



Comisión Federal de Electricidad®

Dirección Corporativa de Operaciones

Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos

“Sustentabilidad y sostenibilidad del Recurso
Geotérmico”

Mayo 2023

GPG

Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos

En los 50s, se instala la primera central geotérmica en México y Latinoamérica.

La experiencia de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en la exploración y explotación geotérmica inicia en los años 70s.

En 1980 se crea la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos (GPG) dependiente de la CFE con el objetivo de desarrollar proyectos geotérmicos, lo cual ha realizado con bastante éxito colocando a México en el sexto lugar a nivel internacional en capacidad instalada.

También ha desarrollado proyectos eólicos y fotovoltaicos.



Proyectos geotérmicos (4 campos en operación)¹



Proyectos Fotovoltaicos (2 centrales en operación)²



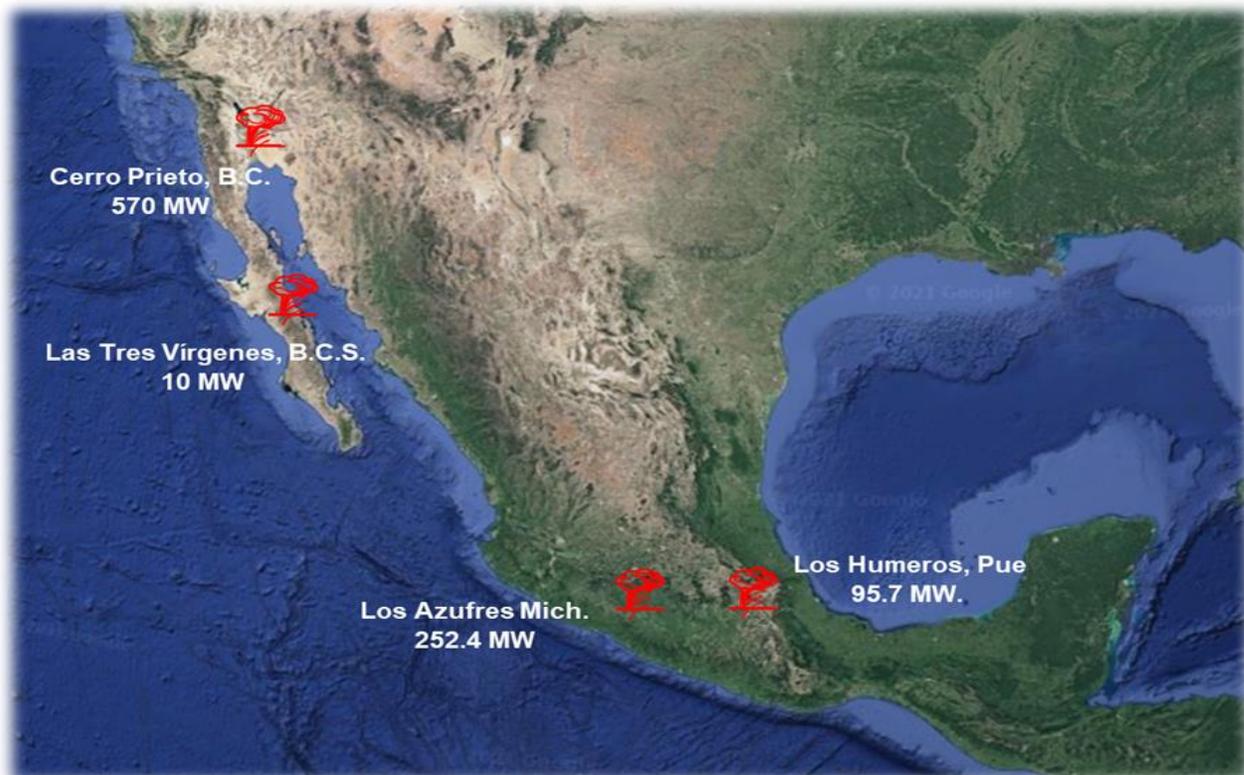
Proyectos Eólicos (Primera central en operación en México)²

Notas:

1 La GPG suministra vapor a las centrales generadoras y desarrolla proyectos de ampliación de capacidad

2. La GPG realizó el diseño del proyecto.

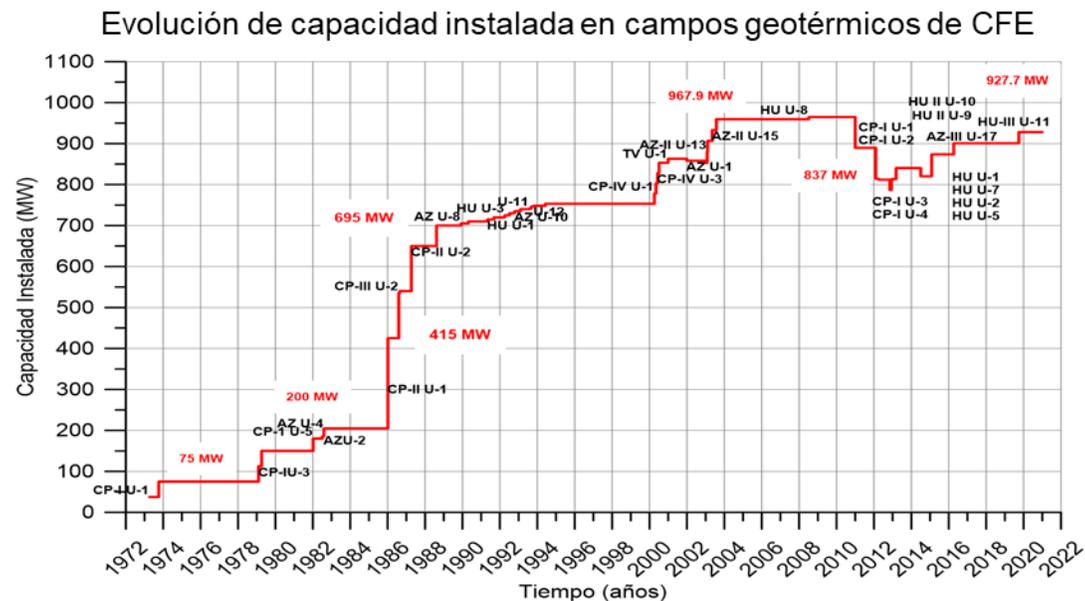
Actualmente la CFE opera cuatro campos geotermoeléctricos en México.



CFE (2023)

Campo Geotérmico	Inicio Operación	Capacidad Instalada (MW)
Cerro Prieto, BC.	1973 ⁽⁵⁰⁾	570
Los Azufres, Mich.	1982 ⁽⁴¹⁾	252
Los Humeros, Pue.	1990 ⁽³³⁾	95.7
Las Tres Vírgenes, BCS.	2001 ⁽²²⁾	10

