

# La energía geotérmica en la actualidad

## GEOTHERMAL TODAY

U.S. Department of Energy • 2003 Geothermal Technologies Program Highlights



U.S. Department of Energy  
Energy Efficiency and Renewable Energy

Por encargo del Secretario Abraham, la Oficina de Eficiencia Energética y Energía Renovable suministra el liderazgo a nivel nacional para impulsar las tecnologías de eficiencia energética y energía renovables, para saltar por encima de las limitaciones del status quo, y para alcanzar beneficios ambientales notables.

El Programa de Tecnologías Geotérmicas, parte crítica de nuestro esfuerzo conjunto, está avanzando a grandes zancadas para aumentar la viabilidad y el despliegue de electricidad y calefacción geotérmicas. Las actividades enfocadas hacia la investigación y desarrollo tecnológicos, mutuamente evaluadas por profesionales de igual nivel, y las de extensión y divulgación dirigidas por este programa, permitirán una propagación mayor del uso de recursos geotérmicos a través de toda la zona occidental de los Estados Unidos de América. Ayudados por el liderazgo del gobierno federal, asociaciones con los diferentes estados, comunidades, la industria y universidades, nos aseguraremos de establecer la energía geotérmica como colaboradora que compita económicamente en el mercado de suministro de energía de los EE.UU. El éxito de nuestro programa dará como resultado una economía más robusta, un medio ambiente limpio y un futuro energético más seguro para nuestra nación.

*"En busca de un futuro próspero donde la energía sea limpia, abundante, confiable, y de precio razonable..."*



**David K. Garman**  
Subsecretario  
Oficina de Eficiencia Energética y Energía Renovable

# La energía geotérmica en la actualidad

Es muy vasto el potencial de energía geotérmica que poseemos en la tierra, justo debajo de nuestros pies. Este increíble recurso equivale a 50,000 veces la energía que se obtiene de todos los recursos de gas y petróleo del mundo. Además, la energía geotérmica es limpia; constituye una solución promisoria para la nación y para el mundo a medida que aumenta la preocupación de ambos por el recalentamiento global, la polución ambiental, y el aumento en los precios de la energía fósil. Asimismo, un mayor aprovechamiento de la energía geotérmica suministra a las personas la oportunidad de obtener un control más efectivo de sus propios recursos energéticos locales y de poder utilizar una fuente de energía doméstica estable y segura.

Hoy en día, la industria geotérmica de los Estados Unidos de América constituye una operación de \$1.5 billones de dólares al año que comprende alrededor de 2,000 MW de producción eléctrica, casi 1,750 MW de energía térmica utilizada para usos directos, tales como calefacción interior de inmuebles, invernaderos, acuacultura y secado de alimentos, y más de 2,600 MW de energía térmica generada con

bombas geotérmicas de calor. El potencial de crecimiento es considerable. Se calcula que para los próximos 10 a 15 años el mercado internacional para acrecentar el uso de la energía geotérmica podría superar los 25 billones de dólares (en total). En la actualidad, la tecnología e industria de los Estados Unidos está a la vanguardia de este mercado internacional.

Sin embargo, el costo de la calefacción y electricidad geotérmica continúa siendo mayor que el de las tecnologías corrientes de menor costo y el mercado inmediato para la tecnología geotérmica es incierto, lo que significa un reto significativo para la industria geotérmica de los EE.UU. Aún se necesita una labor significativa para reducir los costos y crear incentivos que estimulen el mercado de la calefacción y electricidad geotérmicas. El Programa de Tecnologías Geotérmicas del Departamento de Energía (Department of Energy o DOE) de los EE.UU. está dedicado a apoyar la industria geotérmica con investigaciones y adelantos técnicos para disminuir los costos y lograr que la energía geotérmica alcance su mayor potencial.



# Programa Federal de Tecnologías Geotérmicas

## Visión general

### Contexto nacional

Los Estados Unidos de América necesitan energía limpia y segura, tal vez hoy más que nunca. Las fuentes de energía geotérmica han mostrado que poseen una habilidad cada vez mayor de ayudar a satisfacer las necesidades energéticas de nuestra nación, mediante tecnologías comprobadas y ampliadas, y el uso de recursos domésticos. La energía geotérmica es casera – reduce nuestra necesidad de importar petróleo, reduce el déficit comercial, y crea fuentes de empleo en la economía de los EE.UU.

