

28

**ENCUENTROS
DE FILOSOFÍA**

**Filosofía,
inteligencia artificial y
nuevas tecnologías**

**Del 29 de septiembre
al 1 de octubre de 2023**



**GRACIANO
Rodríguez Mateos**

Reflexiones filosóficas en torno
a las nuevas tecnologías en
energía geotérmica: perforación
de pozos ultraprofundos

1. Desarrollo de la nueva tecnología

2. Cuestiones gnoseológicas

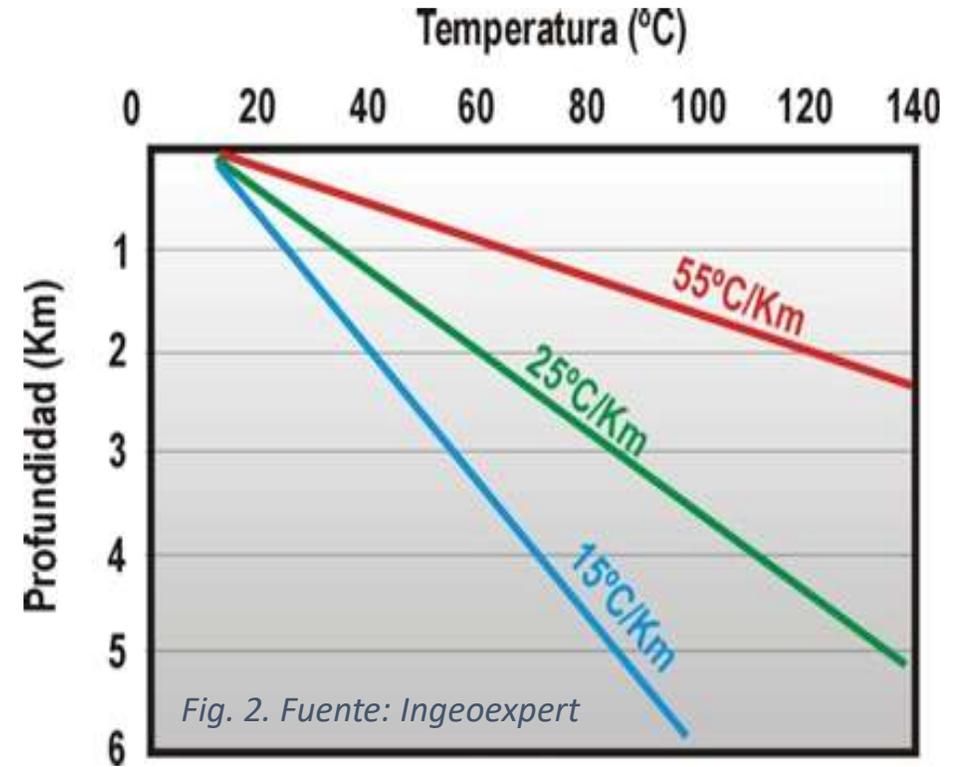
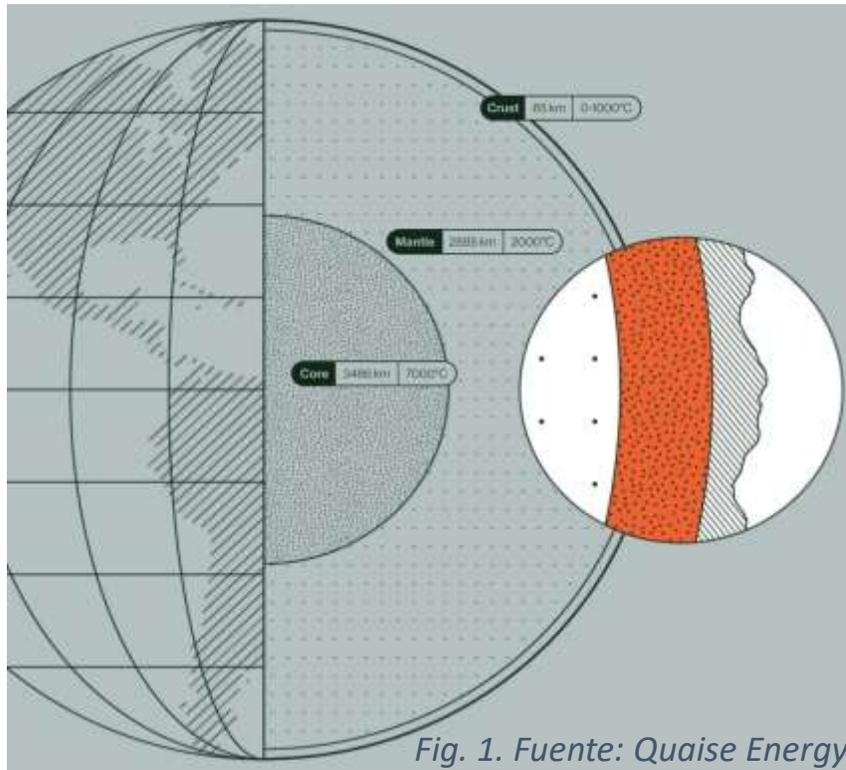
3. Cuestiones políticas

