

ENERGÍA GEOTÉRMICA



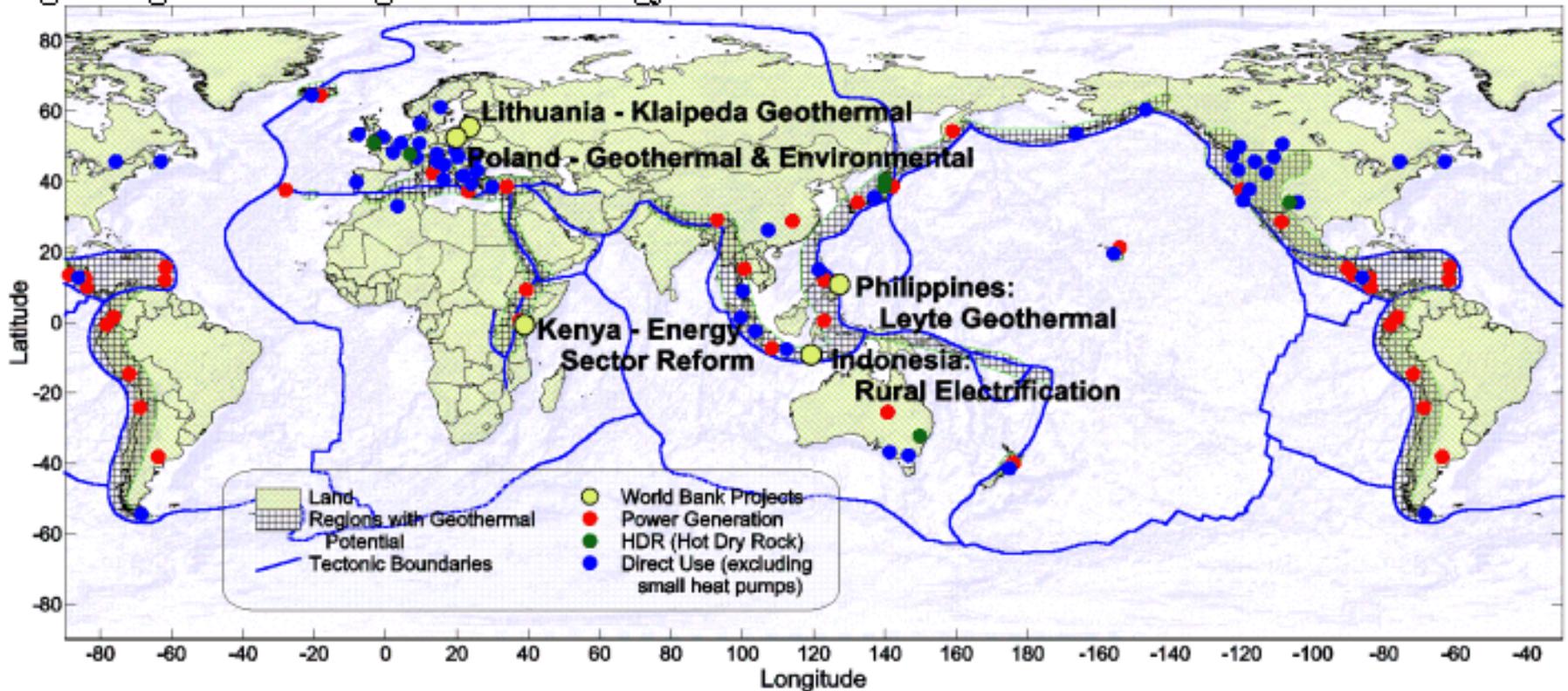
División de Geotermia
Julio, 2007

Geotermia significa "Calor de la Tierra". Este calor fluye debido al movimiento de las placas tectónicas (zonas de subducción, expansión del suelo oceánico y rift)

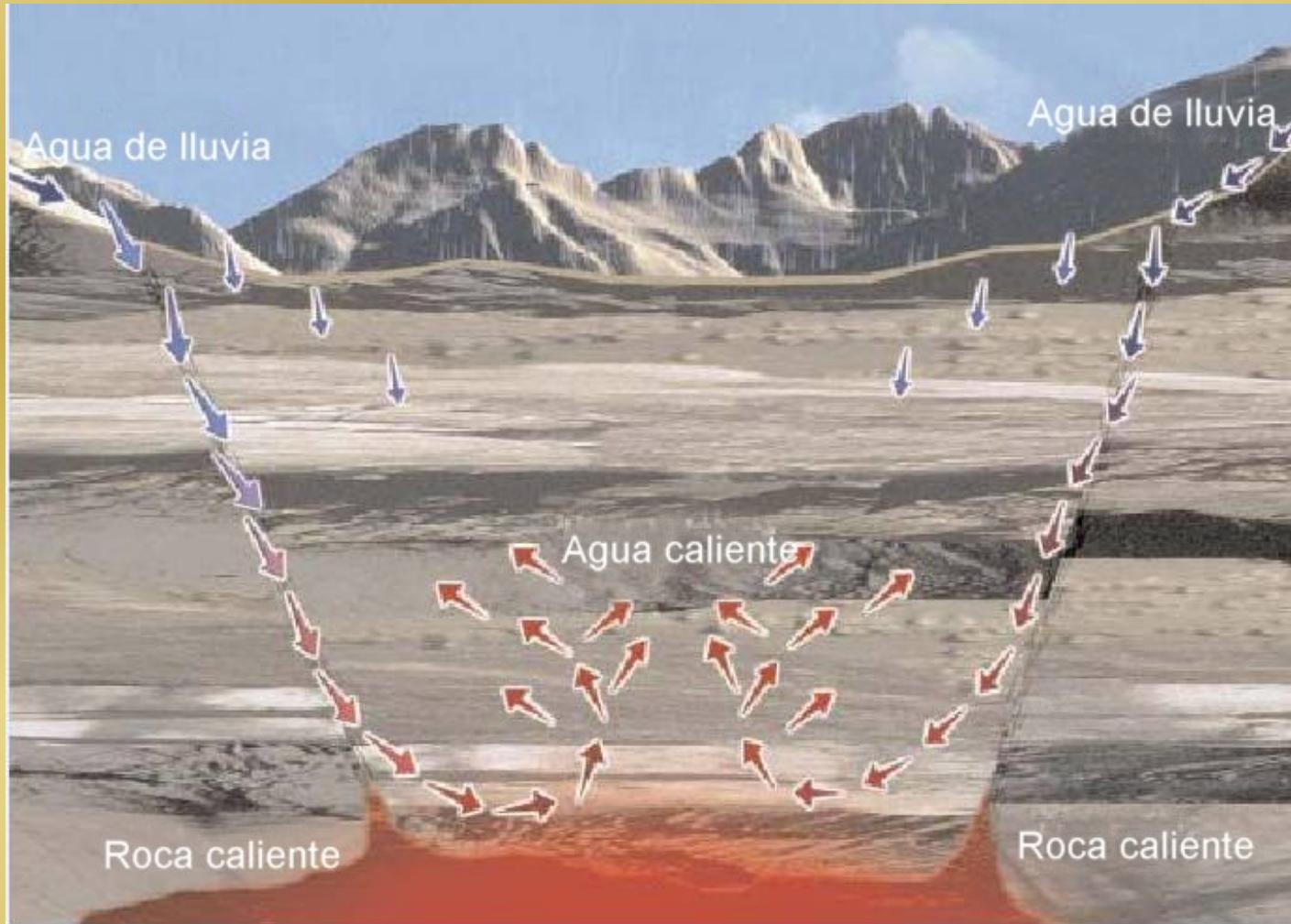


MAPA TECTÓNICO Y SU RELACIÓN CON LA GEOTERMIA

Figure a global view of geothermal energy



MODELO CONCEPTUAL DE UN CAMPO GEOTÉRMICO



EL TÉRMINO ENERGÍA GEOTÉRMICA SE UTILIZA ACTUALMENTE PARA INDICAR LA PARTE DEL CALOR DE LA TIERRA QUE PUEDE O PODRÍA SER RECUPERADO Y EXPLOTADO POR EL HOMBRE.