Capacidad total instalada: 927.7 MW

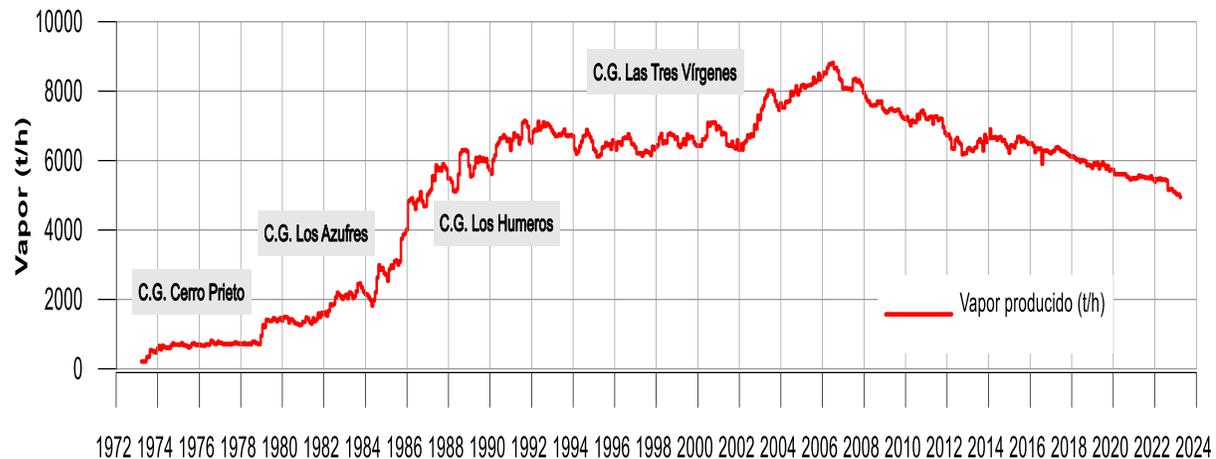


- ✓ 27 unidades de generación de diferente tecnología (condensación y contrapresión) con capacidad de 5 a 110MW. La capacidad instalada es de 927.7 MW.
- ✓ 200 pozos productores integrados en los cuatro campos geotérmicos.
- ✓ La profundidad de los pozos varía de 600 a 4,400 metros.
- ✓ De enero a diciembre 2020, se produjeron 47.6 millones de toneladas de vapor.

Campo Geotérmico	No. de Pozos Productores Integrados	Vapor Producido (t/h)
Cerro Prieto	120	2,372
Los Azufres	50	1,883
Los Humeros	27	637
Tres Vírgenes	3	66



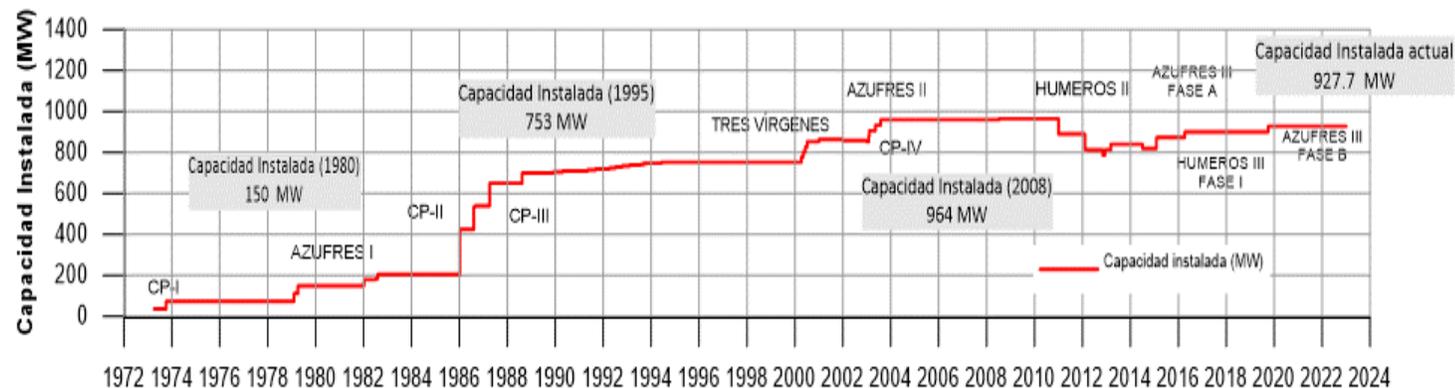
Histórico producción de vapor

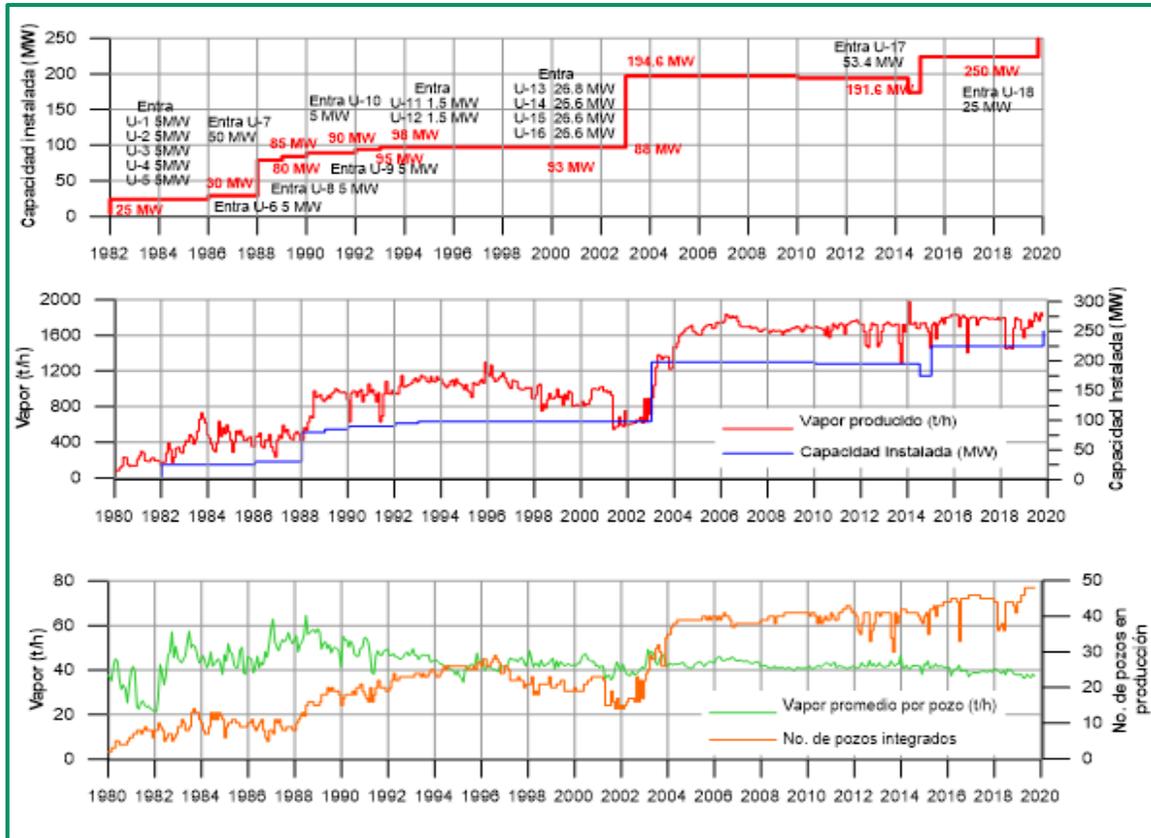


La explotación comercial para generación eléctrica inició en 1973 alcanzando un máximo de vapor superior a 8,000 t/h en 2006.