4. Preguntas y sugerencias

Desarrollo de la nueva tecnología

- Conceptos básicos de energía geotérmica (EG)
- Limitaciones actuales de aplicación de la EG, especialmente en la generación de electricidad
- Para superar estas limitaciones se está haciendo I+D encaminada a hacer posible la perforación de pozos ultraprofundos que hagan viable el acceso a EG de muy alta temperatura en cualquier parte del planeta

Energía geotérmica y gradiente geotérmico



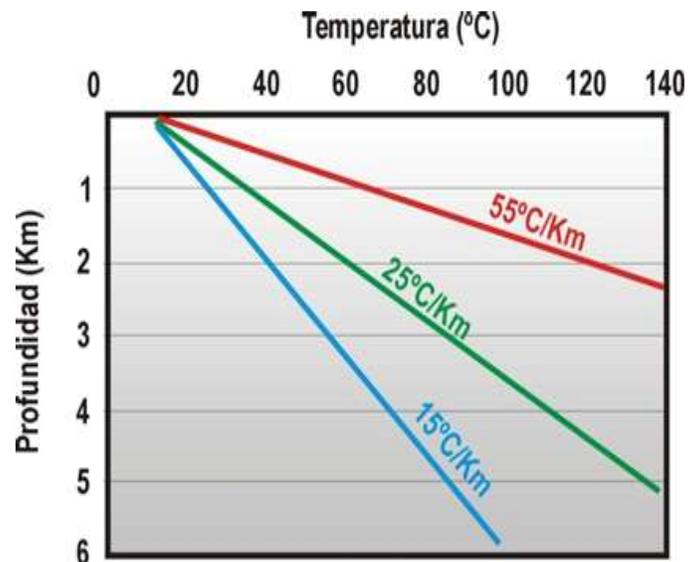
- Energía almacenada en forma de calor en el subsuelo
- Tierra (N+M+C): 99% > 1.000 °C; solo 0,1% < 100 °C
- Corteza terrestre: ~65 km; 0-1.000 °C
- GG normal: 125 °C a 5 km; 500 °C a 20 km
- GG anormalmente alto: > 55 °C/km

OBJETIVO DE LA GEOTERMIA: Aprovechamiento económico de una fracción del calor interior de la Tierra que permitan las tecnologías disponibles en cada momento

Recursos geotérmicos: Clasificación y principales aplicaciones

Recursos geotermicos		Temperatura °C	Permeabilidad	Uso
Convencionales	Muy baja temperatura	< 50	Muy baja-alta	Usos directos
	Baja temperatura	50-120	Suficiente-alta	Usos directos
	Media temperatura	120-200	Suficiente-alta	Usos directos
	Alta temperatura	> 200	Suficiente-alta	UD y electricidad
No Convencionales	Sistemas estimulados (EGS)	Diversas	Baja	UD y electricidad
	Roca Caliente Seca (HDR)	> 200	Nula	Electricidad
	Supercríticos	> 350	Suficiente-alta	Electricidad e H2

Tabla 1. Fuente: IGME



- Nos centraremos en los recursos de alta y muy alta temperatura para generación de electricidad

Limitaciones actuales en el uso de la EG de alta temperatura. Razones

1. Ubicación de plantas geotérmicas: en lugares con unas condiciones geológicas muy particulares, que permitan la extracción de energía geotérmica a través de pozos de profundidades compatibles con el estado actual de la tecnología. Ejemplos:
 - EE UU: EG solo 2% energías renovables; < 0,3% mix energías primarias
 - España: ~0; ¿Potencial de Canarias? Planes de investigación a CP-MP
 - Islandia: EG representa ~65% mix de energías primarias
2. Altos costes de instalación (pozos y centrales geotérmicas)

Aprovechamiento de recursos geotérmicos ultraprofundos: ¿Viable?

Perforación actual (a rotación): Limitaciones de profundidad

- Los materiales de perforación (brocas, tuberías...) no pueden soportar las altas temperaturas y presiones a profundidades extremas

