



La Energía en la Facultad de Ingeniería



Energía Geotérmica

M. en I. Héctor Aviña Jiménez



YACIMIENTO GEOTÉRMICO

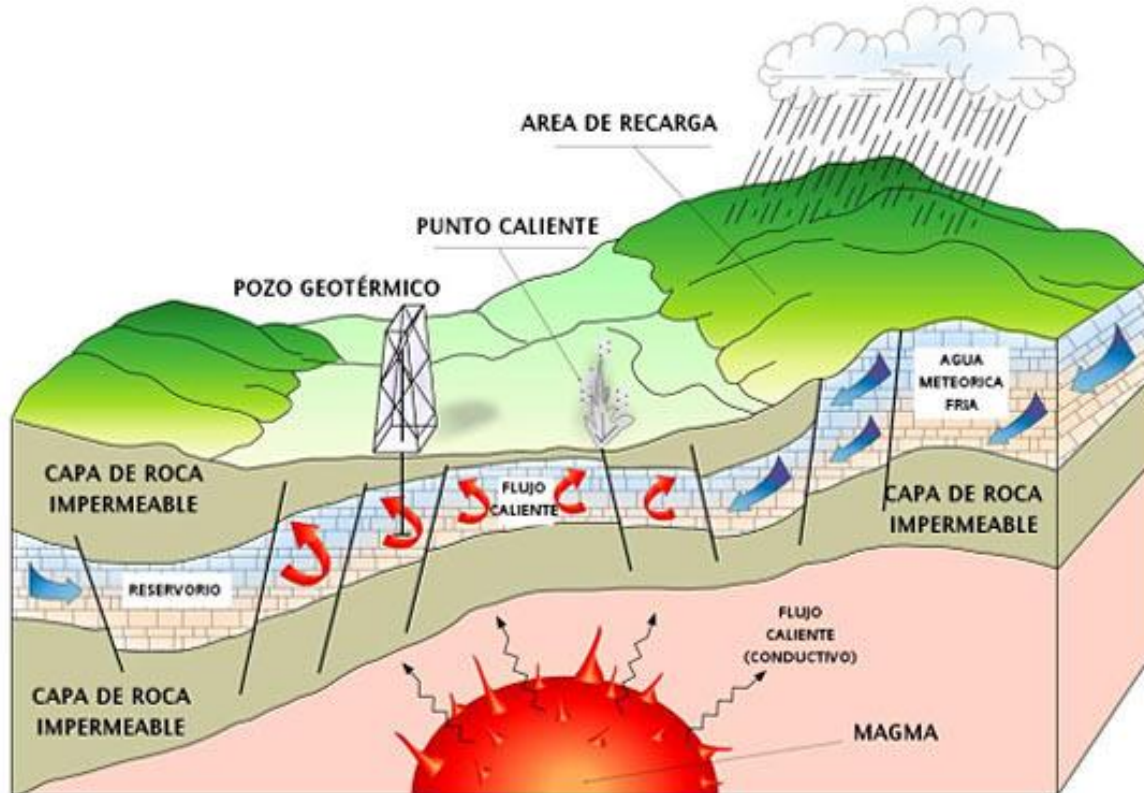


La geotermia es el calor del interior de la tierra que se ha concentrado en ciertos sitios del subsuelo, conocidos como yacimientos geotérmicos.

✓ La fuente de calor es una cámara magmática en proceso de enfriamiento.

✓ El acuífero es cualquier formación litológica con la permeabilidad suficiente para alojar agua meteórica percolada desde la superficie.

✓ La capa sello es otra formación, con una menor permeabilidad, cuya función es impedir que los fluidos geotérmicos se dispersen totalmente en la superficie.





MANIFESTACIONES HIDROTERMALES





Localización de los sistemas Geotérmicos



- En relación con la presencia de zonas tectónicamente activas.
- Zonas de anomalías de flujo térmico superficial.
- Zonas de alta permeabilidad.