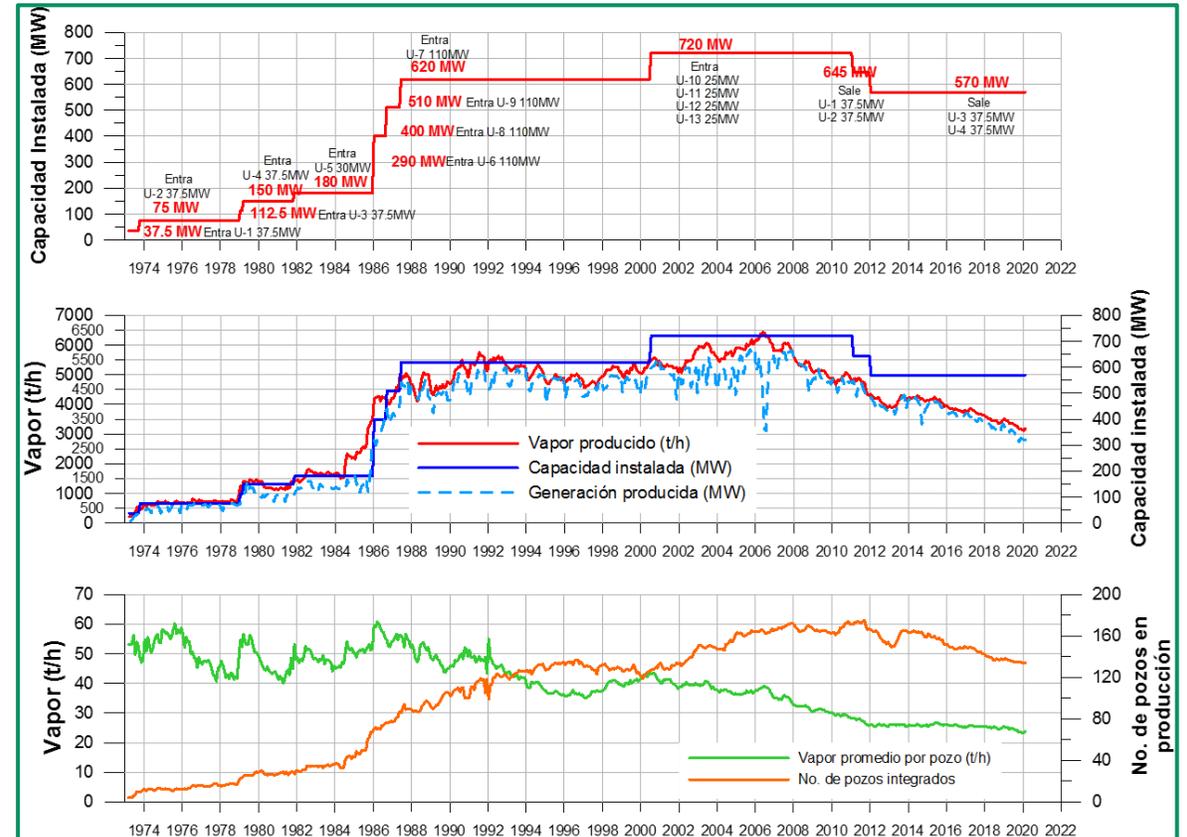
En la primera década de este siglo, se alcanzó la máxima capacidad instalada, siendo ésta de 968 MWe

Evolución capacidad instalada



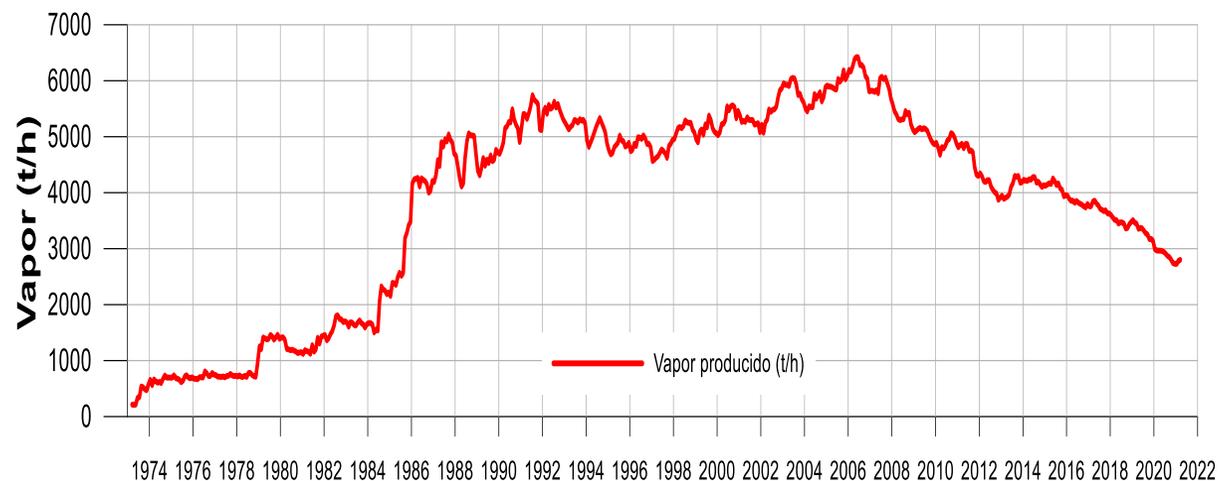
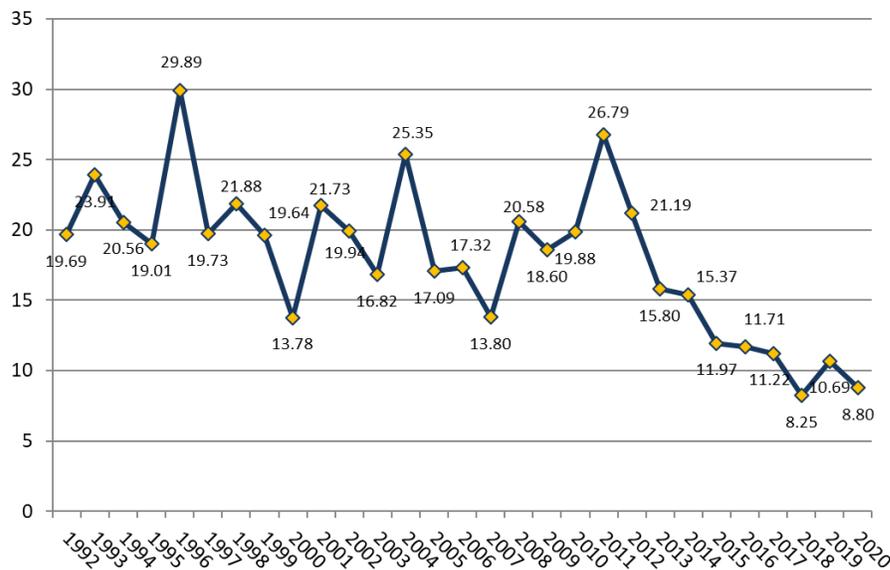


Se da seguimiento a la producción de vapor y salmuera.