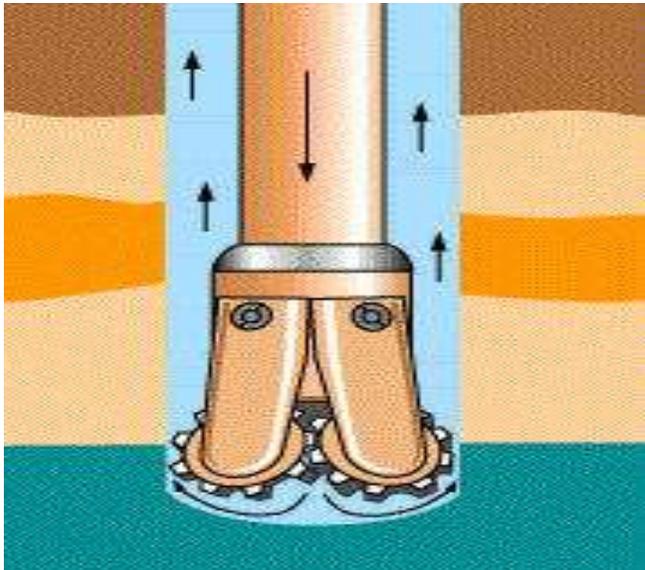


Fig. 3

Fondo del pozo durante la perforación.
Parámetros mecánicos e hidráulicos

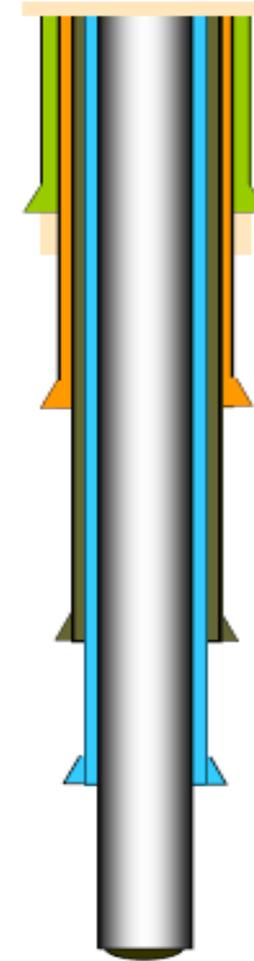


Fig. 5

Programa de perforación y entubación.
Diámetros de pozo y tuberías de revestimiento

Perforación a rotación de pozos profundos. Limitaciones técnico-económicas

- Tecnología muy probada en pozos de petróleo y gas, hasta unos 10 km
- Pozos geotérmicos de MT y AT: hoy, por lo general, entre unos cientos de metros y 5 km

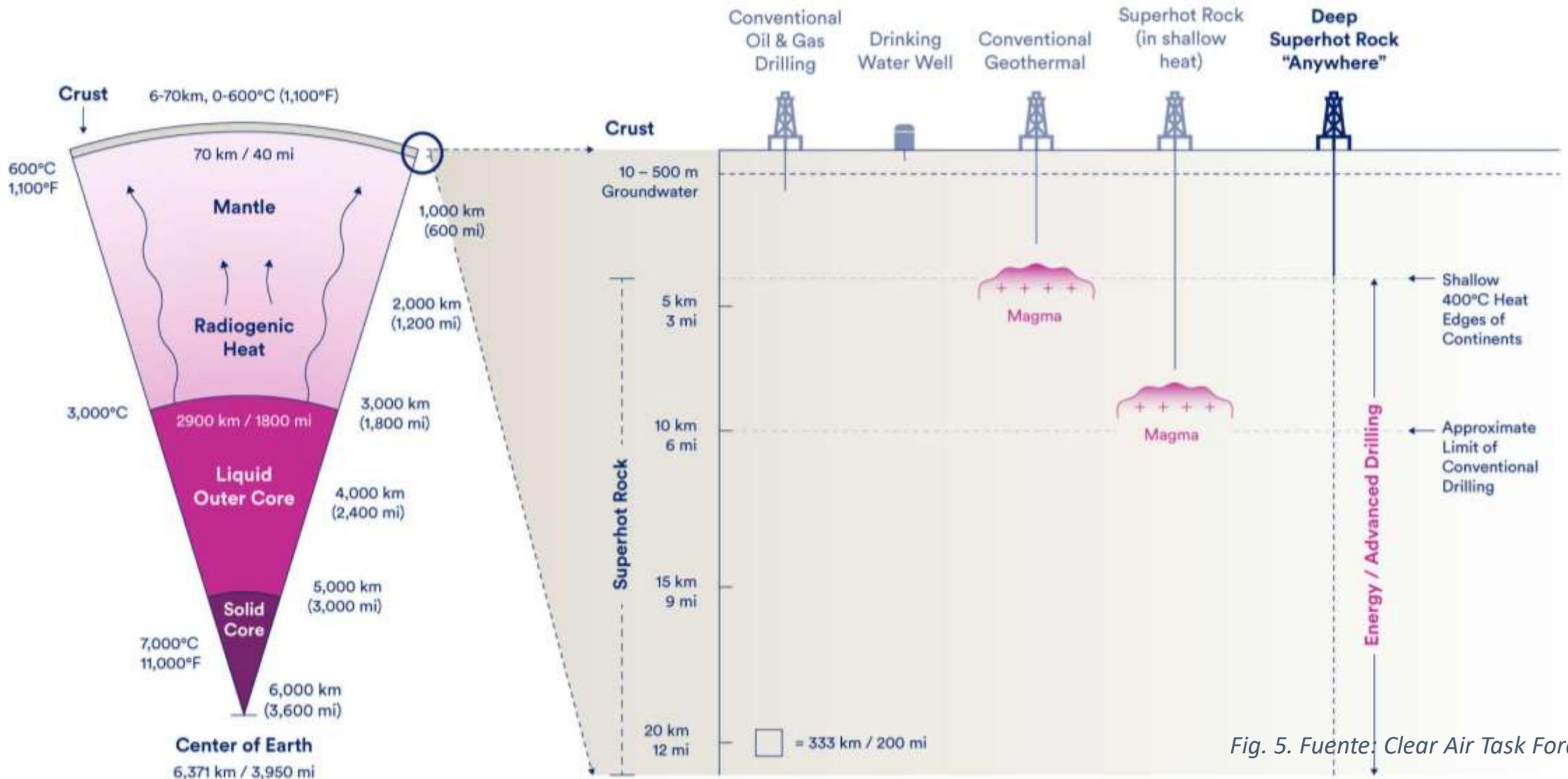


Fig. 5. Fuente: Clear Air Task Force

Desarrollo de la perforación de pozos ultraprofundos - Fundamento (“mmW”)

