



Comisión Federal de Electricidad®

*Dirección Corporativa de Operaciones
Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos*

“Estado del desarrollo de la Geotermia en México”

Morelia, Mich. Mayo 2023

AGENDA

1. INTRODUCCIÓN
2. DESARROLLOS GEOTÉRMICO DE LA CFE
3. LA GEOTERMIA EN LA MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL.
4. PROBLEMÁTICA PARA EL DESARROLLO GEOTÉRMICO.
5. CONCLUSIONES



1. INTRODUCCION

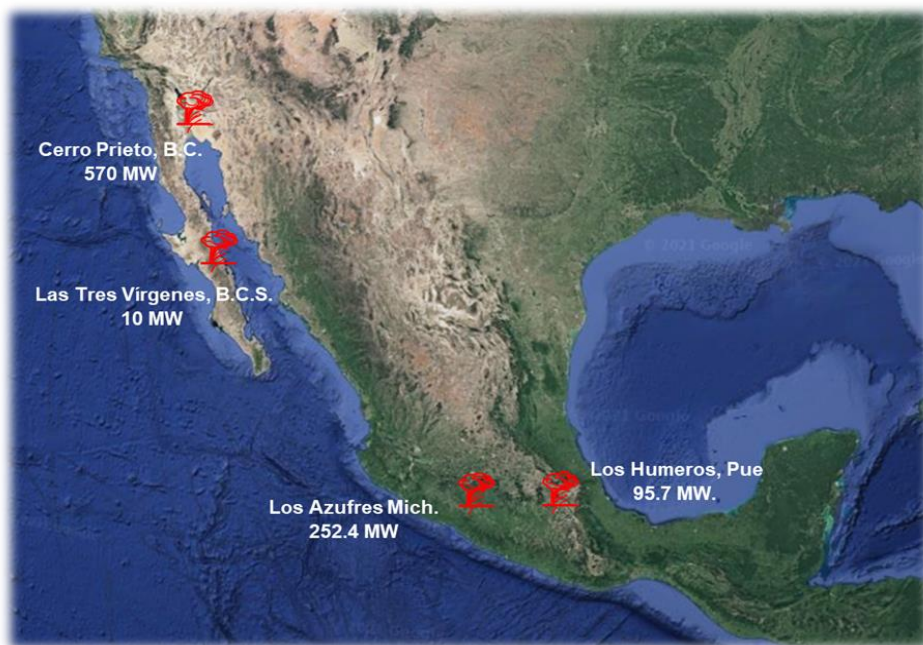
INICIOS DE LA GEOTERMIA EN MÉXICO

Los inicios de la geotermia datan del año 1955, con la perforación del primer pozo con fines geotérmicos en la localidad de Pathé en Hidalgo. En la misma zona geotérmica, en 1959, se instala la primera central geotermoeléctrica en México y América Latina.

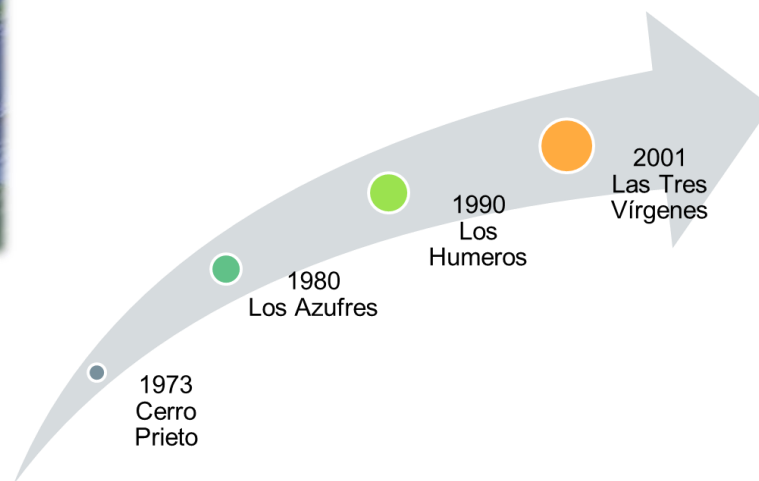
Con la entrada en operación de Cerro Prieto en Mexicali, B.C., la CFE inicia el aprovechamiento a gran escala, de la energía geotérmica para la generación de energía eléctrica en México y a través de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos (GPG) se ha convertido en pionera y líder en el aprovechamiento de las energías limpias.



