



CASO EXITOSO CHILE

Foto cortesía Enel Green Power

PLANTA GEOTÉRMICA CERRO PABELLÓN, NORTE DE CHILE- PRODUCE 83 MWe

“

Energía geotérmica y petróleo. Una sinergia para el desarrollo energético sostenible

Limpia renovable y de base (24hs)

★ Elaborado por

Dr. Giorgio Stangalino-Experto
Geotérmico

Daniel Raúl López-Economista

Dra. Silvia Barredo-Experta geotérmica

1era planta Piloto geotermoeléctrica

DE SUDAMÉRICA

Primera Planta geotermoeléctrica piloto de Sudamérica en el Campo del Volcán Copahue, Neuquén (**Argentina**), con una potencia de 0,7 MWe. (1988-1997)

El estudio de prefactibilidad fue dirigido por el Dr. Giorgio Stangalino (1980-1981)



Foto cortesía de ADI-NQN

Ejemplos de plantas geotermoeléctricas

Limpia renovable y
de base (24hs)

Laguna Colorada – Bolivia



PLANTA GEOTÉRMICA PILOTO
LAGUNA COLORADA
DE 5MWe
CON UNA PROYECCIÓN
DE 100MWe

Ph. <https://www.sacyr.com>

Planta Geotérmica Miravalles



PLANTA GEOTÉRMICA
MIRAVALLS I - **COSTA RICA**
HOY PRODUCE 55 MWe.