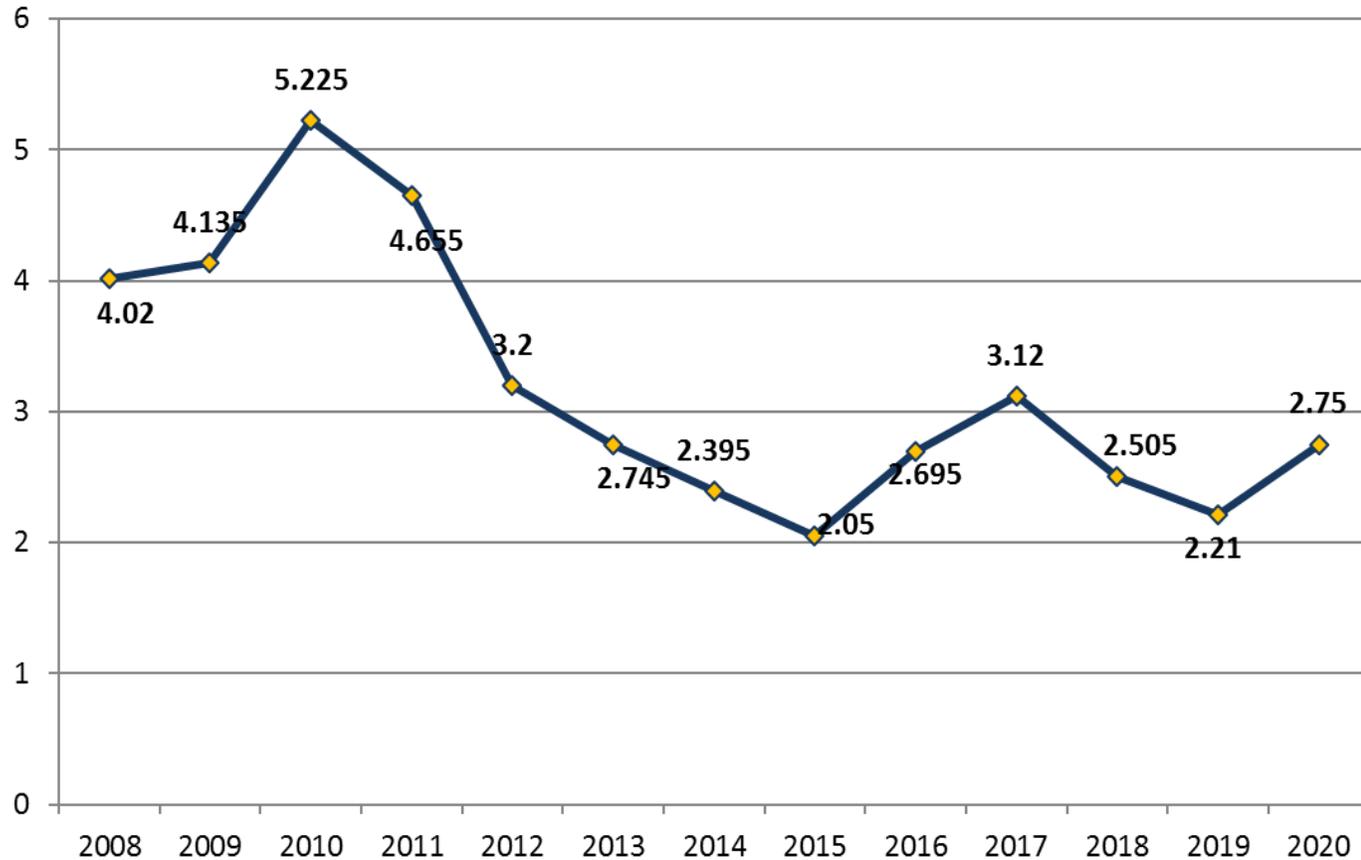
- ✓ El campo geotérmico tiene 50 años de operación (la vida útil de un proyecto es de 25 años).
- ✓ La declinación fue del 25% anual por sobreexplotación del campo
- ✓ La declinación actual es del 8%

DECLINACIÓN HISTÓRICA

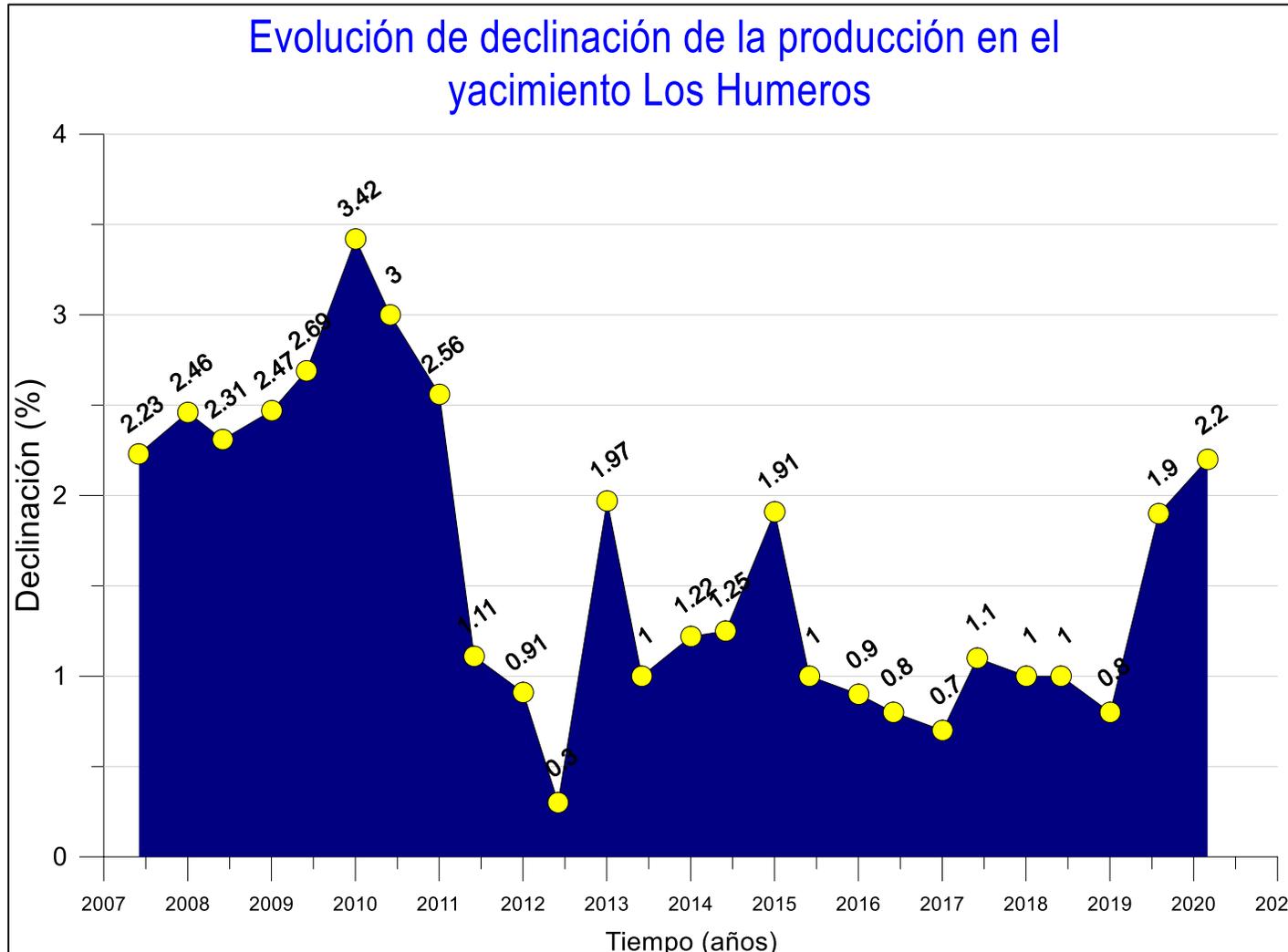


- ✓ La producción de vapor actual es de 2755 t/h

DECLINACIÓN HISTÓRICA

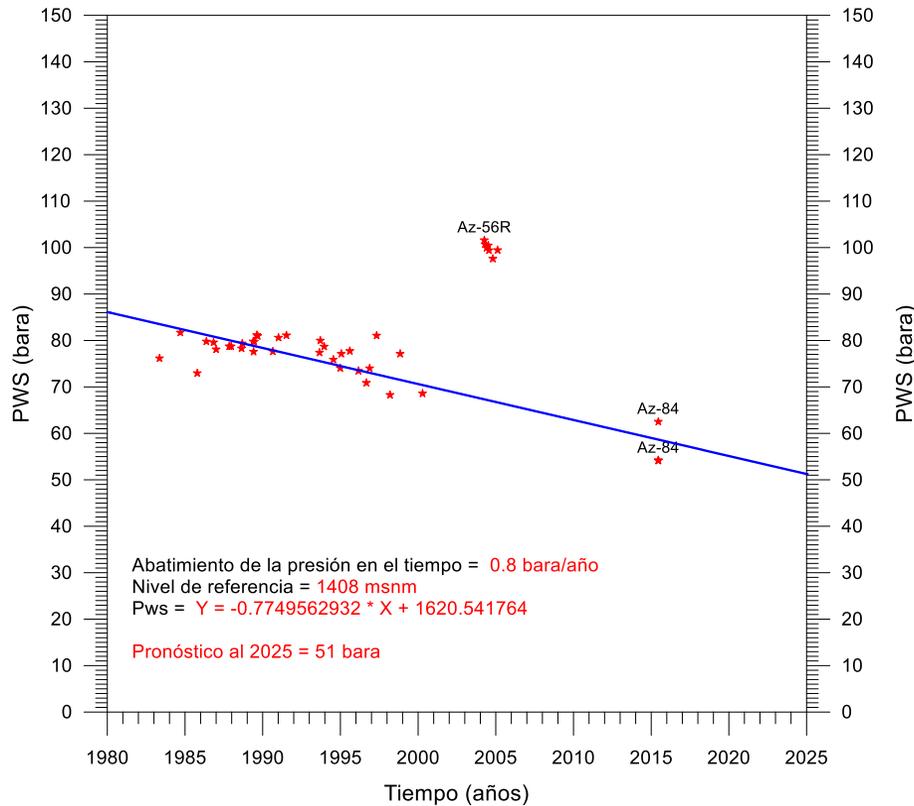


La mayor declinación se registró en 210, por lo cual se establecieron acciones preventivas (reducción orificios de producción, reinyección en zonas con mayor declinación, etc.) las cuales han sido efectivas, disminuyendo la declinación a valores por debajo del 3%, beneficiando la sostenibilidad del yacimiento.