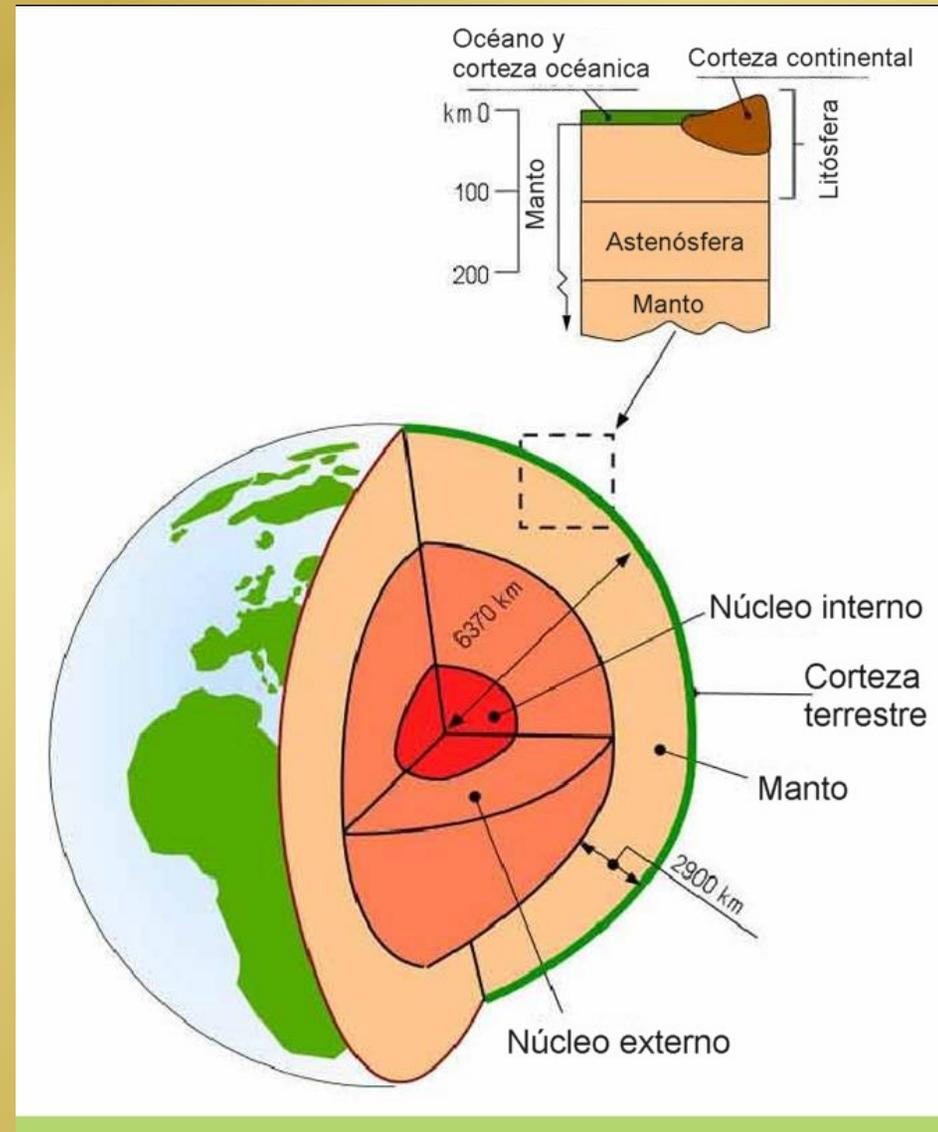
INDICADORES:

- VOLCANES
- FUMAROLAS
- MANANTIALES CALIENTES



¿DE DÓNDE PROVIENE EL CALOR?

Calor radiogénico, que es el calor generado continuamente por el decaimiento de los isótopos radiactivos de vida larga, tales como uranio (U^{238} , U^{235}), torio (Th^{232}) y potasio (K^{40}), que se encuentran en la Tierra

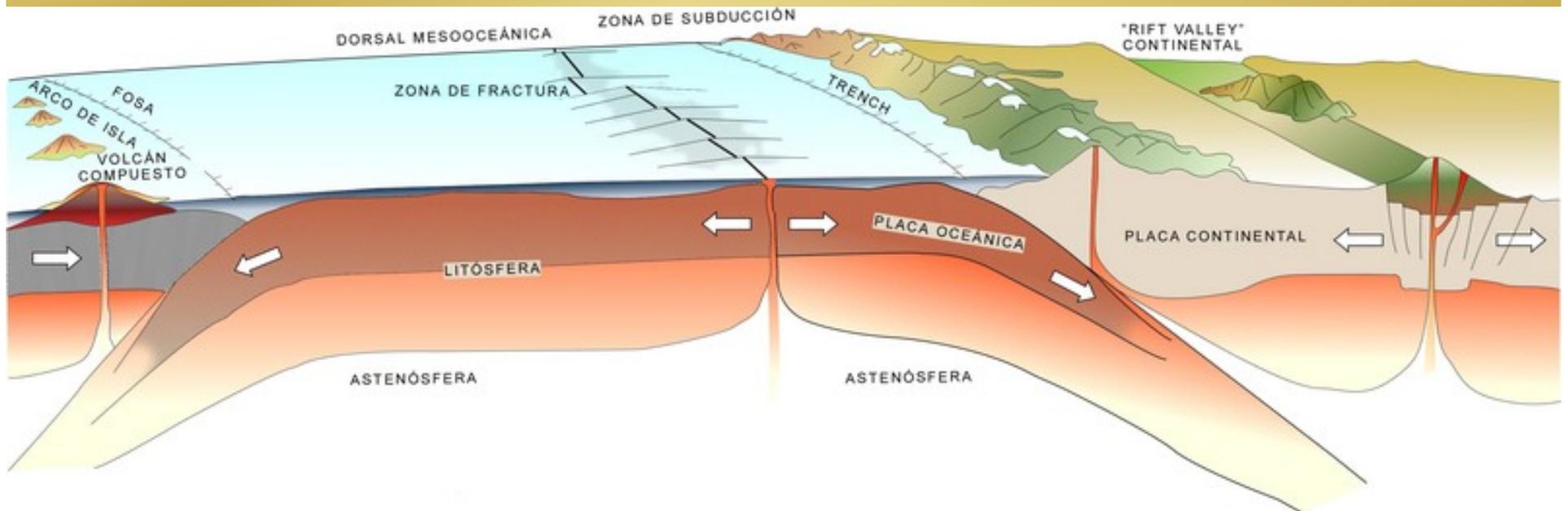


Gradiente Geotérmico:

Normal: $2.5-3^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$

Anomalía Térmica: hasta 10 veces mayor

PROCESO DE FORMACIÓN DE SUELO OCÉANICO Y DE SUBDUCCIÓN DE LA LITÓSFERA



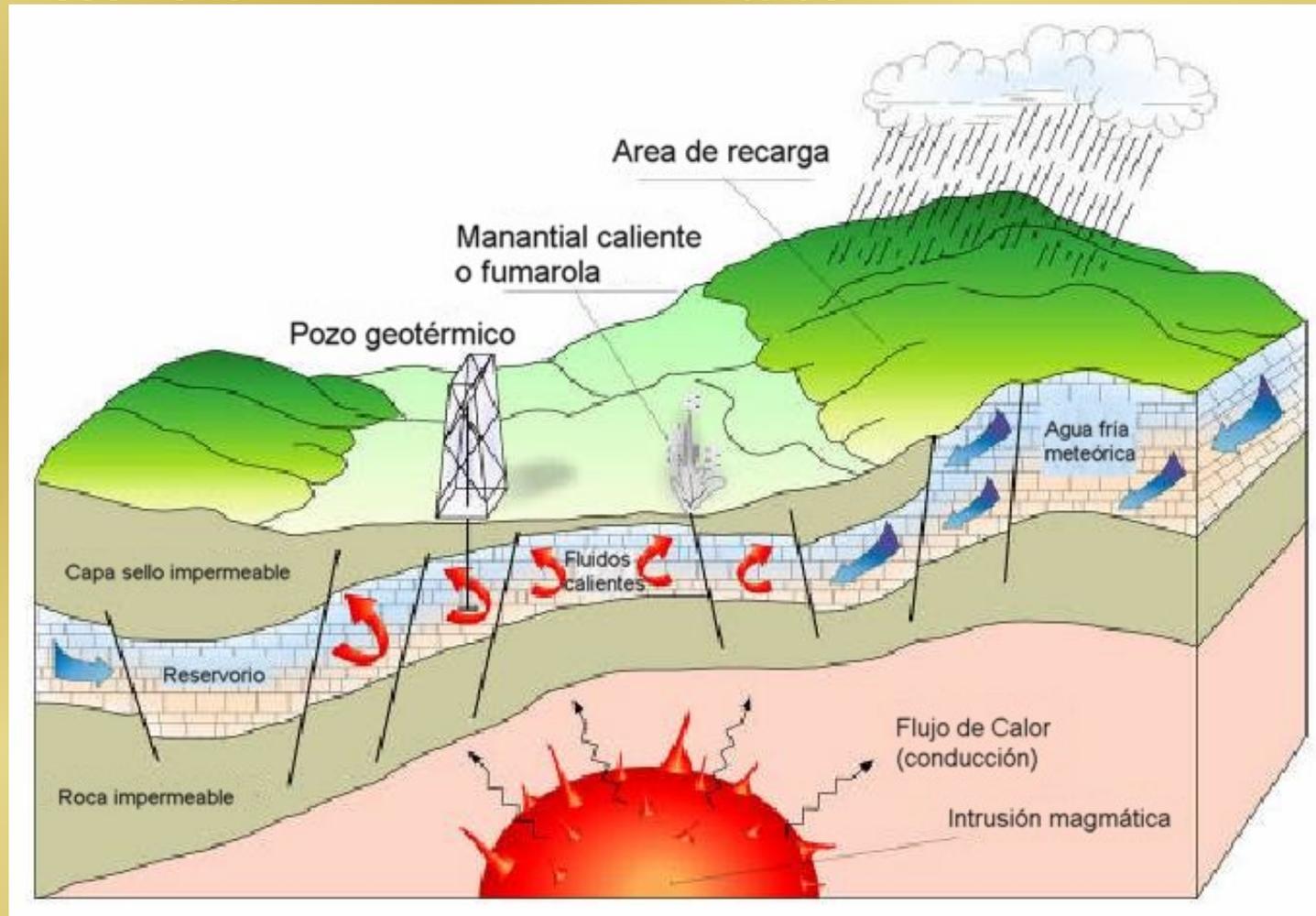
SISTEMA GEOTÉRMICO IDEALIZADO

Fuente de Calor

Capa Sello

Reservorio

Fluido



CLASIFICACIÓN DE LOS RECURSOS GEOTÉRMICOS

Por su entalpía (capacidad calorífica) y/o temperatura

Alta entalpía $>220^{\circ}\text{C}$ generación de energía eléctrica

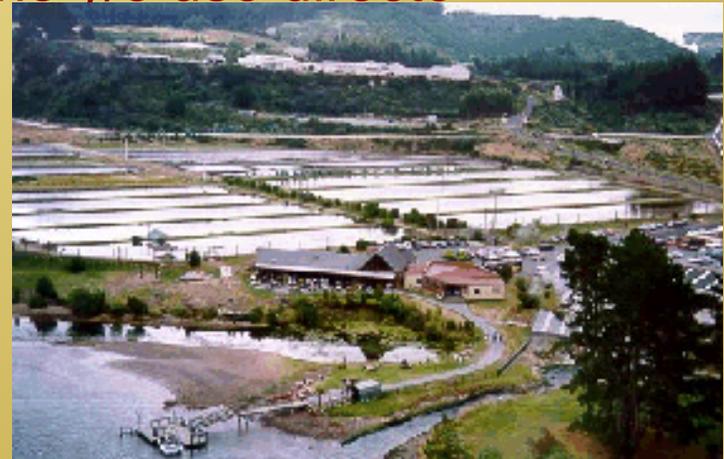
Media entalpía $150\text{-}220^{\circ}\text{C}$ ciclo binario y/o uso directo

Baja entalpía $<150^{\circ}\text{C}$ uso directo

Por el tipo de fase predominante

Líquido dominante (más común)

Vapor dominante (Larderello, Geysers)



LA ENERGÍA GEOTÉRMICA ES UNA FUENTE DE ENERGÍA:

RENOVABLE: Siempre que la explotación del recurso se haga de una forma racional (recarga \geq extracción)

SUSTENTABLE: Cumplir con las necesidades de la población actual sin comprometer a las generaciones futuras

VENTAJAS

La mayoría de las plantas geotérmicas son energía de base, es decir que operan las 24 horas del día los 365 días del año. Estimando un factor de carga del 80%, a un costo promedio de 5 centavos de dólar por kWh, la industria geotermoeléctrica produce alrededor de 3,000 millones de dólares anualmente en todo el mundo.

Ahorro de divisas y quema de combustibles fósiles

ETAPAS EN EL DESARROLLO GEOTÉRMICO

1) EXPLORACIÓN

Objetivos

1. Identificar el recurso geotérmico, asegurando la existencia de un campo geotérmico explotable
2. Estimar el tamaño del recurso y tipo de campo.
3. Localizar las zonas de producción y reinyección.
4. Determinar la entalpía de los fluidos extraídos en los pozos.
5. Recopilar una base de datos para futuros monitoreos.
6. Determinar los parámetros ambientalmente sensibles.
7. Conocer y prever posibles problemas durante la fase de explotación.