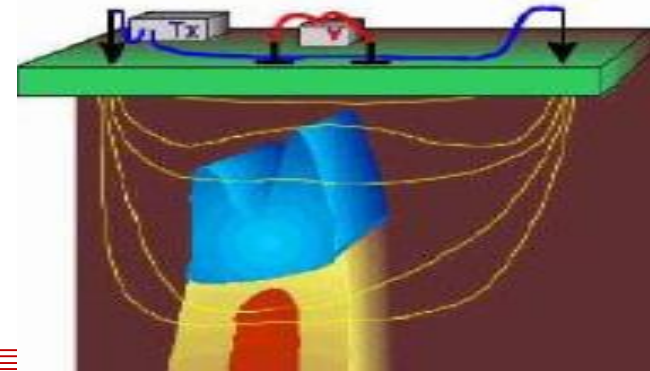
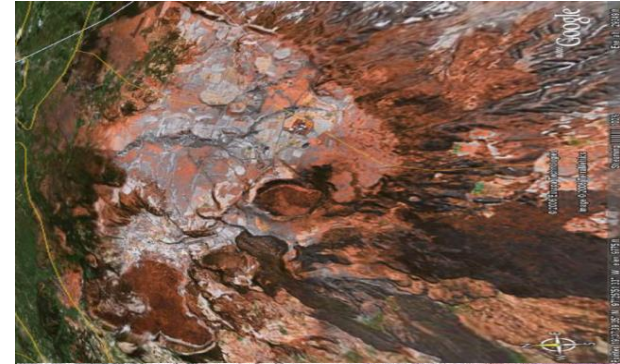




¿Existe potencial geotérmico?



- **Geología** (tectónica, vulcanismo, fallas, tipos de rocas)
- **Geoquímica** (tipo de fluidos, geotermómetros, trazadores, isotopía)
- **Geofísica** (resistividad eléctrica, magnetismo, gravimetría, sísmica)



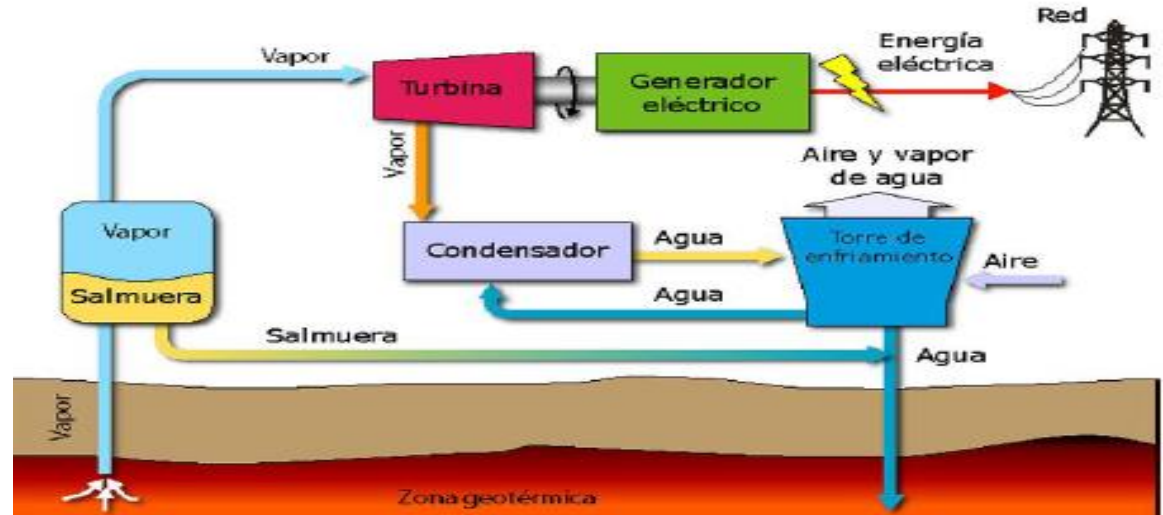


Centrales Geotermoeléctricas



Funcionan igual que una termoeléctrica convencional, con la diferencia que la energía térmica viene del recurso geotérmico.

