



# Geo

**termia**  
**IV Taller Regional**



# SUSTENTABILIDAD Y SOSTENIBILIDAD DEL RECURSO GEOTÉRMICO EN EL SALVADOR CASO DE AHUCHAPÁN

## IV TALLER REGIONAL SOBRE GEOTERMIA.

Un recurso autóctono, sostenible y de gran potencial para la región

Morelia, Michoacán, 16 de Mayo de 2023

Roberto Enrique Renderos  
**LaGeo S.A. de C.V.**



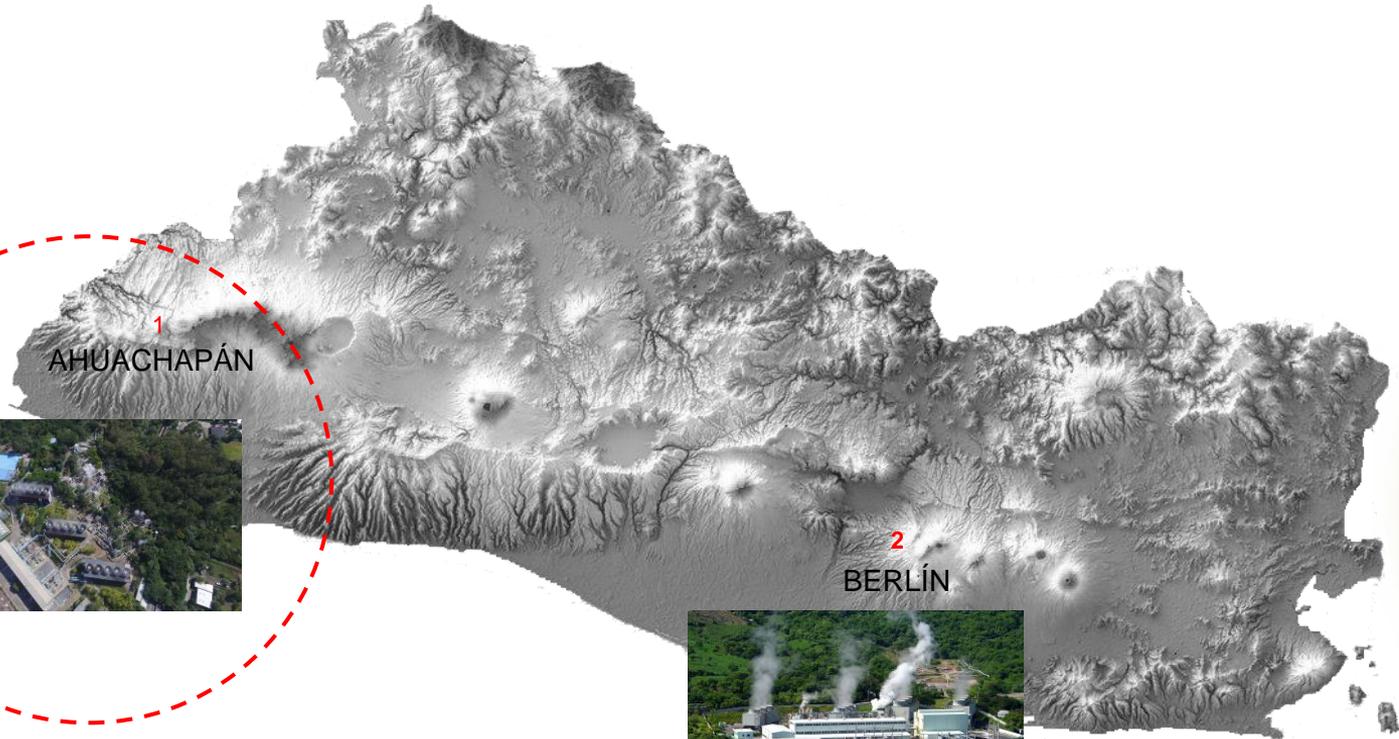


# CONTENIDO

1. SISTEMA GEOTERMICO AHUACHAPÁN Y MODELO CONCEPTUAL
2. CENTRAL GEOTÉRMICA AHUACHAPÁN Y CAMPO DE POZOS
3. EXTRACCIÓN MÁSICA Y PRODUCCIÓN DE ENERGÍA
4. SISTEMA DE REINYECCIÓN
5. RESPUESTA DEL RESERVORIO Y MONITOREO DE CAMPO
6. ESTIMULACIONES ÁCIDAS EN POZOS
7. SOSTENIBILIDAD Y FUTURO DESARROLLO
8. CONCLUSIONES



# CENTRAL GEOTÉRMICA AHUACHAPÁN



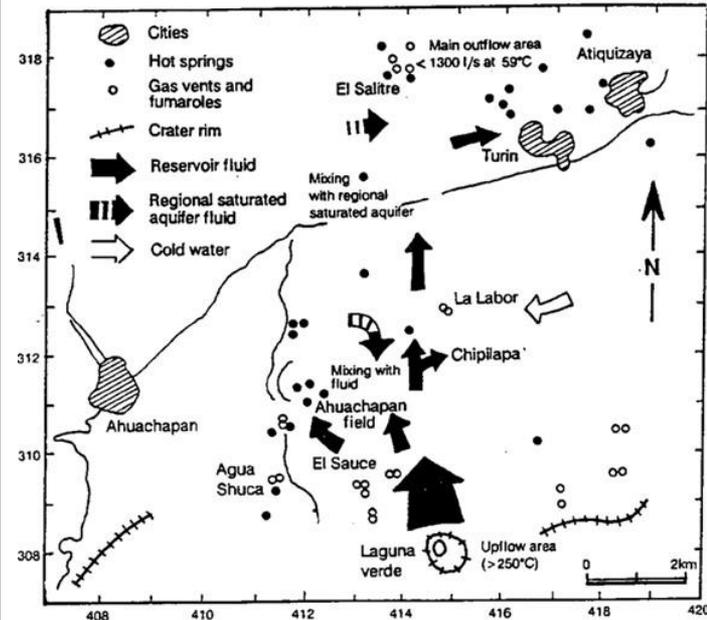
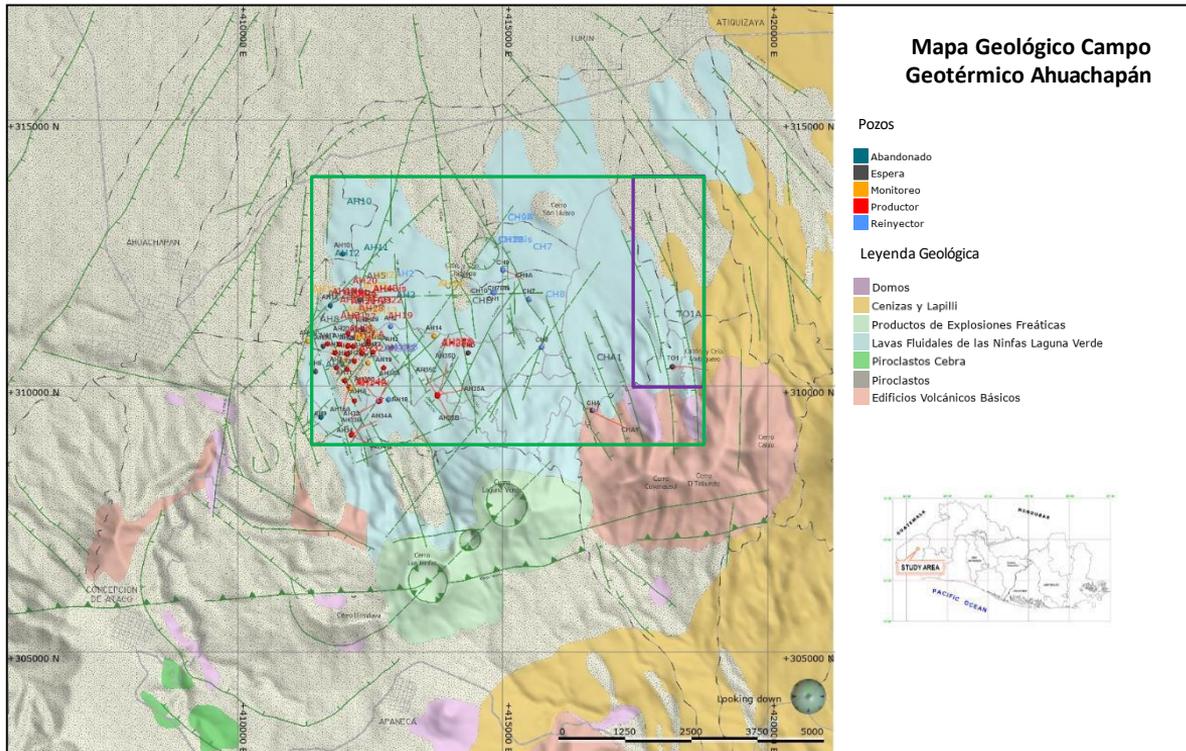
1  
AHUACHAPÁN