TECNICAS DE EXPLORACIÓN

Etapas: Reconocimiento, prefactibilidad, factibilidad

- Geología e hidrogeología: identificar la ubicación y tamaño de las áreas de interés para posteriores estudios y definir los métodos de investigación más adecuados.
- Geoquímica: temperaturas esperadas (geotermómetros), tipo de fluidos, fuente de recarga, edad de los fluidos (isótopos)
- Geofísica: parámetros físicos de las formaciones geológicas, tales como conductividad eléctrica (SEV), densidad (gravimetría), susceptibilidad magnética (magnetometría).
- Perforaciones de diámetro reducido: confirmar el gradiente geotérmico y la existencia de fluidos geotérmicos.

PERFORACIÓN DE POZOS GEOTÉRMICOS

Profundidad promedio: 1,500 metros

Temperatura de fondo: 280°C

Potencia media: 5 MWe

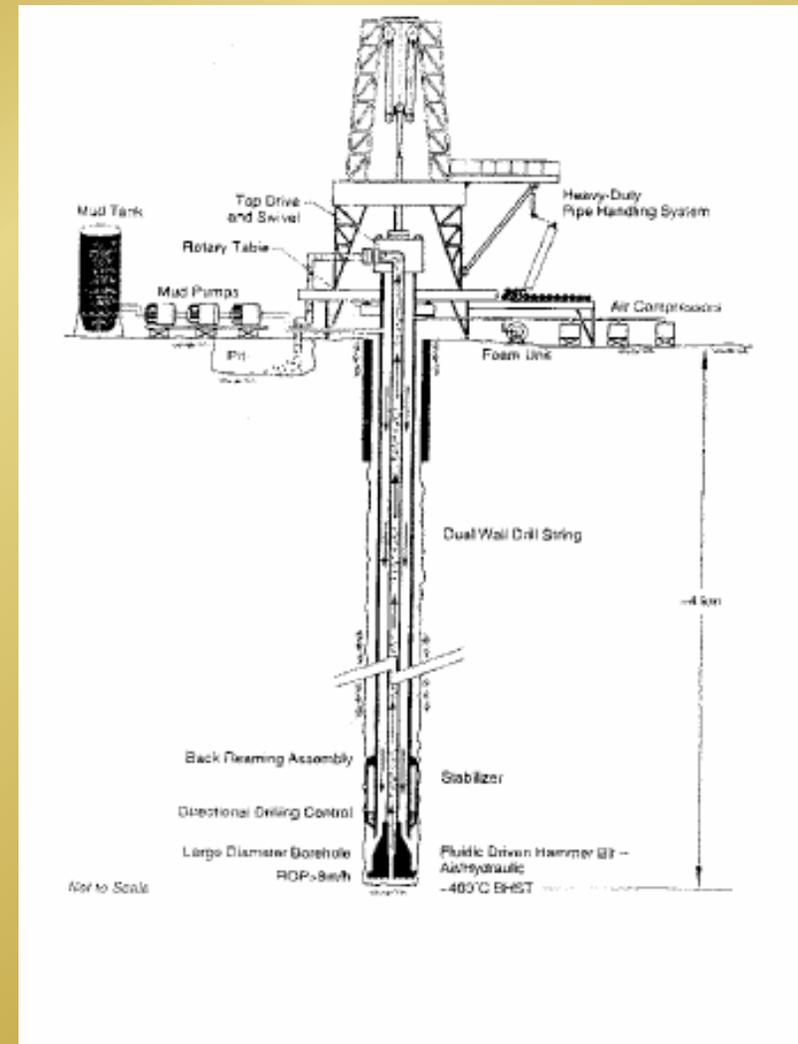
Costo promedio: 4 millones USD

Orientación: vertical o desviado

Arbol de válvulas y tecnología

similar a un pozo petrolero

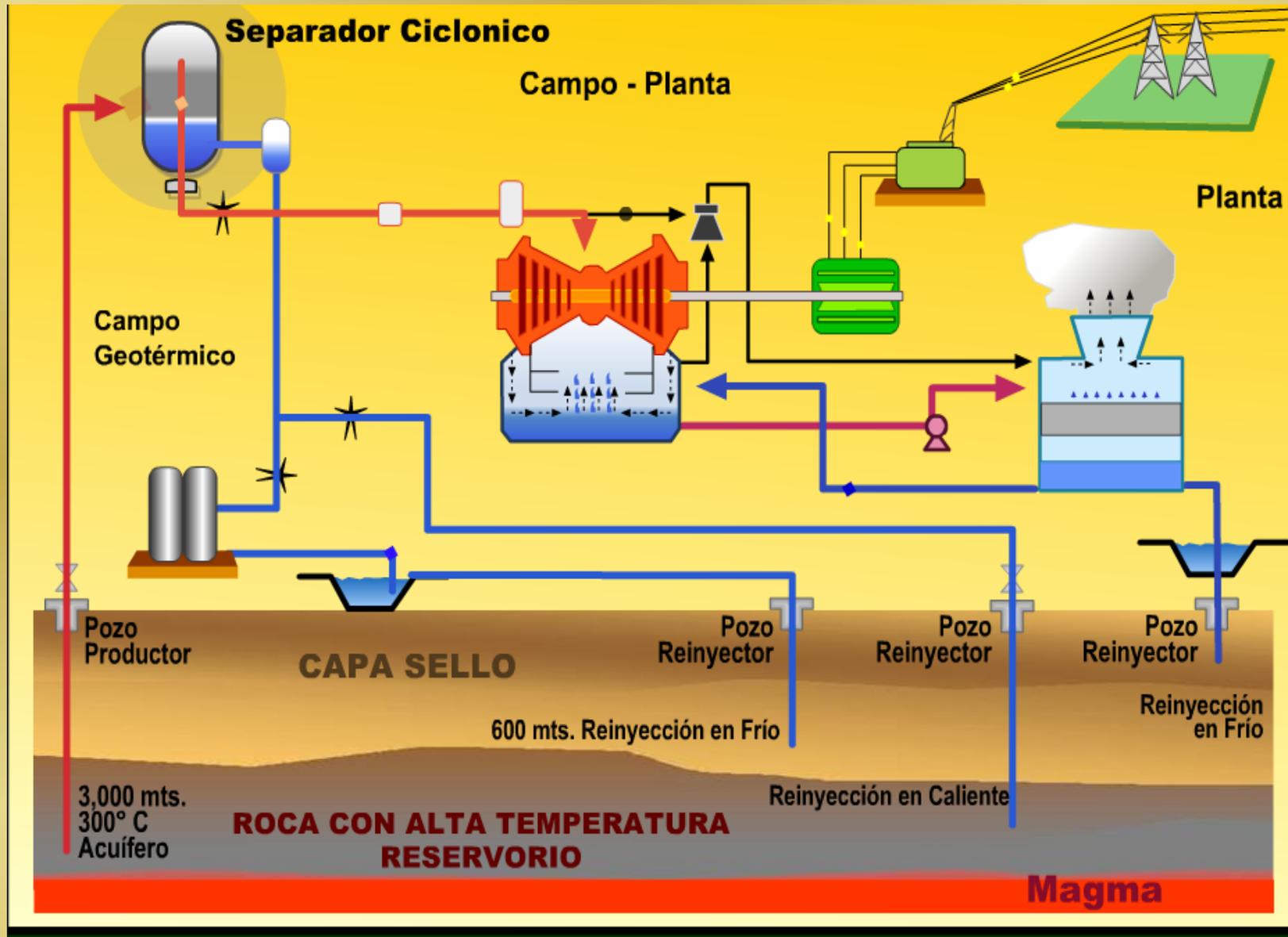
Diámetros: telescópico de 26"-8"