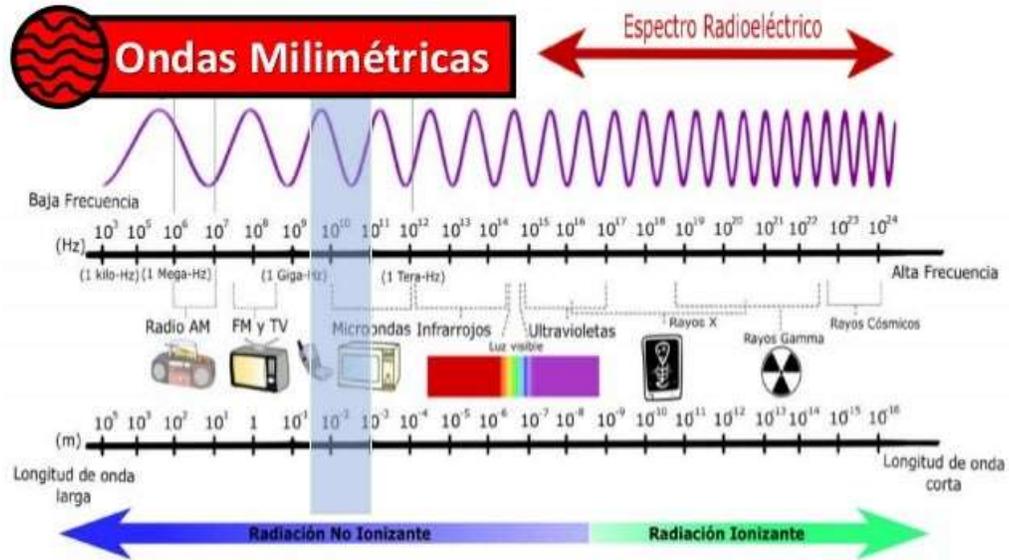


Fig. 6. Fuente: www.bing.com



Fig. 7. Fuente: Quaise Energy
Laboratorio del Centro de Ciencia
y Fusión de Plasma del MIT (2016)

- En el MIT llevan mucho tiempo investigando acerca de la energía de las ondas milimétricas emitidas por girotrones
- Han demostrado en el laboratorio la capacidad de esta tecnología para “fundir” basalto, roca ígnea muy abundante en la corteza terrestre
- Queda por demostrar su viabilidad in situ

