SERIE
CONTRIBUCIONES
TECNICAS

Geotermia

3

DEPARTAMENTO
DE GEOTERMIA

INSTITUTO DE
GEOLOGIA Y
RECURSOS
MINERALES
SEGEMAR
SERVICIO GEOLOGICO
MINERO ARGENTINO

Estudio del Potencial de los recursos geotérmicos de baja entalpía de la zona del Ramal (Jujuy)

Para el desarrollo de las economías regionales, orientado a balneoterapia y hotelería

PRE-PROYECTO, 1ª ETAPA

Piedemonte occidental de la sierra de Santa Bárbara

ISSN

BUENOS AIRES • 1994

DEPARTAMENTO
DE GEOTERMIA

DIRECCION NACIONAL DEL
SERVICIO GEOLOGICO
DIRECCION DE RECURSOS
GEOLOGICO-MINEROS

ESTUDIO DEL POTENCIAL DE LOS RECURSOS GEOTERMICOS DE BAJA ENTALPIA DE LA ZONA DEL RAMAL PARA EL DESARROLLO DE LAS ECONOMIAS REGIONALES

PROVINCIA DE JUJUY

PRE-PROYECTO

(PRIMERA ETAPA)

- 1994 -

Breve descripción: El objetivo del Proyecto consiste en la evaluación y utilización de los fluidos geotérmicos de baja entalpía, que se encuentran en la zona del Ramal, Provincia de Jujuy, para utilizarlos en emprendimientos económicos rentables y, contribuir de esta manera al desarrollo de las economias regionales.

ÍNDICE

1. SUMARIO *2*

1.1 Contexto **2**

1.1.1 El subsector y sus principales características 2

1.1.2 Estrategia del proyecto 2

1.1.3 El marco institucional 2

1.2 Justificación del proyecto **3**

1.2.1 Problemas que se han de abordar 3

1.2.1.1 A macronivel 3

1.2.1.2 A micronivel 4

1.2.2 La situación prevista al final del proyecto 4

1.2.3 Beneficiarios previstos 4

1.2.4 La estrategia del proyecto 4

1.2.5 Consideraciones especiales 5

1.3 Objetivos de desarrollo **5**

1.4 Objetivo específico **5**

1.5 Investigación en campos geotérmicos de baja entalpía **7**

1.6 Características regionales de El Ramal **7**

1.7 Área de estudio **8**

2. METODOLOGÍA DE TRABAJO *11*

2.1 Esquema de flujo y contenido del proyecto **11**

2.2 Integrantes del equipo de trabajo **12**

1. SUMARIO

1.1 Contexto

1.1.1 El subsector y sus principales características

La energía geotérmica es un recurso natural que actualmente esta siendo aprovechado a nivel mundial debido a sus ventajas técnicas y económicas comparadas con otras fuentes alternativas. Dentro de la energía geotérmica, la de baja entalpía, es cuantitativamente más importante por que está disponible en zonas mucho más vastas y es la que ha tenido un ritmo de crecimiento muy marcado en los últimos años.

Nuestro territorio, por sus características geológicas, cuenta con un gran número de regiones en donde existen manifestaciones termales. Del conjunto de las áreas geotérmicas del país se ha seleccionado la, zona del Ramal, en la Provincia de Jujuy, que ofrecen buenas perspectivas de aprovechamiento y se caracteriza por presentar diversas fuentes termales que están en contextos geográficos y socioeconómicos interesante. De esta forma el Proyecto, que está dirigido a la utilización del recurso geotérmico, permitiría la realización de diversos emprendimientos económicos y contribuirá al desarrollo de las economías de sectores rurales y urbanos.

1.1.2 Estrategia del proyecto

La estrategia general contempla un esquema de trabajo integrado, que mediante un estudio que involucre a las áreas rurales y urbanas vinculadas a manifestaciones termales de baja entalpía, permitirá el desarrollo de los sectores en donde se encuentra el recurso natural. De esta forma, el objetivo fundamental pasa de ser el desarrollo de la utilización del recurso, al desarrollo rural y urbano propiamente dicho.

La estrategia del proyecto y los arreglos institucionales promueven la cooperación horizontal entre Instituciones Nacionales y Provinciales estimulando la capacitación y entrenamiento de recursos humanos. A su vez, fortalece la capacidad técnica de las instituciones a través del intercambio de tecnologías existentes, conocimientos e identificación de problemas de las regiones, para brindar una adecuada solución que contribuya a elevar las condiciones de vida de sus pobladores.