La Política Nacional de Energía (National Energy Policy o NEP) del gobierno del Presidente Bush y sus objetivos se han convertido en un enfoque importante del Programa Federal de Tecnologías Geotérmicas. El informe de la NEP cita la escasez crítica de nueva capacidad generadora de electricidad en los EE.UU. Dentro de los próximos dos años podrían instalarse de 100 a 300 megavatios adicionales de potencia generadora, mediante la incorporación de nuevas tecnologías auspiciadas por recursos federales, que funcionan en terrenos geotérmicos. En la mayoría de los estados occidentales de la Unión Americana los recursos geotérmicos son abundantes y podrían tener un impacto considerable para aliviar la escasez de potencia.

La nueva generación de tecnología geotérmica, sistemas geotérmicos incrementados (enhanced geothermal systems o EGS), promete por lo menos duplicar la cantidad de recursos geotérmicos que pueden crearse para la producción de electricidad durante los próximos 20 años. El apoyo significativo que recibe esta tecnología está en conformidad con las recomendaciones de NEP de desarrollar tecnología energética de vanguardia.

En conclusión, la NEP advierte que las tecnologías renovables, como es el caso de la geotérmica, pueden ayudar a la industria a acatar las regulaciones de la Ley de Protección de la Calidad del Aire (Clean Air Act) y otras reglamentaciones ambientales. De hecho, esto es exacto en lo que se refiere a la geotérmica, la cual utiliza tecnología de control de emisiones que acatan o sobrepasan los más estrictos estándares federales de regulación. Algunas plantas geotérmicas que utilizan transmisión hidráulica acoplada a tecnología de ciclo binario, prácticamente no producen emisiones, salvo calor expulsado.





*La electricidad es fundamental para la salud económica de nuestra nación.*

## El programa federal

La misión del Programa de Tecnologías Geotérmicas del Departamento de Energía (Department of Energy o DOE) de los EE.UU. consiste en trabajar junto a la industria geotérmica estadounidense para establecer la energía geotérmica en calidad de colaboradora que compita económicamente entre los suministros de energía de EE.UU. En la actualidad, la capacidad geotérmica eléctrica instalada en EE.UU. es de casi 2,800 megavatios (1 MW suministra aproximadamente a 1,000 hogares). Los usos no-eléctricos alcanzan un total de 600MW de energía termal.

La Oficina de planimetría geológica de los EE.UU. (U.S. Geological Survey) considera que el potencial de esta energía limpia alcanza a 50,000 veces la energía combinada de todos los recursos de petróleo y gas en el mundo. La industria geotérmica actual de 1.5 billones de dólares al año posee un gran potencial de crecimiento.

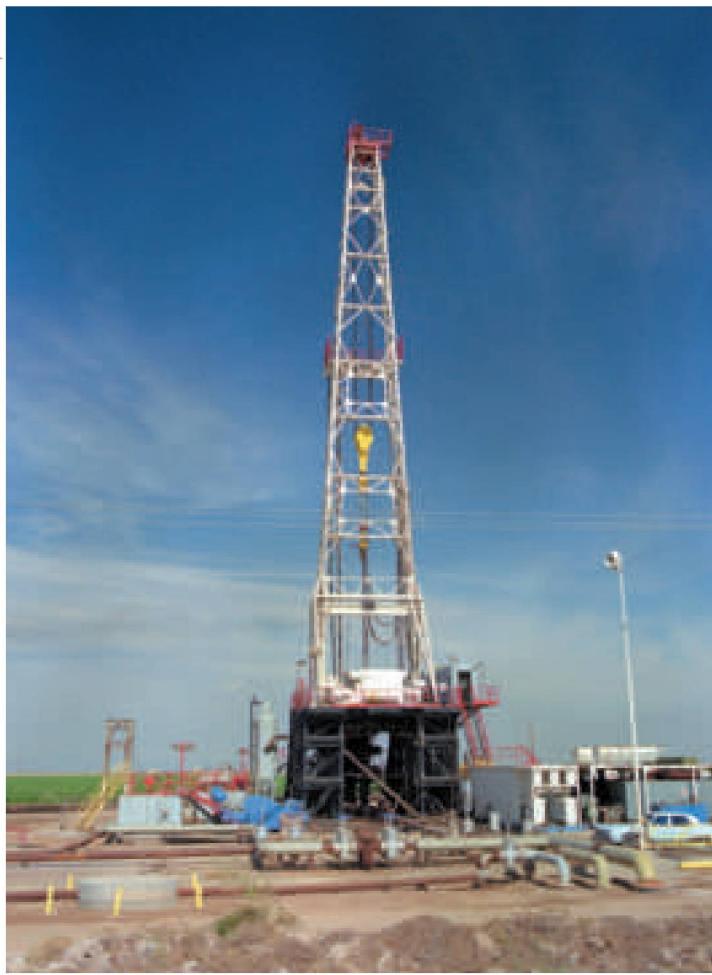
Sin embargo, el costo de la calefacción y electricidad geotérmicas permanece ligeramente más alto que el de las tecnologías convencionales menos costosas. Se necesita realizar una labor considerable para reducir los costos y crear incentivos de mercado para la calefacción y electricidad geotérmica.