Actualmente la CFE opera cuatro campos geotermoeléctricos en México.



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

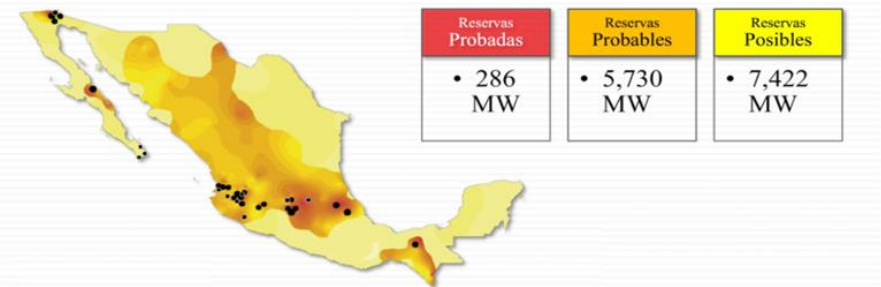


POTENCIAL GEOTÉRMICO

México se encuentra en una de las regiones geográficas con mayor potencial geotérmico del mundo. A partir de estudios del potencial geotérmico realizado por la CFE se estimó que con las reservas probadas, probables y posibles, el potencial geotérmico de nuestro país es de 9.6 GW¹, mientras que SENER reporta un potencial de 13.4 GW¹

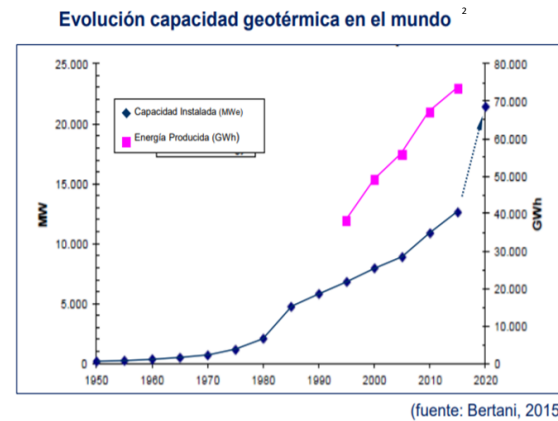
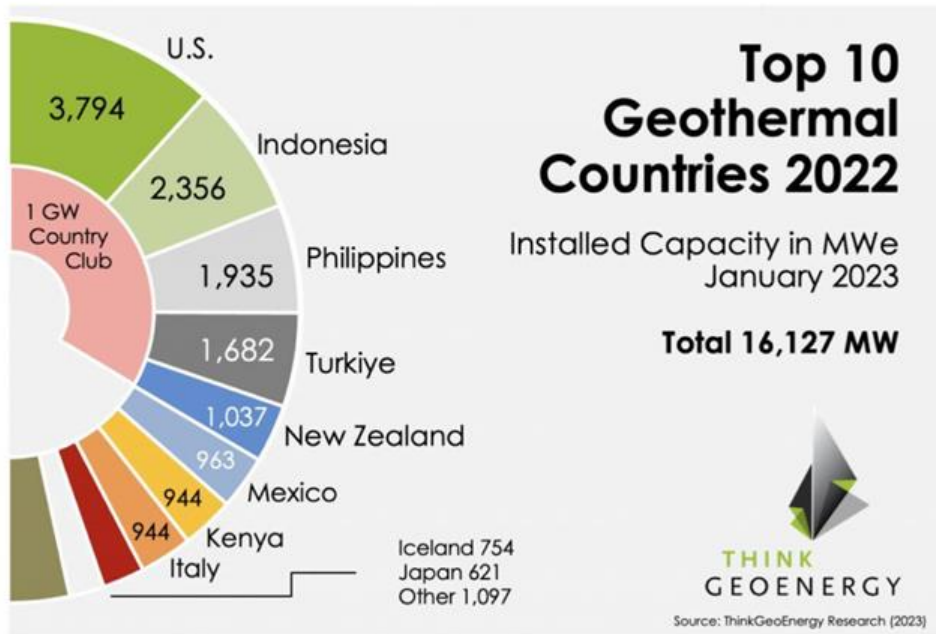
| Reservas | | | |
|----------|-----------|----------|-------------------|
| Probadas | Probables | Posibles | Total |
| 0.186 | 2.07 | 7.422 | 9.6 ¹ |
| 0.286 | 5.73 | 7.42 | 13.4 ² |