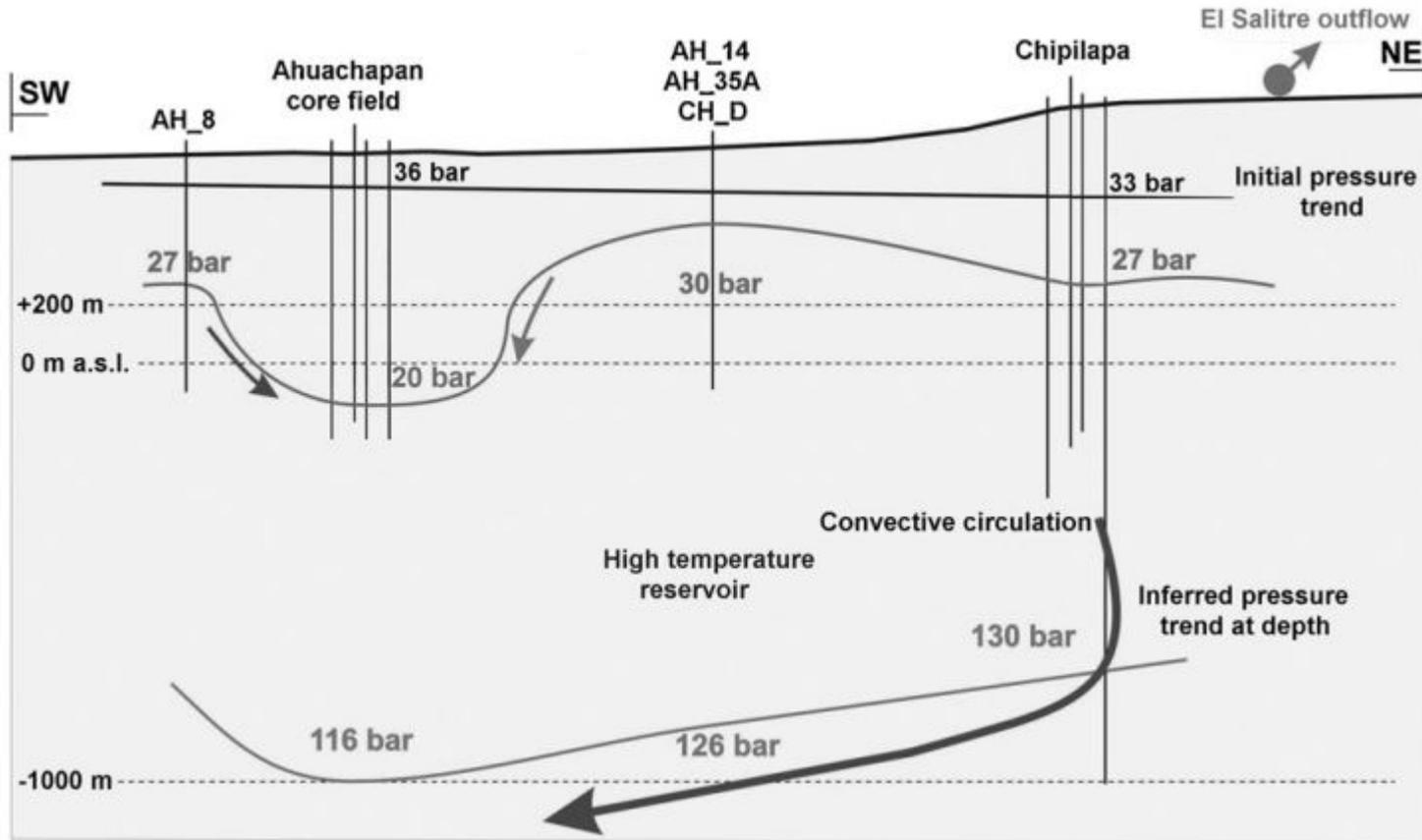
2  
BERLÍN



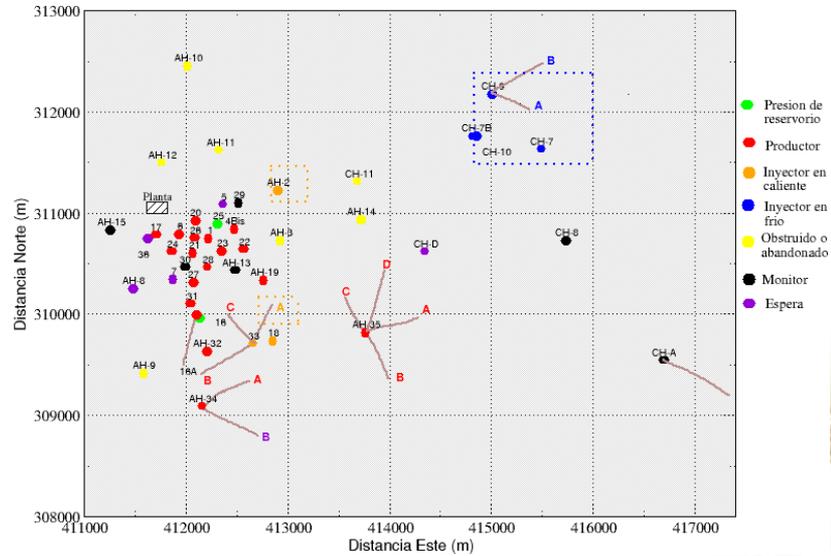
# MODELO CONCEPTUAL EN ESTADO NATURAL AHUACHAPÁN