✓ Condensación



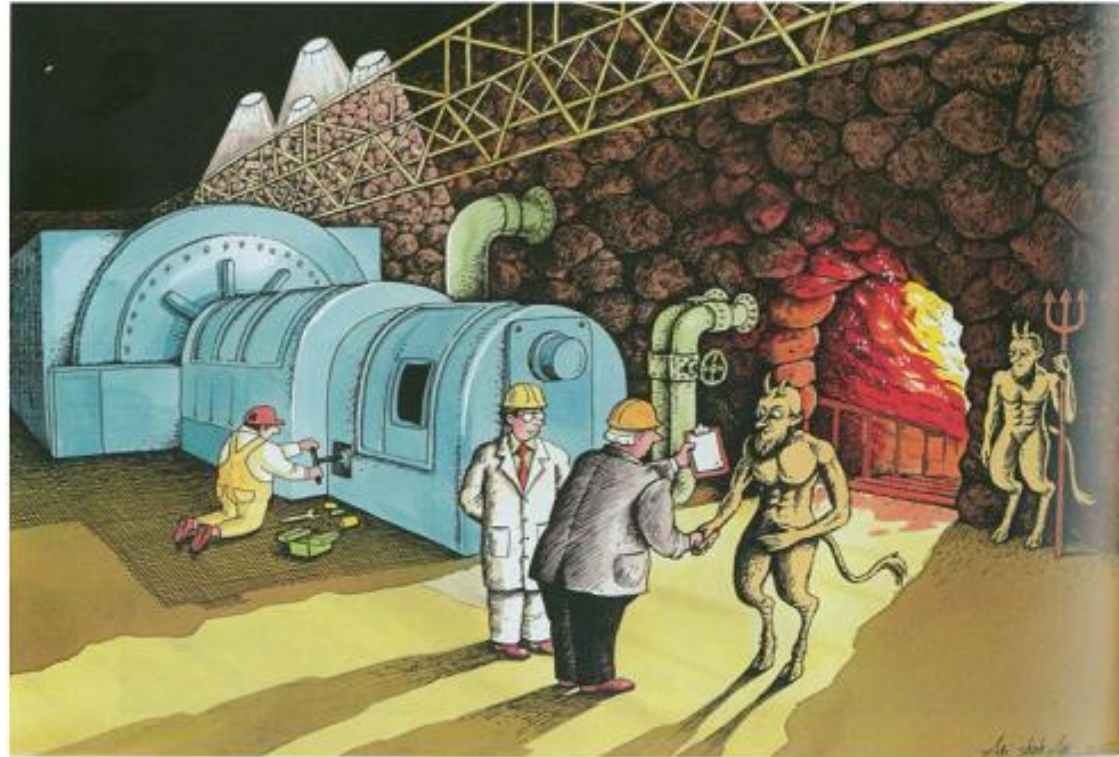
✓ Contra Presión

✓ Ciclo Binario





Generación Geotermoeléctricas





Campos geotérmicos



Hay cinco campos geotérmicos identificados en México, cuatro de las cuales se encuentran bajo explotación con una capacidad total instalada de 958 MW, lo que representa el 3% de la capacidad eléctrica Nacional





Cerro Prieto



Yacimiento en roca sedimentaria

Generación anual: 5,186 GWh

Producción anual de vapor: 50 millo ton

Pozos productores promedio: 130

Factor de planta promedio : 81.8%

**La primera central de 75 MW entró en
operación en Abril de 1973**

2011 CP-V 100 MW





Los Azufres



Campo volcánico en roca andesita

Generación anual: 1,517 GWh

Producción anual de vapor: 14.6 millones ton

Pozos productores promedio: 39

Factor de planta promedio :91.8%

Inicio en 1982

2015 Los Azufres III 25 MW





Los Humeros



Caldera Volcánica (andesita)

Generación anual: 313.4 GWh

Producción anual de vapor: 4.83 millones ton

Pozos productores promedio: 20

Factor de planta promedio :92%

Inicio en 1990

2011 U-9 25 MW 2013 U-10 25 MW





Tres Vírgenes



Campo Volcánico (granito)

