



Jornadas sobre
**Desarrollo de la geotermia
en Canarias: una apuesta por
la sostenibilidad**

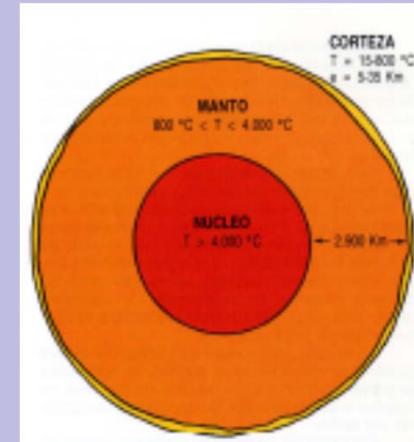
Canarias, julio de 2015

Geotermia en Canarias: la energía desconocida. Investigación del potencial geotérmico en Canarias realizado por el IGME

Celestino García de la Noceda Márquez
Instituto Geológico y Minero de España
c.garcia@igme.es

Geoter...mi.....
geo

térmica



...los "miedos"....



...en España...?



El territorio canario:



¿Y en el resto
del territorio?...

¿Cómo se
entiende la
geotermia?

Las aguas
termales y los balnearios

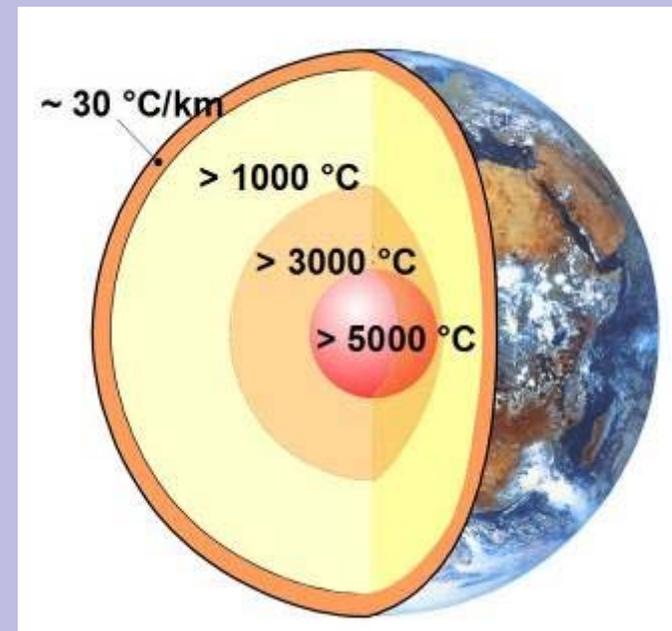
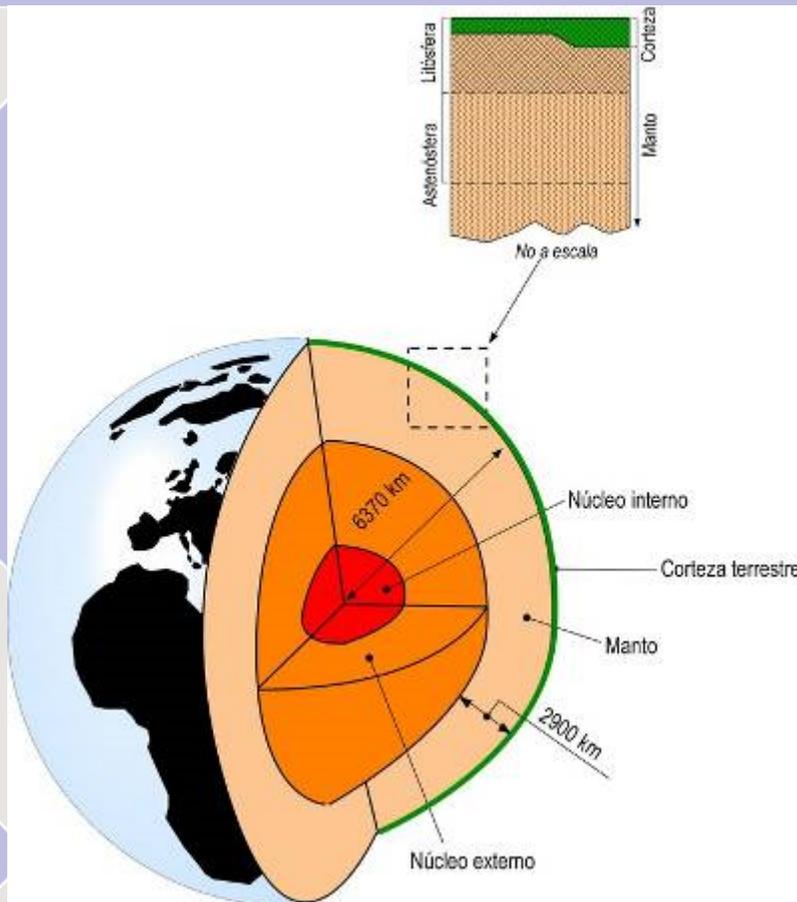
El hombre
primitivo:
las cavernas



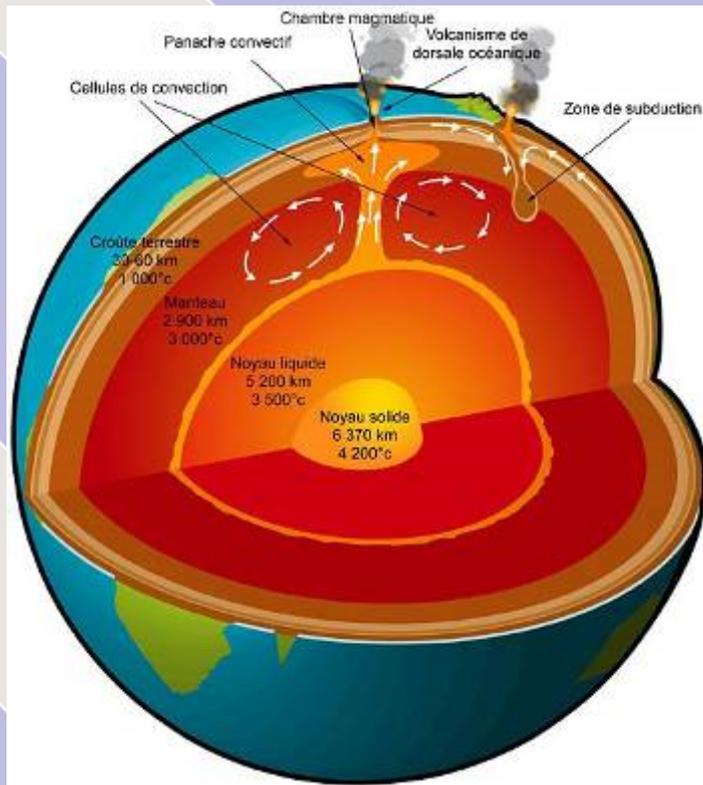
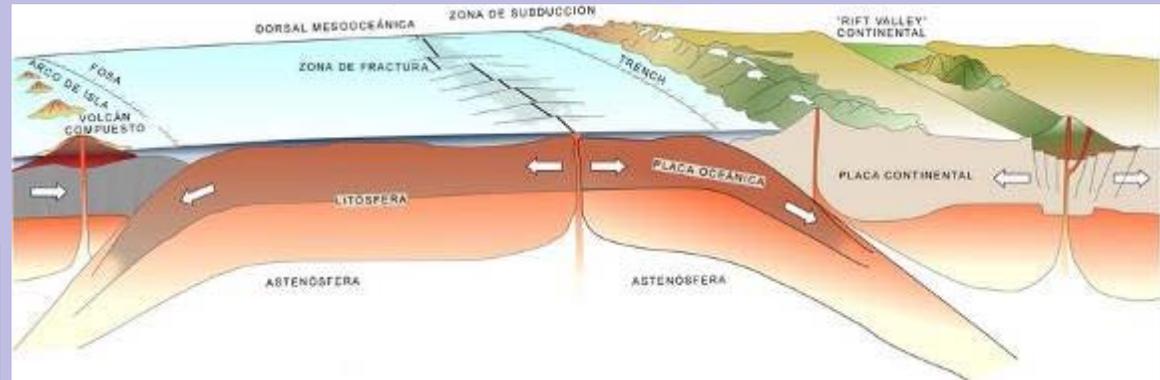
Larderello (Italia), 1904:
primera experiencia de
producción de electricidad

Energía geotérmica en amplio sentido:

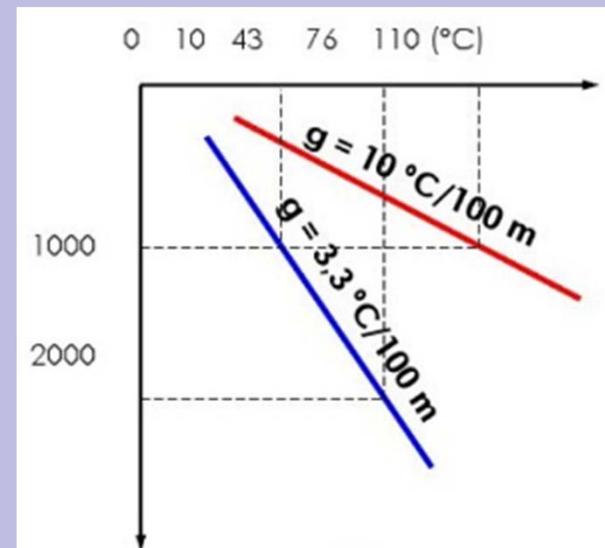
la energía calorífica contenida
en el interior de la Tierra



El calor del globo

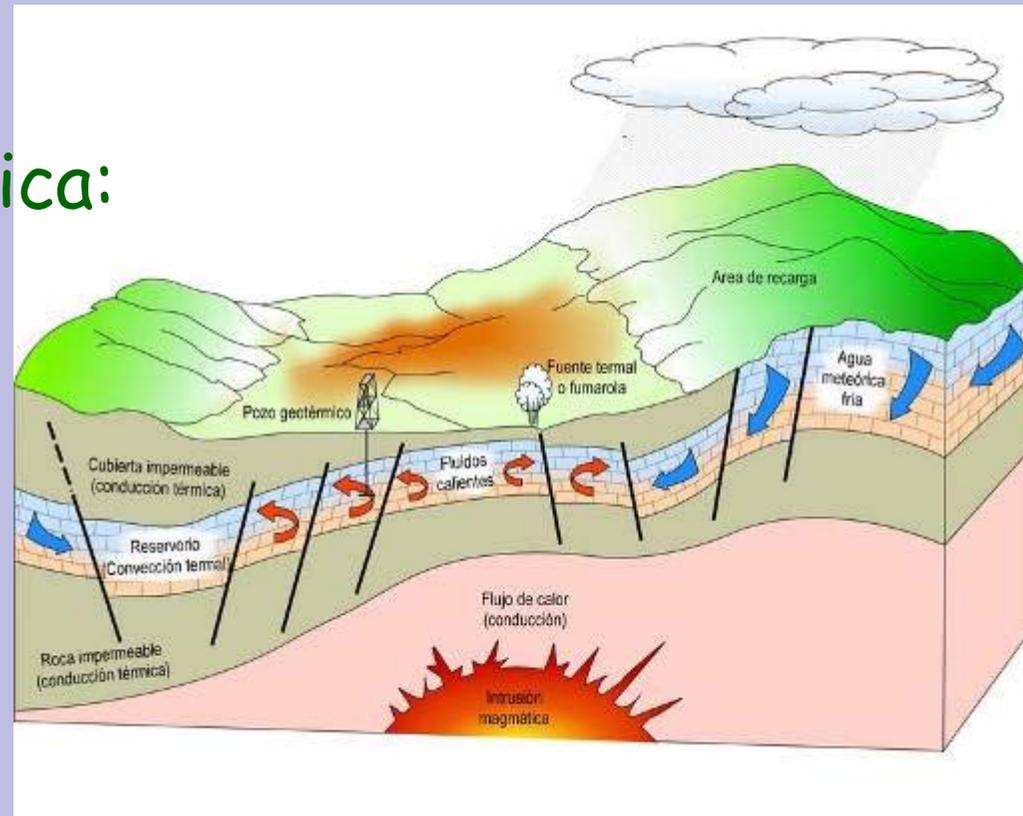


Flujo y gradiente geotérmico:



La geotermia clásica:

- Cobertura
- Almacén permeable
 - o Base impermeable
 - o Fluido
- Foco de calor



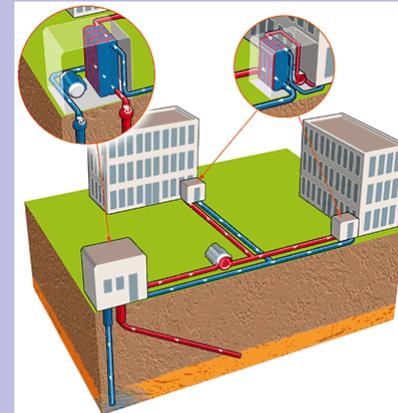
Tipos de yacimientos geotérmicos:

Tipo de yacimiento		Rangos de temperatura	Uso principal
Baja entalpía (temperatura)	Almacenes sedimentarios profundos	< 100° C	Usos directos
	Zonas intramontañas o volcánicas		
Media entalpía (temperatura)		100° C < T < 150° C	Electricidad ciclos binarios Uso combinado
Alta entalpía (temperatura)		> 150° C	Electricidad

Recursos geotérmicos convencionales. Sistemas hidrogeotérmicos



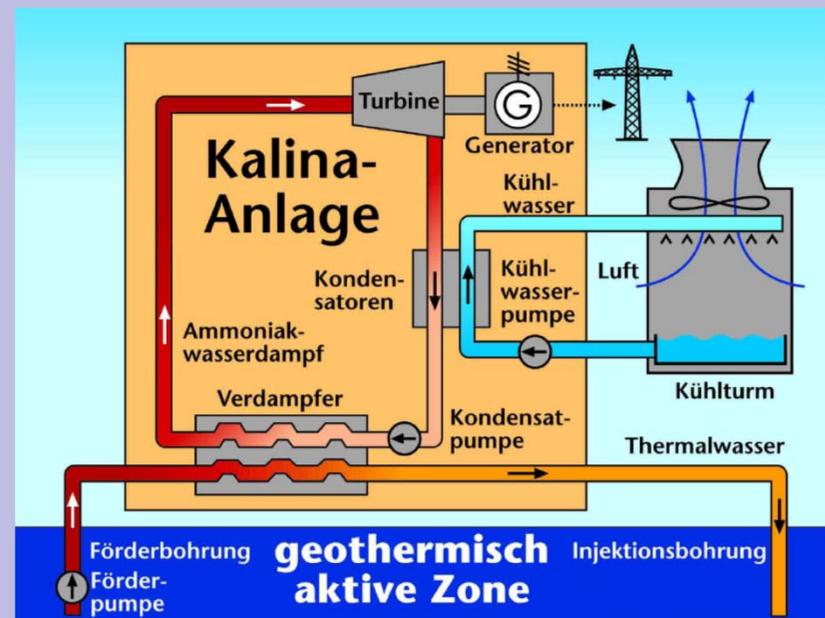
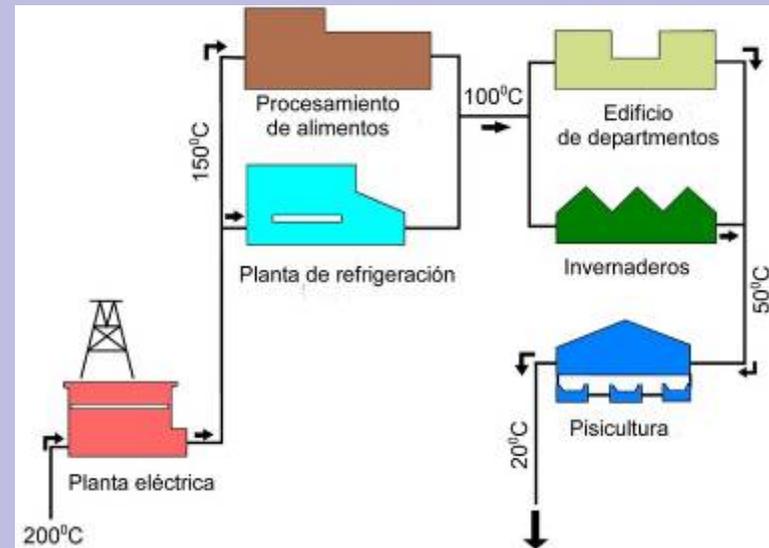
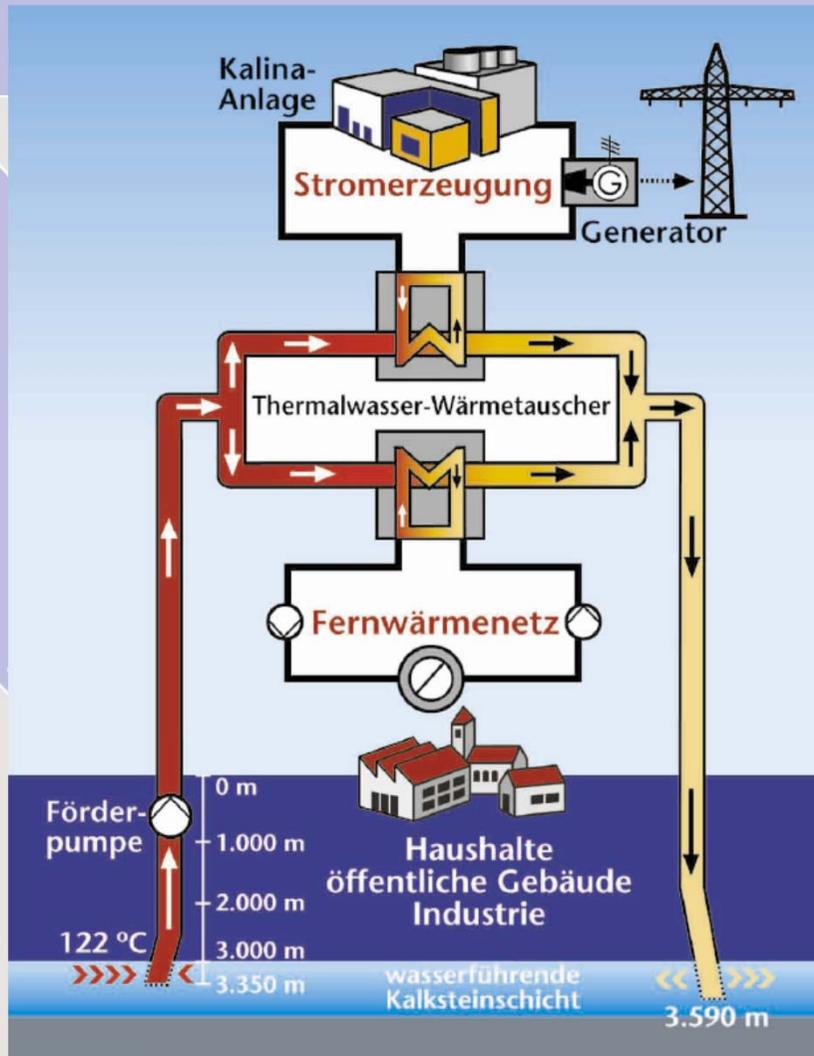
Yacimientos geotérmicos de baja entalpía: uso directo del calor - calefacción



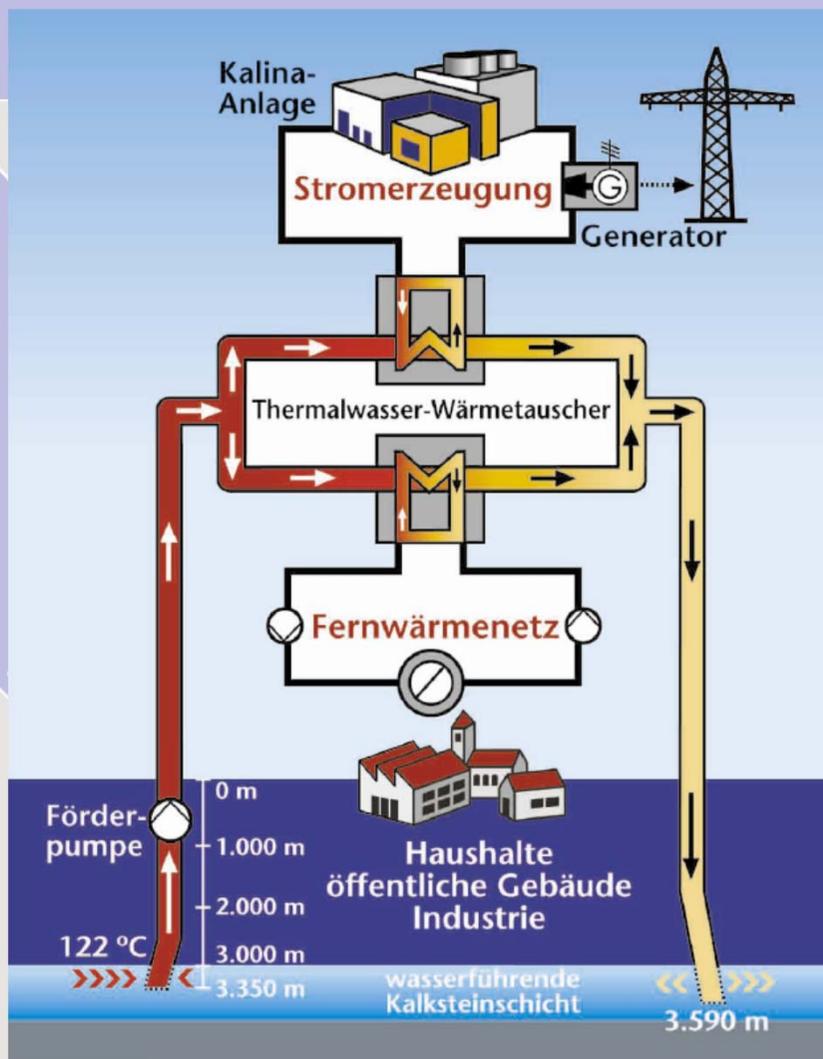
Yacimientos geotérmicos de alta entalpía: producción de electricidad



Uso en cascada:



Uso en cascada:



Nuevos recursos y tecnologías geotérmicas

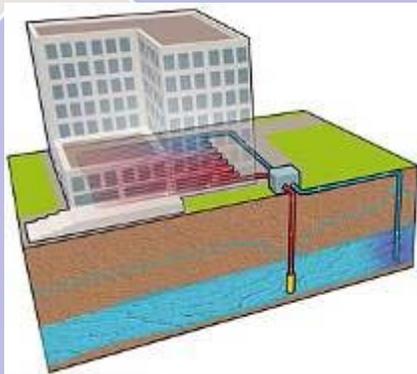
Geotermia convencional		Rangos de temperatura	Uso principal
Baja temperatura	Almacenes sedimentarios profundos	< 100° C 50-130° C	Usos directos
	Zonas intramontañasas o volcánicas		
Media temperatura		100° C < T < 150° C 120° C < T < 200° C 130° C < T < 220° C	Electricidad ciclos binarios Uso combinado
Alta temperatura		> 150° C > 200° C > 220° C	Electricidad