# MODELO CONCEPTUAL AHUACHAPÁN



# CENTRAL GEOTÉRMICA AHUACHAPÁN Y UBICACIÓN DE POZOS



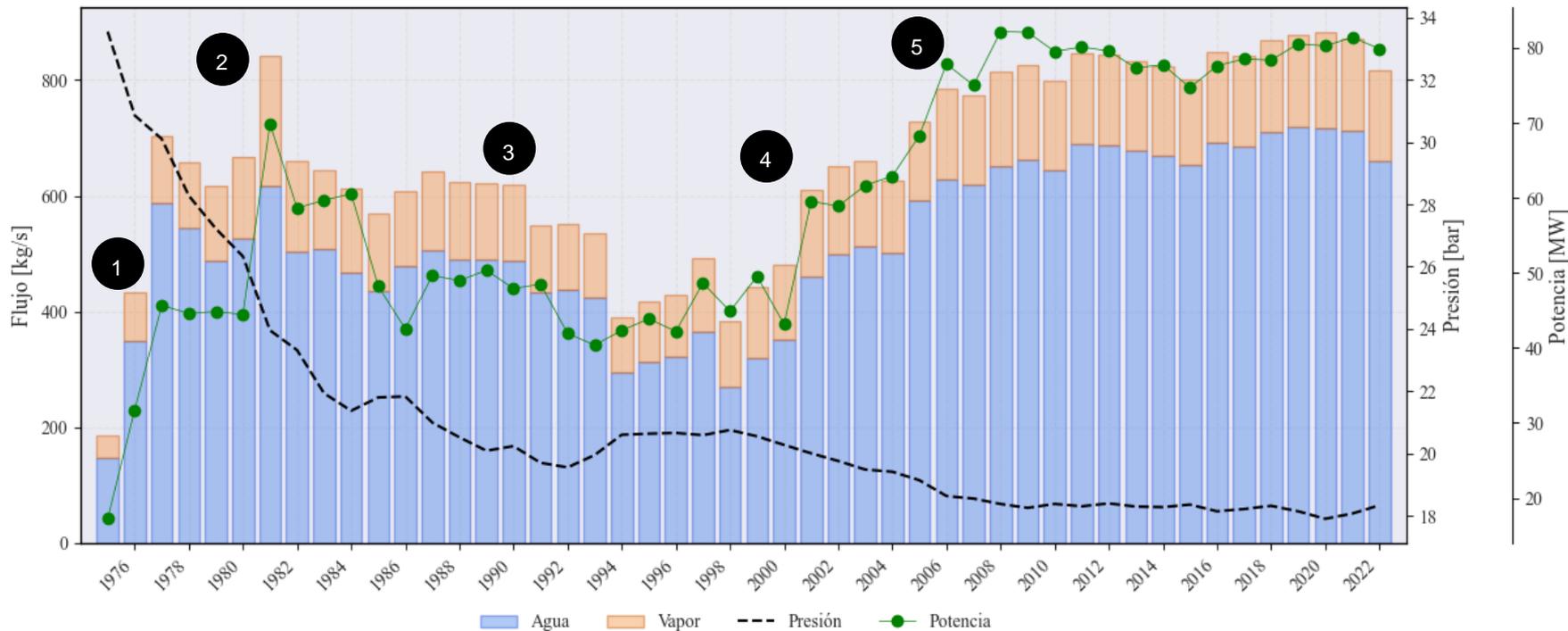
Unidad I 30 MW (1975)  
Unidad II 30 MW (1976)  
Unidad III 35 MW (1981)

Generación actual ~ 84 Mwe  
Extracción: 162 kg/s de vapor  
750 kg/s de agua

Profundidad de pozos: 590-2750 m  
Reservorio líquido T: 200-250°C  
Entalpía ~ 1050 kJ/kg  
Fracción de vapor 0.13 – 1.0  
Cl: 4000-1000 ppm  
GNC: 0.2-1.4%