GENERACIÓN GEOTERMOELÉCTRICA EN EL MUNDO

País	1990 (MW)	1999 (MW)	2005 (MW)
Estados Unidos	2775	2850	2544
Filipinas	891	1848	1931
Italia	545	769	790
México	700	753	953
Indonesia	145	590	797
Japón	215	530	535
Nueva Zelandia	283	345	435
Islandia	45	140	202
Costa Rica	0	120	163
El Salvador	95	105	151
Nicaragua	70	70	77
Kenia	45	45	127
China	19	32	28
Guatemala	0	29	33
Turquía	20	20.4	20
Francia (Guadalupe)	0	0	15
Rusia	0	0	7.9
Papua Nueva Guinea	0	0	6
Portugal (Azores)	0	0	16
Capacidad instalada total de generación eléctrica	5867	8246	8830

GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA



TIPOS DE PLANTAS GEOTERMOELÉCTRICAS

A condensación

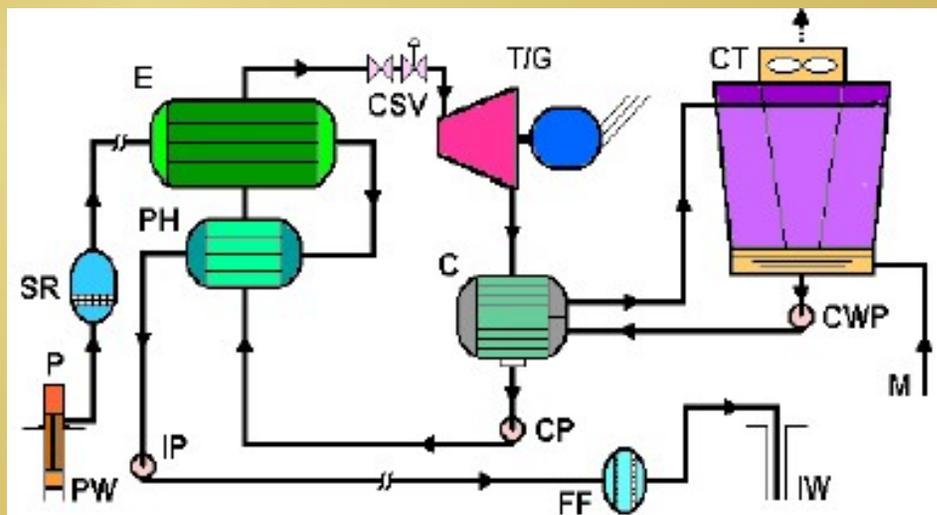
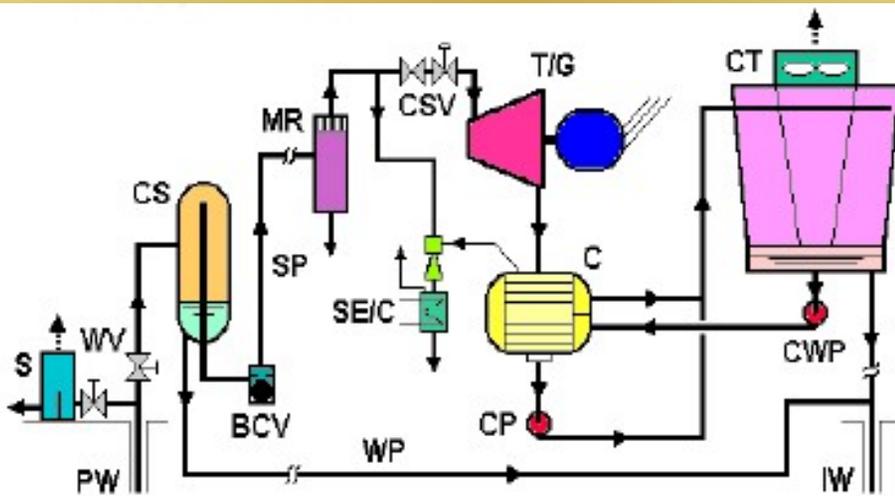
Ciclo Binario