Generación anual: 41.2 GWh

Producción anual de vapor: 0.55 millones ton

Pozos productores promedio: 8

Factor de planta promedio :47%

Inicio en 2002





Actualmente somos el quinto lugar



PAÍS	MW
1. Estados Unidos	3,093.5
2. Filipinas	1,904.0
3. Indonesia	1,197.3
4. México	958.0
5. Italia	842.5
6. Nueva Zelanda	628.0
7. Islandia	574.6
8. Japón	536.0
9. El Salvador	204.4
10. Kenya	167.0
11. Costa Rica	165.5
12. Nicaragua	87.5
13. Rusia	81.9
14. Turquía	81.6
15. Papúa-Nueva Guinea (Isla Lihir)	56.0
16. Guatemala	52.0
17. Portugal (Islas Azores)	28.5
18. China (incluye Tibet)	24.2
19. Francia (Isla Guadalupe y Alsacia)	16.2
20. Alemania	8.1
21. Etiopía	7.3
22. Austria	1.4
23. Australia	1.1
24. Tailandia	0.3
TOTAL	10,716.9



IMPACTO AMBIENTAL



Durante la exploración

- Entrar en zonas de reserva ecológicas o protegidas
- Caminos, plataformas y perforación
- Arranque de pozos

Durante la construcción de la Central

- Impactos propios de una construcción

Durante la operación

- Gases (CO₂, H₂S)
- Sólidos (Silice con otros minerales)
- Líquidos (salmuera)
- Ruido (Silenciadores)
- Visual (Colores, mimetismo)

LA PROTECCION AMBIENTAL EN LA GEOTERMIA

LOS IMPACTOS CAUSADOS AL MEDIO AMBIENTE POR LA GEOTERMIA SON MUY BAJOS:



EMISIONES GASEOSAS

DESECHOS SOLIDOS

DESECHOS LIQUIDOS

RUIDO

A) EMISIONES GASEOSAS

Emisiones por 100 MW	CO ₂	H ₂ S	SO ₂	NO _x
Termoeléctrica convencional	80 t/h	0.0	1.11 t/h	0.2 t/h
Geotermoeléctrica	14 t/h	0.4 t/h	0.0	0.0

B) DESECHOS SOLIDOS

- LOS LODOS DE PERFORACION, LA SILICE SEPARADA DE LA SALMUERA Y OTROS SE DEPOSITAN EN TIRADEROS QUE CUMPLEN NORMAS Y PERMISOS DEL INE

C) DESECHOS LIQUIDOS

- EL AGUA SEPARADA, QUE CONTIENE SALES, SE REINYECTA TOTALMENTE AL YACIMIENTO A TRAVES DE POZOS PERFORADOS EX PROFESO.

D) RUIDO

- SE HAN DESARROLLADO SILENCIADORES DE ALTA EFICIENCIA



Comparativa ER



Tipo de Renovable	Costo actual de la energía US¢/kWh	Posible costo futuro de la energía US¢/kWh	Costo de la planta a la entrega US\$/kW
Biomasa	5 - 15	4 - 10	900 - 3000
Geotérmica	2 - 10	1 - 8	800 - 3000
Eólica	5 - 13	3 - 10	1100 - 1700
Solar (Fotovoltaica)	25 - 125	5 - 25	5000 - 10 000
Solar (electricidad térmica)	12 - 18	4 - 10	3000 - 4000
Mareomotriz	8 - 15	8 - 15	1700 - 2500

“ Aprovechamiento de la Geotermia de Baja Entalpia para generación de Electricidad”