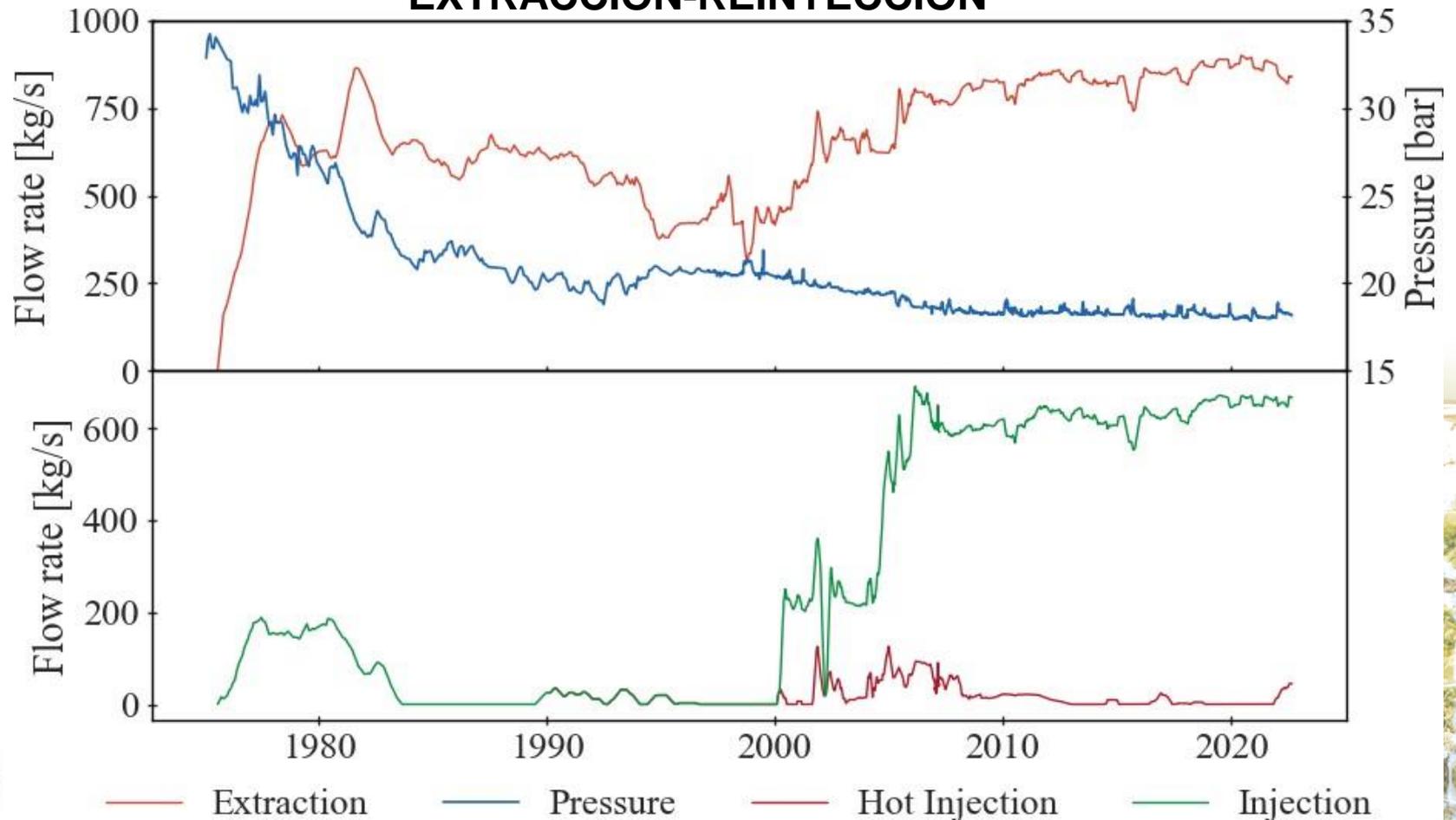


# EXTRACCIÓN Y PRODUCCIÓN DE ENERGÍA



1. 1975 U I: 30 MW (100 GWh); 1976 U II (60 MW): 250 GWh
2. En 1981 con la entrada en operación de la U III se alcanza una potencia de 80 MW (580 GWh).
3. En 1991 la energía producida es de 400 GWh. Se cierran pozos de baja calidad y se conectan pozos de mayor entalpía.
4. En la década de los 90's inicia período de recuperación. Proyecto de estabilización 1995-1999 y se perforan pozos en el sector Sur.
5. 2000-2008: proyecto optimización. Reinyección total (2004) se alcanza una producción de 600 GWh con una extracción de 800 kg/s (2006)
6. Actualmente la producción es de ~ 650 GWh al año

# EXTRACCIÓN-REINYECCIÓN





# SISTEMA DE REINYECCIÓN

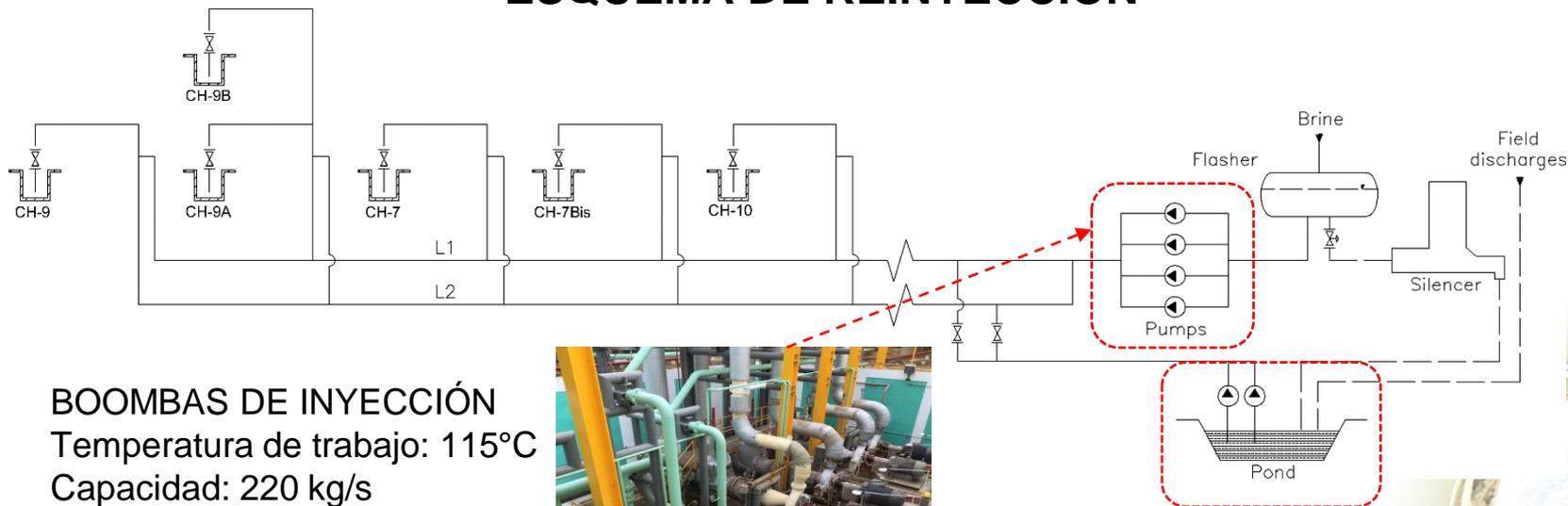


1. Un canal de concreto de 75 km de longitud se utilizó entre octubre de 1982 y agosto de 2004 para enviar el agua hacia el océano pacífico
2. En el inicio de la operación de la CG Ahuachapán se utilizaron algunos pozos reinyectores en el centro del campo (AH-2, AH-8, AH17, AH,19 y AH-29) el resto del agua era enviada por el canaleta.





# ESQUEMA DE REINYECCIÓN



**BOOMBAS DE INYECCIÓN**  
Temperatura de trabajo: 115°C  
Capacidad: 220 kg/s



**BOOMBAS DE EMERGENCIA**  
Temperatura de trabajo: 60°C  
Capacidad: 280 kg/s





## MONITOREO

**GEOQUÍMICO:** química de fluidos en pozos y manifestaciones superficiales

**GEOFÍSICO:** Subsistencia, gravimetría, sísmica

**GEOLÓGICO:** evolución de manifestaciones superficiales

**PRUEBAS Y REGISTROS EN POZOS:** presión de reservorio, registros PT, PTS, pruebas de producción, Inyectividad, fall-off, Caliper, electromagnético.

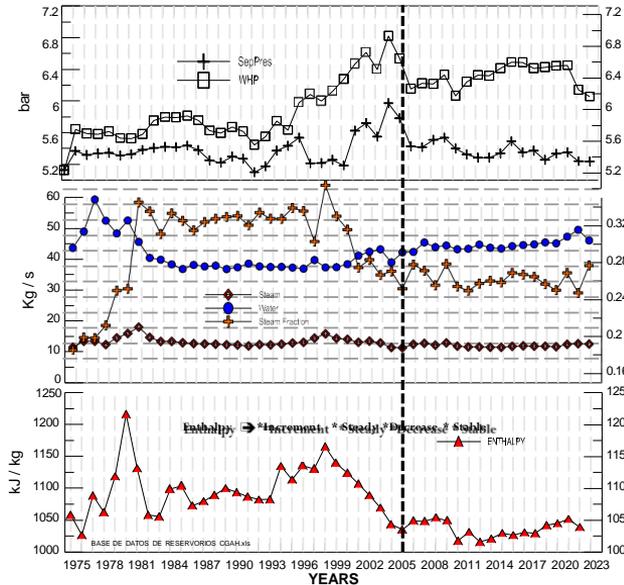
**MEDICIÓN EN TUBERÍA:** Flujos de vapor y agua, presiones, TFT