Nuevos recursos y tecnologías geotérmicas

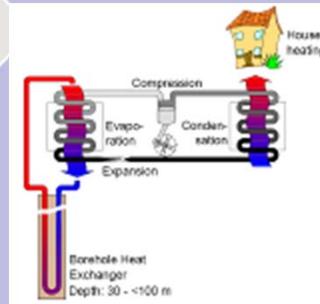
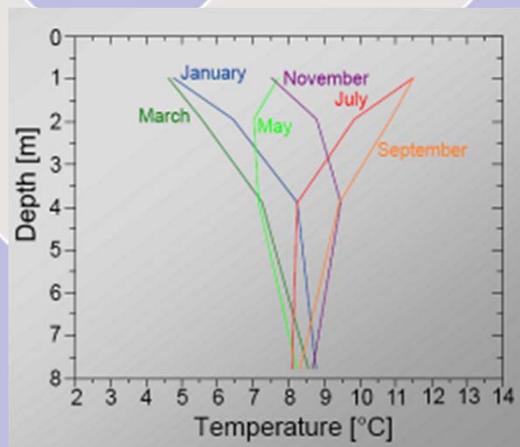
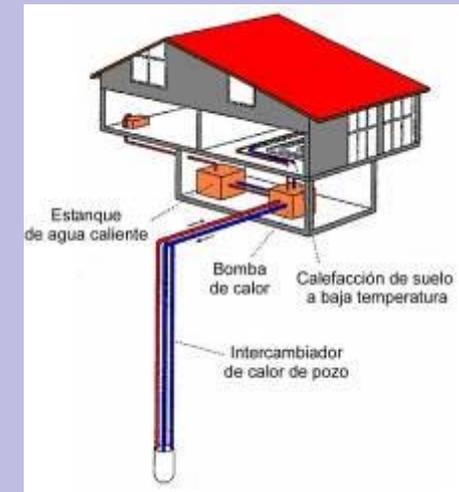
Tecnología	Almacenes geotérmicos	Temperatura °C	Permeabilidad	Uso
Bomba de calor	Muy baja temperatura	< 50	Muy baja	Usos directos
			Suficiente-alta	
Geotermia convencional	Baja temperatura	50-120	Suficiente - alta	Usos directos
	Media temperatura	120-200	Suficiente - alta	Usos directos + electricidad
	Alta temperatura	>200	Suficiente - alta	Electricidad
Nuevas tecnologías	Roca caliente seca HDR	>200	Nula	Electricidad
	Sistemas geotérmicos estimulados EGS	Diversas temperaturas	Baja	Electricidad Usos directos
	Yacimientos supercríticos	>350	Suficiente - alta	Electricidad Hidrógeno

Recursos geotérmicos someros:

- Propio subsuelo poco profundo
- Acuíferos someros y otros (minas, túneles,...)

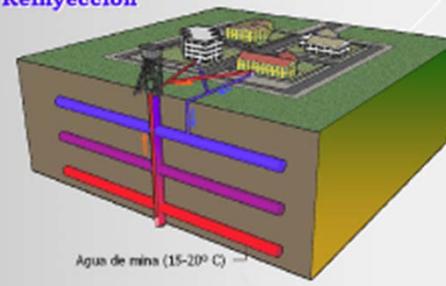


- uso de bomba de calor
- temperaturas estables
- diferentes esquemas



Agua de Mina como recurso Geotérmico

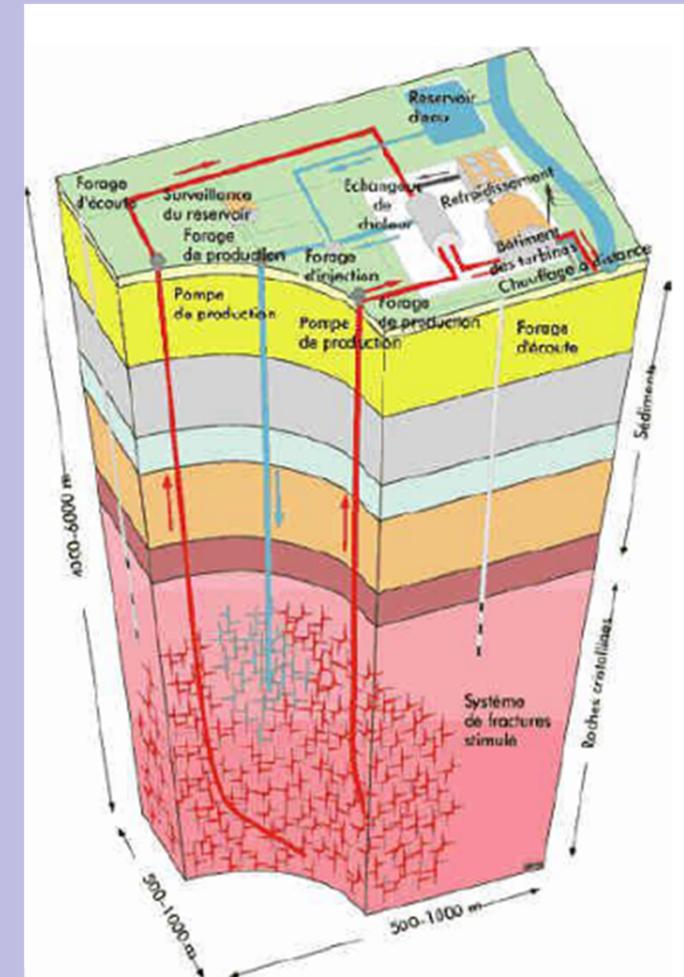
Reinyección



- Almacenamiento de calor en el subsuelo o en acuíferos someros
- Fuerte incremento de las necesidades de refrigeración: La bomba de calor permite el uso reversible frío-calor

Yacimientos geotérmicos estimulados

Yacimientos de roca caliente seca:
(HDR)



Yacimientos geotérmicos estimulados

Yacimientos de roca caliente seca:
(HDR)

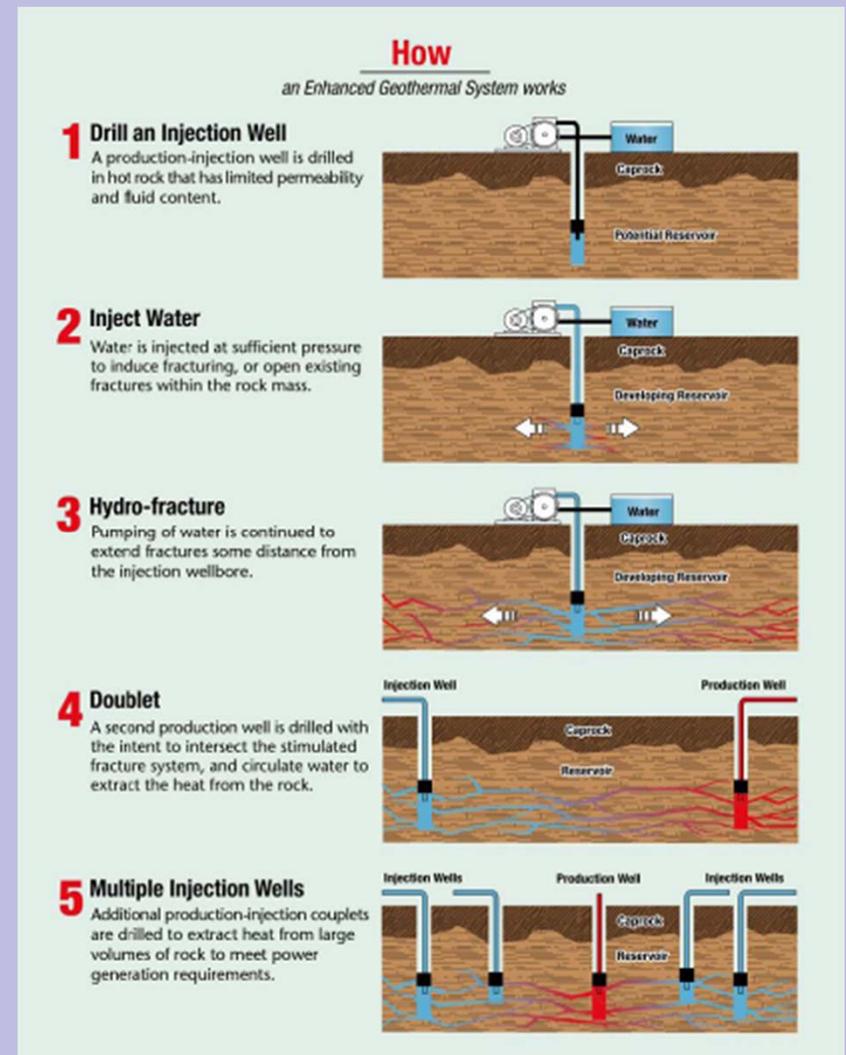


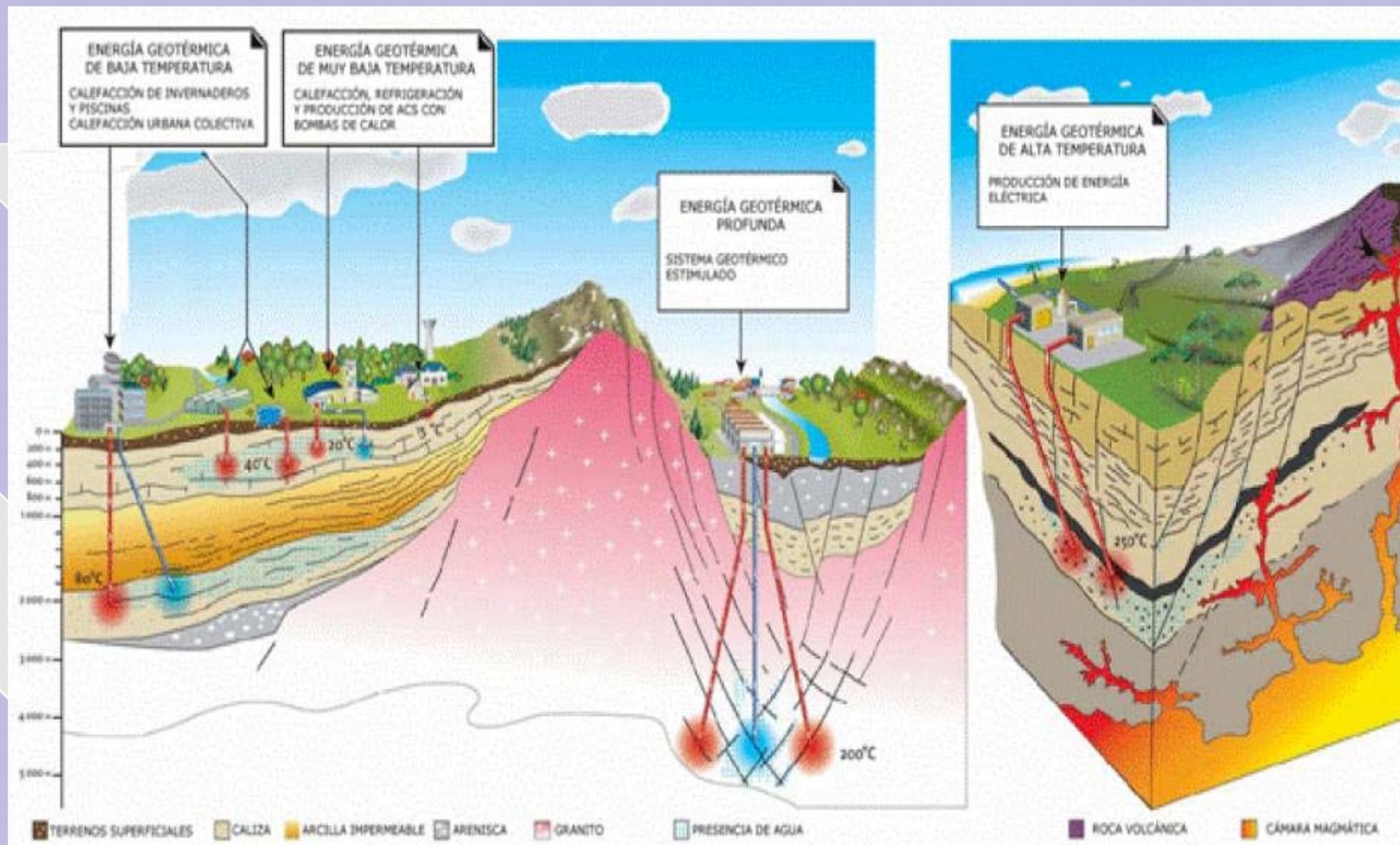
El desarrollo de una tecnología:

EGS

Enhanced Geothermal Systems

Engineered Geothermal Systems





Características y ventajas de la geotermia:

- ❖ Energía gestionable. Disponible 24 horas y 365 días al año
- ❖ Respetuosa con el medio ambiente
- ❖ Permite un aprovechamiento sostenible
- ❖ Importante inversión inicial y bajos costes de mantenimiento
- ❖ Costes finales competitivos
- ❖ Riesgo o incertidumbre geológica minimizable
- ❖ Tecnología altamente eficiente en calefacción/climatización
- ❖ Recurso autóctono

Fases de la investigación geotérmica:

Recursos de alta entalpía:

FASE	RECONOCIMIENTO	PREFACTIBILIDAD	FACTIBILIDAD	DESARROLLO Y EXPLOTACION
OBJETIVO	Selección de regiones geotérmicas Proposición de programas	Selección de áreas geotérmicas Estimación de potencial Proposición de modelo geológico	Confirmación y evaluación del yacimiento Estudios de viabilidad Proposición de sistemas de explotación	Confirmación extensión del campo Evaluación con la explotación Utilización del yacimiento
DURACIÓN	3-4 años	4-5 años	2-3 años	25-30 años
INVESTIGACION PROPIAMENTE DICHA 9-12 AÑOS				

Recursos de baja entalpía:

FASE	DOCUMENTACION ESTUDIOS GEOLOGICOS	VIABILIDAD TECNICO-ECONOMICA	SONDEOS PROFUNDOS PROYECTO EXPLOTACION
OBJETIVOS	Seleccionar acuíferos Predecir características Proponer puntos de explotación	Estudiar demanda Analizar soluciones Evaluar económicamente el proyecto Diseñar modelo de operación	Confirmar modelo geológico Establecer características definitivas y condiciones de explotación
DURACION	6-12 meses	3-4 meses	8-14 meses
TOTAL	17-30 meses		

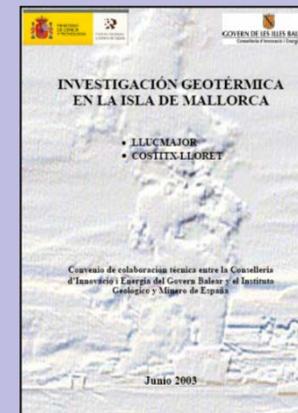
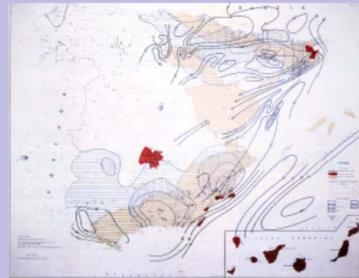
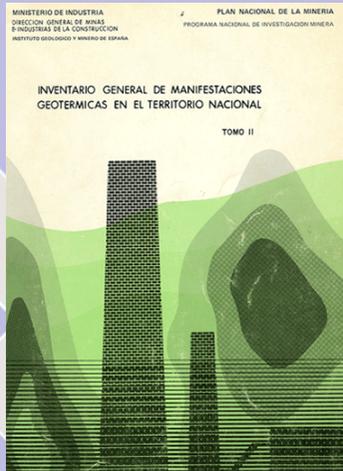
Fases de la investigación en geotermia convencional:



Investigación de recursos de alta temperatura

ETAPA	SUPERFICIE A INVESTIGAR	ESTUDIOS O TAREAS	OBJETIVOS
RECONOCIMIENTO	Más de 10.000 km ²	Modelos conceptuales	Localizar las áreas con mejores posibilidades de albergar un almacén
		Geología	
		Geoquímica	
		Hidrogeología	
PREVIABILIDAD	500 a 2.000 km ²	Geología	Determinar el modelo geotérmico preliminar y seleccionar la ubicación de los pozos de investigación
		Geoquímica	
		Geofísica	
		Hidrogeología	
		Sondeos someros	
VIABILIDAD	10 a 15 km ²	Sondeos exploratorios	Verificar las características del yacimiento
		Estudio del reservorio geotermal	Determinar la conveniencia técnica y económica de su explotación
DESARROLLO		Pozos de explotación	Crear las condiciones para una correcta explotación del yacimiento
		Sistema de conducción	
		Diseño de la planta	
EXPLOTACIÓN		Funcionamiento de la planta	Optimizar el rendimiento de la planta
		Control del campo geotermal	

Investigación geotérmica en España (IGME en los 70 a 90):

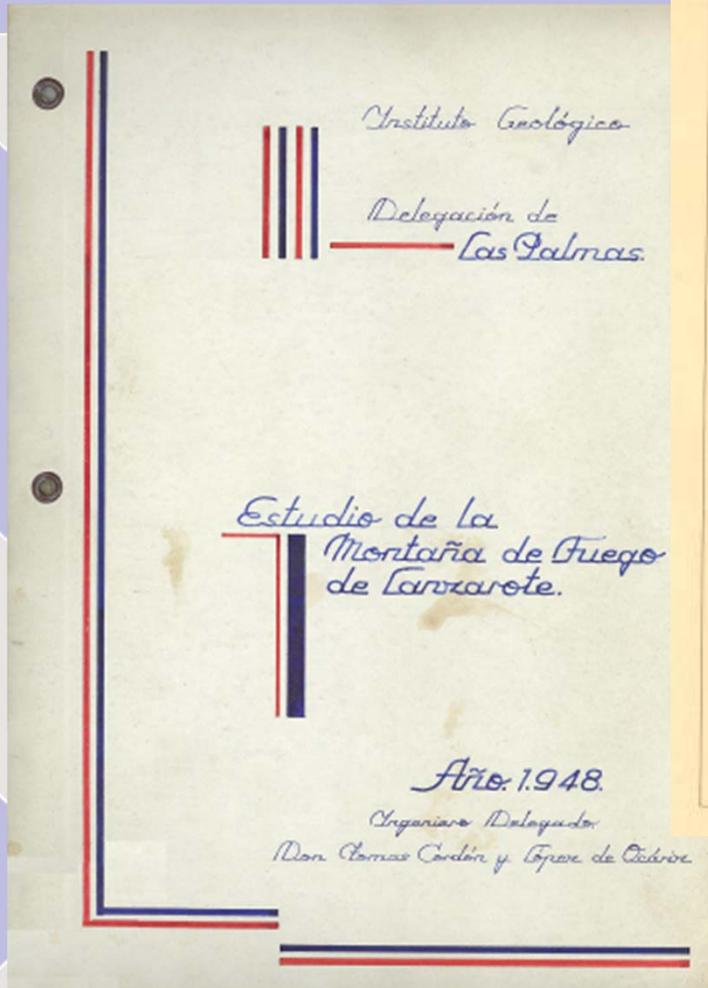


Recursos geotérmicos convencionales en España:

Yacimientos geotérmicos	Baja temperatura	Almacenes sedimentarios profundos	Cuenca del Tajo: Madrid Cuenca del Duero: León, Burgos y Valladolid Área Prebética e Ibérica: Albacete y Cuenca
		Zonas intramontañas y volcánicas	Galicia: zonas de Orense y Pontevedra Depresiones catalanas: Vallés, Penedés, La Selva y Ampurdán Depresiones internas de las Cordilleras Béticas: Granada, Guadix, Baza, Cartagena, Mula, Mallorca Canarias: isla de Gran Canaria
	Media temperatura		Cordilleras Béticas: Murcia, Almería, Granada Cataluña: Vallés, Penedés, La Selva y Olot Galicia: áreas de Orense y Pontevedra Pirineo Oriental: zona de Jaca-Sabiñánigo
	Alta temperatura		Islas Canarias: Tenerife, Lanzarote y La Palma

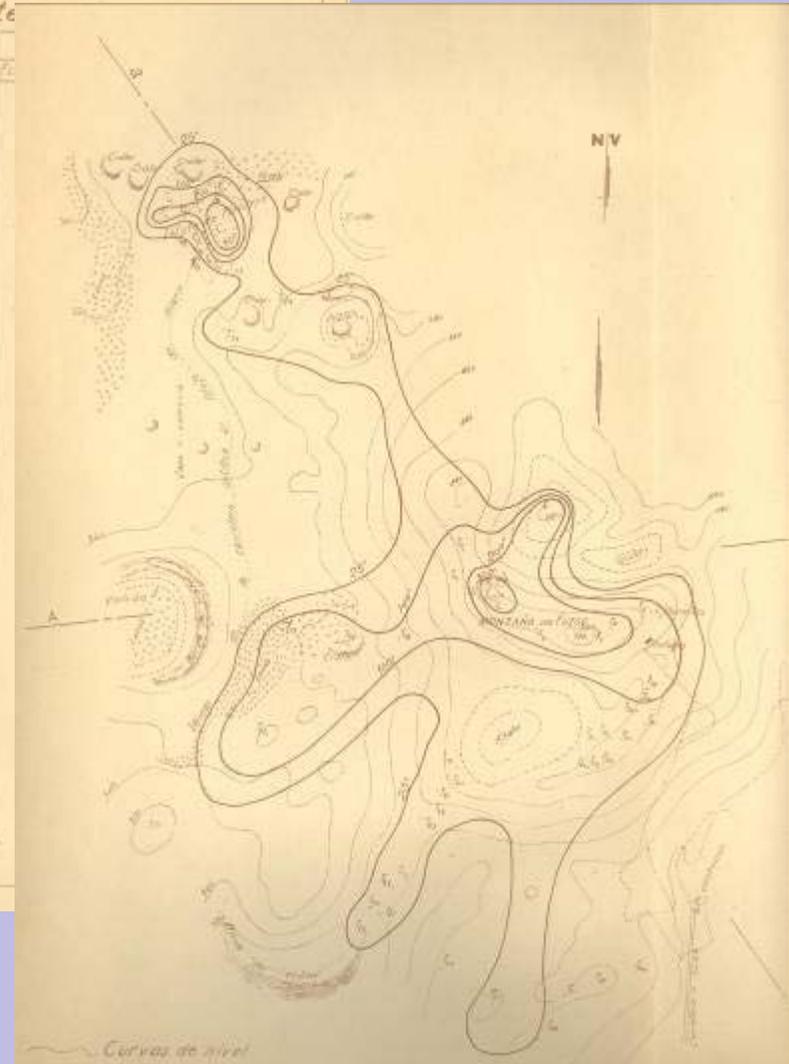
Investigación geotérmica del IGME en Canarias:

Primeros trabajos

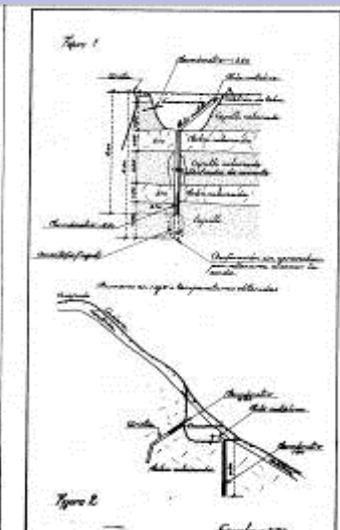
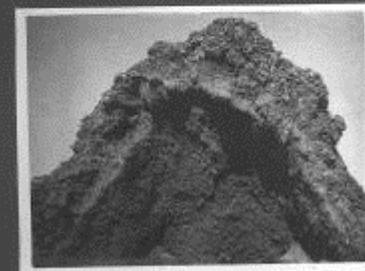
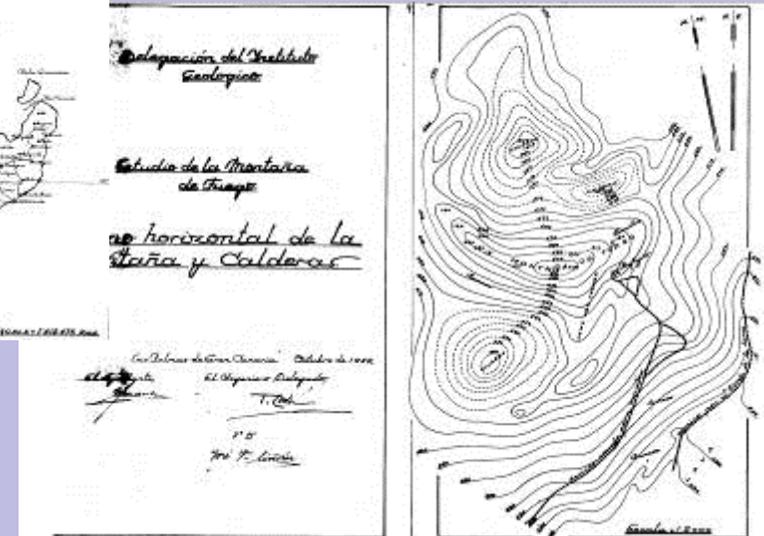
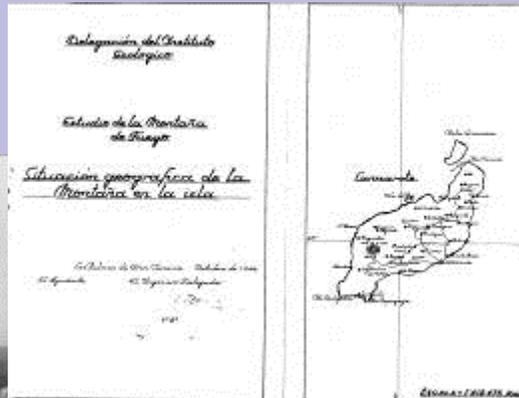


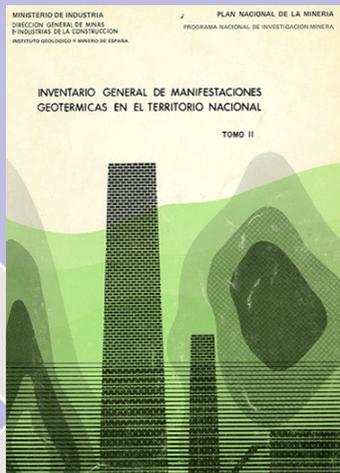
Quadro de la
Montaña del Fuego

Estaciones	Temperatura	Observaciones
1	35°	Gruta superficial
2	34°	Lago de 160 m
3	33°	Gruta superficial
4	30°	Sonido de 125 m
5	28°	Calicata de 0.30 m
6	24°	
7	24°	Gruta superficial
8	21°	Sonido de 120 m
9	21°	
10	15°	Calicata de 0.50 m
11	14°	
12	18°	Placetas
13	11°	Calicata de 0.50 m
14	11°	
15	16°	
16	16°	
17	16°	
18	16°	
19	16°	
20	16°	
21	16°	
22	16°	
23	16°	
24	16°	
25	16°	
26	16°	
27	16°	
28	16°	
29	16°	
30	16°	
31	16°	
32	16°	
33	16°	
34	16°	
35	16°	
36	16°	
37	16°	
38	16°	
39	16°	
40	16°	
41	16°	
42	16°	
43	16°	
44	16°	
45	16°	
46	16°	
47	16°	
48	16°	
49	16°	
50	16°	
51	16°	
52	16°	
53	16°	
54	16°	
55	16°	
56	16°	
57	16°	
58	16°	
59	16°	
60	16°	
61	16°	
62	16°	
63	16°	
64	16°	
65	16°	
66	16°	
67	16°	
68	16°	
69	16°	
70	16°	
71	16°	
72	16°	
73	16°	
74	16°	
75	16°	
76	16°	
77	16°	
78	16°	
79	16°	
80	16°	
81	16°	
82	16°	
83	16°	
84	16°	
85	16°	
86	16°	
87	16°	
88	16°	
89	16°	
90	16°	
91	16°	
92	16°	
93	16°	
94	16°	
95	16°	
96	16°	
97	16°	
98	16°	
99	16°	
100	16°	

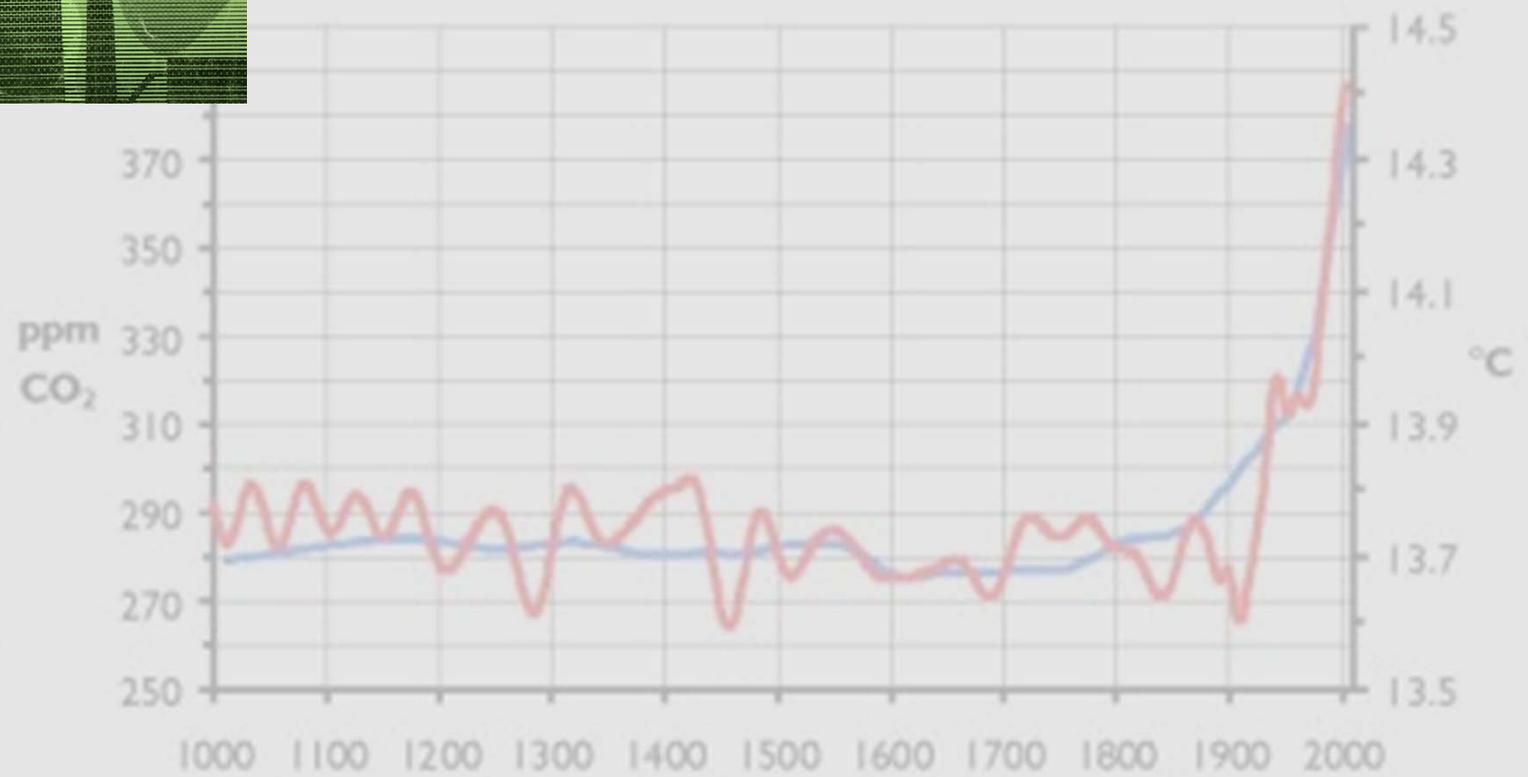


Primeros trabajos. Montaña de Fuego

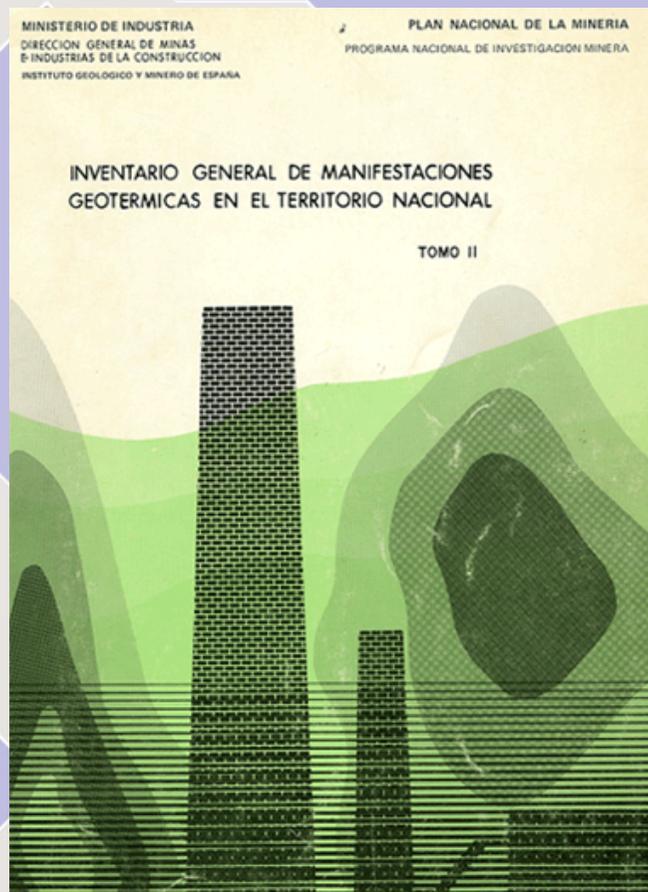




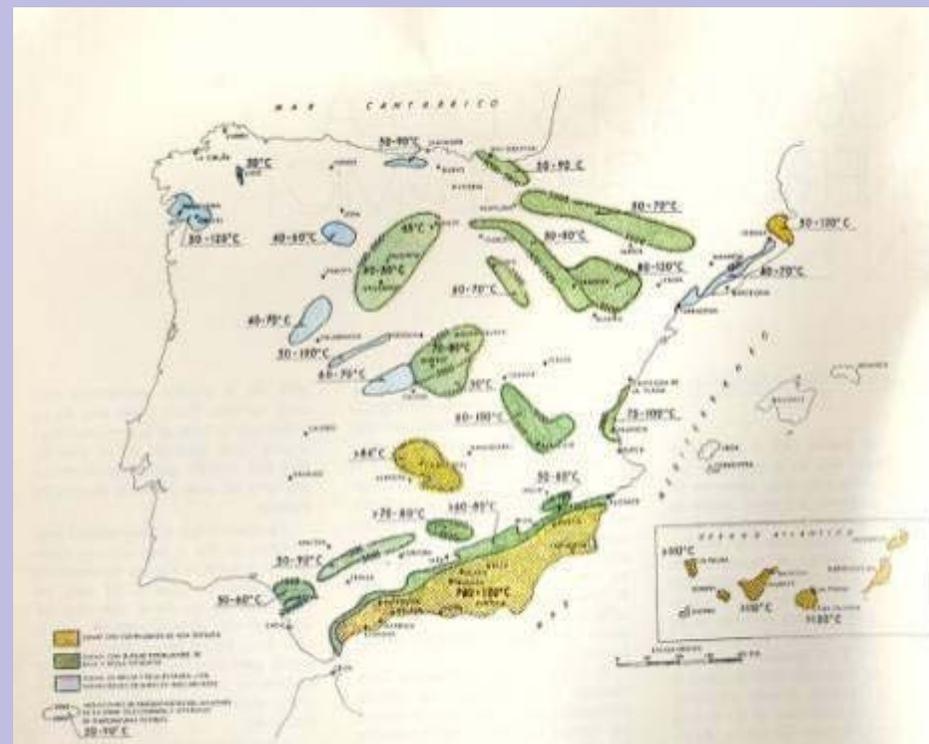
Inventario general de manifestaciones geotérmicas en el territorio nacional 1975