1.1.3 El marco institucional

Mediante el Decreto Nº 2818 de fecha 29 de diciembre de 1992 se aprueba la estructura organizativa de la Secretaría de Minería del Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos, en el que se establece la Dirección Nacional del Servicio Geológico.

Entre las responsabilidades primarias de la Dirección Nacional del Servicio Geológico está la de examinar la estructura geológica y los recursos naturales no renovables del territorio nacional, y entre sus acciones se encuentra la de participar en los estudios relacionados con el aprovechamiento de los recursos

geotérmicos.

Para tal fin, la Dirección del Servicio Geológico Nacional organiza un área para el análisis de la problemática geotérmica en la Argentina, siendo algunas de sus funciones y misiones las siguientes:

a) estudios de áreas geotérmicas para determinar las características de los campos geotérmicos.

b) estudios socioeconómicos de la región de influencia con especial atención en las actividades regionales a fin de identificar emprendimientos económicamente factibles.

c) análisis de emprendimientos económicos de instalaciones industriales, agrícolas o mineras, que requieran consumo constante o estacional de energía calórica.

d) selección de áreas que reúnan las condiciones más apropiadas para la elaboración de anteproyectos demostrativos de suministro de fluido geotérmico, con sus distintas alternativas de aplicación.

e) realización del estudio de factibilidad en la o las regiones seleccionadas para definir las aplicaciones a realizar demostrando su viabilidad económica.

f) transferir a la actividad privada la explotación del recurso geotérmico.

1.2 Justificación del proyecto

1.2.1 Problemas que se han de abordar

1.2.1.1 A macronivel

La energía geotérmica debe concebirse como un proceso continúo y ordenado del uso del recurso natural para atender los requerimientos de las actividades domésticas, de servicios y productivas, que posibiliten un mejoramiento de las condiciones de vida y de la cantidad y calidad de los productos generados, compatible con la necesidad de preservación productiva del ambiente rural y urbano.

En los actuales programas de desarrollo regional, en particular en lo que respecta a regiones en donde existe manifestaciones termales, el concepto de energía geotérmica está en gran medida ausente, desaprovechando una de las posibilidades de desarrollo en el corto y mediano plazo.

Hasta el presente la incorporación de la energía geotérmica en las áreas menos desarrolladas, en casi todos los países de América Latina, se ha dado en forma desordenada y bajo criterios imitativos de modelos de uso en los países industrializados, desaprovechando consecuentemente el potencial geotérmico disponible y, en muchos casos, deteriorando significativamente el medio ambiente y la calidad de vida.

Es cierto que, en muchos casos, la calidad y dimensión de los recursos geotérmicos disponibles regionalmente no son bien conocidos o las tecnologías necesarias para su utilización no han alcanzado un nivel de madurez razonable o, simplemente, se desconocen.

1.2.1.2 A micronivel

En muchas regiones de Argentina, en especial las menos desarrolladas, existen necesidades energéticas asociadas a la calidad de vida y a la actividad productiva, que requieren de niveles térmicos relativamente bajos. Tal es el caso de la calefacción de viviendas o recintos de crianza de animales, actividades mineras, agro industriales, invernaderos, etc.

Razones fundamentalmente económicas hacen que estas necesidades energéticas en muchos casos no puedan ser cubiertas satisfactoriamente con métodos "convencionales" de abastecimiento energético pues, por sus costos, harían no rentables los emprendimientos.

Se tiene información, de la existencia de manifestaciones geotérmicos de baja entalpía (temperaturas inferiores a 100° C) en la zona del Ramal, que podrían contribuir a satisfacer, aunque sea parcialmente, estos requerimientos. La relativa poca profundidad y costos bajos de explotación justifican un intento de análisis detallado y sistemático de su verdadero potencial. La falta de información ordenada y confiable hace difícil encarar proyectos de inversión que tomen en cuenta este recurso natural.

Es por ello que este proyecto pretende determinar la factibilidad del uso de los campos geotérmicos de baja entalpía para contribuir a solucionar la problemática económico de la región y de las áreas menos desarrolladas, con especial énfasis en el sector rural.

1.2.2 La situación prevista al final del proyecto

Al finalizar el proyecto se tendrá un conocimiento detallado del potencial del recurso, en las regiones estudiadas, e identificados los procesos productivos y/o necesidades energéticas que podrían ser satisfechas.