**MODELADO:** Integración de información y modelado numérico



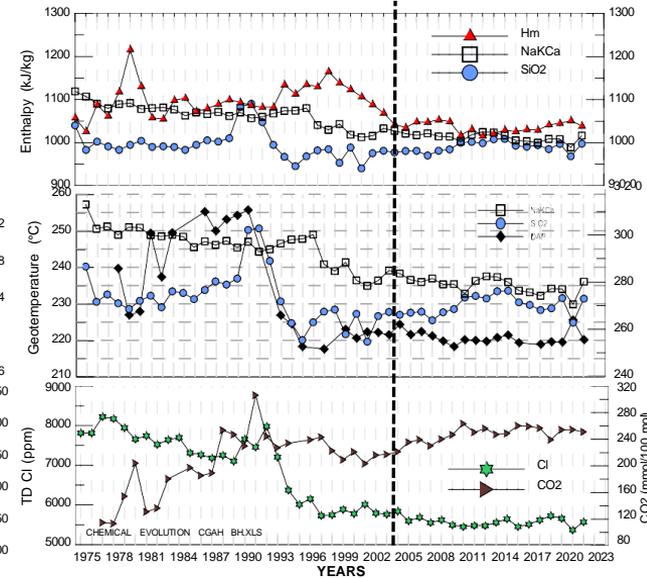
# INDICADORES TERMODINÁMICOS Y GEOQUÍMICOS

## EVOLUTION

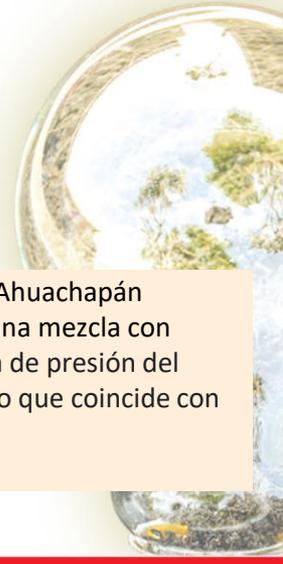


FIGURES: PRODUCTION CHARACTERISTICS EVOLUTION

## AHUACHAPAN WELLFIELD AVERAGE



FIGURES: GEOCHEMICAL PARAMETERS EVOLUTION

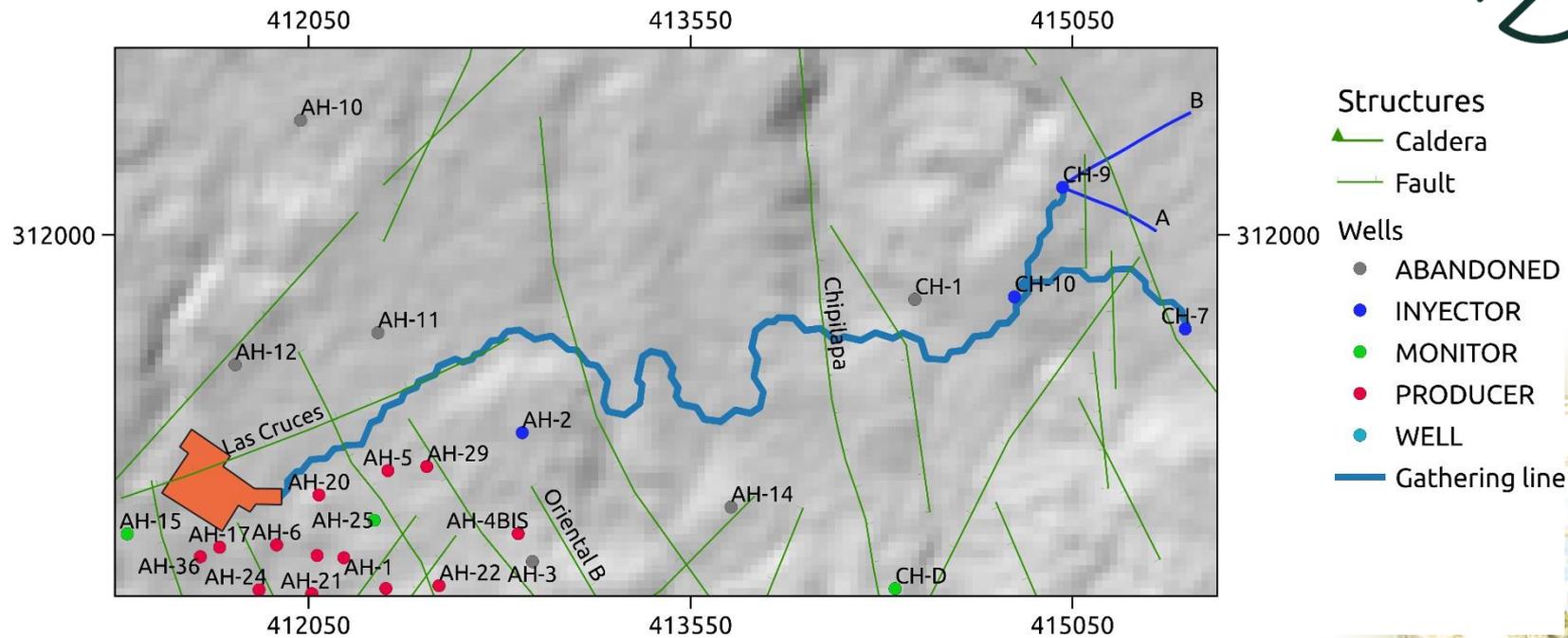


El global de pozos muestra cambios en algunos indicadores termodinámicos y químicos. Al inicio de la operación, el campo de pozos de Ahuachapán presenta un proceso de ebullición y mezcla que provoca un enfriamiento y una dilución. Por ejemplo el contenido de cloruros muestra una mezcla con fluidos menos salinos que es más notorio en el período 1977 a 2000, luego menos pronunciada probablemente debido a la menor caída de presión del yacimiento, lo que provocó que entraran menos fluidos salinos y calientes en el yacimiento. Entre 1990 y 1993 se observa un incremento que coincide con un aumento de presión y entalpía observada en algunos pozos.

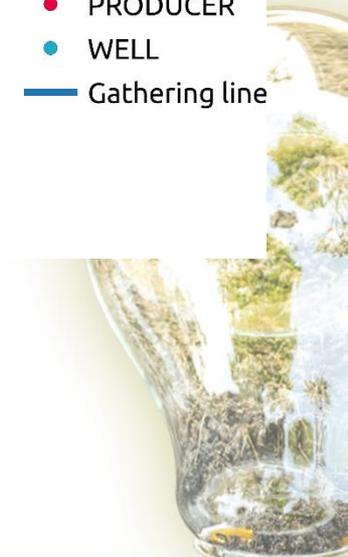
Los geotermómetros muestran la misma tendencia y actualmente indican la existencia de equilibrio según la comparación de entalpías.