Sin embargo, conforme a estándares internacionales, las reservas **probadas** tienen una probabilidad del 90%, las **probables** del 50% y las **posibles** del 10%.



MÉXICO EN EL CONTEXTO MUNDIAL

La capacidad geotérmica nacional actualmente instalada coloca a México en la sexta posición a nivel mundial¹, solo por debajo de los Estados Unidos, Filipinas, Indonesia, Turquía y Nueva Zelanda.



Tasa de crecimiento anual promedio del 4%, con proyecciones al alza para el quinquenio 2015-2020.

Potencial global de recursos geotérmicos desarrollables con tecnología actualmente disponible estimado en **200 GWe** (GEA, 2016).

Los ~13 Gwe desarrollados hasta la fecha a nivel mundial corresponden a un 6-7% del recurso disponible en base a conocimiento y tecnología actualmente disponible.

2. DESARROLLOS GEOTÉRMICOS DE LA CFE

OPERACIÓN ACTUAL EN CAMPOS GEOTÉRMICOS

- ✓ 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 |

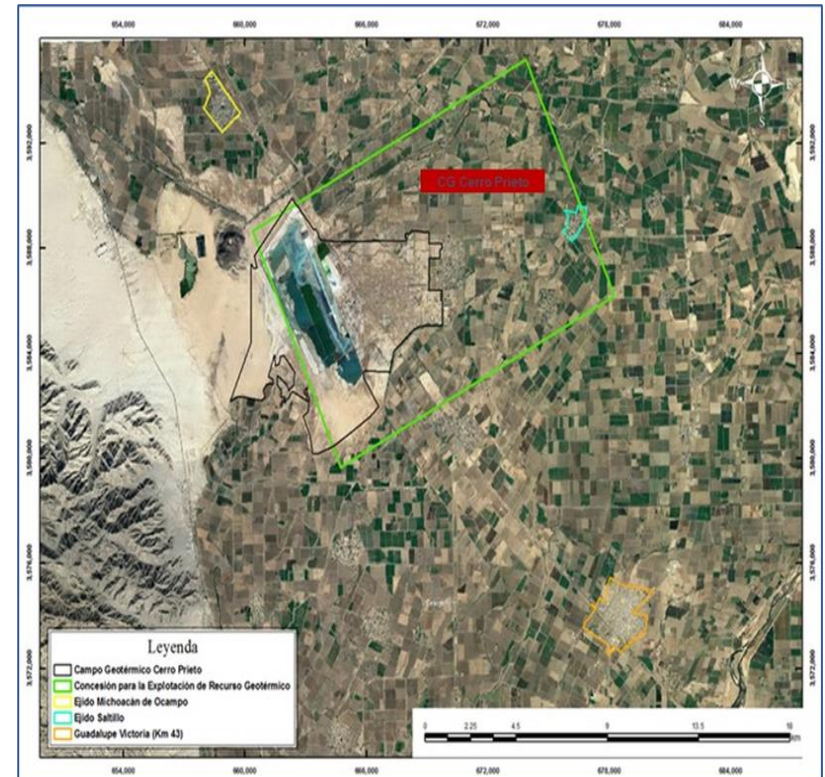


2. DESARROLLOS GEOTÉRMICOS DE LA CFE

C.G. CERRO PRIETO

Es el campo geotérmico más antiguo y grande en México, con 48 años de explotación comercial. Esta ubicado al noroeste de la república mexicana, en el estado de Baja California y fue en su momento, el segundo campo más grande a nivel mundial en capacidad instalada. En 1963 se perforó el primer pozo profundo en esta zona.