Desarrollo de la perforación de pozos ultraprofundos - Plan de Quaise Energy

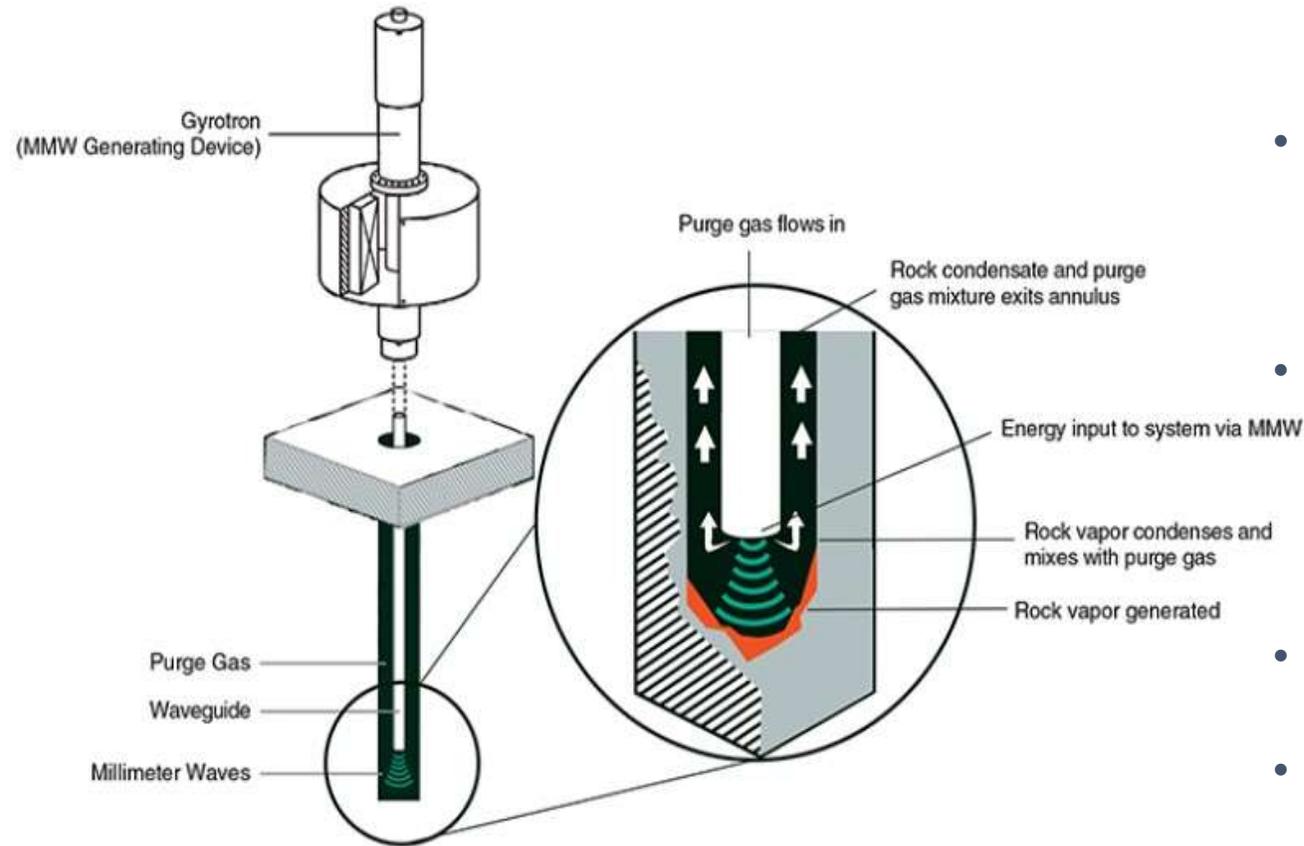


Fig. 8. Fuente: Quaise Energy

“The Quaise system sends **millimeter-wavelength microwaves** (mmW) down a **wave guide** along with a **gas** that clears out the hole, sending cuttings up the open area around the tube”

- Quaise Energy: profesionales de las industrias del petróleo & gas y geotermia profunda, basados en las “mmW” del MIT
- Adaptar la tecnología existente de las “mmW” a un fin distinto: “quemar” rocas a profundidades no alcanzables (~20 km), por razones técnicas, con la perforación a rotación
- Un reto tecnológico clave: transmitir un haz limpio y hacer que funcione con una alta densidad de energía sin averías, adaptándola a las necesidades intrínsecas de la perforación y sus periodos operativos (24 h/d, semanas/meses)
- Limpieza fondo de pozo: gas (argón), detritus a superficie
- Sistema de perforación híbrida. Profundidad de cambio...
- Plan a CP (2024): activar primer equipo híbrido
- Plan a MP (2028): transformar una central eléctrica de carbón o gas en central geotérmica de vapor
- Plan a LP (2050s): comercializar teravatios a escala mundial