# PRUEBAS DE TRAZADORES

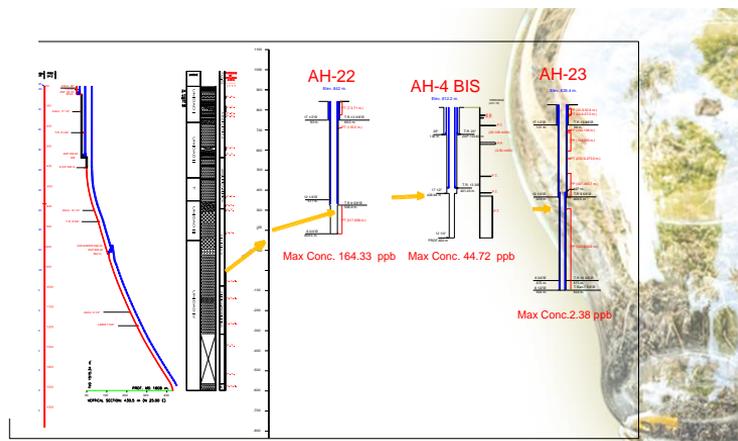
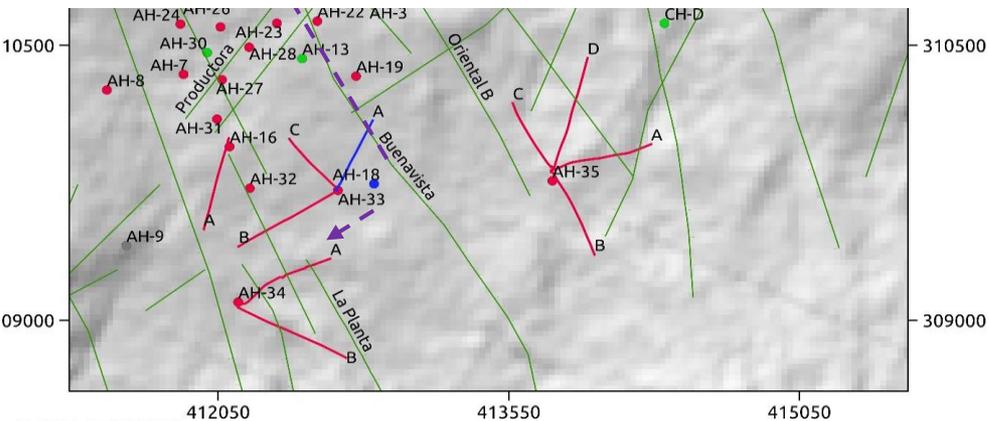
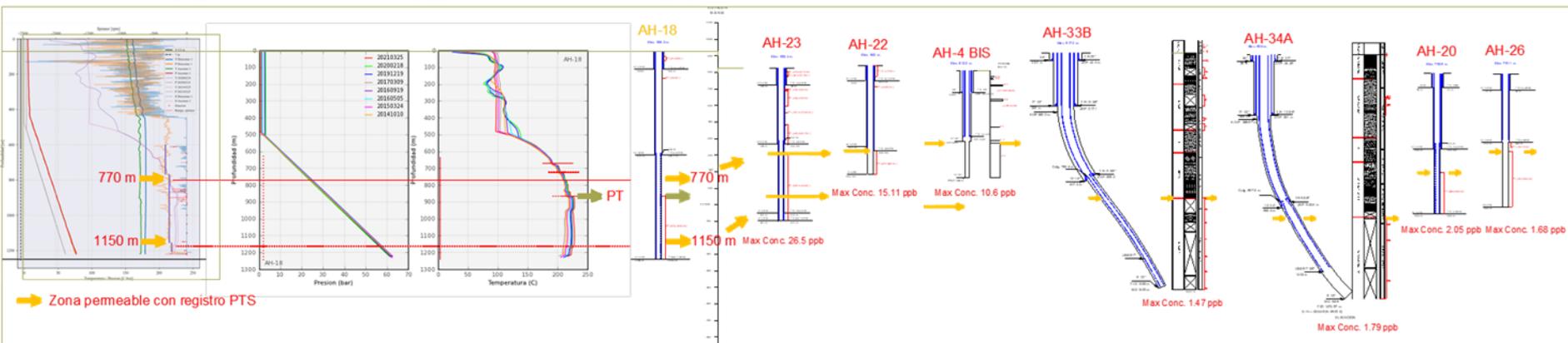


POZO	TRACER	Días	Flujo (kg/s)	Señal
CH-7 BIS	I-125	231	120	0
CH-7 BIS	Sulfonato	200	100	0
CH-10	Sulfonato	210	38	0



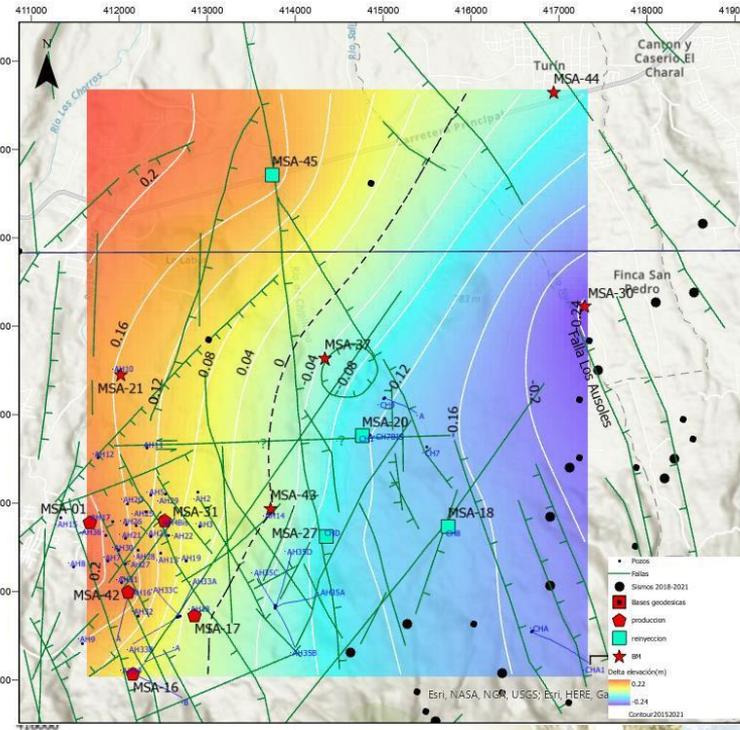
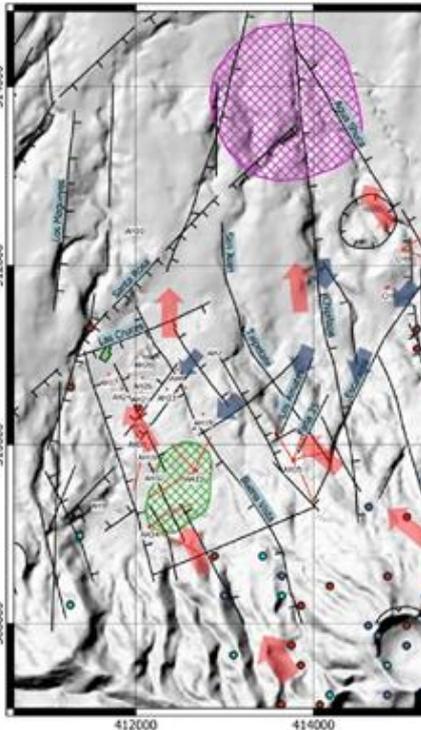
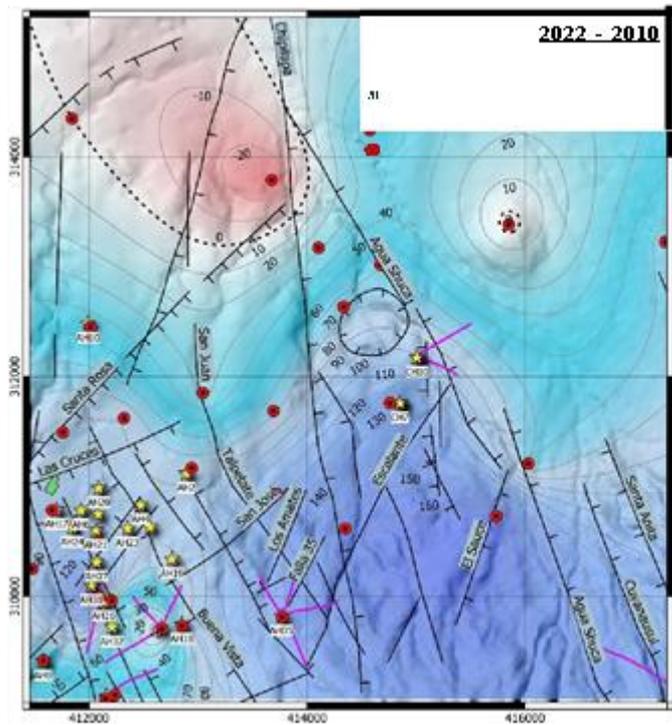