Tamaño: 5-100 MWe

Tamaño: 500 kW-10 MWe

Consumo: 6-9 Ton/h vapor/MWe

36-180 Ton/h fluido/MWe

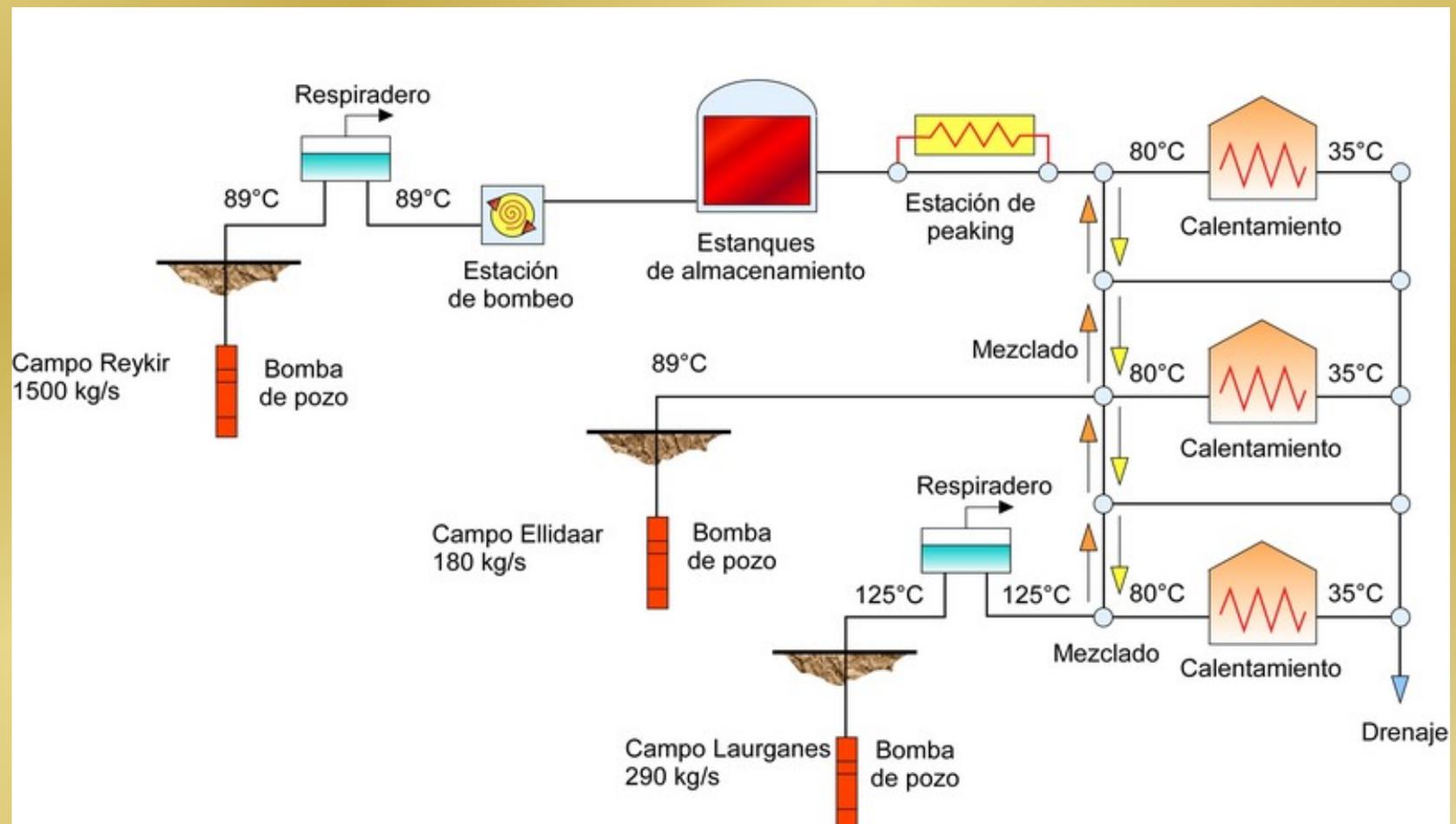


E	evaporador	FF	filtro final
SR	removedor de arena	T/G	turbina/generador
P	bomba de pozo	CT	torre de enfriamiento
PW	pozo productor	CWP	bomba de torre enfriamiento
IW	pozo reinyector	M	agua para torre
IP	bomba de inyección	S	silenciador
PH	precalentador	WV	válvula de cabezal
CSV	válvula de control	BCV	válvula de cheque
C	condensador	WP	tubería de agua
CP	bomba de condensado	SE/C	eyector de vapor/condensador

USOS DIRECTOS

CALEFACCIÓN DE ÁREAS Y GRANDES ESPACIOS

Extensamente utilizada en Islandia (1,200 MWt), Europa del Este, Francia, China, Estados Unidos.



PARÁMETROS PARA ANÁLISIS ECONÓMICO DE UN PROYECTO GEOTÉRMICO

- Capacidad en kW (15000, 25000, 50000)
- Factor de planta (85 – 95%)
- Vida útil del proyecto (25-30 años)
- Consumo propio de la planta (1% - 5% - 15%)
- Costo del kW instalado (USD 2,500 – 3,500)
- Costo de O y M planta (0.015 USD/kWh)
- Costo O y M campo (0.035 USD/kWh)
- Tasa de descuento (8 – 12%)
- Tiempo de construcción (2 – 5 años)

IMPACTO AMBIENTAL

En los 60 la energía geotérmica era considerada una energía limpia.

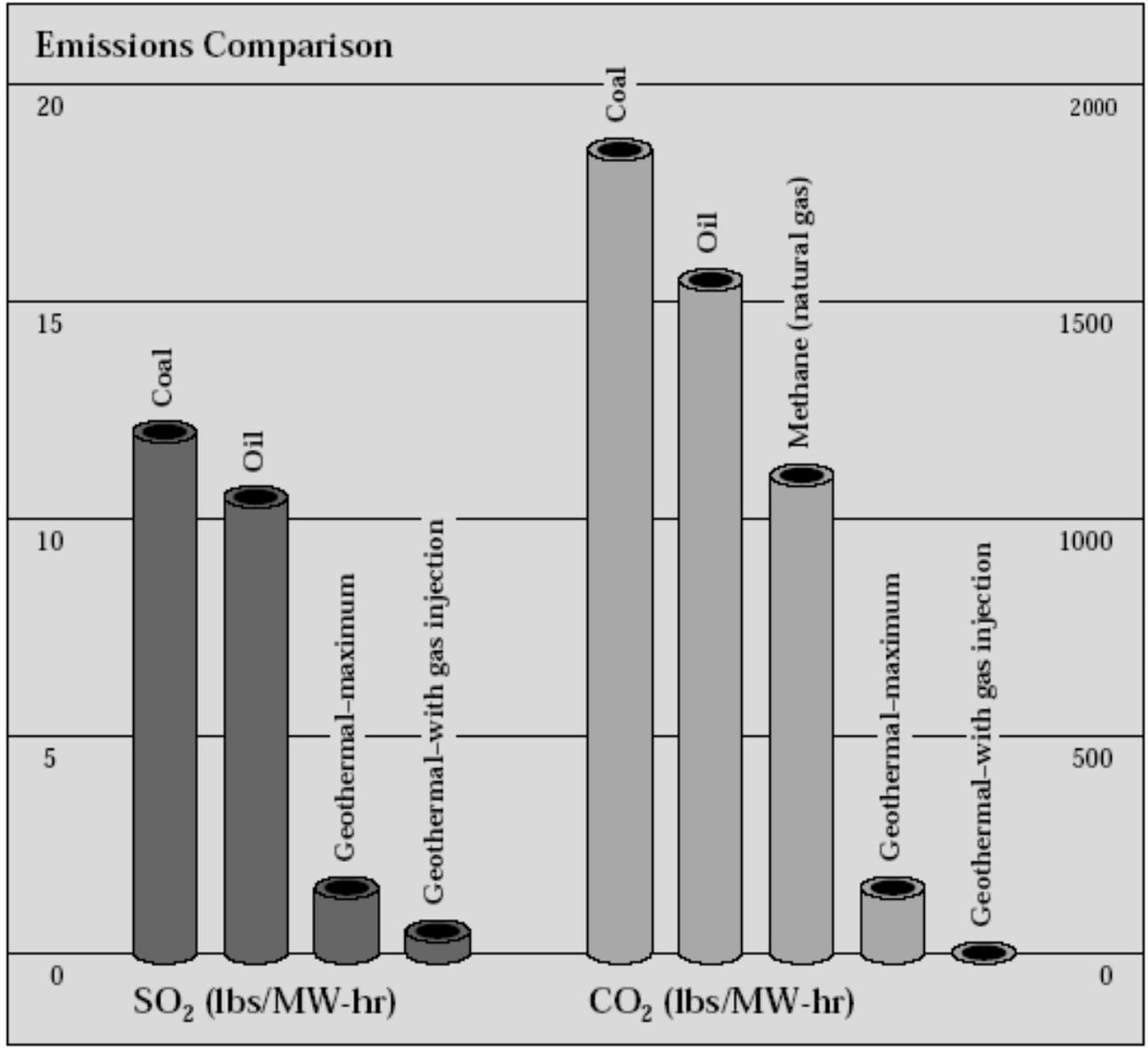
Sin embargo no existe actualmente ninguna forma de producir o transformar energía sin afectar de alguna forma al ambiente.

La forma más sencilla de producir energía, quemar madera tiene consecuencias negativas en la calidad del aire y el ritmo de deforestación.

De forma similar, la explotación de la energía geotérmica también tiene efectos en el ambiente, aunque es menos contaminante que la mayoría de fuentes convencionales de energía.