La capacidad instalada actual es de 570 MW, cuenta con 9 unidades generadoras instaladas.



Clasificación de pozos en el campo geotérmico Cerro Prieto

| | |
|-------------|-----|
| Pozos | 451 |
| Productores | 129 |
| Inyectores | 11 |

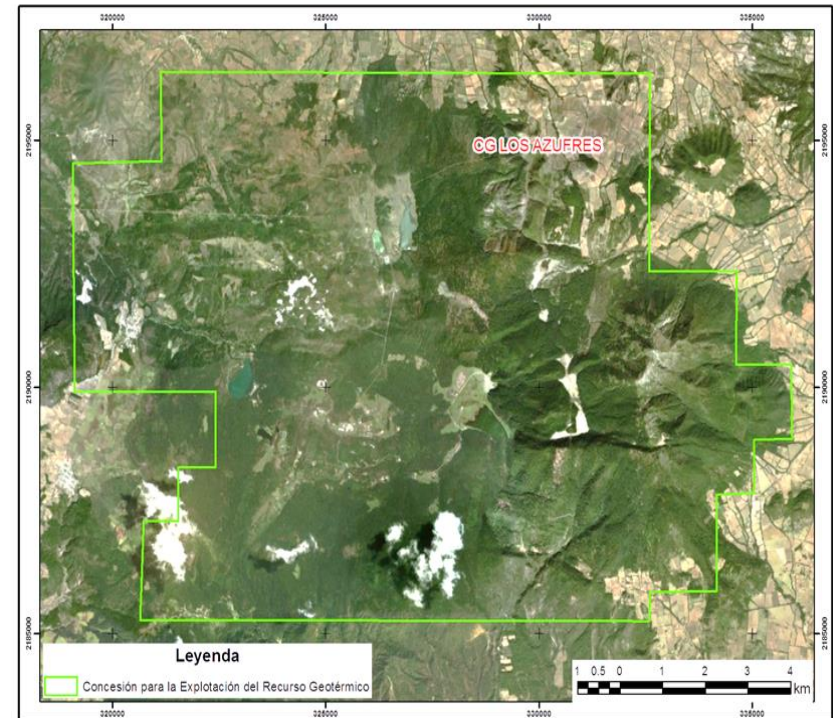
2. DESARROLLOS GEOTÉRMICOS DE LA CFE

C.G. LOS AZUFRES

Es el segundo campo geotérmico más grande en México. Se localiza en la parte central del país, en el estado de Michoacán.

En 1975 iniciaron los primeros estudios de prospección geotérmica en la región y en 1976 se construyeron los primeros pozos exploratorios para confirmar la existencia del yacimiento geotérmico.

En la actualidad, la capacidad instalada es de 252 MW, cuenta con 10 unidades de generación.



| Clasificación de pozos en el campo geotérmico Los Azufres | | | |
|---|------------|----------|-------|
| Pozos | Zona Norte | Zona Sur | Total |
| Productores | 26 | 23 | 49 |
| Inyectores | 4 | 2 | 6 |