Sistema de perforación híbrida (a rotación y “mmW”) de Quaise Energy. Retos

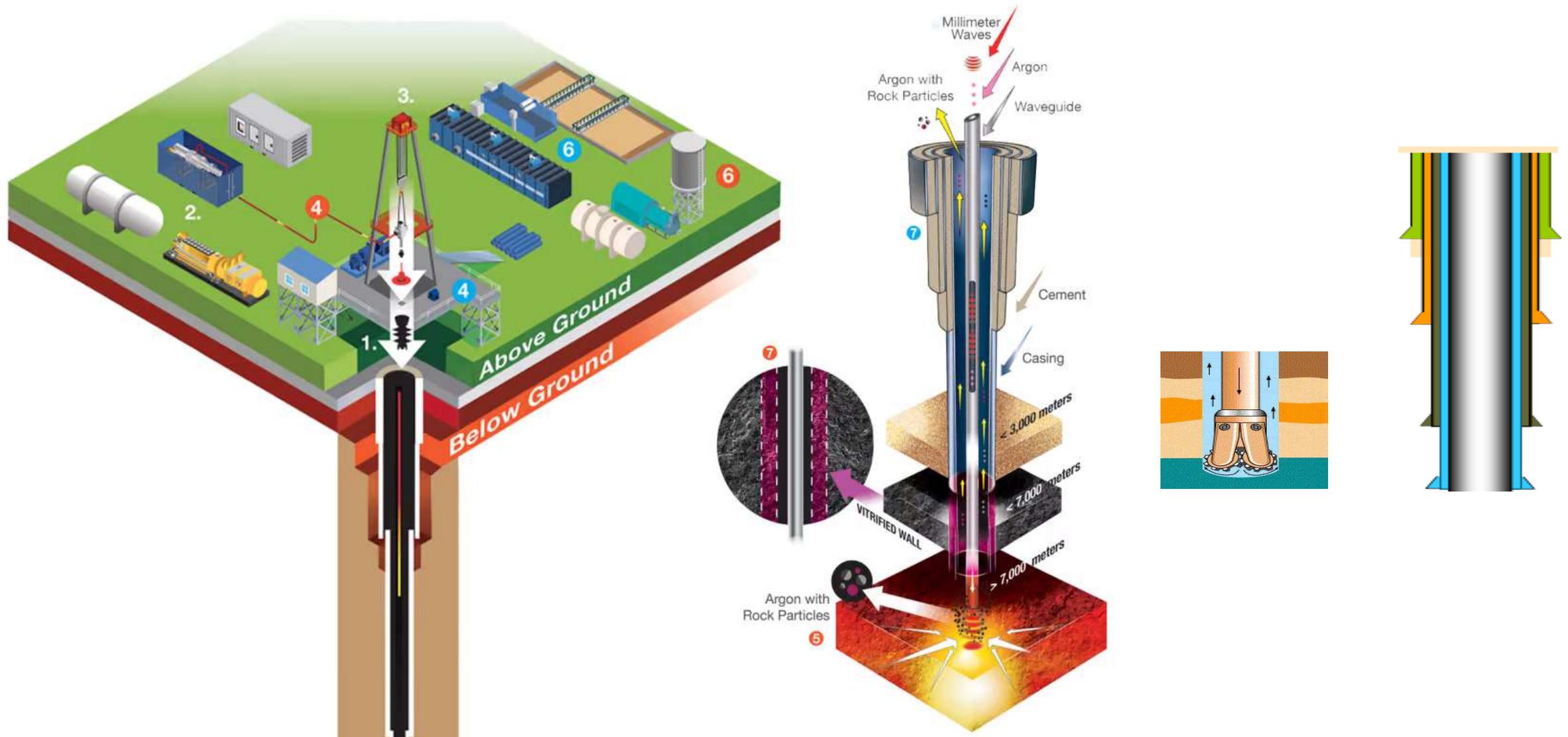
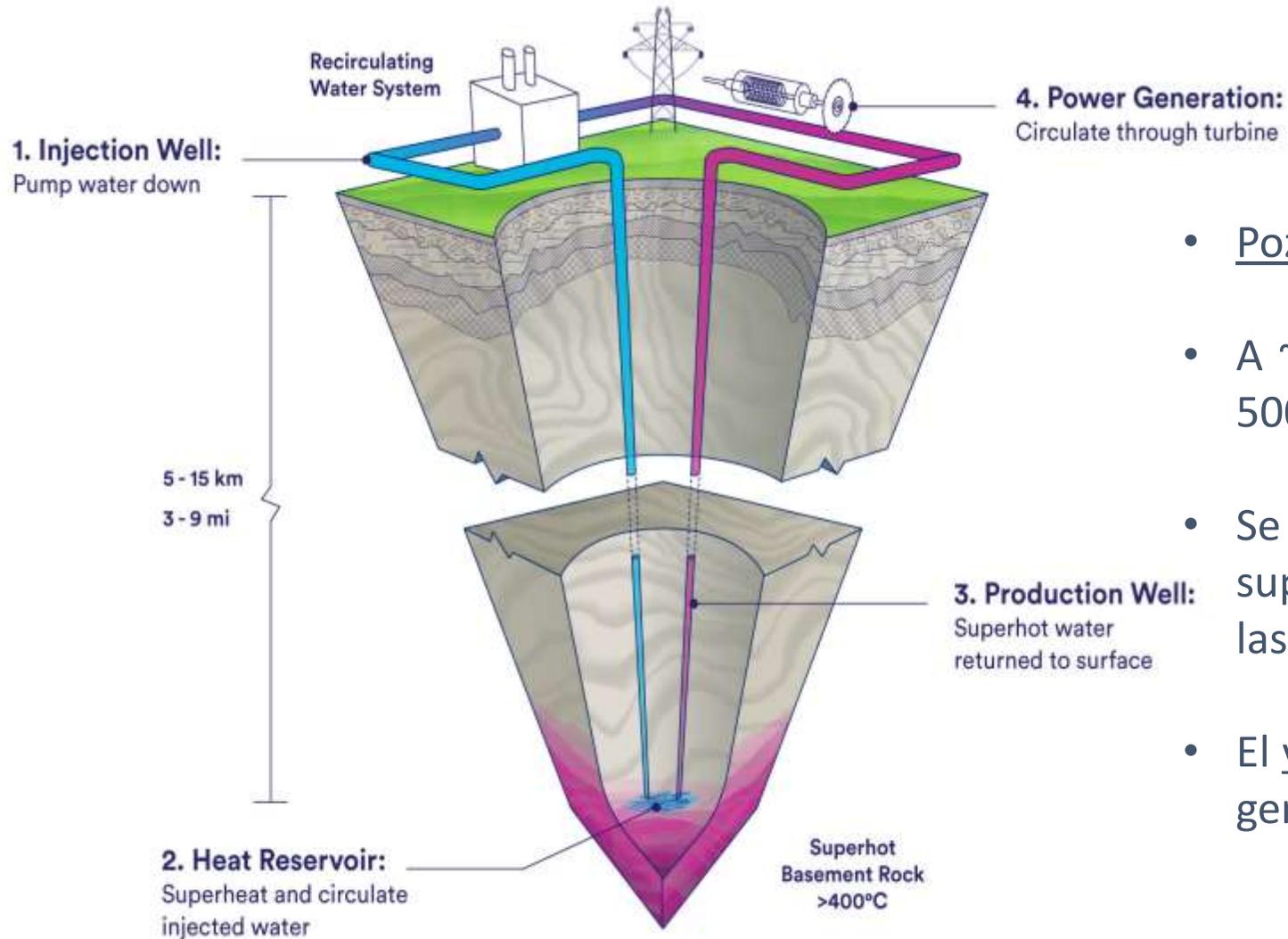


Fig. 9. Fuente: Quaise Energy

Generación de electricidad



- Pozos inyectores y productores superprofundos
- A ~20 km se alcanzaran temperaturas de unos 500 °C en cualquier lugar del planeta
- Se produce un vapor muy cercano, sino superior, a la temperatura a la que funcionan las centrales eléctricas actuales de carbón y gas
- El vapor geotérmico hará girar las turbinas y se generará electricidad

Note: Not to scale. Underground flow conduits for water may either involve below-ground piping or fracture networks (pictured).

