretación e integración de los modelos anteriores.

Ilustrará de una manera total (2D y 3D) el escenario geotérmico identificando los elementos de composición del campo geotermal hallado, su dinámica, el marco estructural de “trampa” para fluidos, el reservorio propiamente dicho, el ámbito de confinamiento probable de calor, sus outflows y upflows, etc..

Se aplicará el software PETREL desarrollado por la empresa Schlumberger de USA.

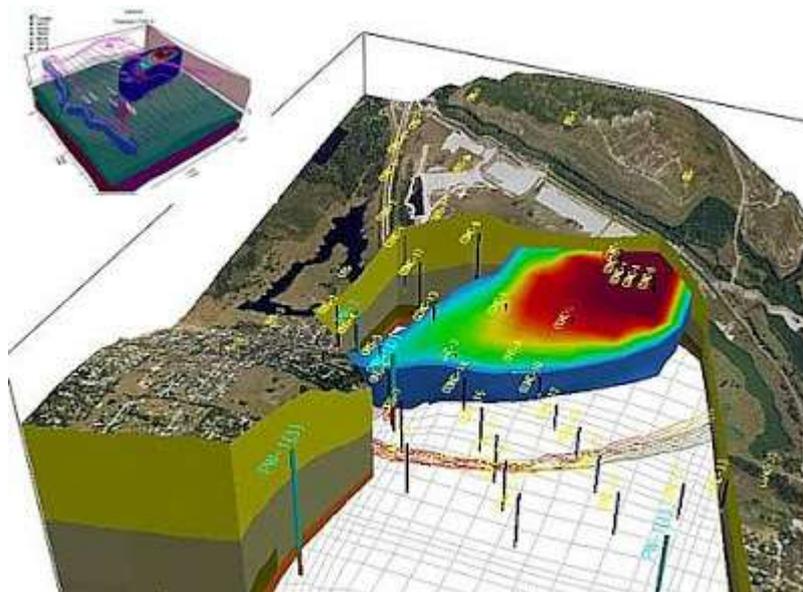


Fig.3: Ejemplo de una simulación con ubicación de pozos mediante software tipo PETREL

10.1. RESULTADO ESPERADO

El objetivo principal de cumplir con esta fase de la exploración será seleccionar blancos para un Programa de Perforaciones:

- Mediante pozos de gradiente térmico de 100 m de profundidad, zonalizar el sector con potencialidad de reservorio subyacente.
- Pozos a diamantina de 800 – 1000 m a fin acercarse al reservorio o interceptar sus fluidos (outflow, upflow) a los efectos de realizar estudios termodinámicos directos. Obviamente el logging de estas perforaciones será un capítulo estratégico en el conocimiento del campo geotérmico.

11.- SIMULACIONES MONTE CARLO

Por otra parte, se podrán hacer estimaciones de capacidad del recurso para almacenamiento de calor inicialmente mediante métodos determinísticos básicos y en adelante con Simulaciones mediante Métodos Volumétricos Probabilístico Monte Carlo de Calor Almacenado (Stored Heat Method). Todo ello en carácter orientativo para evaluar un rango de recurso posible de energía geotérmica en MWe.

12.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Alcanzada la meta de elaborar el Modelo Conceptual Geotérmico que permita fijar un Programa de Perforaciones Exploratorias con el objeto de consolidar tal modelo mediante el conocimiento geológico profundo directo y quizás capturar fluido geotermal, se expondrán entonces recomendaciones que orienten los pasos a seguir para iniciar las Fases II y III.

RESUMEN DE ESTUDIOS APLICADOS A LA EXPLORACIÓN DEL PROSPECTO GEOTERMICO VOLCAN SOCOMPA. SALTA. REMSA.

TRABAJOS para cumplir con la FASE I
1.- COMPENDIO DE INFORMACION GEOLOGICA
2.- INTERPRETACION DE IMÁGENES SENSORES REMOTOS
Imágenes Térmicas
Imágenes alteraciones hidrotermales (aster)
Imágenes identificando rasgos estructurales
Imágenes inSAR determinando subsidencia e inflación
Imágenes de vegetación termófila
Imágenes de Red Hídrica y escurrimientos
Imágenes identificando litologías
3.- MAPPING (1:20000, 25 km x 30 km)
Plano geológicos a escala detalle
Plano Estructural a escala detalle
Plano Hidrogeológico a escala detalle
Plano Litoestratigrafico + perfiles
Plano Topográfico
4.- PROSPECCION GEOQUIMICA Y FISICOQUIMICA
5.- RELEVAMIENTO DE GASES EN SUELO
6.- PROSPECCION GEOFISICA
7.- ESTUDIO HIDROGEOLOGICO + HIDROQUIMICO (1)
8.- MUESTREO MINERALÓGICO Y GEOQUIMICA COMPLEMENTARIO
9.- MODELOS CONCEPTUALES ESPECIFICOS
Modelo Geofísico
Modelo Estructural Integral
Modelo Geoquímico

Modelo Hidrogeológico – Hidroquímico Vectorial Numérico
10.- MODELO CONCEPTUAL GEOLOGICO GEOTERMICO
11.- SIMULACION MONTE CARLO
12.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
ESTUDIO AMBIENTAL LINEA DE BASE *
ESTUDIO DE RIESGO VOLCANOLOGICO**
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA FASE II Y III

- (1) será ejecutado por el Instituto Nacional de Aguas Subterráneas de Latinoamérica (INASLA) perteneciente a la Universidad Nacional de Salta.