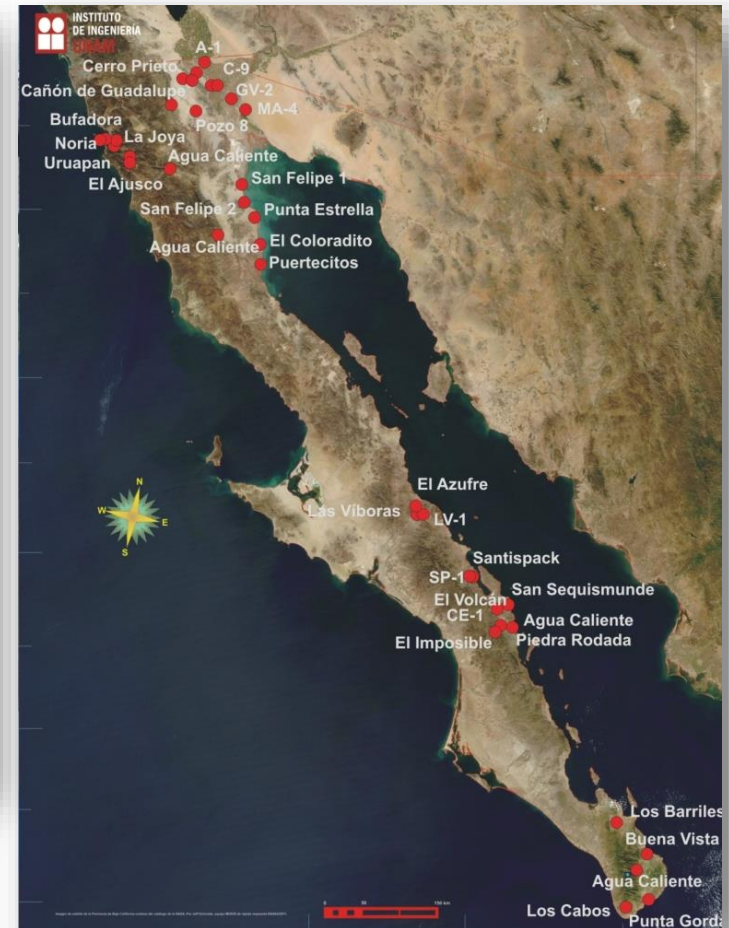
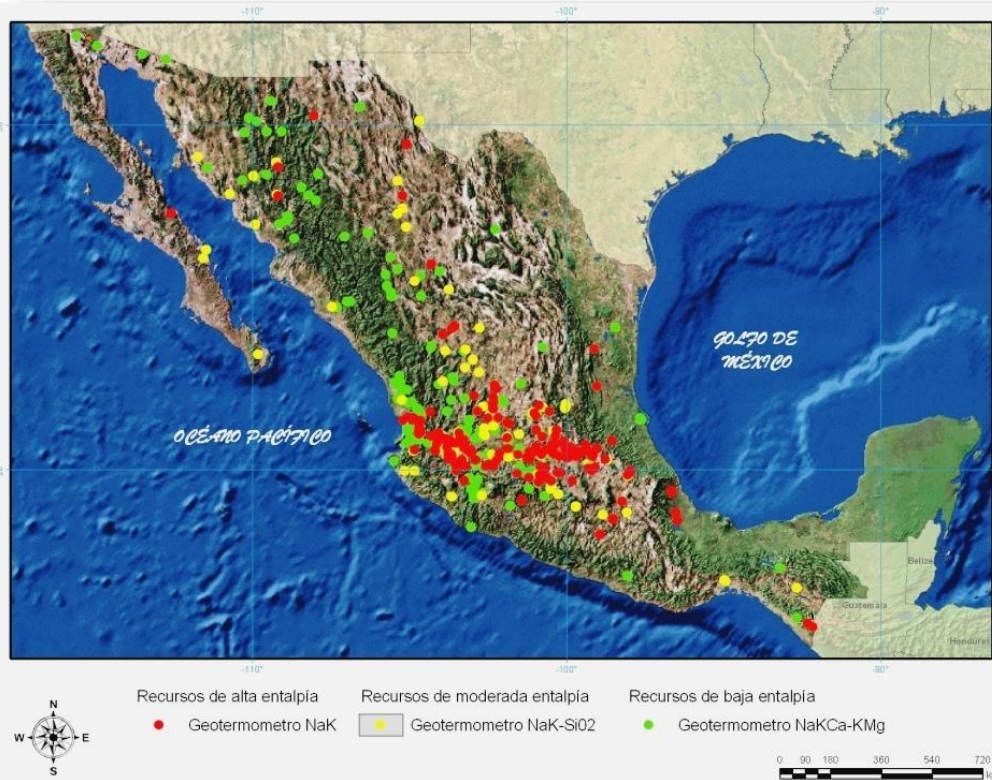