Asimismo se habrán identificado y, para algunas de ellas ensayado las tecnologías (equipos) necesarias para su aprovechamiento. Actividad que, por demandar la participación de productores de equipos y usuarios servirá para evaluar su grado de aceptabilidad.

En resumen, al finalizar el proyecto se espera poner a disposición los conocimientos y soporte técnico necesario para que los fluidos termales de baja entalpía (30° - 100° C) puedan utilizarse en emprendimientos económicamente rentables. En particular se piensa en instalaciones agrícolas (por ejemplo invernaderos) o industriales (por ejemplo secaderos), con demandas de energía constantes o estacionales.

1.2.3 Beneficiarios previstos

Las economías regionales, y en especial los productores, serán beneficiarios directas del proyecto. Por estar el énfasis puesto en el sector rural se espera que sean sus actores quienes más se beneficien.

1.2.4 La estrategia del proyecto

El conocimiento detallado del recurso geotérmico y las posibilidades técnicas de utilización no solo significan un beneficio directo para la actividad

económica regional sino que tiene implicancias en el mejoramiento de la calidad de vida de la población rural. Esto debido no solo a mayores ingresos sino, también, por la alternativa del uso directo del calor en la vivienda para calefacción.

Otra característica del proyecto es que permitirá la cooperación técnica horizontal entre técnicos de diferentes Instituciones Nacionales y Provinciales, contribuyendo al intercambio de experiencias, facilitando la búsqueda de soluciones y aumentando los niveles de conocimiento.

La participación del sector privado es esencial para el proyecto. Esta participación está pensada en tres niveles, como integrante en las distintas fases del proyecto, como proveedor de equipos y como destinatario final.

1.2.5 Consideraciones especiales

Entre las consideraciones especiales que tiene el proyecto se destaca los posibles beneficios que brindara a grupos familiares regionales, al establecer entre los emprendimientos, aplicaciones económicas del flujo geotérmico. Otra característica es que el sector privado puede tener una participación directa por cuanto los resultados del proyecto están dirigidos fundamentalmente a ese sector, con expectativas posibles de preinversión y/o de inversión.

1.3 Objetivos de desarrollo

Mejorar las condiciones económicas y sociales de las comunidades y productores aislados.

La falta de emprendimientos rentables condiciona fuertemente las posibilidades de desarrollo de las comunidades y/o productores rurales. El aprovechamiento de los recursos geotérmicos locales es una alternativa válida y recomendable siempre que se disponga de la tecnología y sea rentable su implementación. Siendo requisito indispensable un acabado conocimiento de su potencial.

1.4 Objetivo específico

Evaluar el potencial geotérmico de las áreas termales de baja entalpía para determinar las características de los campos geotérmicos.

Resultado 1

Se tendrán identificadas las características geológicas de las áreas geotérmicas de baja entalpía más promisorias.

Actividades

1.1 Análisis y elaboración de la información de base específica.
1.2 Confección de mapas básicos regionales y de detalle de cada una de las áreas.
1.3 Interpretación fotogeológica de los principales rasgos geológicos y tectónicos e interpretación de las imágenes satelitarias.

Resultado 2

Características geoquímicas de los reservorios geotérmicos y la localización

del área de recarga, mediante el estudio de la composición química e isotópica de las aguas termales y frías.

Actividades

2.1 Relevamiento geológico de campo recolección de muestras de rocas, petrográfico, hidrológico, de áreas de alteración.
2.2 Toma de muestras de agua de las manifestaciones termales y frías y la medición in situ de temperatura, pH y caudal.
2.3 Análisis fisicoquímico; conductividad, CO_3^- HCO_3^-, $SO_3^=$, Cl^-, F^-, SiO_2, Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, As, B, Al, Li, SH_2 y NH_3.
2.4 Análisis isotópico: Deuterio, oxígeno^{-18}, tritio.

Resultado 3

Se obtendrá la variación del medio ambiente geoquímico de las aguas mediante la clasificación de los tipos e interacciones (mezcla) de las diferentes aguas y gases. Agrupamiento de aguas y temperaturas mínimas del reservorio.

Actividades

3.1 Desarrollo de los modelos de mezcla y la interacción agua roca.
3.2 Análisis de la distribución de temperatura del reservorio mediante la utilización de diferentes geotermómetros.

Resultado 4

Cuadro de las características tectónicas de importancia regional, con particular énfasis en el estilo estructural y sistemas de fracturas locales.