El Programa de Tecnologías Geotérmicas del DOE dirigió más de 40 proyectos en el año fiscal del 2002. El objetivo de estos proyectos es optimizar la tecnología (y por tanto, disminuir los costos) para encontrar, determinar, acceder y producir recursos geotérmicos, con una energética participación de socios industriales.

Las tres áreas principales de investigación son:

- Geociencia y tecnologías complementarias
- Exploración y perforación
- Investigación y ensayo de sistemas energéticos

La investigación y el desarrollo (Research and Development o R&D) auspiciados por el DOE lo ejecutan laboratorios y universidades nacionales. El DOE suministra liderazgo y gerencia en su totalidad, y un equipo de representantes provenientes de sus tres laboratorios nacionales – el Idaho National Engineering and Environmental Laboratory, el National Renewable Energy Laboratory y el Sandia National Laboratories – llevan a cabo las actividades técnicas. El énfasis del R&D se concentra en los retos que plantean los grandes riesgos que únicamente pueden ser enfrentados por la industria, y en cuál de estos retos se encuentra el mayor potencial de ganancia. La primera meta del programa consiste en reducir el costo nivelado actual de la electricidad geotérmica de 5 a 8 centavos /kWh a un precio de 3 a 5/kWh. Las tres áreas principales de investigación se describen a continuación.



*La perforación en pozos de producción, como éste al sureste de California, puede alcanzar hasta un 30 por ciento del costo de un proyecto geotérmico.*



*Investigadores en Geociencia llevando a cabo ensayos rastreadores en The Geysers, al norte de California.*

## Geociencia y tecnologías complementarias

En R&D, la geociencia y tecnologías complementarias se concentran en investigaciones esenciales para mejorar los métodos de exploración (incluyendo los sísmicos) y en la operación de los yacimientos geotérmicos. Los proyectos de sistemas sísmicos mejorados (enhanced geothermal systems o EGS) crean tecnologías por inyección y de mapas de fracturas para garantizar el uso más efectivo de los yacimientos. La investigación universitaria está difundiendo conocimientos en flujo térmico, dinámica de yacimientos, esfuerzos de fractura y áreas de fallas activas. Entre los logros recientes se incluyen:

- Rastreadores de fase de líquido y vapor (reactivo químico que puede rastrearse, colocado en el fluido geotérmico para poder mostrar la travesía del fluido a través del yacimiento) y métodos de interpretación de pruebas. Los resultados de los ensayos se incorporan a modelos de administración y manejo del yacimiento para garantizarle una vida larga y productiva.
- Se midieron las permeabilidades y las presiones capilares de los fluidos en yacimientos. La medida de estas propiedades de flujo permite crear modelos más exactos de yacimientos geotérmicos.
- Se crearon nuevos modelos que aumentan nuestra comprensión de eventos ígneos y su papel en la evolución de los sistemas geotérmicos, y que nos llevan a una exploración más productiva.