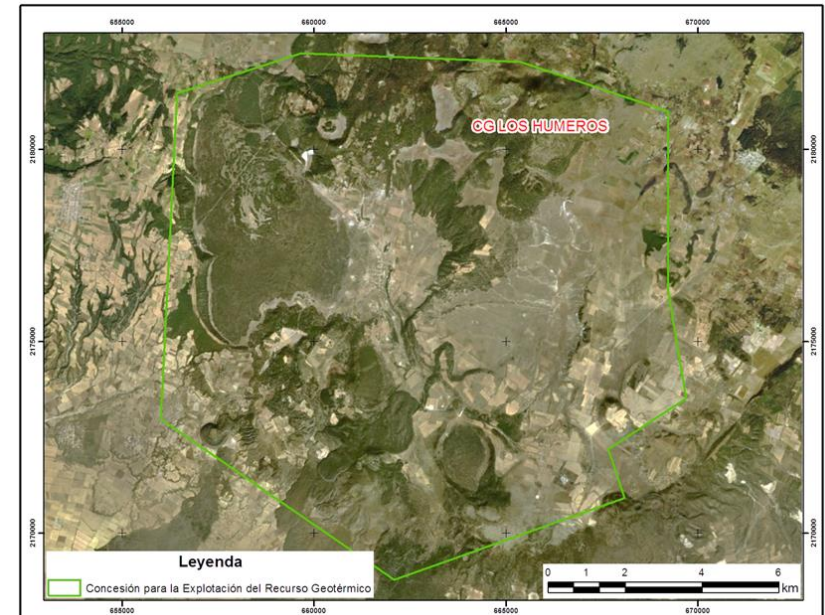
2. DESARROLLOS GEOTÉRMICOS DE LA CFE

C.G. LOS HUMEROS

Es el tercer campo geotérmico más importante a nivel nacional, con una capacidad instalada de 95.7MW, la cual se obtiene a través de nueve Unidades Generadoras.

Los trabajos de exploración, comenzaron por parte de la CFE, en 1978, posteriormente en 1981 se perforó el primer pozo del campo y en 1991 entró en operación la primera unidad generadora de 5 MW.

Se tienen instaladas 6 unidades generadoras.



Clasificación de pozos en el campo geotérmico Los Hornos

| | |
|-------------|----|
| Productores | 29 |
| Inyectores | 3 |

2. DESARROLLOS GEOTÉRMICOS DE LA CFE

C.G. LAS TRES VÍRGENES

Se ubica en la porción norte del estado de Baja California Sur, al norte del país.

En 1983, la CFE empezó los primeros estudios exploratorios.

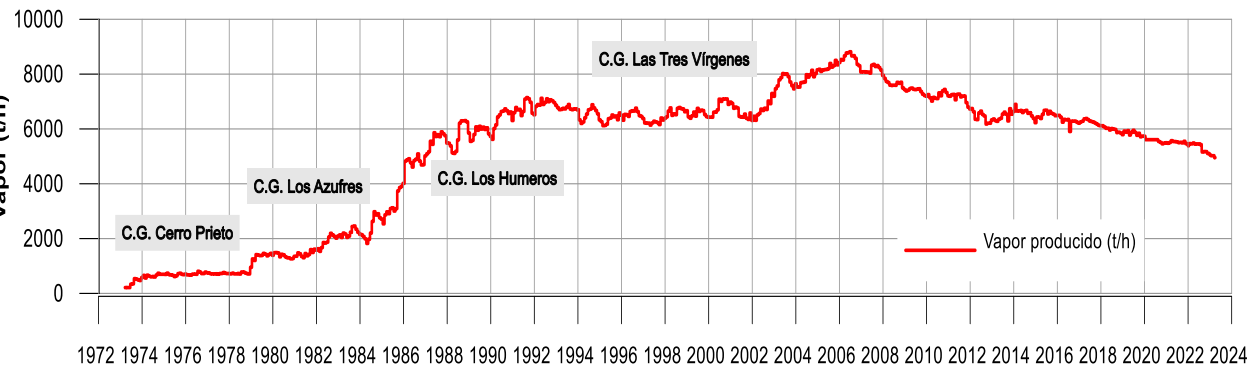
El aprovechamiento del recurso geotérmico para la generación de energía eléctrica inició en 2001 con la instalación y puesta en servicio de dos unidades a condensación de 5 MW cada una, para una capacidad instalada de 10 MW.