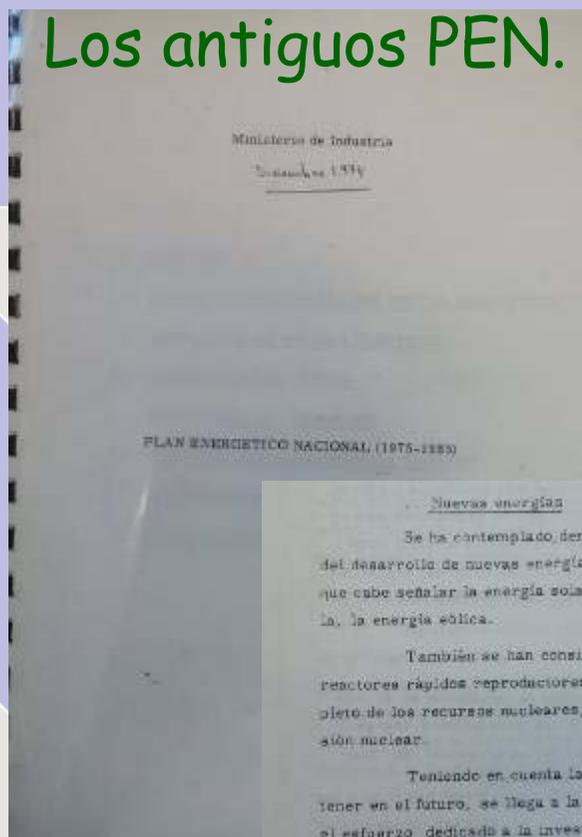
Inventario general de manifestaciones geotérmicas en el territorio nacional 1975



Mapa de evaluación de las áreas de mayor interés geotérmico en España



Los antiguos PEN. Años 70



Nuevas energías

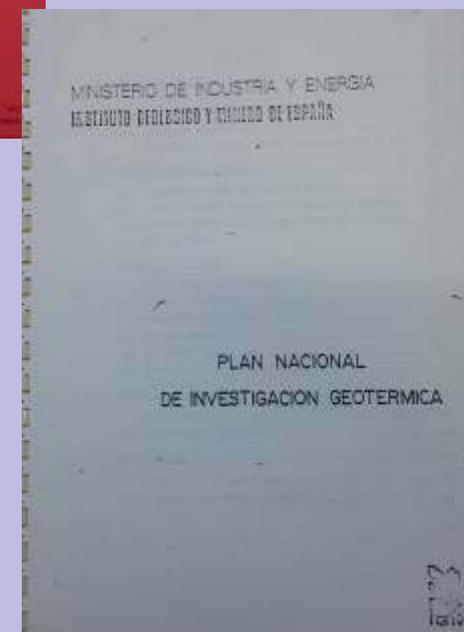
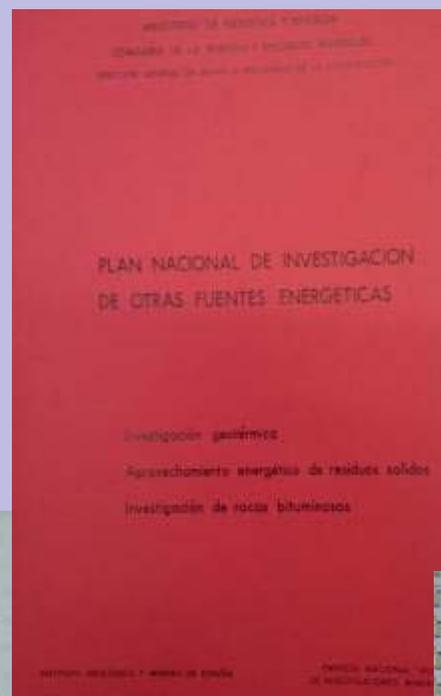
Se ha contemplado, dentro de las opciones previas, la posibilidad del desarrollo de nuevas energías de carácter no convencional, entre las que cabe señalar la energía solar, la energía geotérmica y, en menor escala, la energía eólica.

También se han considerado los desarrollos en el campo de los reactores rápidos reproductores, con un aprovechamiento mucho más completo de los recursos nucleares y el aprovechamiento de la energía de la fusión nuclear.

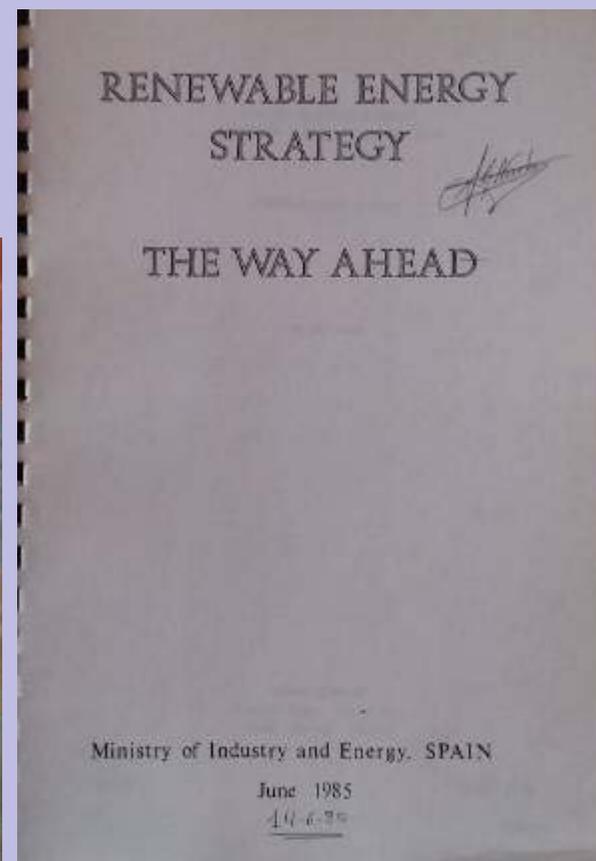
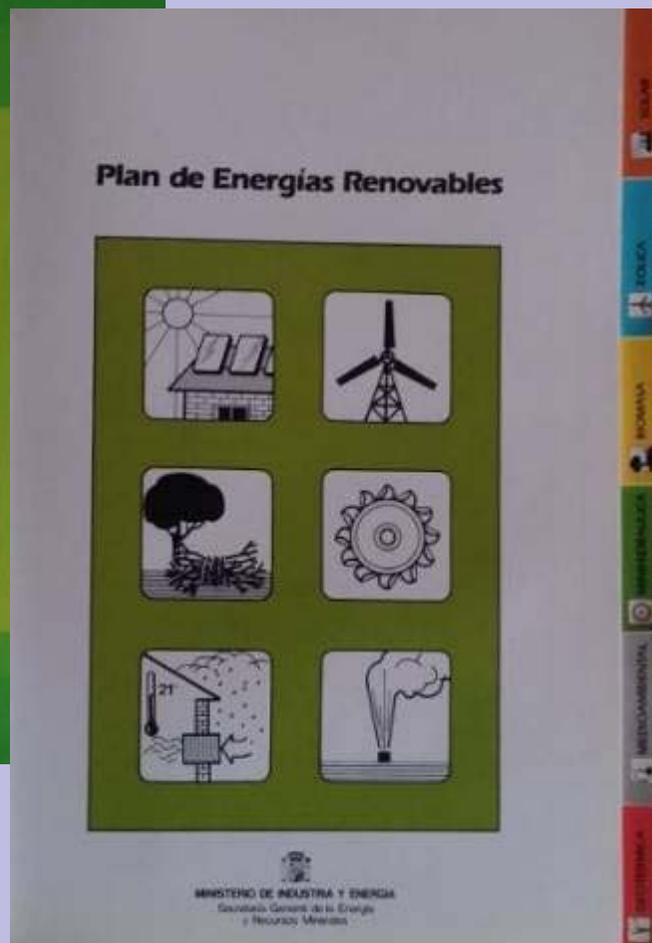
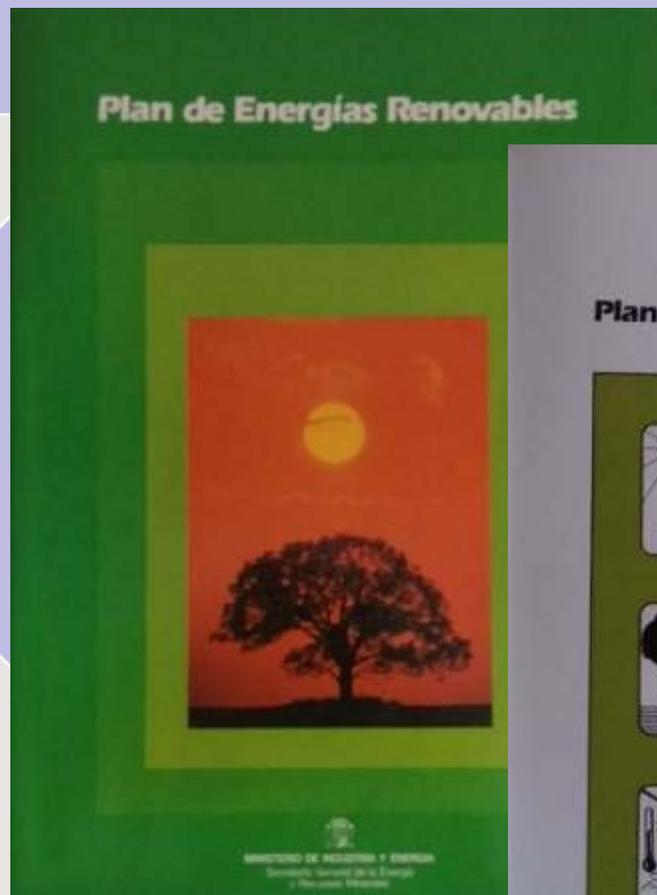
Teniendo en cuenta la importancia que estos desarrollos puedan tener en el futuro, se llega a la conclusión de que es conveniente intensificar el esfuerzo dedicado a la investigación de estos recursos que a largo plazo pueden jugar un papel trascendental, pero que no parece que puedan tener una participación apreciable dentro del marco temporal de esta primera versión del Plan Energético Nacional.

Asimismo parece procedente participar en los programas de cooperación internacional que se formulan para el desarrollo de nuevas fuentes de energías primarias.