*y **Según el progreso de resultados de la exploración se evaluará la necesidad de ejecutar estos estudios que serán llevado a cabo por profesionales de la Universidad Nacional de Salta y SEGEMAR respectivamente.

CRONOGRAMA

Se presenta el siguiente cronograma tentativo y orientativo.

ESTUDIOS	TRIM.1	TRIM.2	TRIM.3	TRIM.4
FASE I				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
FASE II Y III				

DISTRIBUCION DE TAREAS (Participes profesionales e instituciones)

Jefe de Proyecto	Lic. Alejandro Conde Serra	DGRM – Dpto. Geotermia
Soporte Científico	Dr. Raúl Seggiaro	Delegación Salta
Apoyo Logístico	Ing. Ricardo Parra	Director Delegación Salta
Compendio Información Geológica	Lic. Facundo Apasa Lic. Virginia Naón	Delegación Salta Dpto. Geotermia
INTERPRETACION IMAGENES		
Imágenes Térmicas	Lic. Silvia Castro Godoy	Sensores Remotos
Imágenes Aster (alteraciones hidrotermales)	Lic. Cintia Marquetti	DGRM
Imágenes InSAR	Lic. Diego Azcurra	Sensores Remotos
Imágenes Bandas Vegetación	Lic. Eugenia Wright	Sensores Remotos
Imágenes Banda Red Hídrica	Lic. Silvia Castro Godoy	Sensores Remotos
Reprocesamiento Imágenes Mapa Geológico 1.20000	Lic. Facundo Apasa	Delegación Salta
MAPPING (25 km x 30 km)	Lic. Facundo Apasa / Lic. Virginia Naón	Delegación Salta Dpto. de Geotermia
PROSPECCION GEOQUIMICA Y FISICOQUIMICA	Dr. Matteo Lelli	IGG (CNR) Pisa – Italia
RELEVAMIENTO GASES EN SUELOS	Dr. Matteo Lelli	IGG (CNR) Pisa - Italia
PROSPECCION GEOFISICA AMT/MT (HF & LF)	Dra. Alicia Favetto / Dr. Liliana Guevara Lic. Viviana Castano	INGEIS – CONICET Delegación Mendoza
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO	Dr. Rodolfo García	INASLA – UNSA - Salta
MUESTREO MINERALOGICO Y GEOQUIMICO COMPLEMENTARIO + PIMA	Lic. Cintia Marquetti	DGRM
MODELO CONCEPTUAL GEOTERMICO PRELIMINAR	Lic. Alejandro Conde Serra Dr. Raúl Seggiaro	Dpto. de Geotermia Delegación Salta
SIMULACION MONTECARLO	Lic. Virginia Naón	Dpto. de Geotermia
LINEA DE BASE AMBIENTAL		UNSA – Salta
RIESGO VOLCÁNICO		Dir. Medio Ambiente SEGEMAR
PREFACTIBILIDAD ECONOMICA MERCADO ENERGETICO	Ing. Alejandro Villami	ITBA – Buenos Aires
INTERCONSULTAS GEOCIENTIFICAS Y AUDITORIA IGA	Dr. Paolo Bona Dr. Matteo Lelli	CEPAL – ONU IGG – CNR – Pisa - Italia

CONSIDERACIONES

1.- REMSA otorgará los permisos pertinentes para la libre circulación en las propiedades mineras.

- 2.- REMSA se hará cargo del mantenimiento de los caminos de acceso a las concesiones de exploración.
- 3.- SEGEMAR montará un Campamento Base Temporal durante el período de exploración en campo, con condiciones de habitabilidad según las normas HSE que disponga REMSA.
- 4.- SEGEMAR desarrollará las actividades de campo respetando sus manuales HSE.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Elizabeth K. Costello, Stephan R. P. Halloy, Sasha C. Reed, Preston Sowell, and Steven K. Schmidt, 2008. Fumarole-Supported Islands of Biodiversity within a Hyperarid, High-Elevation Landscape on Socompa Volcano, Puna de Atacama, Andes. APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY, Feb. 2009, p. 735–747.
- Hoja geológica 2569 – II Socompa, Provincia de Salta, Eduardo O. Zapettini, Graciela Blasco. Servicio Geológico Minero Argentino, Instituto de Geología y Recursos Minerales, 2001. Boletín N° 260.

Buenos Aires, 22 de agosto de 2017
Lic. Alejandro Conde Serra