Clasificación de pozos en el campo geotérmico Las Tres Vírgenes

| | |
|-------------|---|
| Productores | 3 |
| Inyectores | 2 |

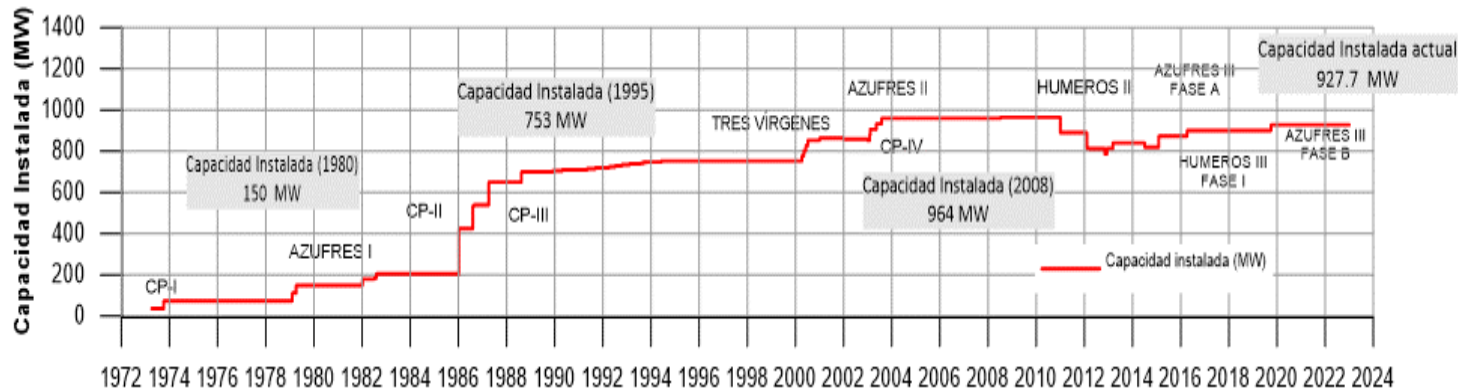
Histórico producción de vapor



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

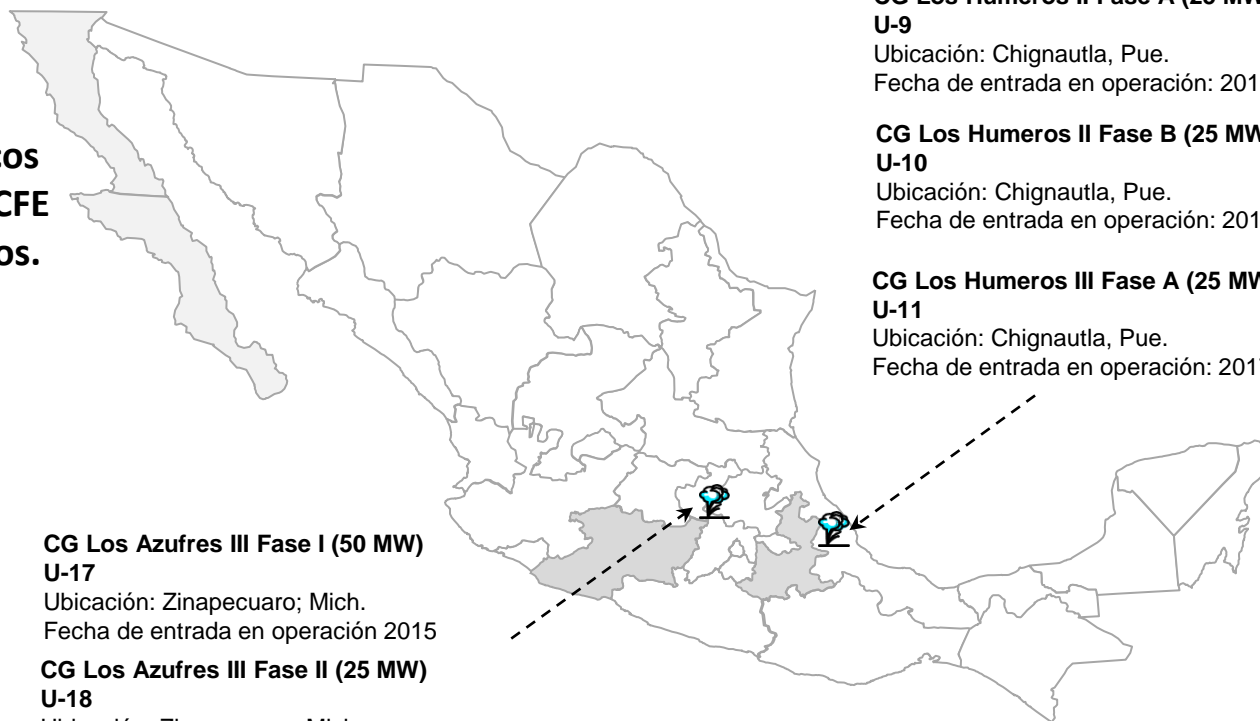
En la primera década de este siglo, se alcanzó la máxima capacidad instalada, siendo ésta de 968 Mwe.