MOTIVACIÓN



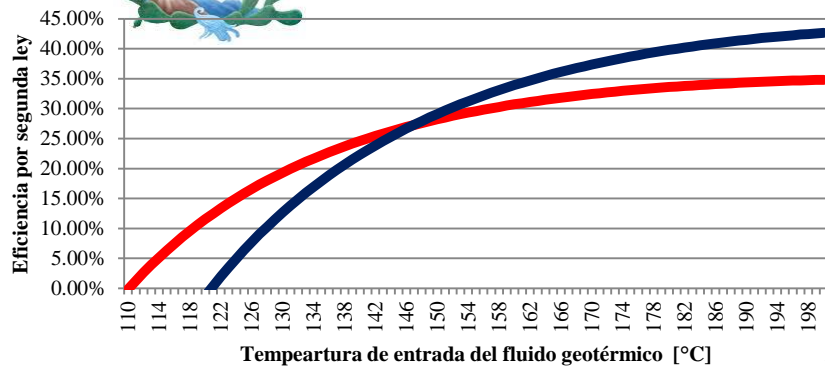
Exploración geotérmica por parte de CFE

Exploración geotérmica por el Instituto de Ingeniería de la UNAM

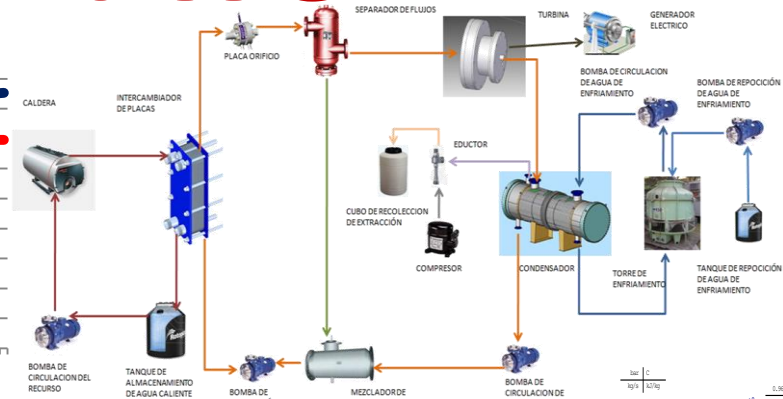




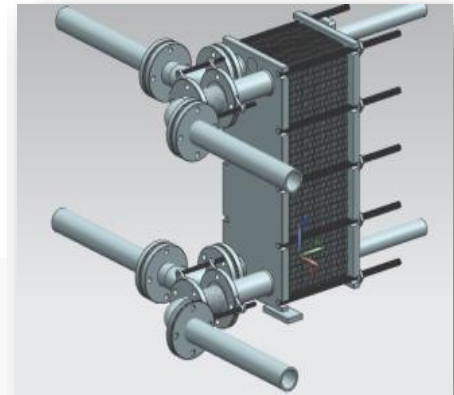
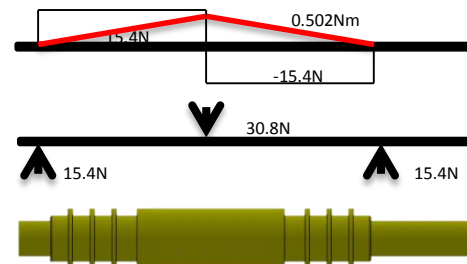
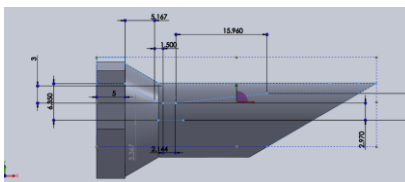
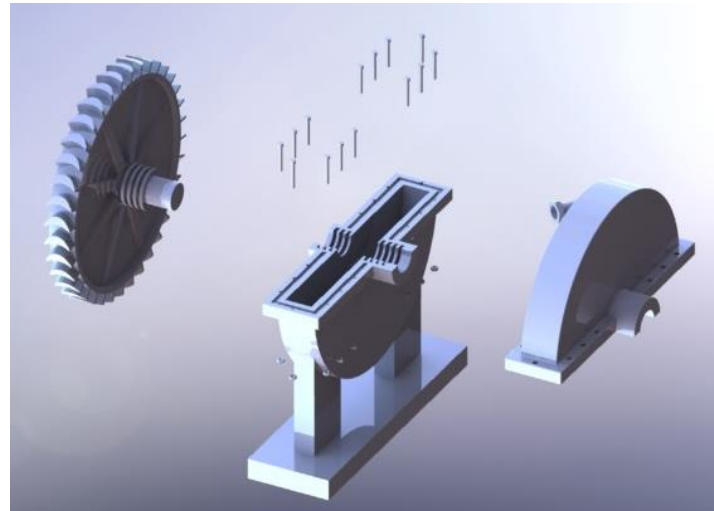
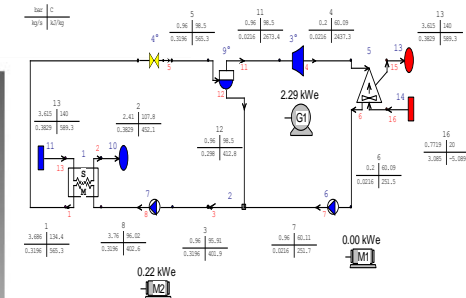
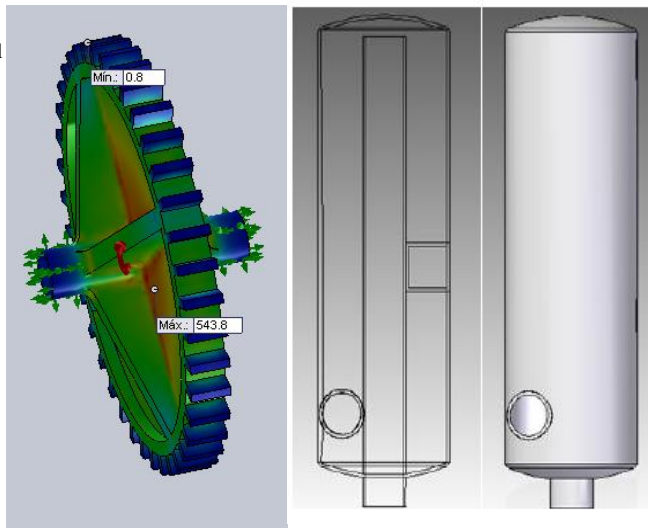
Eficiencia vs T del fluido geotérmico