Fig. 10. Fuente: Clear Air Task Force

Cuestiones gnoseológicas

1. ¿Técnica, ciencia o tecnología? (TCC)

- Pluralidad de tecnologías orientadas a un mismo fin: ejecutar pozos ultraprofundos que permitan el acceso a la generación de electricidad en cualquier punto del planeta
- Se solapan diferentes categorías científicas como la geología, la física y la química

2. Ideas que se movilizan al tiempo que la tecnología se desarrolla

- Ideas (limpio, verde, renovable y sostenible) que es preciso someter a critica
- Por lo general no se discute en profundidad si las energías que llamamos limpias son realmente limpias. Lo mismo ocurre con lo verde, lo renovable y lo sostenible
- Dicho carácter que suele darse a las energías renovables (ER) no corresponde en rigor a sus características, sino que se da como oposición a los impactos negativos del uso de combustibles fósiles

Cuestiones gnoseológicas

2. Ideas que se movilizan al tiempo que la tecnología es desarrollada (continuación)

- En realidad todas las fuentes de energía tienen impactos, en mayor o menor grado, si tenemos en cuenta su ciclo de vida completo y no solo una parte o partes del mismo. Utilización de minerales críticos...
- Crítica a las ideas movilizadas: 1) tal idea se suele relacionar con...; 2) y sin embargo...
 - Limpio (antes): 1) no emisión de partículas o gases contaminantes o tóxicos; 2) así es
 - Limpio (> Transición energética): 1) no emisión de CO₂; 2) CO₂ (GEI) no es sucio ni tóxico; emitir GEI (global) y contaminar (local) son cosas diferentes...
 - Verde: 1) lo ambientalmente amigable, no perjudicial ni destructor de la naturaleza; 2) No es así: Ejemplos. Ventaja de la EG respecto a otras ER
 - Renovable: 1) lo inagotable; 2) si... pero no se garantiza su permanencia y explotación indefinida. Uso del suelo limitado. Ventaja de la EG respecto a otras ER
 - Sostenible: 1) lo ambientalmente amigable; 2) no solo eso... “Trilema” de la energía

Cuestiones políticas

1. Planteamiento general de las energías en el planeta

- Mix actual de energías primarias a nivel mundial: > 80% combustibles fósiles (CF); 6% renovables (ER)...
- Cada zona del mundo y país tiene su propio mix, y este evoluciona con el tiempo...
- Alternativa que se maneja para reemplazar los combustible fósiles
 - La transición energética hacia un modelo descarbonizado implica: 1) Una transición extractiva, de los hidrocarburos a los minerales...; 2) Aparición de nuevos actores en el comercio internacional de la energía, así como un nuevo juego geopolítico
 - ATENCION: No estaríamos pasando de un recurso de menor calidad energética (como son las ER) a otro de mayor calidad energética (como son los CF) sino que sería al revés, salvo que la I+D de las próximas décadas demuestre lo contrario...
 - Cara a futuros desarrollos de las ER para poder competir a gran escala con los CF, lo primero que hay que analizar en profundidad son sus limitaciones. Destacan dos, donde hoy las ER están en abrumadora desventaja con los CF: 1) Densidad energética; y 2) Almacenamiento de la energía
 - Superar estas limitaciones llevará décadas de I+D. Mientras, los CF seguirían representando, como ahora, la mayor contribución en el mix de energías primarias

Cuestiones políticas

1. Planteamiento general de las energías en el planeta (continuación)

- ¿Por qué podría jugar un rol importante en el mix de EP la geotérmica de muy alta temperatura obtenida a partir de pozos geotérmicos ultraprofundos realizados en zonas con GG normal?
 - Su alta densidad energética (unos 500 °C a 20 km) igualaría o superaría a la de los CF
 - Su almacenamiento natural en la corteza terrestre
 - Su uso del suelo muy limitado (pozos y central geotérmica)

2. Energía geotérmica y sociedades políticas

- Capas del poder: conjuntiva (poderes legislativo, ejecutivo y judicial), basal (poderes gestor, planificador y redistributivo) y cortical (poderes militar, federativo y diplomático)
- “La capa basal, que en sí es económica, se hace política (económico-política) cuando se representa como objetivo de los planes y programas de la sociedad política; y no hay sociedad política, por liberal que ella sea, que pueda dejar de incluir una capa basal” (Gustavo Bueno)
- “La cuestión de tal o cual energía no puede tratarse como si fuera un asunto universal, depende de las sociedades políticas y de su despliegue basal y cortical” (Marcelino Suarez)
- “La capa basal hace referencia al territorio y a sus riquezas. Los contenidos basales son los componentes impersonales de un determinado Estado...” (Paloma Hernandez), entre ellos los recursos energéticos