Evolución capacidad instalada



2. DESARROLLOS GEOTÉRMICOS DE LA CFE

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



**CG Los Azufres III Fase I (50 MW)
U-17**
Ubicación: Zinapecuaro; Mich.
Fecha de entrada en operación 2015

**CG Los Azufres III Fase II (25 MW)
U-18**
Ubicación: Zinapecuaro; Mich.
Fecha de entrada en operación 2019

**CG Los Humeros II Fase A (25 MW)
U-9**
Ubicación: Chignautla, Pue.
Fecha de entrada en operación: 2012.

**CG Los Humeros II Fase B (25 MW)
U-10**
Ubicación: Chignautla, Pue.
Fecha de entrada en operación: 2013.

**CG Los Humeros III Fase A (25 MW)
U-11**
Ubicación: Chignautla, Pue.
Fecha de entrada en operación: 2017.

ÁREAS GEOTERMICAS PERMISIONADAS POR SENER A CFE



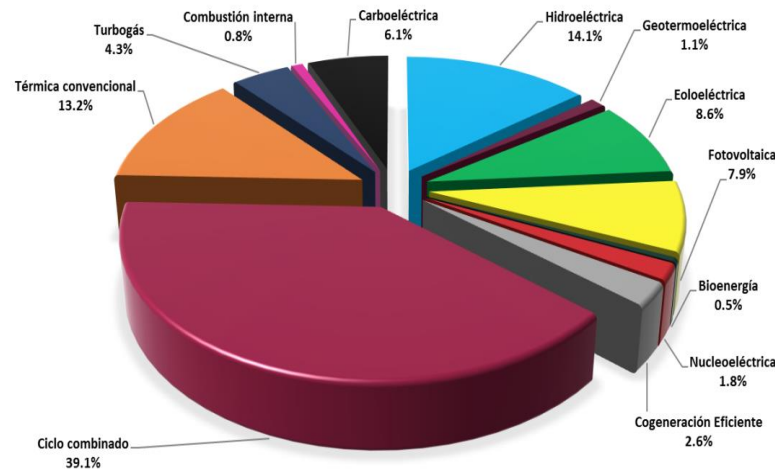
3. IMPACTO DE LA GEOTERMIA EN LA MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL.

LA CONTRIBUCIÓN DE LA GEOTERMIA

En 2021, la capacidad instalada del Sistema Eléctrico Nacional fue de 86,153¹ MW, mientras que la capacidad instalada en Geotermia fue de 953 MW, lo que representa apenas el 1.1% del total.

Mientras que la geotermia contribuyó con el 3.1 % en capacidad instalada de energías renovables.

| Tipo de tecnología | Capacidad Instalada (MW) | Porcentaje participación |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Geotermoeléctrica | 953 | 3.10% |
| Hidroeléctrica | 12,614 | 40.97% |
| Eoloeléctrica | 6,977 | 22.66% |
| Fotovoltaica | 5,955 | 19.34% |
| Bioenergía | 378 | 1.23% |
| Nucleoeléctrica | 1,608 | 5.22% |
| Cogeneración eficiente | 2,305 | 7.49% |



FUENTE: SENER con información de CENACE

4. PROBLEMÁTICA PARA EL DESARROLLO GEOTÉRMICO

Etapas de desarrollo de un proyecto geotérmico y riesgos existentes.