PWG

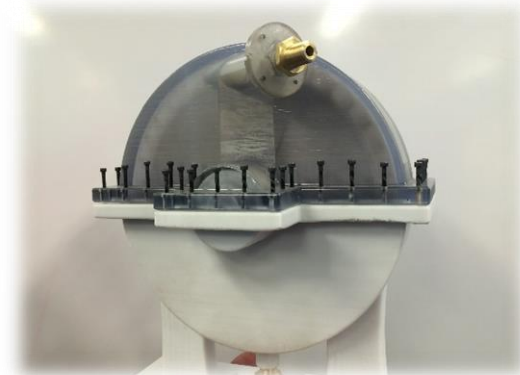
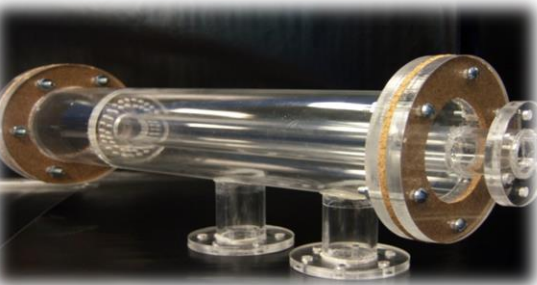
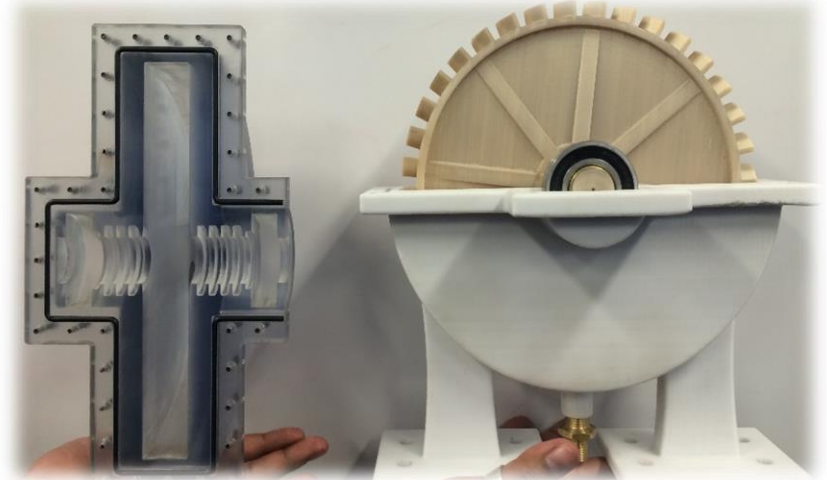
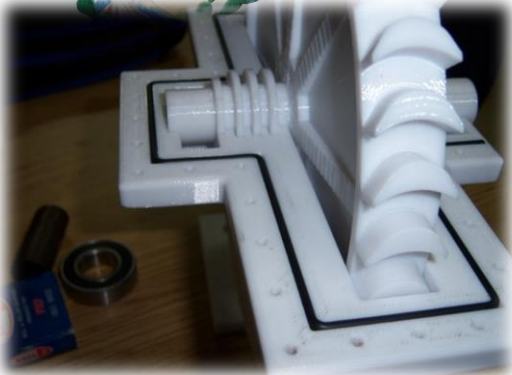