## Investigación de exploración y perforación

En R&D, la exploración y perforación están desarrollando tecnologías que reducen los precios de acceso a los recursos geotérmicos. La perforación y terminación de un pozo dan cuenta del 30 al 50 por ciento del costo capital de un proyecto de energía geotérmica; por tanto, reducir estos costos es primordial si la energía geotérmica va a competir con los combustibles convencionales.

El R&D incluye control del escape de circulación, perforación con barrenas de roca dura, obtener muestras y monitorear con instrumentos a temperatura alta, y utilizar telemetría de datos a distancia. Los proyectos de tipo costo compartido incluyen cementos de espuma, martillos de lodo por percusión o impacto, y creación de hoyos con estator motorizado. El ensayo “Diagnóstico mientras se perfora” (Diagnostics While Drilling) se considera un esfuerzo fundamental: utiliza enlaces de datos a alta velocidad para proporcionar información inmediata del fondo del pozo, sobre las características de las rocas; de esta forma, los perforadores pueden adoptar mejores y más rápidas decisiones. Entre los logros recientes se incluyen:

- Se demostró la capacidad de la espuma de polyurethane para sellar y taponar las zonas de pérdida de circulación en pozos geotérmicos, taponando una zona de pérdida en Nevada, donde con anterioridad fracasaron más de 20 intentos utilizando cemento.
- En colaboración con la industria, se creó una barrena de perforación compacta, de diamante policristalino y chorro de circulación, la cual perfora formaciones medianamente duras, un 30 por ciento más rápido que las barrenas tradicionales.

- Se comenzó un proyecto de colaboración con la industria para documentar y analizar gastos efectivos de perforación geotérmica.

## Investigación y ensayo de sistemas energéticos

Las actividades dentro del área de investigación y ensayo de sistemas energéticos se concentran en convertir la energía geotérmica en electricidad, y en optimizar la eficiencia de la calefacción térmica directa para ser utilizada en acondicionamiento de espacios, procesos industriales y agrícolas, y otras aplicaciones de "uso directo".

Se enfoca específicamente en los recursos geotérmicos más difundidos, los de baja a moderada temperatura. El DOE trabaja en coordinación con las industrias para aumentar la eficiencia en la conversión, optimizar el diseño de las plantas, dar validez a la factibilidad de la combinación calefacción- electricidad y plantas pequeñas, y para reducir los costos de operación y mantenimiento.

Para completar su R&D geotérmico, el DOE está poniendo en marcha un esfuerzo significativo, titulado "GeoEnergía para el Oeste" (Geopowering the West). El programa trata de eliminar las barreras, no de tipo técnico, que impiden el desarrollo de la energía geotérmica. A través de la educación y actividades de extensión a comunidades, se instruye a las personas a las que impacta la industria geotérmica, tales como negocios, organizaciones gubernamentales, grupos indígenas, y el público en general, sobre la disponibilidad y los beneficios de la energía geotérmica en todo el oeste de los EE.UU., territorios donde los recursos geotérmicos son fácilmente asequibles.

Logros recientes a través del programa incluyen:

- Se instaló un sistema de monitoreo de hidrógeno-sulfido en The Geysers, en el norte de California. El nuevo sistema medirá continuamente los niveles de gas, de manera que los tratamientos que utilizan compuestos costosos puedan usarse con mayor efectividad, reduciendo los costos de operación.
- Se investigaron diseños recientes de aletas para condensadores de aire, los cuales, manipulando con



PHX05933 Sandia National Laboratories

*La planta geotérmica Mammoth Pacific (en el norte de California) incluye condensadores de enfriamiento de aire a cada lado de los generadores de la planta, en el centro.*

mayor efectividad el calor que no se utiliza durante el proceso de la planta, reducirán los costos de operación. El nuevo diseño de aleta permitirá que el condensador use mucho menos electricidad, ya que gran parte de la electricidad generada se utiliza en el funcionamiento de los generadores.

- Se creó un revestimiento de polymer (e.g., PPS) a bajo costo, para aplicarlo en tubos económicos de acero al carbono, en los permutadores de calor.
- Se reunió a personas de varios estados del oeste de los EE.UU a las que impacta la industria geotérmica, en una cumbre del programa "GeoEnergía para el Oeste", para discutir y tratar de resolver las barreras, no de tipo técnico, que impiden el desarrollo de la energía geotérmica.