Actividades

4.1 Análisis de las características estructurales mediante la diferenciación de los modelos de esfuerzos imperantes en la región para determinar las principales estructuras regionales.
4.2 Identificación y mapeo de los sistemas locales de fractura y su vinculación con las manifestaciones termales.
4.3 Estudio gravimétrico para determinar las condiciones geológico-estructurales del subsuelo profundo.
4.4 Relevamiento Magnetotelúrico para establecer las zonas de baja resistividad que permitan diferenciar profundidad de acuíferos.

Resultado 5

Modelo geotérmico preliminar, identificación del área de mayor importancia económica y definir programa de perforaciones.

Actividades

5.1 Análisis integral de las características, estratigráficas, hidrogeológicas, geoquímicas, estructurales y geofísicas.
5.2 Determinación de los principales parámetros para definir el modelo geotérmico: anomalía de calor, unidades litoestratigráfica que actúan de reservorio y/o roca tapón, área de recarga, circulación de fluidos, estructuras de ascenso, etc.
5.3 Evaluación integral y delimitación del área de mayor importancia económica.

5.4 Elaboración del programa de perforación de pozos de exploración.

1.5 Investigación en campos geotérmicos de baja entalpía

La investigación de campos geotérmicos en áreas no volcánicas (ejemplo grandes cuencas sedimentarias) requiere una metodología y estrategia de la exploración que difiere de la utilizada en áreas volcánicas. Esta pone el énfasis en los datos estratigráficos, tectónicos, hidrogeológicos y geoquímicos, información necesaria, para la construcción del modelo de circulación hídrica en el subsuelo y la estimación de la termalidad de los acuíferos.

En general sólo en las áreas en las cuales existen importantes informaciones de subsuelo es posible proceder a la formulación de modelos geotérmicos preliminares antes de completar la etapa geofísica.

Por lo que concierne a la geoquímica de las aguas, es importante diferenciar los niveles de acuíferos y unidades litológicas, por los que circulan los fluidos termales, por que la composición litológica de las mismas, tienen una influencia directa en el calculo de la geotermometria. A su vez, el método de la investigación de las anomalías de fuga, principalmente volátiles desde el reservorio geotérmico, puede resultar inutilizable en casos de campos a baja entalpía en regiones de gradiente geotérmico normal.

1.6 Características regionales de El Ramal

En la provincia de Jujuy se encuentran, procediendo de Oeste hacia Este, tres provincias geológicas: Puna, Cordillera Oriental y Sierras subandinas. Entre la Cordillera Oriental y la Sierras Subandinas se encuentra el Ramal Jujeño.

La Cordillera Oriental constituye la parte central de la provincia, y está caracterizada por escarpadas montañosas, subparalelas, orientadas N-S y separadas por hondos valles. Desde el punto de vista estratigráfico, sobre un basamento Precámbrico se encuentran las litofacies Cámbrico-Pérmicas y Cretácico-Recientes. La sedimentación, desde el Cámbrico hasta el Devónico es casi toda marina, la Carbónico-Pérmica glacifluvial y la Cretácica a Reciente tiene prevalencia continental. Desde el punto de vista tectónico la Cordillera Oriental se caracteriza por pliegues volcados y fallados, desplazadas hacia el Este, los anticlinales son generalmente fallados en su ala oriental.

La Sierra Subandina presenta encima del basamento Proterozoico una sucesión clástica Silúrico-Devónica recubierta por areniscas y conglomerados Cretácicos. A estas facies se sobreponen las formaciones marinas del subgrupo Balbuena. A la parte más alta del Cretácico pertenece el subgrupo de Santa Barbara (continental). El Terciario y el Cuartario están constituidos por facies clásticas. Estructuralmente sobre el basamento intersectado por una tectónica rígida hay un estilo tectónico plástico caracterizado por pliegues-fallas con dirección hacia Este.

Entre la Cordillera Oriental y la Sierra de Santa Barbara se encuentra el Ramal Jujeño. Es una gran cuenca sedimentaria alargada según la dirección estructural andina. En esta cuenca las facies clásticas pueden tener espesores de algunas millares de metros y ser sede de acuíferos importantes.

La presencia de una importante cuenca sedimentaria con manifestaciones termales y las particulares características socioeconómicas de la zona permiten pensar en una utilización económica inmediata de las aguas calientes naturales.