Ph. Foto cortesía

Complejo Geotérmico Salton Sea

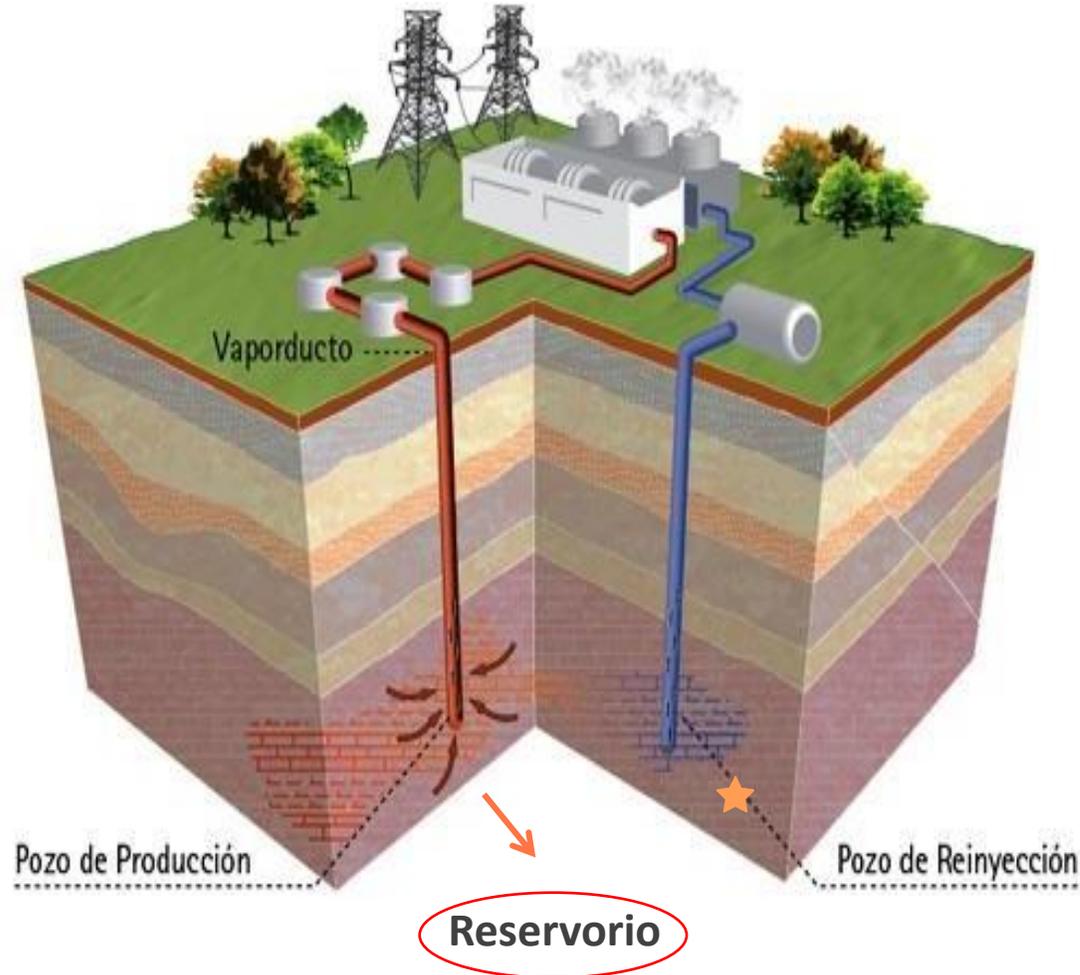


11 PLANTAS DE ENERGÍA
GEOTÉRMICA EXISTENTES QUE
HACEN UN TOTAL DE
432 MWe.
Baja California – EE.UU.

Ph. <https://www.geothermalresourcegroup.com>

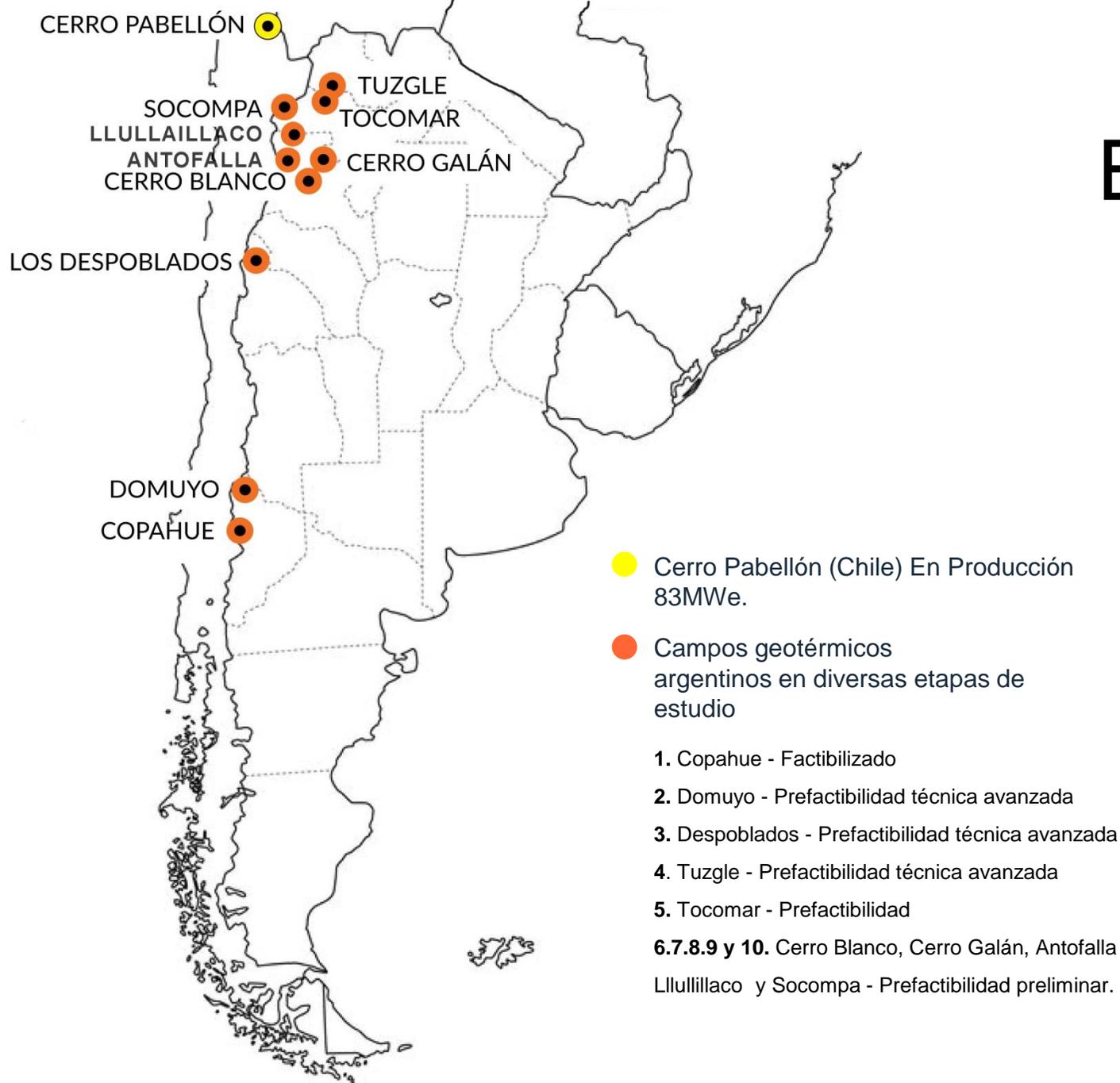
ESQUEMA DE ALIMENTACIÓN DE UNA PLANTA GEOTERMOELÉCTRICA

La vida útil de un reservorio en la generación de energía geotermoeléctrica varía entre 30 y 50 años