El Programa de Tecnologías Geotérmicas del DOE ya está contribuyendo, con resultados tangibles y substanciales, a los esfuerzos que ayudarán a lograr los retos trascendentales de la Política Nacional de Energía del gobierno del Presidente Bush. Además, el potencial de mayor contribuciones, es más evidente que nunca. El DOE, trabajando en equipo con la industria en estas áreas de R&D, está esforzándose por lograr que en el año 2015 siete millones de hogares y negocios utilicen una energía geotérmica confiable y sustentable.

## Conozca nuestro nuevo director de programa

En febrero del 2003, Leland ("Roy") Mink fue nombrado Director del Programa de Tecnologías Geotérmicas del Departamento de Energía (DOE) de los Estados Unidos de América. El Dr. Mink sustituye a Peter Goldman, quien dirigirá las actividades de R&D de los programas de energía eólica e hidráulica del DOE.

El Dr. Mink ha ocupado una gran variedad de puestos en el sector público y en el privado, en el universitario, y en la industria. Su carrera se inició en el estado de Idaho donde ejerció de hidrólogo en el Idaho Bureau of Mines and Geology (1972-1975), y fue catedrático de hidrología en la Boise State University (1975, 1982-1985). El Dr. Mink ejerció también de geohidrólogo de investigación en la U.S. Environmental Protection Agency en Las Vegas (1976).



DOE, Susan Norwood

El nuevo director de programa no es un extraño en el Gobierno Federal ya que fue gerente de proyecto de energía geotérmica en el DOE, en proyectos en Washington, D.C. y en Idaho Falls (1977-1980). El Dr. Mink tiene experiencia industrial: trabajó en Morrison-Knudsen en calidad de hidrólogo e ingeniero de proyecto durante la mayoría de la década de los 80. Antes de aceptar la dirección de proyectos del DOE, el Dr. King fue profesor de hidrogeología en la Universidad Idaho-Moscú, y director del Idaho Water Resources Research Institute.

El Dr. Mink es Licenciado en Matemáticas y Ciencia por la Idaho State University, y Máster en Hidrología y Doctorado en Geología por la Universidad de Idaho.

# CONTACTOS CLAVES

## U.S. Department of Energy (Departamento de Energía de los EE.UU.)

Roy Mink, Director  
Office of Geothermal Technologies  
100 Independence Avenue, SW  
Washington, DC 20585  
202.586.5348  
[www.eren.doe.gov/geothermal](http://www.eren.doe.gov/geothermal)

## Idaho National Engineering and Environmental Laboratory (Laboratorio Nacional de Ingeniería y Medio Ambiente)

Joel Renner, Gerente  
Programa Geotérmico  
2525 Fremont Ave.  
Idaho Falls, ID 83415-3830  
208.526.9824  
[rennerjl@inel.doe.gov](mailto:rennerjl@inel.doe.gov)  
[geothermal.id.doe.gov](http://geothermal.id.doe.gov)

## National Renewable Energy Laboratory (Laboratorio Nacional de Energía Renovable)

Gerry Nix, Líder del Programa  
303.384.7566  
[gerald\\_nix@nrel.gov](mailto:gerald_nix@nrel.gov)  
Bruce Green, Contacto para Comunicaciones  
303.275.3621  
[bruce\\_green@nrel.gov](mailto:bruce_green@nrel.gov)  
Programa Geotérmico  
1617 Cole Boulevard  
Golden, CO 80401-3393  
[www.nrel.gov/geothermal](http://www.nrel.gov/geothermal)

## Sandia National Laboratories

Ed Hoover, Gerente  
Geothermal Research Department  
P.O. Box 5800  
Albuquerque, NM 87185-0708  
505.844.7315  
[erhoove@sandia.gov](mailto:erhoove@sandia.gov)  
[www.sandia.gov/geothermal](http://www.sandia.gov/geothermal)

Produced for the



**U.S. Department of Energy**  
**Energy Efficiency**  
**and Renewable Energy**

1000 Independence Avenue, SW, Washington, DC 20585  
By the National Renewable Energy Laboratory,  
a DOE National laboratory

DOE/GO-102003-1788  
September 2003

Printed with renewable-source ink on paper containing at least  
50% wastepaper, including 20% postconsumer waste