1.7 Área de estudio

El área del Ramal que se analizo, y en la que con posterioridad se desarrolló el estudio de reconocimiento, está comprendida aproximadamente entre los 23° 20' y 24° 40' de latitud sur, los 65° de longitud oeste y el limite Provincial Oriental. En esta región, de aproximadamente 9,200 km^2, se han localizado numerosos manantiales de aguas frías y calientes, perforaciones realizadas para la obtención de agua y perforaciones con objetivos petroleros de las cuales surgen aguas termales. La información fue extraída de Sussini, et. al., (1939); INCYTH, (1976); Arias, (1986) y Aquater, (1979) y se volcó a un mapa a escala 1:200.000 (Figura 1), que se utilizó como base del estudio de reconocimiento.

En el sector sur fueron reconocidos dos manantiales denominados Finca de Cachipunco y Ao Colorado 1, un pozo (Pozo L5F). En el sector Oriental se han localizado tres manantiales (Chorro de la Perla, Palma Sola y Laguna Totorilla) y tres perforaciones petroleras (JB-10, S-Ritx1 y S-Ritx2). En las zonas norte se encuentra un manantial termal (Arroyo Agua Caliente o Termas de Caimancito), y se localizaron siete perforaciones petroleras (JB-1, 3, 9, 10, JE-1, JjEO-x1 y x2). En el sector occidental se seleccionaron cuatro pozos de agua (Calilegua, El Libertador, Higuerita y Fraile Pintado) y un surgente producto de una perforación petrolera (Pozo el Moralito). En el área central se encuentran cuatro manantiales (El Palmar, Palma Sola, Laguna La Quinta, y Las Murisias) y una surgencia producto de una perforación petrolera (Pozo de Siete Aguas).

Del conjunto de la información recopilada las principales manifestaciones de agua caliente se encuentran sobre la vertiente orográfica derecha del río San Francisco en correspondencia de las fallas NNE-SSO. Se interpreta que a lo largo de estas estructuras ascienden los fluidos, que se encuentran confinados. Las fuentes podrían ser de tipo mixto fractura-contacto.

Las características de las principales fuentes termales, que se localizaron en la región son las siguientes:

NOMBRE	T° C	pH	TIPO QUÍMICO DEL AGUA
Baños Altos del Saladillo	60	7,8	sulfatada-clorurada alcalina
Fuente del Palmar	50	6,6	sulfatada-clorurada alcalina
Laguna La Quinta	53	6,0	clorurada alcalina
Chorro de La Perla		7,2	sulfatada alcalina
Angosto de Cachipunco	50	7,5	sulfatada alcalino-térrea
Palma Sola	27	7,5	bicarbonatada alcalina-terrea
Arroyo Agua Caliente	25	7,5	bicarbonatada alcalina-terrea
Las Muricias	29	8	sulfatada alcalina

Las características de vertientes termales, producto de pozos con fines petroleros, son las siguientes:

NOMBRE	PROF. (m)	T° C	pH	TIPO QUÍMICO
YPF Siete Aguas	1.800	71	6,2	sulfatada-clorurada alcalina
YPF El Moralito	500	48	7,4	clorurada alcalina

El estudio de reconocimiento permitirá definir las áreas que presenten alternativas favorable para la posterior utilización de fluidos termales en emprendimientos económicos.