# TRAZADORES AÑO 2022 POZOS AH33A Y AH-18

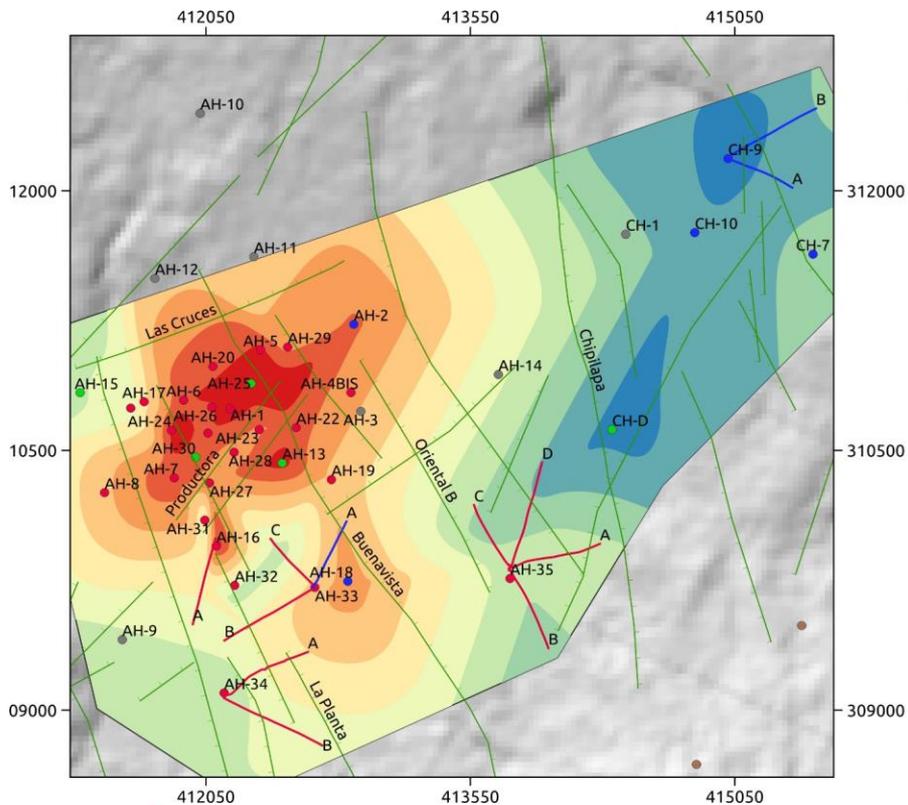




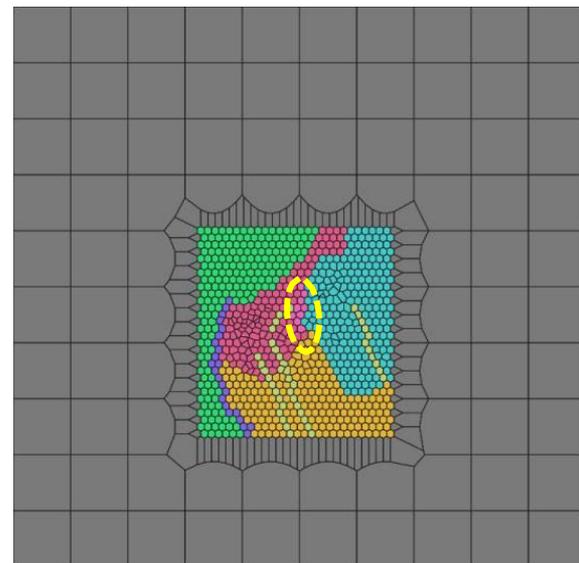
# GRAVIMETRÍA Y SUBSIDENCIA



# SOPORTE DE PRESIÓN



- Structures**
- Caldera
  - Fault
- Wells**
- ABANDONED
  - INJECTOR
  - MONITOR
  - PRODUCER
  - WELL
- Pressure Drop [bar]**
- 18.1 -15.5
  - 15.5 -12.8
  - 12.8 -10.2
  - 10.2 -7.6
  - 7.6 -5.0
  - 5.0 -2.4
  - 2.4 0.2
  - 0.2 -2.8
  - 2.8 -5.4
  - 5.4 -8.0



- Rocas**
- ANDEI
  - BARRS
  - CHBAR
  - CHIRK
  - FAULT
  - OUTER
  - OUTNR
  - STHRK
  - STRES
  - BASEM
  - YNGFA
  - SURFA
  - ANDEI
  - OLDAG