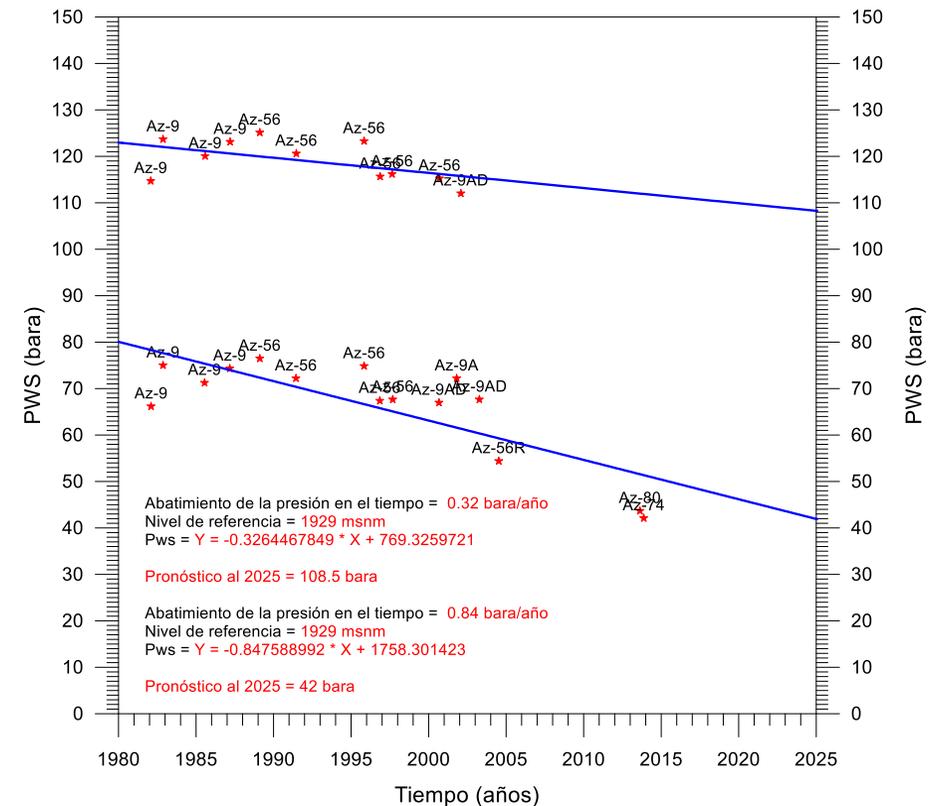
Declinación actual, segundo semestre del 2020: 2.2%

COMPORTAMIENTO DE LA PRESIÓN DE FONDO ESTÁTICA (PWS) DE LA ZONA NORTE SECTOR LAGUNA VERDE.



- Monitoreo de la presión del yacimiento.
- Medición continua o puntual

COMPORTAMIENTO DE LA PRESIÓN DE FONDO ESTÁTICA (PWS) DE LA ZONA NORTE SECTOR EL CHINO.



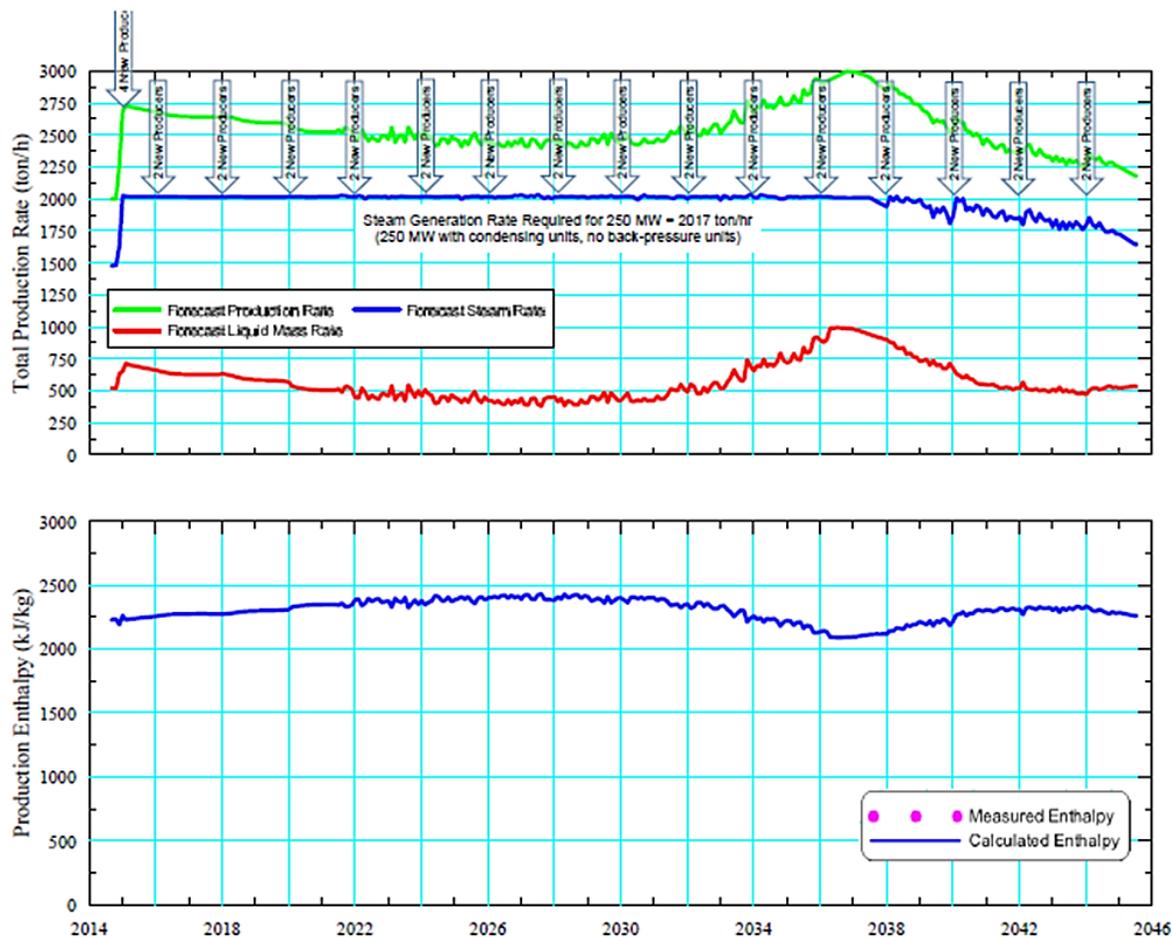


Figure 5.1: Simulated History Match and Forecast for Scenario - 250MW, Los Azufres

- A partir de modelos de simulación numérica, se determina la capacidad que tiene el yacimiento para aportar el vapor durante la vida del proyecto necesario (prospectiva producción), la cual se realizó en 2014, obteniendo los siguientes resultados:
 - Se estima una disminución en la producción a partir del año 2038, alcanzando una producción de vapor de 1800 t/h en el año 2041.
 - Considerando el estimado de vapor que se espera tener en el yacimiento para 2038, se debe aprovechar de manera eficiente el vapor disponible (sustitución o retiro de las unidades de mayor consumo de vapor y/o mayor antigüedad).