El sistema de reinyección, que consiste en enviar los fluidos geotermales, luego de haber producido energía eléctrica, y que todavía presentan una temperatura entorno a los 80- 100° en el reservorio, permite **triplicar** la vida útil del mismo

Gracias a este sistema la energía geotérmica es Limpia y Renovable



El recurso geotérmico en Argentina

Potencialidad estimada de generación de energía geotermoeléctrica

2.000 MWe

 Fuente

Valoración y Gobernanza de los proyectos geotérmicos en américa del sur. Paolo Bona y Manlio F. Coviello, Naciones Unidas CEPAL. 2016

¿PORQUÉ, AHORA LA ENERGÍA GEOTÉRMICA?

La geotermia contribuye a la transición energética de las empresas petroleras debido a que la exploración, factibilidad y explotación, mediante perforaciones profundas, es similar a la que se aplica en la industria del petróleo. Esto permite una reducción en los costos de inversión.

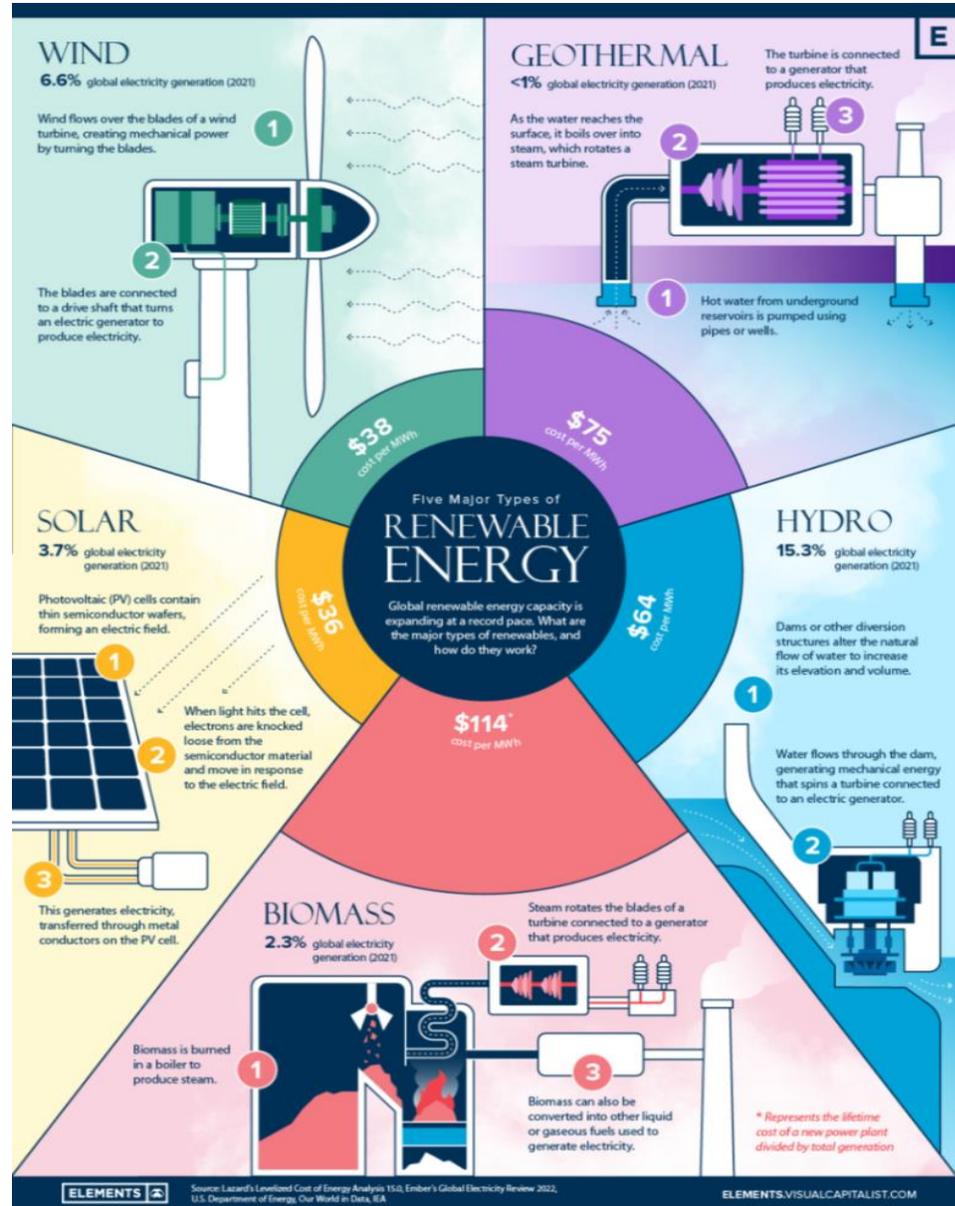
La demanda de energía limpia, renovable y firme (24hs) es creciente, alineada con el cambio climático y en muchos casos un requisito esencial para **una minería verde**. Recientemente se está implementando para la creación de polos energéticos, Data Centers/Inteligencia Artificial (IA) como también para alimentar las líneas de alta tensión de transmisión eléctrica.