2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

2.1 Esquema de flujo y contenido del proyecto

ESTUDIO	ETAPA	METODOLOGIA	CONTENIDO DE LA INVESTIGACION	DATOS QUE SE ESPERAN
PRE-PROYECTO	PRIMERA	**Zona del Ramal** - Recopilación y análisis bibliográfico - Interpretación de imagenes satelitales y fotogeológicas	- Distribución de manifestaciones geotérmicas - Caminos principales y secundarios - Caracteristicas geológicas del Ramal	- Información de base - Armado de mapas de base regionales con manifestaciones termales
RECONOCIMIENTO	GEOLOGIA DE LA ZONA	**Selección 9.200 km2** SEGUNDA - Reconocimiento del terreno y de las manifestaciones termales - Análisis de la información y selección del área con mayor importancia económica	- Caracteristicas de las manifestaciones - Usos del terreno - Accesibilidad - Caracteristicas hidrológicas	- Estimación del sistema geotérmico - Area con caracteristicas geotérmicas más promisorias y adecuadas para el estudio de prefactibilidad
ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD	TERCERA	**Superficie a seleccionar** - Estudio litoestratigráfico, petrográfico y radimétrico - Estudio geoquímico de las aguas, análisis de caracteristicas fisicas y químicas - Estudios geotermométricos e isotópicos - Estudios estructurales	- Caracterización de las unidades formacionales - Descripciones macroscópicas y microscópicas de sus rocas y ubicación temporal - Caracterización química de las aguas, mezclas de fases. Areas de recarga y circulación. Temperaturas y caudales de surgencia - Esquema estructural, zonas de esfuerzos, sistemas de fracturas, zonas de alivio tensional y su vinculación con las surgencias	- Desarrollo areal de Formaciones Geológicas - Relaciones estratigráficas, espesores, edades - Composición química de las aguas - Temperatura del reservorio - Sistema de mezclas y circulación - Relación estructural, dirección de esfuerzos - Esquema de ascenso de fluidos hidrotermales
	CUARTA	**Superficie a seleccionar** - Estudio gravimétrico - Estudio magnetotelurico MT	- Levantamiento topográfico - Gravedad, estructura subterránea - Curvas de resistividad aparentes (polarización longitudinal y transversal) - Variación de la resistividad con la profundidad - Estructura tridimensional - Análisis de las direcciones principales de circulación de corriente	- Estructura del subsuelo profundo y de capas conductoras - Zonas de alta y baja resistividad - Modelado en una y dos direcciones - Mecanismo de surgencia del agua - Vias de fácil circulación de corriente (fallamiento geológico)
	QUINTA	Estudios geocientificos: - Modelo geológico - Modelo Geofisico - Modelo Geoquímico	- Anomalía de calor - Caracteristicas del reservorio y magnitudes - Rocas tapón y/o zonas de alteración - Modelo computado	- Modelo geotérmico preliminar - Profundidad del reservorio - Areas de mayor importancia económica - Sitios para las perforaciones de pozos

2.2 *Integrantes del equipo de trabajo*

PRIMERA ETAPA

Tarea específica	Nombre	Organismo al que pertenece
Director	Abel H. Pesce	Subsec. de Minería de La Nación

SEGUNDA ETAPA

Tarea específica	Nombre	Organismo al que pertenece
Director	Abel H. Pesce	Subsec. de Minería de La Nación
Responsable	Raúl R. Panighi	Direc. Prov. de Minería y Rec. Energéticos
Geóloga	Susana M. Llewellyn	Direc. Prov. de Minería y Rec. Energéticos

TERCERA ETAPA

Tarea específica	Nombre	Organismo al que pertenece
Director	Abel H. Pesce	Subsec. de Minería de La Nación
Responsable	Walter Cabezas	Direc. Prov. de Minería y Rec. Energéticos
Geóloga	Susana M. Llewellyn	Direc. Prov. de Minería y Rec. Energéticos
Geoquímica	Sonia Aredes	Subsec. de Minería de La Nación
	Fernando Miranda	Subsec. de Minería de La Nación
Estratigrafia	Pablo Johanis	Subsec. de Minería de La Nación
Tectónica	Pablo Johanis	Subsec. de Minería de La Nación
Analista	Germán Garea	Subsec. de Minería de La Nación

CUARTA ETAPA

Tarea específica	Nombre	Organismo al que pertenece
Director	Abel H. Pesce	Subsec. de Minería de La Nación
Responsable	Walter Cabezas	Direc. Prov. de Minería y Rec. Energéticos
Geofísico	Manuel Mamaní	CRICYT - Mendoza IIACE - CONICET
Geofísico	José Kostadinoff	Univ. Nac. del Sur
Analista	Germán Garea	Subsec. de Minería de La Nación
Topografía	/	

QUINTA ETAPA

Tarea específica	Nombre	Organismo al que pertenece
Director	Abel H. Pesce	Subsec. de Minería de La Nación
Responsable	Walter Cabezas	Direc. Prov. de Minería y Rec. Energéticos
Geóloga	Susana M. Llewellyn	Direc. Prov. de Minería y Rec. Energéticos
Geoquímica	Fernando Miranda	Subsec. de Minería de La Nación
Estructuralista	Pablo Johanis	Subsec. de Minería de La Nación
Geofísico	Manuel Mamaní	CRICYT - Mendoza IIACE - CONICET
Geofísico	José Kostadinoff	Univ. Nac. del Sur
Analista	Germán Garea	Sec. de Minería de La Nación