— Ciclo con separación flash PWG
 — Ciclo binario convencional





AVANCES

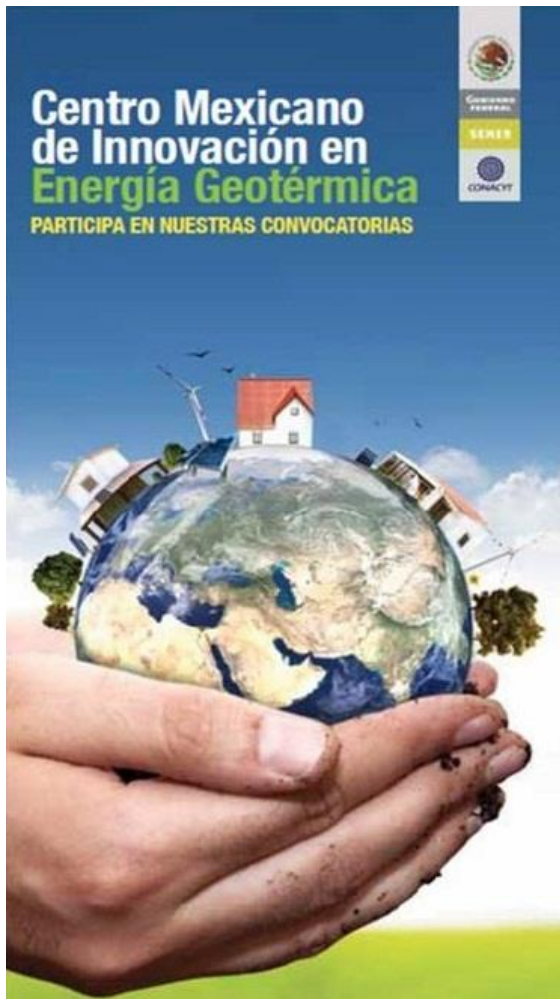




CeMIE-Geo



El consorcio está integrado por **22 entidades**, **12** de las cuales son instituciones **académicas** y **10** son **empresas**.



1. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE)
2. Centro de Geociencias de la UNAM (CGEO)
3. Instituto de Energías Renovables de la UNAM
4. Instituto de Geología de la UNAM
5. Instituto de Geofísica de la UNAM
6. **Instituto de Ingeniería de la UNAM**
7. Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE)
8. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH)
9. **Universidad Politécnica de Baja California (UPBC)**
10. Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI)
11. Centro de Tecnología Avanzada, A.C. (CIATEQ)
12. Centro de Sismología y Volcanología de Occidente de la Universidad de Guadalajara (SisVoc)
13. Clúster de Energías Geotérmica y Renovables, A.C. (ClústerGEO)
14. Geocónsul, S.A. de C.V.
15. Geotem Ingeniería, S.A. de C.V.
16. Exploración, Perforación y Estudios del Subsuelo, S.A. de C.V. (EPYESA)
17. Geología, Minería y Consultoría, S.A. de C.V.
18. **Especialistas en Turbopartes, S.A. de C.V.**
19. Prados Camelinas, S.A. de C.V.
20. GS Energía, S.A. de C.V.
21. Generadores de Negocios en Energía Renovable y Ambientales, S.C
22. Comisión Federal de Electricidad CFE



havinaj@iingen.unam.mx



First Geothermal Power Plant, 1904, Larderello, Italy



GRACIAS