En la zona andina, la generación de energía geotermoeléctrica es la única que cumple con estos requisitos, a un costo competitivo.

La integración de la energía geotérmica con las energías solar y/o eólica resulta clave para una minería verde, IA y para las líneas de alta tensión de transmisión eléctrica .

COSTO NIVELADO GENERACIÓN MWe/h / LCOE ENERGÍAS RENOVABLES

Source: Lazard's levelized cost of energy analysis 15.0
| Ember's global Electricity review 2022



Viabilidad económica de la energía geotérmica

Resultados – Comparación
Diésel vs Geotermia | Sector Minero

La Cámara Geotérmica Argentina (CGA) realizó en marzo de 2022 un informe de costos nivelados de generación de energía eléctrica de base (diesel, gas, geotérmica) en la región andina argentina con inversiones privadas y continuas. El informe de la CGA dio como resultado **USD 85 al MWe/h** plantas de una potencia nominal entre 20-30 MWe, similar a los **USD 75 MWe/h** del costo nivelado internacional. De este informe se desprende la comparación entre las energías de potencia firmes (geotérmica y diésel).

Dicha comparación demuestra que si bien la inversión inicial geotérmica es más alta que el diésel, los costos de generación son muy bajos, ya que el costo de **producción diésel ronda los USD 500 MWe/h. Esto implica que a lo largo de la vida útil de un proyecto minero (aprox. 20 años), la utilización de energía geotérmica representa un ahorro considerable.**

Resultados – Comparación Diésel
vs Geotermia | Sector Minero



Viabilidad económica de la energía geotérmica

Resultados – Comparación
Diésel vs Geotermia | Sector Minero

Indicador	Unidad	Díesel 15 Mwe (a)	Geotérmica 15 Mwe (b)	Δ (c) = (b-a)	Δ (d) = (c/a)
CAPEX total	Mill. USD	67,3	90,1	22,8	34%
OPEX	Mill. USD	740,6	31,4	-709,2	-96%
Costo Total	Mill. USD	807,9	121,5	-686,4	-85%
Energía Generada en 20 años	Mill. MWh	1,8	2,5	0,7	43%
VAC al 10%	Mill. USD	363,5	78,4	-285,1	-78%
LCOE	USD/MWh	495,5	85,1	-410,4	-83%
TIR 300 USD/MWh	%	Negativa	48%		
TIR 400 USD/MWh	%	Negativa	63%		
TIR 500 USD/MWh	%	11%	77%		