Muy recientemente y con objeto de contribuir a la formulación de la política en favor de conservación de la energía y, asimismo, para coordinar la investigación nacional en lo relativo al desarrollo de nuevas fuentes energéticas, el Gobierno ha aprobado la creación de un Organismo específico de-

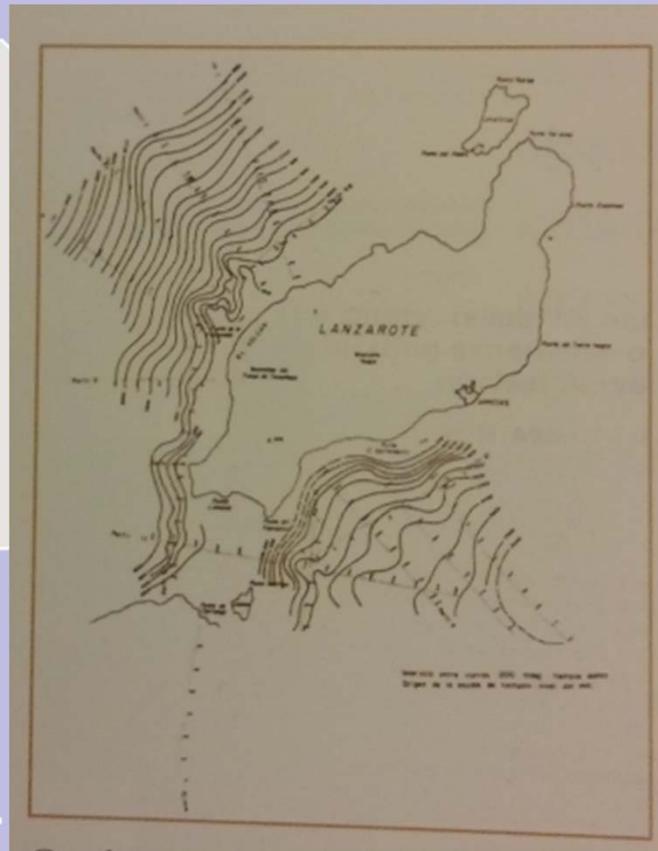


Primer PER. Año 1986

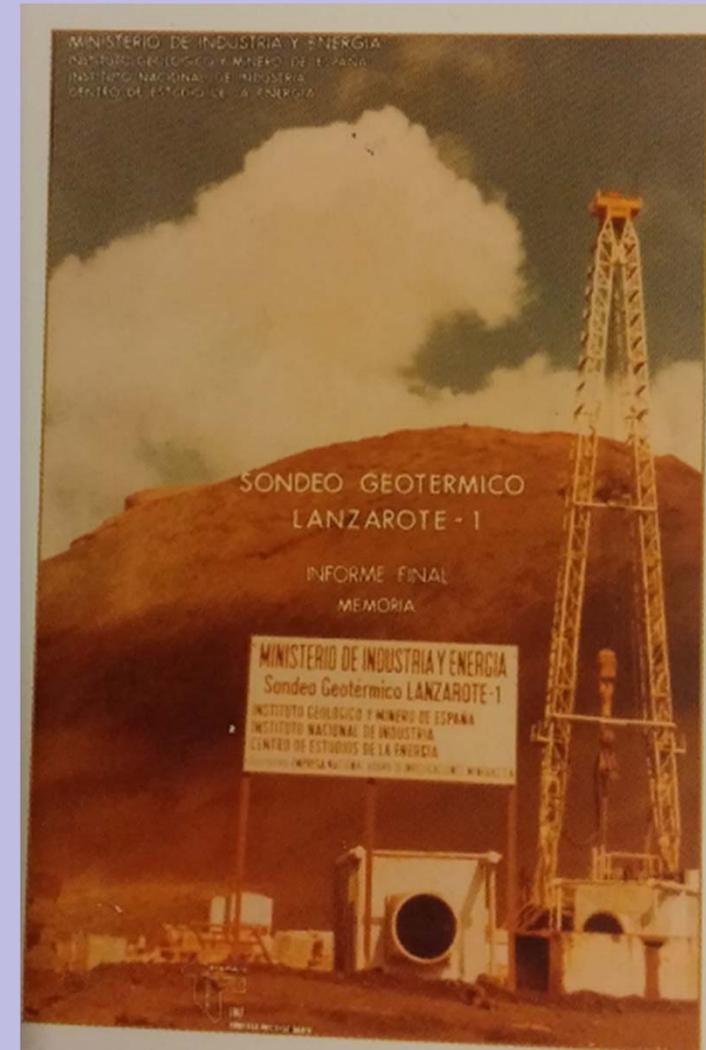


La investigación geotérmica del IGME en Canarias

Sondeo geotérmico Lanzarote-1



Perforado en 1977. Alcanzó los 2702,40 m

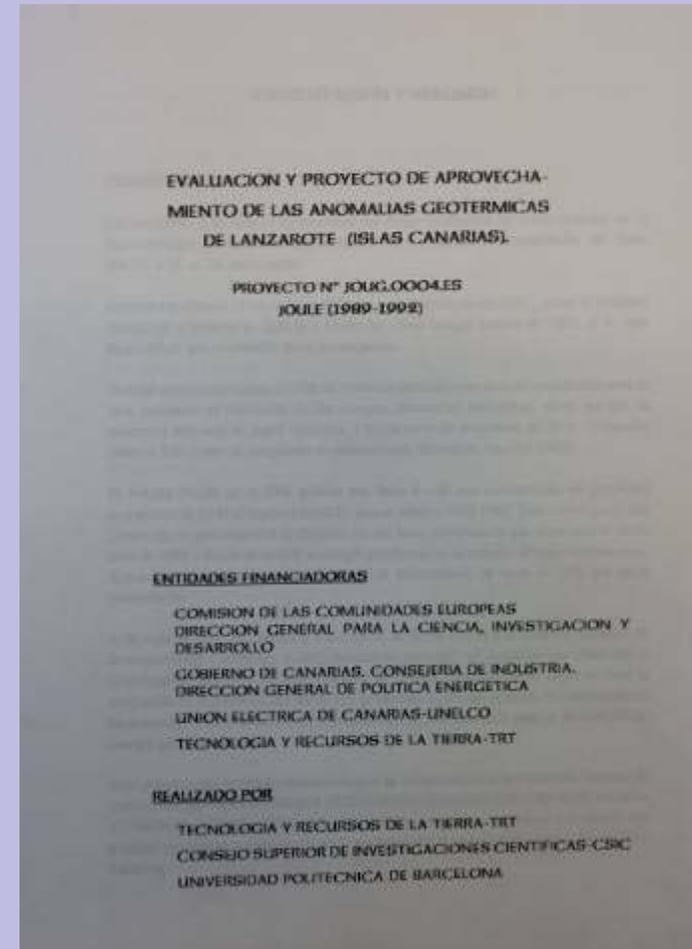


Posterior investigación en Lanzarote

Geoquímica de gases. Geofísica

Nuevo modelo de campo

Proyecto Joule

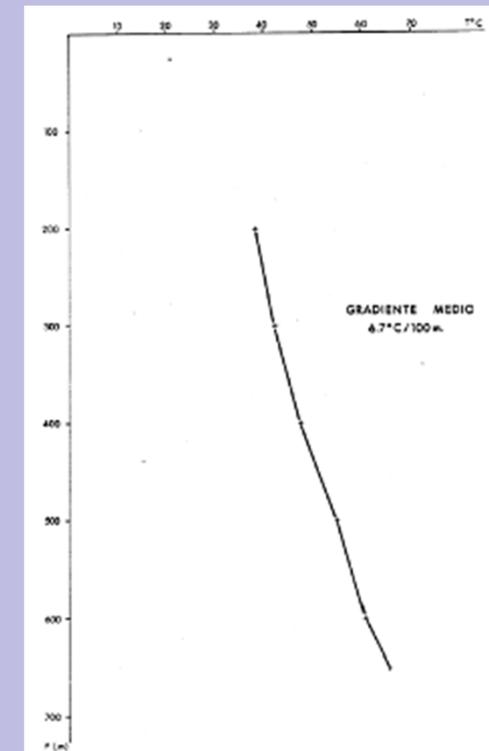


Investigación en Gran Canaria

Geología, inventario, geoquímica

Sondeos termométricos

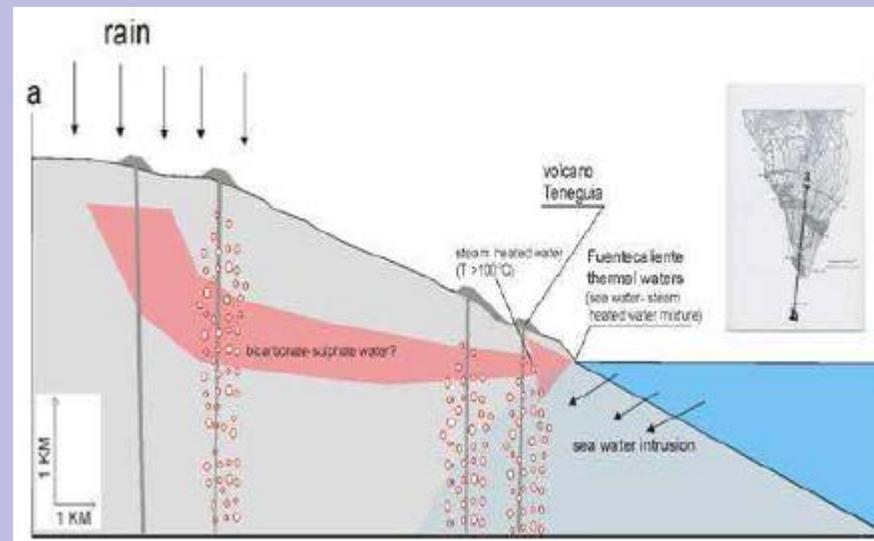
ESTRATIGRAFIA	PROFUNDIDAD	COLUMNA	DESCRIPCION
		+	Colada Fonolítica masiva
SERIE FONOLITICA		^ ^	
		^	Mantos de Ignimbritas Traquíticas, de colores claros, rojizos y verdes.
	100	^ ^	
	127	^	
	200		Basalto Plagioclásico Coladas, escorias y piroclástico A partir de 180 muy alterados
	300		
SERIE BASALTICA ANTIGUA			
	400		Basaltos Olivínicos Coladas y escorias Muy alterado. Abundantes rellenos de mineralizaciones
	500		
	600		



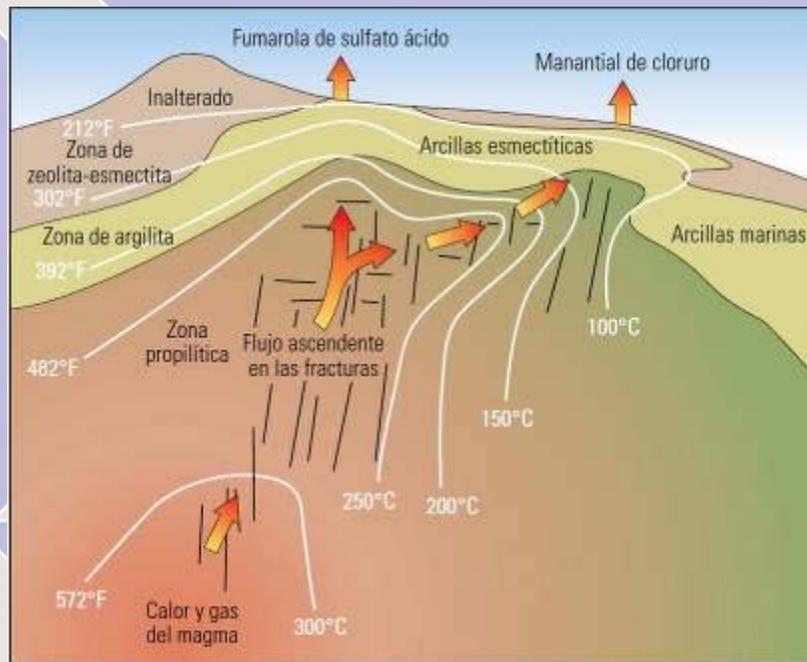
Investigación en el sur de La Palma

Geoquímica, geofísica, termometrías

Proyecto Ingennio (una vez recuperada la Fuente Santa)