El principal contaminante descargado es el bióxido de carbono (CO_2), que en una planta geotérmica está en un rango 13 – 380 g/kWh, mientras que una planta de carbón emite 1042 g/kWh, 906 g/kWh una de hidrocarburo y 453 g/kWh una de gas natural

Las emisiones totales de gases de una planta geotérmica son un 5% de una planta de tamaño equivalente operada por combustibles fósiles.

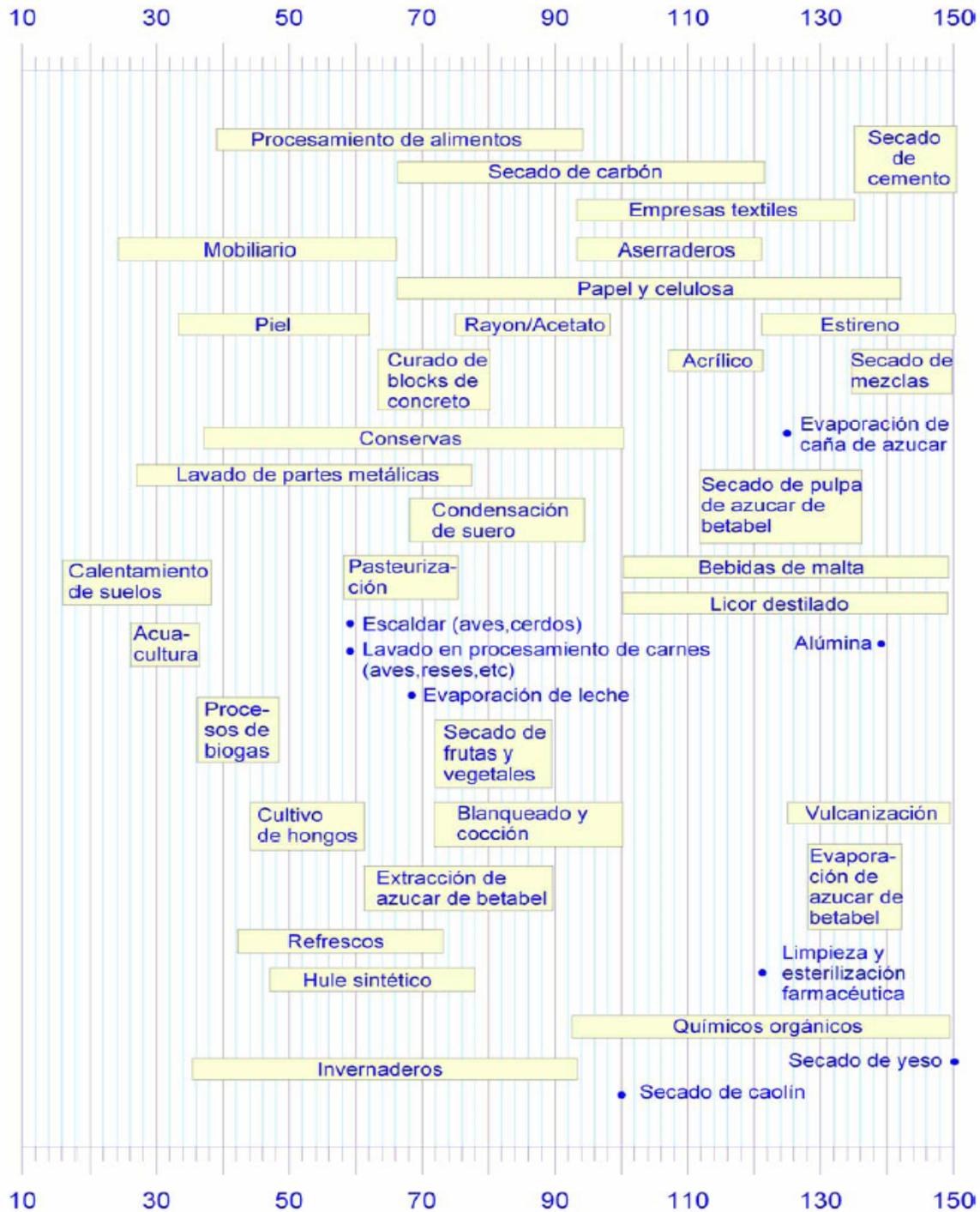


EMISIONES A LA ATMÓSFERA (TON/DIA/MW)

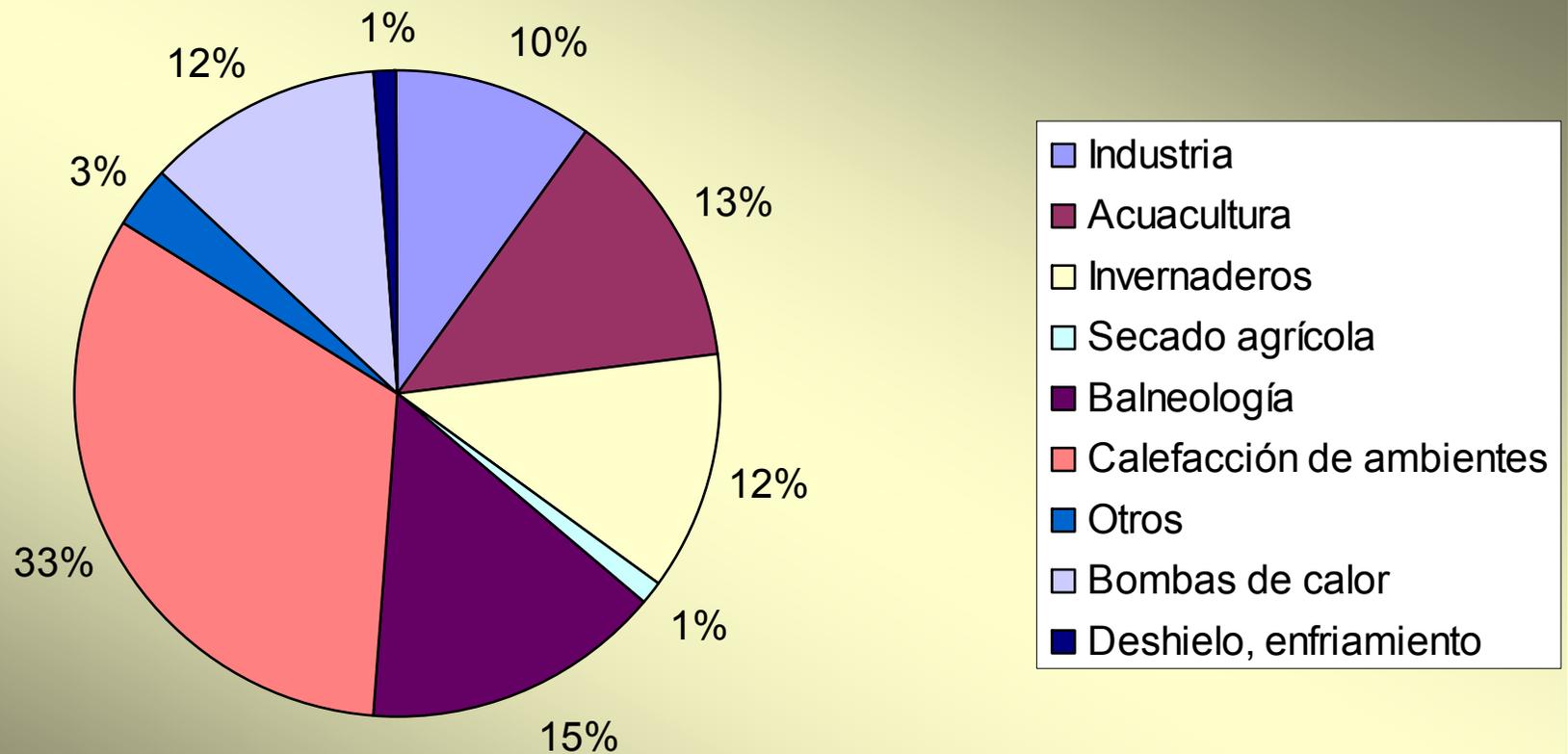
EMISIÓN	CO ₂	SO _x	NO _x	H ₂ S	PST	NH ₃	TRAZAS DE METALES
Carbón	22.00	0.56	0.08	0	0.70	0	40 x 10 ⁵
Combustóleo	18.02	0.28	0.08	0	0.02	0	7 x 10 ⁵
Gas natural	12.22	(5)	0.07	0	0	0	0
Nuclear	0	0	0	0	0	0	0
Hidroelectricidad	0	0	0	0	0	0	0
Eólica	0	0	0	0	0	0	0
Geotermia	3.36	0	0	0.11	0	0.02	0

UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS GEOTÉRMICOS DE MEDIANA Y BAJA TEMPERATURA

°C	
	Evaporación de soluciones altamente concentradas
180	Refrigeración por absorción de amonio
	Digestión en pulpa de papel, kraft
170	Agua pesada via proceso de sulfuro de hidrógeno
	Secado de tierra diatomácea
160	Secado de carne de pescado
	Secado de madera
150	Alumina via proceso de Bayer
140	Secado de producto de granja a altas tasas
	Enlatado de comida
130	Evaporación en refinado de azúcar
	Extracción de sales por evaporación y cristalización
120	Agua pura por destilación
	Mayoría de evaporaciones de efecto múltiple, concentración de solución salina
110	Secado y curado de blocks de cemento ligero
100	Secado de material orgánico, algas, hierba, vegetales, etc
	Lavado y secado de lana
90	Secado de pescado
	Operaciones intensas de deshielo
80	Calentamiento de ambientes
	Invernaderos por calentamiento de ambiente
70	Refrigeración (límite inferior de temperatura)
60	Cría de animales domésticos
	Invernaderos por calentamiento de espacios y semillero
50	Cultivo de hongos
	Baños. Balneología
40	Calentamiento de suelos
30	Piscinas de agua caliente. Biodegradación. Fermentación
	Agua tibia para minería en climas fríos. Deshielo
20	Piscicultura. Crianza de peces



USOS DIRECTOS DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA A NIVEL MUNDIAL



USOS NO ELÉCTRICOS DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA

AMBIENTAL

- Calefacción de espacios habitacionales
- Acondicionamiento de aire

AGRÍCOLA

- Calentamiento de invernaderos y suelos
- Deshidratado de cultivos
- Acuicultura

INDUSTRIAL

- Industria química
- Secado e industrialización de madera

SECADO DE MADERA

País	Uso	Descripción	Flujo de vapor o agua caliente
Nueva Zelanda (Kawerau)	Pulpa y papel	Procesamiento de pulpa de papel y generación de potencia eléctrica en pequeñas cantidades	1,270 ton/h de vapor húmedo
Japón (Yuzawa)	Secado de madera	Un secador al vacío y un evaporador	48 ton/h de agua caliente
Taiwán (Tatun)	Secado de madera	Capacidad de secado de 8,500 pies ³ /mes	0.5 ton/h de vapor a 180°C
México (Los Azufres)	Secado de madera	Secador con capacidad de 9,000 pies ³ /tabla	750 ton/h de agua caliente

SECADO DE MADERA II

Tipo de madera	Tiempo de secado (días)	Humedad Final (%)	Costo USD*
Pino	4 -5	8	60 - 75
Encino	12 – 15	11	180 – 225
Fresno	8 – 10	10	120 - 150

•Los Azufres, 1997

VENTAJAS

- ❖ Evita daños físicos a la madera (torceduras, variación de dimensiones)
- ❖ Secado uniforme
- ❖ Reduce contenido humedad hasta 8%
- ❖ Menor tiempo secado (días vs meses)

DESHIDRATADO DE FRUTAS Y VERDURAS

Ubicación	Los Azufres, Michoacán
Dimensiones	3 m x 1 m x 2 m
Capacidad	448 kg
Fuente de energía	Salmuera geotérmica de pozo
Flujo de salmuera	0.03 kg/seg (0.11 ton/h)
Consumo energía	10 kJ/seg
Sistema calentamiento	Dos serpentines de acero inoxidable, termómetro bimetálico, manómetro y válvula de control de presión
Sistema circulación de aire	Un ventilador axial, flujo de 3 m ³ /min y motor de 3 HP
Temperatura requerida	40 a 60°C
Sistema de control	Dos gráficas de 30 a 150°C para registrar temperatura de aire (entrada y salida)

DESHIDRATADO DE FRUTAS Y VERDURAS II

Producto	Presentación	Tratamiento	Tiempo (hrs)
Cebolla	Cubos		17
	Rebanadas		33
	roseta		117
Chile	Entero		23
	rebanadas		17
Tomate	Mitades	Escarificado con hidróxido de sodio al 2%	39
	Rebanadas		17
Pera	Rebanadas	2 g de bisulfito/litro de agua	36
Banano	Entero	Ácido cítrico	60

INVERNADEROS

Tipo de Cultivo	Invernadero e Hidroponía			Tradicional
	Producción (t/ha)	Cosechas/año	Rendimiento anual (t/ha)	Rendimiento anual (t/ha)
Frijol	11.5	4	46	6
Repollo	57.5	3	172.5	30
Pepino	250	3	750	30
Berenjena	28	2	56	20
Lechuga	31.3	10	313	52
Pimiento	32	3	96	16
Tomate	187.5	2	375	100

INVERNADEROS II

VENTAJAS

- Programación de fechas de siembra (producción fuera de temporada)
- Regulación de crecimiento (floración y fructificación)
- Control de plagas y enfermedades
- Control de calidad
- Reducción de tiempo de germinación
- Valor agregado como producto ecológico
- Control de factores climáticos
- Ahorro de costo de operación (electricidad) que representa hasta un 35% del costo
- Amplio rango de temperatura (aprovechamiento en cascada)

LA GEOTERMIA EN GUATEMALA



ÁREAS GEOTÉRMICAS DE GUATEMALA



- 1. SAN MARCOS
- 2. ZUNIL
- 3. ATITLAN
- 4. PALENCIA
- 5. AMATITLAN
- 6. TECUAMBURRO
- 7. MOTAGUA
- 8. AYARZA
- 9. RETANA
- 10. IXTEPEQUE IPALA
- 11. LOS ACHIOTES
- 12. MOYUTA
- 13. TOTONICAPAN

- ★ Area de Interés Geotérmico
- Cabecera Departamental

CAMPOS GEOTÉRMICOS DE ALTA TEMPERATURA