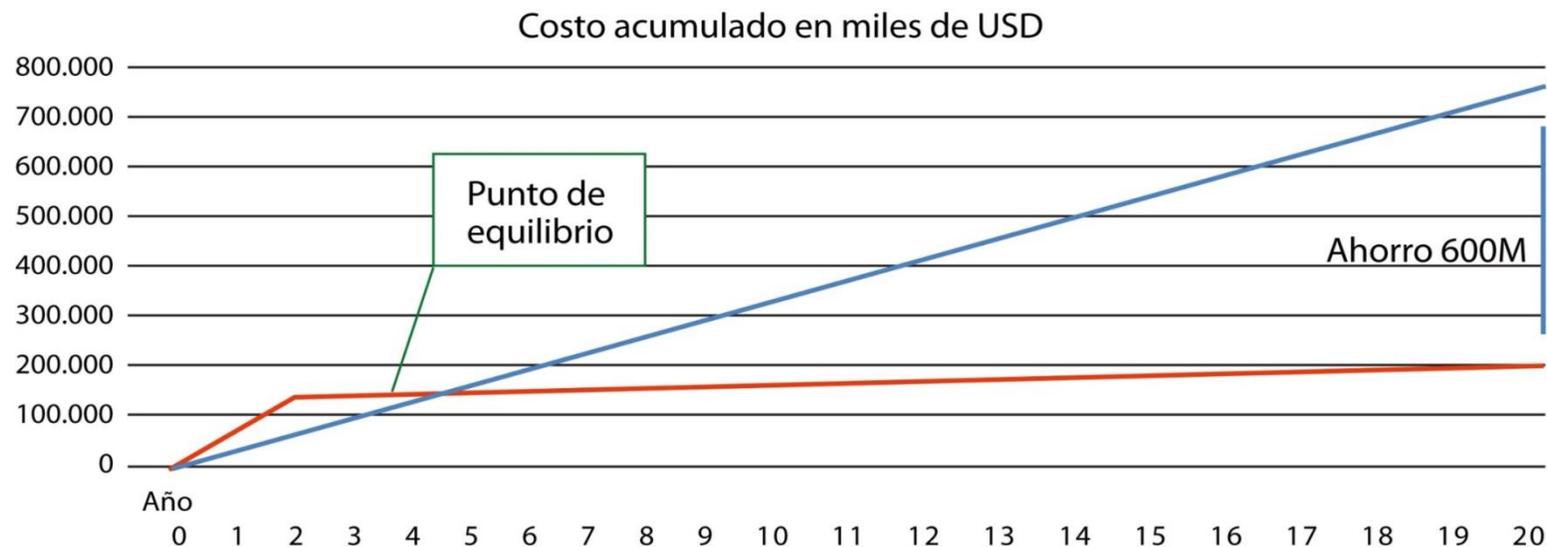
Viabilidad económica de la energía geotérmica