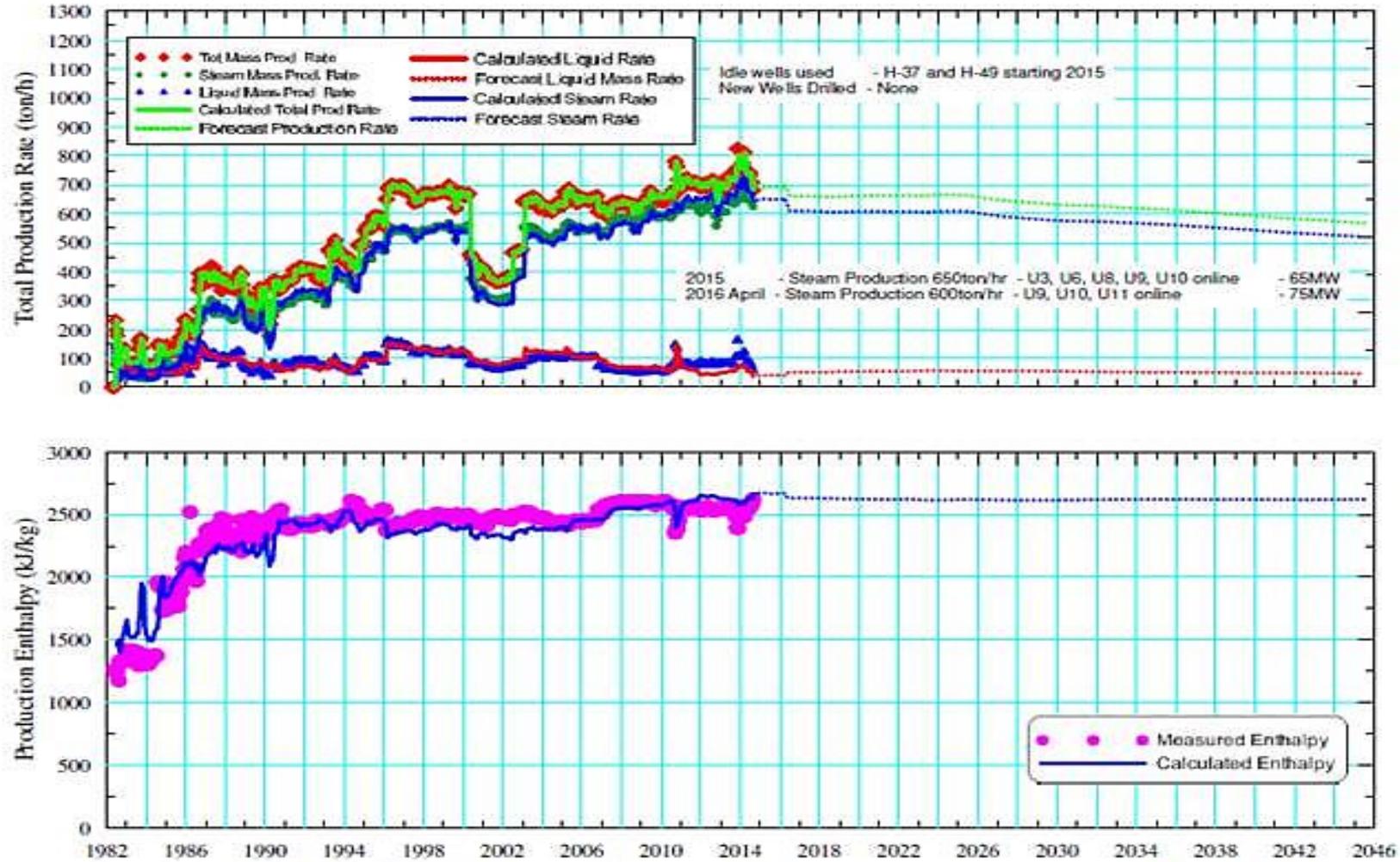
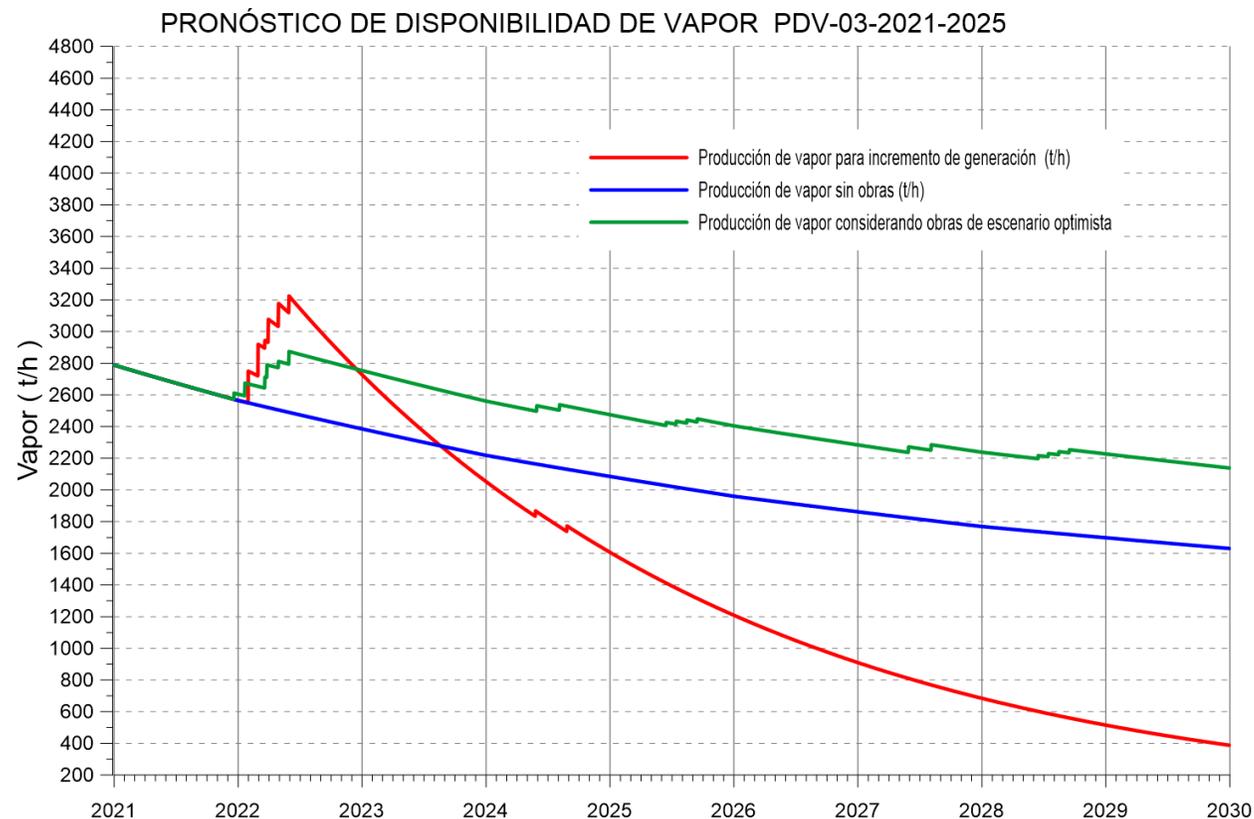


Figure 5.1: Simulated History Match and Forecast for Scenario - 1, Los Humeros

- ✓ El yacimiento no tiene capacidad para incrementar 100 MW.
- ✓ Perforando 12 nuevos pozos y reparando 30 pozos existentes se podría suministrar 670 t/h de vapor para 77 MW adicionales.
- ✓ El riesgo será sobre-explotación provocando un daño irreversible a mismo.
- ✓ La declinación del yacimiento regresará a 25% anual.
- ✓ Anualmente se perderán 850 t/h de vapor debido a la declinación.
- ✓ A finales del 2024 la producción de vapor será de 1600 t/h y al 2030 solamente se tendrán 400 t/h de vapor-