Cuestiones políticas

2. Energía geotérmica y sociedades políticas (continuación)

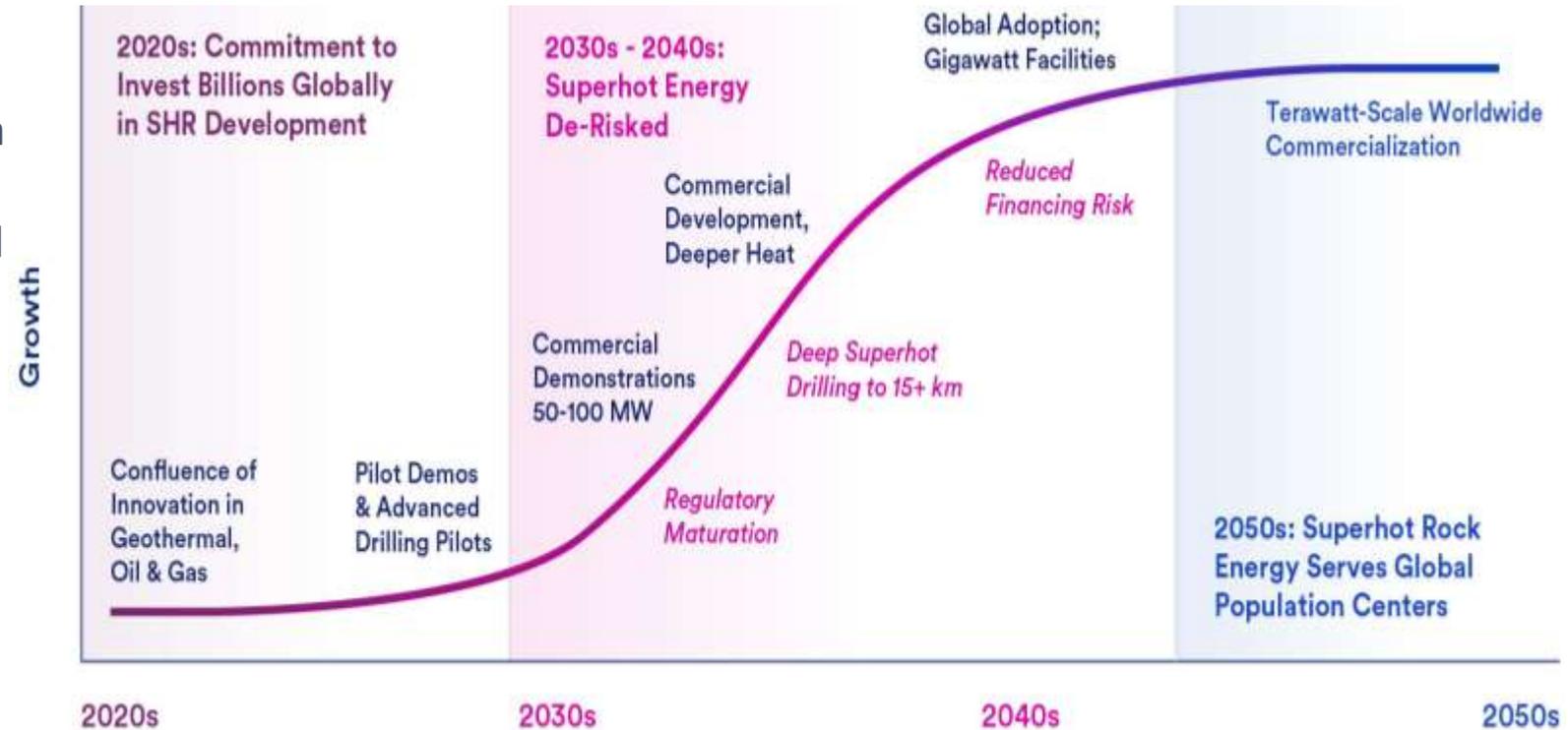
- Los recursos del subsuelo, entre ellos los geotérmicos, son propiedad del Estado en cuestión, y este concede permisos para explorar, desarrollar y explotar dichos recursos a compañías públicas y privadas, del mismo Estado u otros, bajo determinados términos y condiciones de tiempo, técnicas, económicas, medioambientales, etc.
- Potenciales conflictos entre Estados, compañías y la sociedad: implica centrarse en las normas políticas, que a su vez son normas jurídicas
 - Toman su fuerza de la propia capacidad coactiva del Estado
 - Su fuerza de obligar deberá ser capaz de superar a la fuerza de obligar de las normas morales, incluyendo los conflictos entre las distintas morales que puedan existir dentro de un mismo Estado.
 - No siempre serán compatibles con las normas morales y éticas que tratan de coordinar
- Ejemplos de diferentes escenarios
 - Noruega
 - Irán (contratos “Buy-back”)
 - España

Conclusiones - Preguntas y sugerencias

Fig. 11. Fuente: Clear Air Task Force

1. Desarrollo de la nueva tecnología

- Objetivo 2050s: comercializar teravatios a escala mundial (gradiente g^o normal)
- La EG representaría un % relevante en el mix energético, en vez de < 1% actual
- Grandes retos tecnológicos. Riesgos
- Financiación (a riesgo). Compromiso
- Regulación y comercialización
- Sinergias con industria del petróleo y gas



2. Cuestiones gnoseológicas

- ¿Técnica, ciencia o tecnología? Pluralidad de técnicas orientadas a un mismo fin
- Se solapan diferentes categorías científicas como la geología, la física y la química
- Se movilizan ideas, tales como limpio, verde, renovable y sostenible, que sometemos a crítica

3. Cuestiones políticas

- Planteamiento general de las energías en el planeta. ¿Energía geotérmica de muy alta temperatura?
- La cuestión de tal o cual energía no es un asunto universal, depende de las sociedades políticas. Capa basal
- Los recursos del subsuelo son propiedad de cada Estado. Permisos de E-D-P. Conflictos. Normas políticas

28

**ENCUENTROS
DE FILOSOFÍA**

**Filosofía,
inteligencia artificial y
nuevas tecnologías**

**Del 29 de septiembre
al 1 de octubre de 2023**



**GRACIANO
Rodríguez Mateos**

Reflexiones filosóficas en torno
a las nuevas tecnologías en
energía geotérmica: perforación
de pozos ultraprofundos