Resultados – Comparación
Diésel vs Geotermia | Sector Minero

Considerando
inversiones
desde 0 en
ambos casos



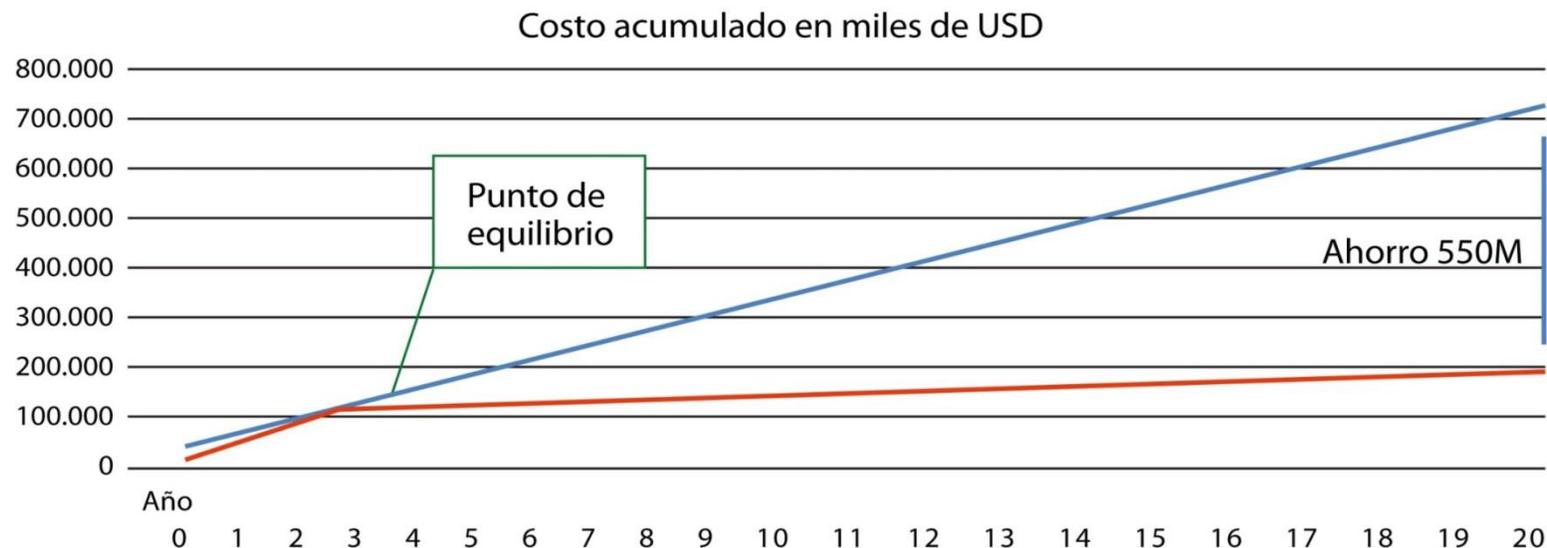
- Diésel 15MWe
- Geotérmica 15MWe



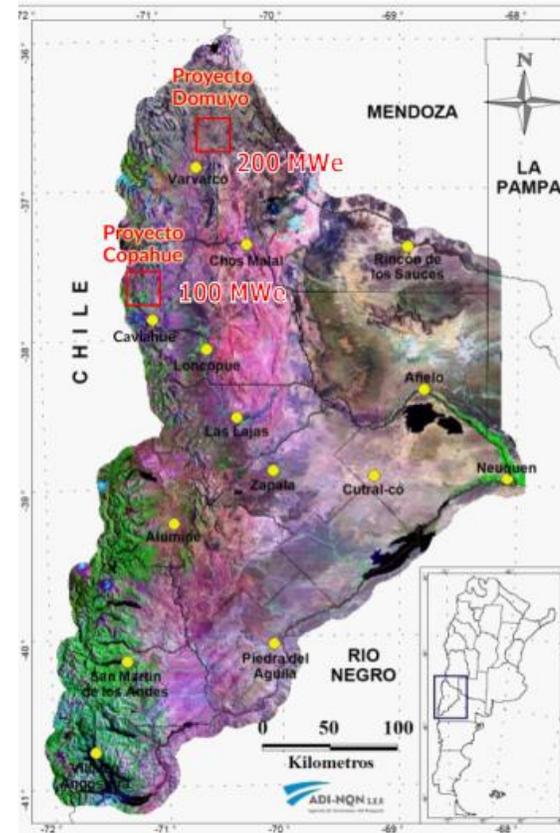
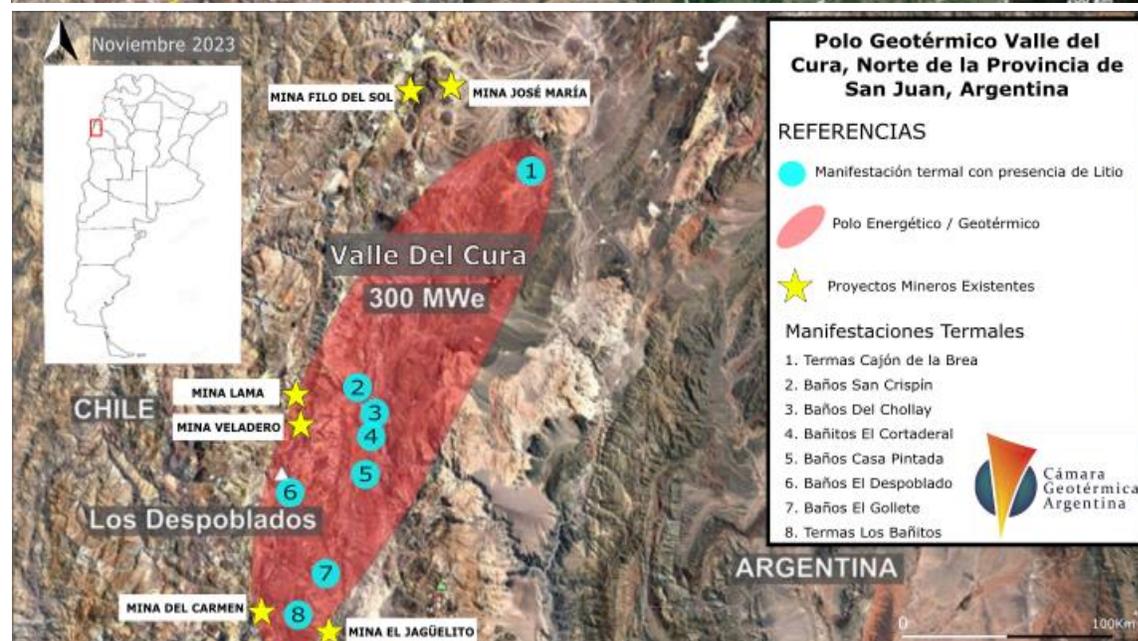
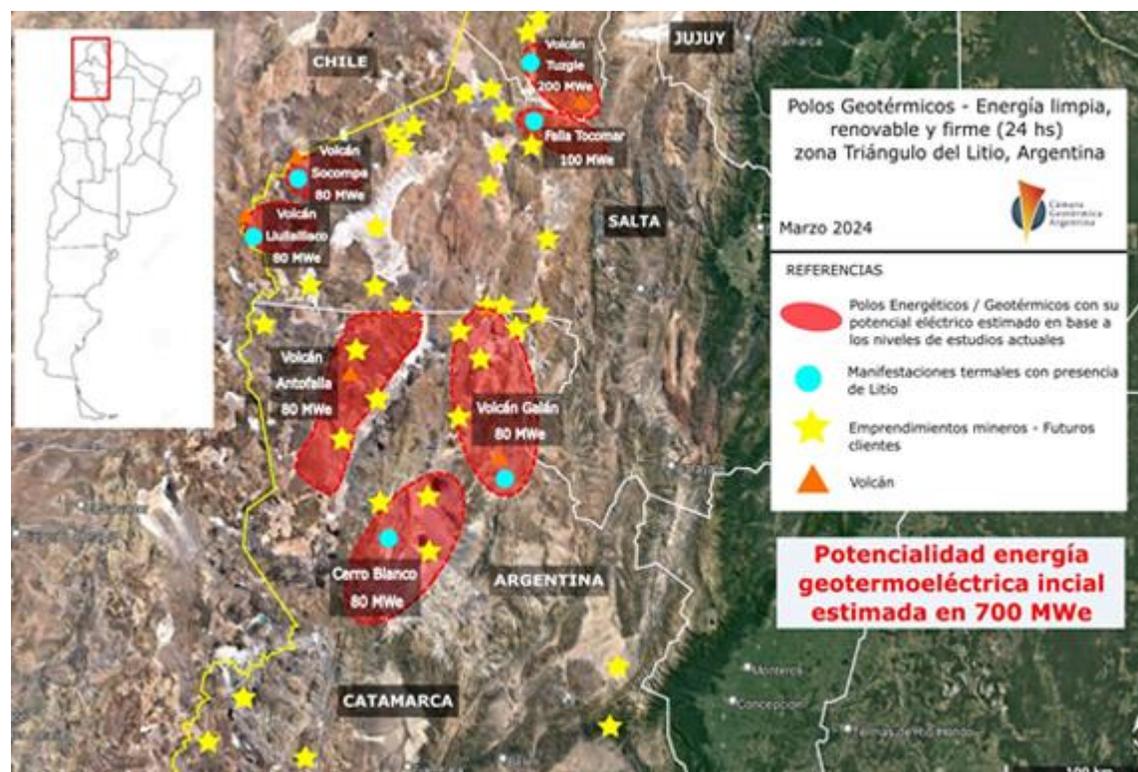
Considerando
reemplazo de
un parque
diésel existente