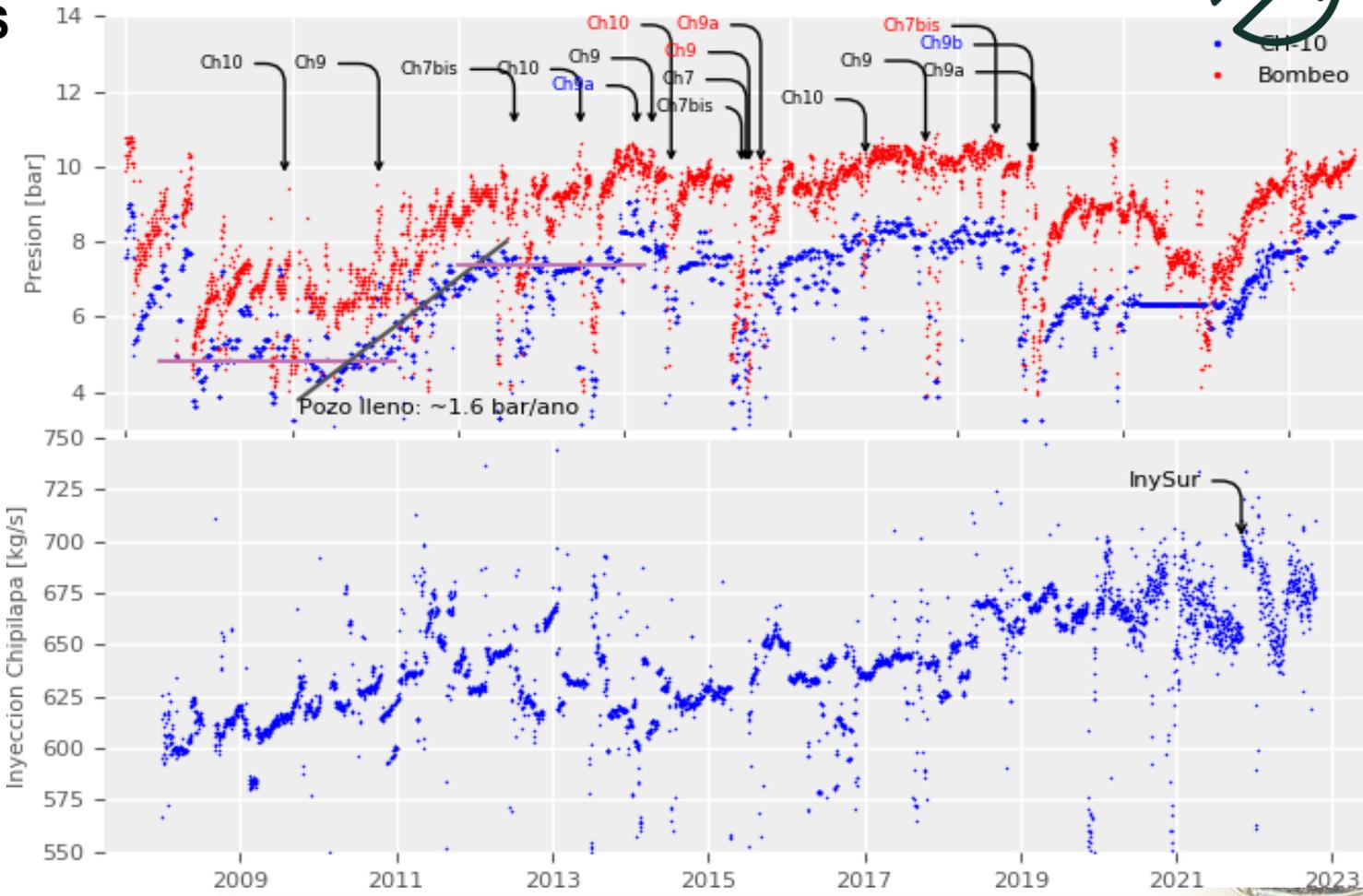


# MANTENIMIENTO EN POZOS: ESTIMULACIONES ÁCIDAS

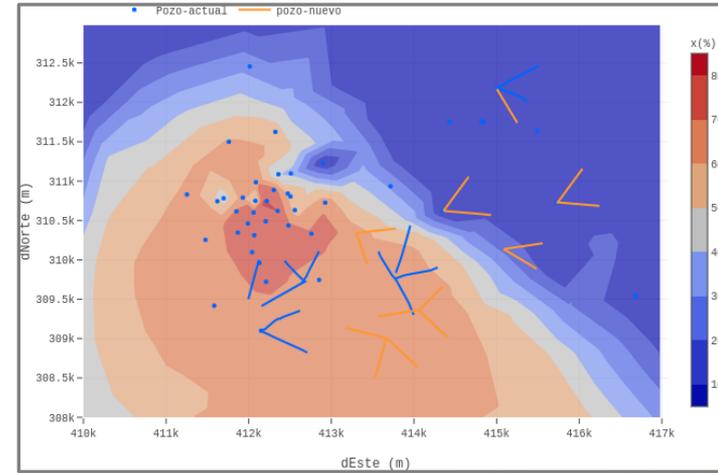
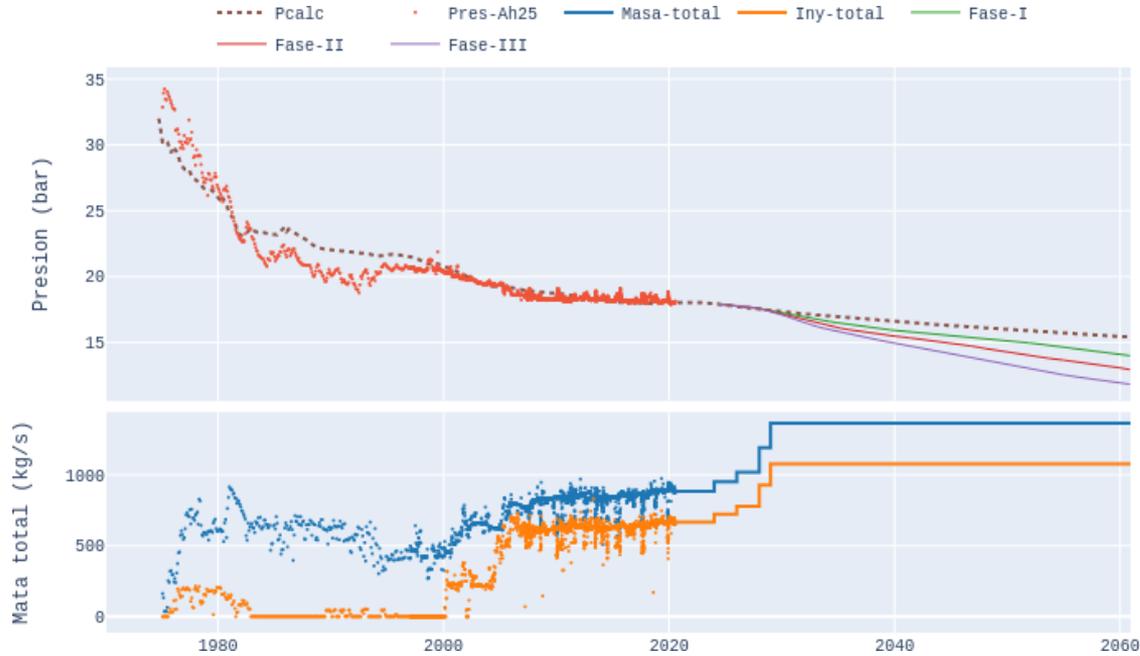




# ESTIMULACIONES ÁCIDAS EN POZOS REINYECTORES



# FUTURO DESARROLLO DEL CAMPO





# CONCLUSIONES



- La Central Geotérmica Ahuachapán tiene 48 años de operación ininterrumpida
- Actualmente opera a una potencia promedio de 84 MW equivalente a 650 GWh al año
- Tanto los parámetros termodinámicos como la química muestran un fluido en condición estable del reservorio la cual se ha sostenido desde el año 2006.
- La reinyección en Chipilapa tiene un efecto positivo en mantener estable la presión del reservorio, sin evidencia de retorno de fluido a la zona productora.
- Se estima que el recurso tiene capacidad para sostener al menos una extracción de fluido para generar 95 MWh sin afectar significativamente la presión del reservorio.
- Se planea ejecutar un programa de perforación y conexión de pozos que permita suministrar el fluido necesario para generar con la capacidad instalada con la que cuenta la central y sostenerla por al menos 35 años más.





**Roberto Enrique Renderos**  
**Jefe Departamento de Reservorios**  
Gerencia de Proyectos

E-mail: [rrenderos@lageo.com.sv](mailto:rrenderos@lageo.com.sv)

Telefono: +503 22116745

Residencial Utila, Boulevard Sur, Santa Tecla, La  
Libertad. El Salvador

# Geo termia

## IV Taller Regional