Investigación en Tenerife

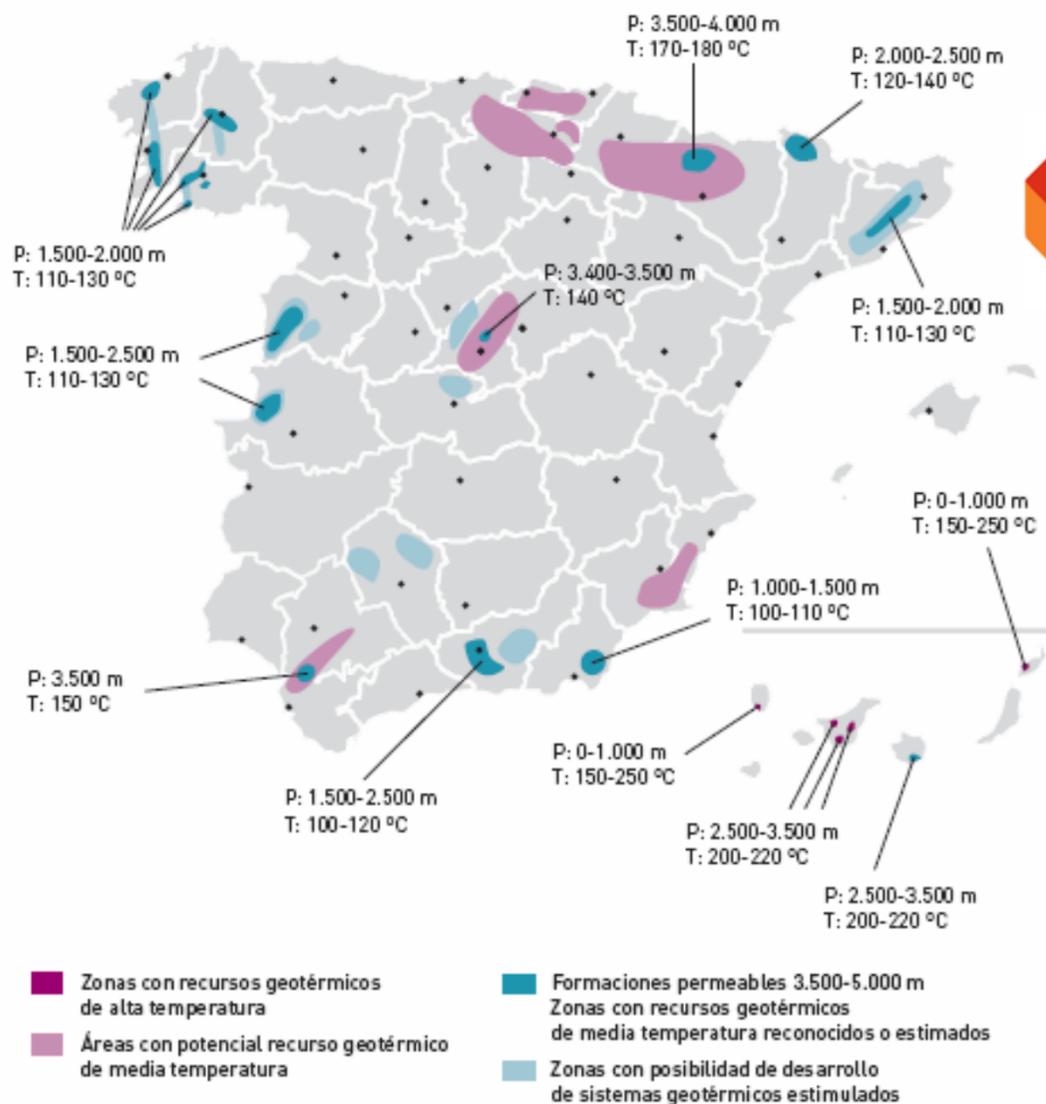


A modo de resumen



1974-1976	Inventario nacional de manifestaciones geotérmicas
1977	Evaluación del potencial geotérmico de la isla de Lanzarote y selección de anomalías en las Islas Canarias
1978	Sondeo geotérmico Lanzarote-1
1979	Prospección de la energía geotérmica en Gran Canaria (Fase Preliminar)
1981	Estudio geotérmico de las Montañas del Fuego (Lanzarote) por métodos magnetotélúricos y electromagnéticos
1983	Informe del trabajo de investigación del área geotérmica del Teneguía Isla de la Palma mediante termometría subterránea
1981	Estudio del gradiente geotérmico en áreas anómalas de Gran Canaria S1 y S2
1985	Prospección mediante geofísica y geoquímica de las posibilidades geotérmicas de las islas de Tenerife y La Palma
1987	Investigación Geotérmica en las Islas Canarias y Evaluación de Recursos y Reservas Geotérmicas en España
1991-1993	Investigación geotérmica en el área central de la isla de Tenerife

Figura 7.35. Mapa de recursos geotérmicos de media y alta temperatura y posibles sistemas geotérmicos estimulados



PLANDEENER
GIASRENOVA
BLES2011-20



EVALUACIÓN
DEL POTENCIAL
DE ENERGÍA
GEOTÉRMICA

ESTUDIO TÉCNICO
PER 2011-2020



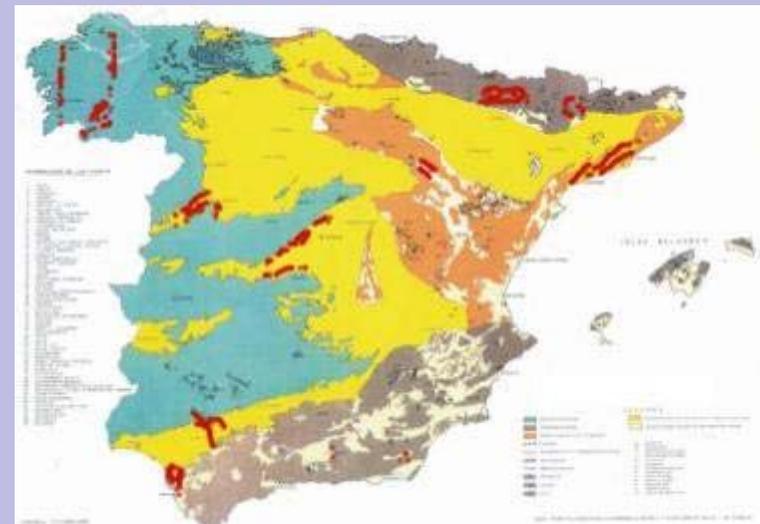
2010-2020: Una década crucial para la energía geotérmica en España ???



Usos directos



Producción electricidad



Un camino iniciado:

La iniciativa de diferentes empresas ...



Un camino iniciado:

... las actuaciones de distintas Administraciones ...



http://dl.idae.es/Publicaciones/10952_Manual_Geotermia_A2008.pdf
http://www.igme.es/internet/Geotermia/Ficheros%20PDF/Manual_Geotermia_2.5.pdf

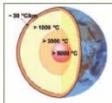
Un camino iniciado:

... las actividades de las asociaciones profesionales, de las Universidades ...



Jornadas técnicas: Optimización del transporte en canchales y Aumento de la seguridad en canchales
 Disposiciones de la nueva directiva de máquinas
 Viaje a Asturias
 Entrevistas a D. Lázaro Sánchez Castilla
 Los profesionales del subsuelo en el desarrollo de la energía geotérmica

desde el interior del globo y que se disipa constantemente desde la parte exterior del planeta. El flujo de calor desde el interior de la Tierra hacia la parte más exterior de su corteza, constituye precisamente el origen de la energía geotérmica. Por ello, este tipo de aprovechamientos no son ni más ni menos que aprovechamientos geotérmicos de recursos de muy baja temperatura.



Cuando se trata de aprovechamiento del agua subterránea, es decir con recursos a $15 - 20^{\circ}\text{C}$, orientados únicamente a usos fines energéticos, las profundidades típicas de la captación que permiten obtener rendimientos económicos son del orden de 4 a 50 metros; no es así en los casos en

los que el acuífero está empalmado a la corteza de la Tierra, ya que la localización de los pozos también cambia, así como la profundidad de captación, ya que en estos casos se pueden alcanzar profundidades de hasta 2000 metros.



que el agua sea destinada a otros usos. En todo caso, la posibilidad de un aprovechamiento no anula el hecho de que se puede aprovechar

sin embargo el flujo de calor que mantiene a temperaturas variables los materiales geológicos situados en los niveles más externos de la corteza terrestre. Son variados los tipos de tecnologías que se han desarrollado para aprovechar el calor del subsuelo.

Se diferencian fundamentalmente dos tipos de aprovechamientos de recursos geotérmicos de muy baja temperatura en los que se utilizan los sistemas abiertos en los que el agua captada se lleva directamente o la bomba de calor, mientras que en estos, se utilizan intercambiadores de calor en el subsuelo y por ellos circula en un circuito cerrado el fluido que se lleva a la bomba de calor. Según estos modelos los intercambiadores en el subsuelo, se pueden distinguir dos tipos de instalaciones.

Los aprovechamientos con intercambiadores verticales consisten en perforaciones realizadas en el subsuelo en las que se introducen muchos metros de sondas en las que por profundidad de estas niveles o por impermeabilidad de las rocas, se evita la pérdida de agua hacia otros niveles o al exterior.

En estos casos, la posibilidad de un aprovechamiento no anula el hecho de que se puede aprovechar



Este agua calienta que en amplias zonas de la superficie terrestre se disipa de forma que es imposible poder ser aprovechado por el hombre cuando parte de ella se calienta a un acuífero profundo. Estos 'acuíferos calientes' constituyen básicamente los recursos geotérmicos de baja temperatura. Se trata de aquellos niveles permeables que circulan lentamente a profundidades suficientes para que el gradiente geotérmico (el incremento de la temperatura con la profundidad que, en regiones geológicamente estables es de $2.5-3^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$) sea suficiente para calentar las aguas que en ellas circulan.

En zonas geológicamente más activas de la corteza, el aporte de calor desde el interior es más elevado debido precisamente a los fenómenos geológicos (fronteras tectónicas o presencia de magmas, tumbos, choques de placas tectónicas, resaca espesa de la corteza...) y por ello los gradientes geotérmicos son muy superiores. En estas condiciones, las temperaturas que pueden alcanzar los fluidos de acuíferos potenciales son muy elevadas. Cuando además se dan las condiciones geológicas apropiadas y existe un nivel superior al acuífero que actúa como un cierre o sello de éste, ya no sólo es la temperatura la que aumenta, sino también la presión. Es lo que constituye un yacimiento

Presentación
 La confederación y el sector cofinanciar (CCS) de las actividades relacionadas con el desarrollo de la energía geotérmica en las islas de Canarias y Asturias.

CONFIRMACIÓN DE ASISTENCIA
 JORNADA GEOLOGÍA Y ENERGÍA
 16 de abril 2009
 09:00 - 20:30

JORNADA SOBRE POSIBILIDADES REALES DE LA GEOTERMIA EN ASTURIAS
 16 de abril 2009
 09:00 - 20:30

UMAT
 16 de abril 2009
 09:00 - 20:30

Un camino iniciado:

... y la labor de la Plataforma Tecnológica Española de Geotermia - GEOPLAT.



www.geoplat.org

Plataforma Europea:



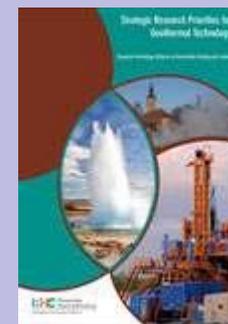
-  Solar Thermal Technology Panel
-  Biomass Technology Panel
-  Geothermal Technology Panel
-  Cross Cutting Technology Panel
-  Heat Pump Technology Panel



Geothermal Technology Roadmap

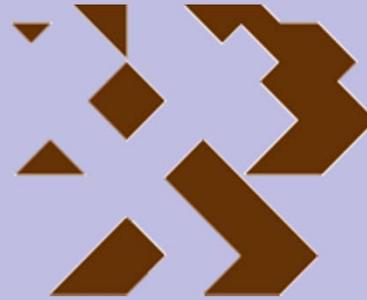


Strategic Research Priorities for Geothermal Technology





Instituto Geológico
y Minero de España



Instituto Geológico
y Minero de España

Muchas gracias por su atención



c.garcia@igme.es

Santa Cruz de Tenerife, 28 de julio de 2015
Las Palmas de Gran Canaria, 29 de julio de 2015