Obras para suministro de vapor corto plazo (2021)

Obras 2021	
Perforaciones	2
Reparaciones	0

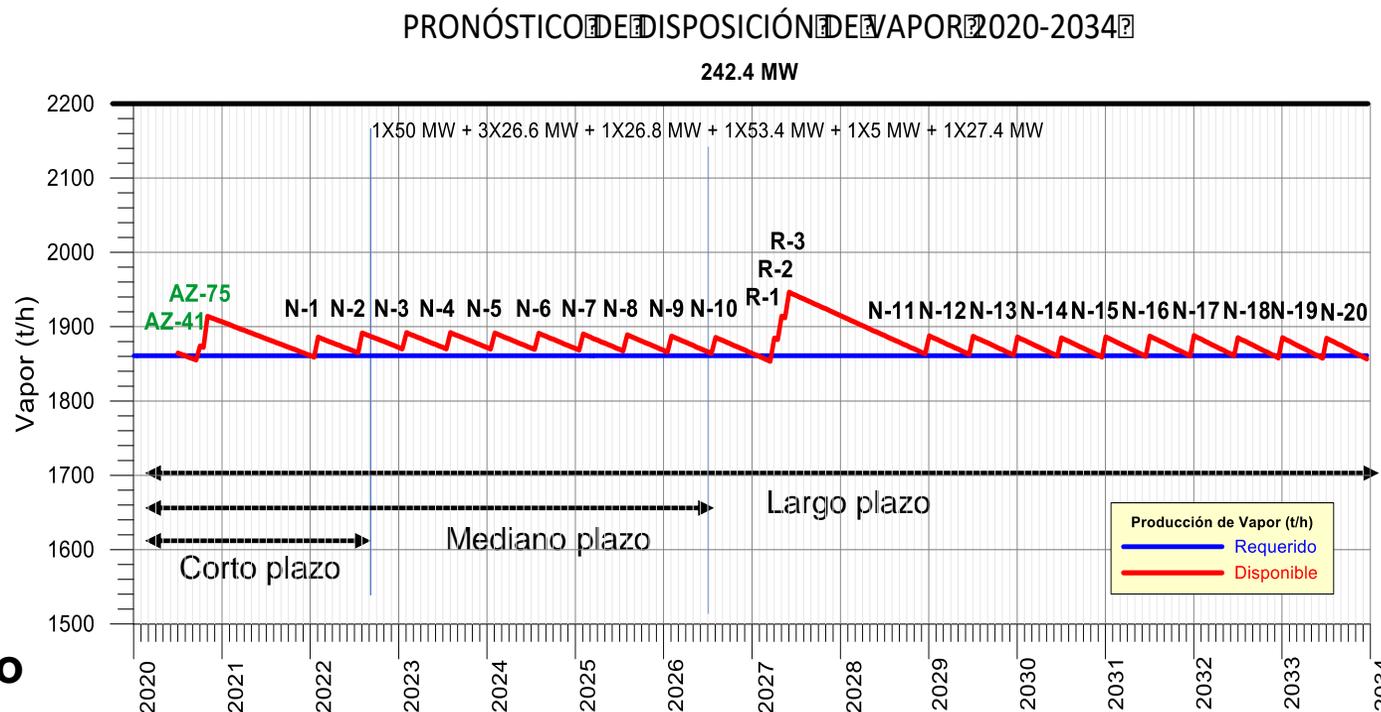
Obras para suministro de vapor mediano plazo (2022 – 2024)

Obras 2022-24	
Perforaciones	6
Reparaciones	0

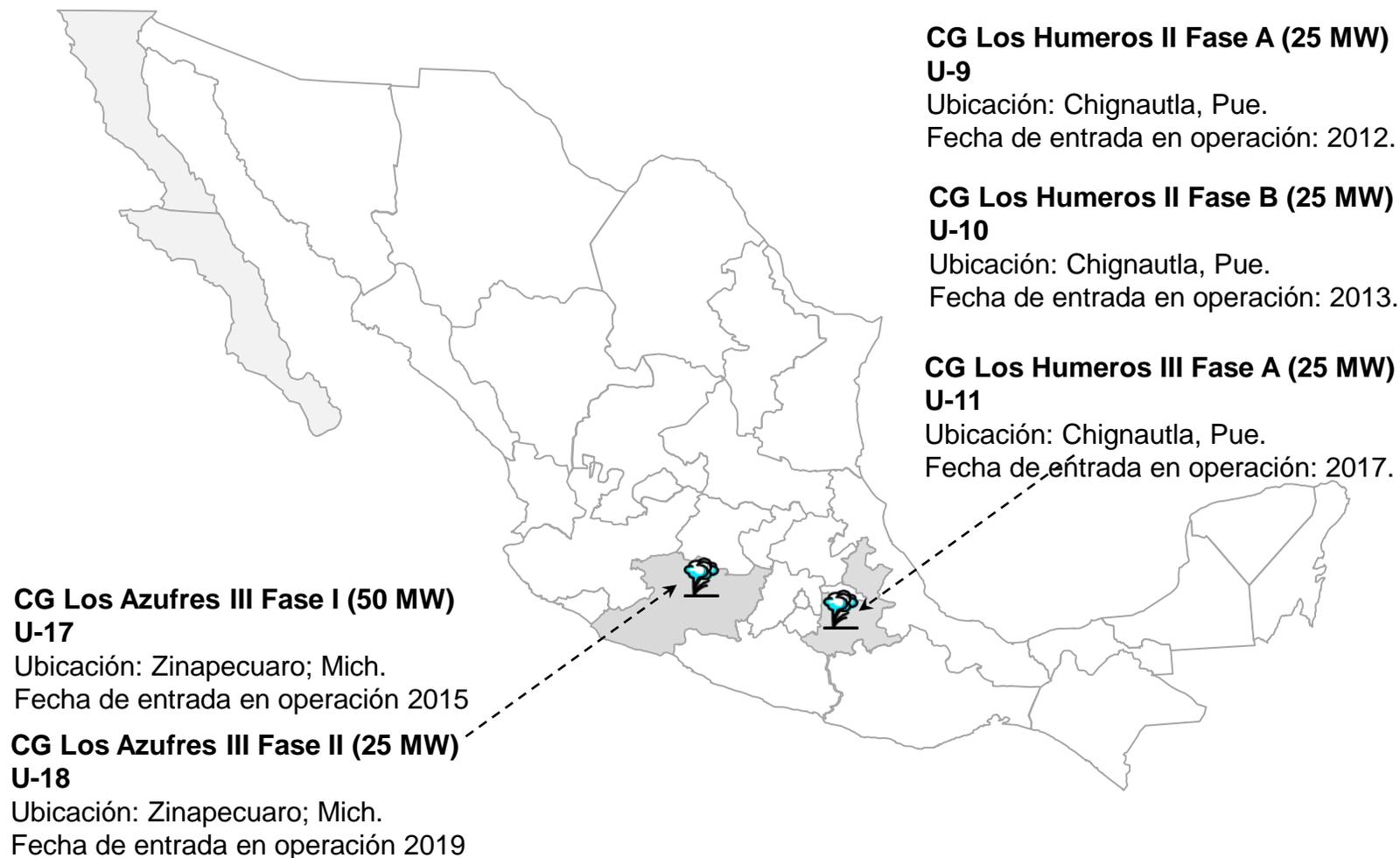
Obras para suministro de vapor largo plazo (2020 – 2034)

Obras 2020-34	
Perforaciones	22
Reparaciones	3

Planeación de obras para el suministro de vapor



Proyectos geotérmicos desarrollados por la CFE en los últimos 10 años.