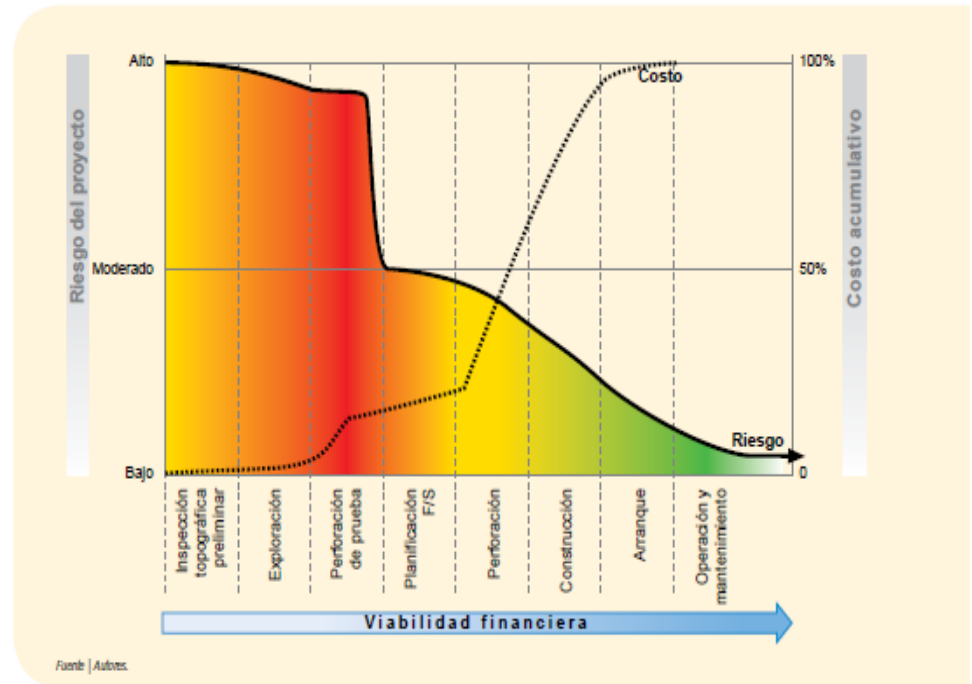


4. PROBLEMÁTICA PARA EL DESARROLLO GEOTÉRMICO

Incertidumbre en el desarrollo.

Las actividades de exploración geotérmica son de alto riesgo debido a la incertidumbre de encontrar y poder explotar el recurso.

El más alto riesgo ocurre en la etapa inicial del proyecto y una vez que se perforan los primeros pozos exploratorios, el riesgo va disminuyendo, hasta hacerse mínimos en la etapa de la construcción de la central va disminuyendo el riesgo.



4. PROBLEMÁTICA PARA EL DESARROLLO GEOTÉRMICO

Frenos al desarrollo geotérmico

Riesgos técnicos y financiero

Falsas expectativas con la reforma energética

Las subastas tiraron el precio de la energía (20.57 USD por MW-h, en 2017) lo cual hace inviable proyectos de generación geotermoeléctrica.

No se cuenta con incentivos para el desarrollo geotérmico, como si los hay en otros países.

Alta inversión en la etapa inicial

4. CONCLUSIONES

- ✓ El potencial geotérmico de nuestro país es de 9.6 GW - 13.4 GW.
- ✓ Ocupa el sexto lugar a nivel mundial en capacidad geotérmica instalada.
- ✓ La capacidad total instalada es de 953 MWe en el 2021, mientras que de la CFE es de 927.7 MWe, lo cual representa el 96% del total.
- ✓ La capacidad geotermoeléctrica instalada representa el 1.1% de la capacidad total instalada del país, mientras que representó el 3.1 % respecto a las renovables instaladas.
- ✓ El gran reto para la energía geotérmica es encontrar los mecanismos para su desarrollo, dados los riesgos existentes tanto técnicos como financieros.

The logo for the Comisión Federal de Electricidad (CFE), featuring the letters 'CFE' in a stylized, white, outlined font on a green background.

Comisión Federal de Electricidad®

Ing. Ismael Canchola Félix
Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos
Gerente

ismael.conchola@cfe.mx

The logo for 'Geotermia' features the word 'Geo' in large, orange, stylized letters. The 'o' is replaced by a circular graphic containing a thermometer with red steam rising from it. Below this, the word 'termia' is written in a bold, black, sans-serif font.

Geotermia

IV Taller Regional