- Diésel 15MWe (sólo
OPEX + CAPEX x mant.)
- Geotérmica 15MWe



Polos energéticos geotérmicos



Polos Energéticos Geotérmicos en la zona del triángulo del litio argentino, en la zona minera Valle del Cura, San Juan y en la provincia de Neuquén para suministrar energía geotermoeléctrica limpia, renovable y firme (24hs.); ideal para para los emprendimientos mineros, para la creación de polos energéticos, Data Centers/Inteligencia Artificial (IA), como así también para alimentar **las líneas de alta tensión de transmisión eléctrica.**

★ Total estimado de potencial geotermoeléctrico **1300 MWe**

Total estimado de potencial geotermoeléctrico **300 MWe**

PLANTA GEOTERMOELÉCTRICA

Módulo
30MWe

ACTIVIDADES	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
EIA Y SOCIAL APROBADO			
FIRMA DE UN PPA DE VENTA DE MWe/H CON EL CLIENTE, O CONTRATO ADECUADO			
PREFACTIBILIDAD GEOTÉRMICA			
Etapa de exploración superficial			
Perforaciones exploratorias de diámetro pequeño			
PREFACTIBILIDAD LITIO GEOTERMAL			
Análisis químicos superficiales			
FACTIBILIDAD TÉCNICA GEOTÉRMICA			
Etapa de exploración profunda mediante perforaciones de diámetro productivo. Pruebas termodinámicas			
Ingeniería de reservorio para determinar potencia total del campo geotérmico.			
FACTIBILIDAD TÉCNICA LITIO GEOTERMAL			
Aanálisis químico de los fluidos geotermales profundos			
Inicio de Factibilidad Técnica - Económica para la extracción de litio geotermal. *Tiempo total a estimar		*	
DESARROLLO, CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN MARCHA			
Perforaciones productivas /reinyección - planta geotermoeléctrica			