Casos ocurridos en esta Gerencia

- ✓ Debido al periodo de explotación del recurso geotérmico, el yacimiento ha entrado a un proceso de declinación que impide contar con el vapor suficiente para mantener el suministro de vapor para la capacidad instalada.
- ✓ Ante esta situación, la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos viene realizando acciones para minimizar la disminución del vapor extraído, entre ellas, mejoras al sistema de conducción de vapor, políticas de explotación racional del recurso geotérmico y reinyección del agua separada para darle mayor sustentabilidad al yacimiento mediante la recarga.
- ✓ Sin embargo, se requiere la aplicación de otras acciones a corto y mediano plazo que permitan un mejor aprovechamiento del recurso geotérmico.

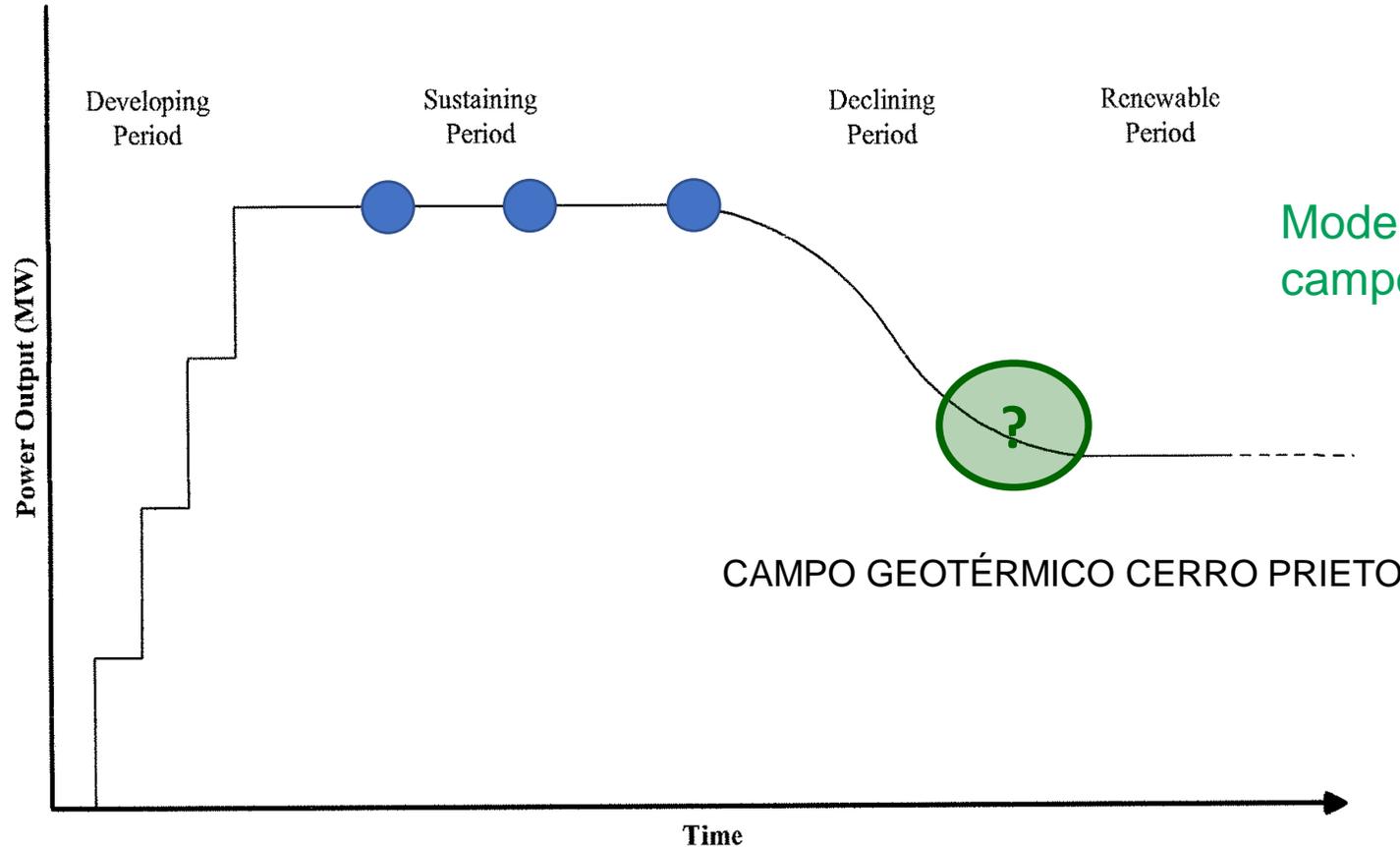


Acciones implementadas para el aprovechamiento sustentable del recurso:

- Instalación de plantas móviles a boca de pozo (contrapresión) durante el desarrollo del yacimiento; para posteriormente instalar centrales más eficientes (condensación).
- Manejo adecuado del recurso geotérmico, mediante un monitoreo constante de la presión del yacimiento para minimizar la sobre-explotación.
- Crecimiento por etapas de los campos geotérmicos, a partir de modelos de simulación numérica evitando sobreexplotación del yacimiento.
- Exploración de nuevas áreas dentro de los campos geotérmicos en explotación.
- Tratamiento químico preventivo y/o correctivo de pozos productores e inyectores

Acciones implementadas para el aprovechamiento sostenible del recurso:

- Tratamiento químico del fluido (vapor y(o agua).
- Modificación de instalaciones superficiales para minimizar las pérdidas de vapor durante la conducción.
- Acciones para reducir el porcentaje de la declinación de la producción (reducción de orificios de control, apertura de pozos, instalación de placas con orificios excéntricos, etc.).
- Limpiezas químicas y mecánicas de pozos para incrementar su producción o capacidad de aceptación.
- Purgado de pozos durante mantenimiento de unidades.



*Proceedings World Geothermal Congress 2000
Kyushu - Tohoku, Japan, May 28 - June 10, 2000*

THE ECONOMICS OF SUSTAINABLE GEOTHERMAL DEVELOPMENT

James Lovekin
GeothermEx, Inc., 5221 Central Avenue, Suite 201, Richmond, California 94804-5829 USA



Comisión Federal de Electricidad®

Dirección Corporativa de Operaciones

Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos

LA GEOTERMIA EN MÉXICO 2022

¿Qué es la sustentabilidad?

De acuerdo a la definición de World Commission on Environment and Development en el Informe Brundtland [Informe sobre nuestro futuro común](#), menciona que la sustentabilidad es “la capacidad que haya desarrollado el sistema humano para satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer los recursos y oportunidades para el crecimiento y desarrollo de las generaciones futuras”..

- ✓ De esta manera, este concepto hace referencia al [uso responsable de los recursos](#) actuales del planeta. En otras palabras, se encarga de “**preservar, proteger y conservar**” los **recursos naturales tanto de la generación presente como futura**. Si permitimos que estos recursos vayan renovándose y aseguramos su continuidad de uso para nuestros descendientes, estaremos ante un proceso sustentable.

¿Y qué es la sostenibilidad?

Puede parecer que los términos [sostenibilidad](#) y sustentabilidad sean sinónimos, pero no es del todo cierto. La definición exacta que proporciona el [Diccionario de la lengua española](#) para sostenibilidad es “**aquello que, especialmente en ecología y economía, se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente**”.

El concepto de [desarrollo sostenible](#) fue acuñado por la ministra noruega Gro Harlem Brundtland en el Informe sobre nuestro futuro común el año 1987. En este mismo, se incide en la importancia de la sostenibilidad como herramienta para dejar a nuestros hijos un mundo en el que se pueda vivir. Partiendo de la importancia básica de los recursos naturales, la sostenibilidad **busca un desarrollo social que contribuya a mejorar la calidad de vida de todo el mundo**.