■ Litio
Geotermal

Cronograma de actividades para un primer módulo con inversiones privadas y continuas

PREFACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LA INVERSIÓN

Polos Energéticos
Geotérmicos

- ➔ El desarrollo de una planta geotermoeléctrica suele iniciarse con un primer módulo de 30MWe y en la zona andina el costo del MW instalado es aprox. 4MM USD, lo que totaliza una inversión de 120MM USD. El costo incluye todas las etapas de desarrollo previas desde la exploración hasta la puesta en marcha de la planta.
- ➔ Cabe destacar, que dependiendo de la demanda eléctrica del cliente, la inversión del MW/instalado en los siguientes módulos disminuye aproximadamente un 20% , dado que los costos de la fase de prefactibilidad, Factibilidad y de infraestructura básica de la planta se absorben por el/los módulos iniciales.
- ➔ **Potenciales clientes:** Proyectos mineros, IA y las líneas de alta tensión de transmisión eléctrica.

PREFACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LA INVERSIÓN

Polos Energéticos
Geotérmicos

- ➔ En una primera estimación, se puede considerar una demanda de energía eléctrica firme para proyectos mineros, proyectada en **> 500 MWe y para la IA > 300MWe.**
- ➔ La demanda de las energías renovables geotérmica (24hs) – solar/ eólica (de punta) es creciente y en muchos casos un requisito fundamental para obtener un correcto **balance ambiental** en el sector minero. En la zona andina, la generación conjunta de las energías renovables mencionadas, permiten lograr una real minería verde, económicamente viable.
- ➔ Una vez que la planta geotermoeléctrica comienza a generar los primeros MWe, el inversor/generador puede **emitir y comercializar** CERs (Certificado de reducción de emisiones de CO2) / Créditos de carbono, como actualmente en Argentina están haciendo las plantas solares y eólicas.
- ➔ Importante: **Valor agregado en Litio Geotermal**

PREFACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LA INVERSIÓN

Polos Energéticos
Geotérmicos

- ★ Energía autóctona, limpia, renovable y potencia firme (24hs.)
- ★ Costos de generación competitivos y estables en el tiempo
Independencia energética
- ★ Amigable con el medioambiente y la huella climática (energía verde)

- ★ Los principales **Polos Energéticos Geotérmicos** se encuentran en las cercanías de la mayoría de los emprendimientos mineros y se posiciona en un clima ideal (fresco) para la concreción de los centros de IA.
- ★ Beneficios socioeconómicos para las poblaciones remotas

Ventajas
de la energía geotérmica

Conclusiones

- El nivel de estudios geotérmicos actuales ha permitido estimar la potencia en MWe de los polos geotérmicos presentados en la zona Andina (Jujuy, Salta, Catamarca, San Juan y Neuquén). **En tiempos cortos y dependiendo de la demanda de energía eléctrica de los clientes, puede alcanzarse la potencia en MW indicada en los distintos polos geotérmicos.**
- Estos proyectos pueden concretarse mediante **inversiones privadas y continuas**, a través de **empresas generadoras de energía eléctrica y/o empresas petroleras que apuntan a la transición energética**, para suministrar energía a las diferentes empresas mineras, empresas dedicadas al desarrollo de los centros de IA mediante **un PPA estructurado** de aprox. 20 años de duración como así también empresas interesadas en el **autoabastecimiento**.
- **Beneficios sociales** a las poblaciones remotas que no tienen acceso a la Red Eléctrica Nacional ni provincial.
- La demanda de las energías renovables, geotérmica (24hs.), solar y eólica (de punta) es creciente y en muchos casos un requisito fundamental para obtener un correcto balance ambiental en los proyectos mineros. En la zona andina, la generación conjunta de las energías renovables mencionadas, permite lograr una real **minería verde**.

Sustentabilidad

Equilibrio en tres pilares fundamentales
Económico - social - ambiental

- Salud y bienestar
- Energía asequible y no contaminante
- Industria, innovación e infraestructura
- Reducción de las desigualdades
- Trabajo decente y crecimiento económico
- Acción por el clima



★ Energía limpia, renovable y de firme (24hs)

Muchas gracias



+54 9 11 4180.9257



Giorgio Stangalino
giorgiostangalino@email.com

Daniell López
daniel.lopez@usal.edu.ar

Silvia Patricia Barredo
sbarredo@fi.uba.ar

