

EL EMPLEO DE LA GEOTERMIA EN VIVIENDAS COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA Y APOYO A LA SOSTENIBILIDAD EN EL VALLE DEL OJA

Luis M. López-Ochoa, César García-Lozano, Jesús Las Heras-Casas,
Alejandro San Vicente-Navarro

*Universidad de La Rioja. ETSII de Logroño. Grupo de Investigación GI-TENECO.
Departamento de Ingeniería Mecánica. C/ Luis de Ulloa, 20. 26004 Logroño (La Rioja)*

Abstract

The European objective of 20-20-20 (20% energy saving, 20% use of renewables, 20% reduction of CO₂) by 2020 is being achieved, albeit with difficulties. Once the current economic crisis has been overcome, Spain will maintain actions consistent with these goals.

An example is given of houses designed to use geothermal energy. Its profitability and economic possibilities are analysed, along with its amortisation period, advantages and disadvantages, etc.

Traditional houses can be fitted with geothermal energy installations although currently this is not profitable. The cost comparison is important since two of the decisive factors now are the saving in investment that the promoter wishes to make and the cost of maintenance for the buyer. The two have completely different interests.

In the near future, rising prices for conventional energy and reduced costs for geothermal energy installations will be essential for the widespread implementation of the latter in Spain.

Keywords: *renewable energies; sustainability; geothermal energy; houses*

Resumen

Las energías renovables son cada vez más importantes en España. El objetivo europeo 20-20-20 (20 % de ahorro energético, 20 % de uso de las energías renovables, 20 % de disminución del CO₂) para el 2020 va asentándose, si bien con dificultades. Una vez sea superada la actual crisis económica España mantendrá unas actuaciones consecuentes con estos postulados.

Se muestra un ejemplo de viviendas diseñadas con geotermia analizando la rentabilidad y las posibilidades económicas, el plazo de amortización, las ventajas e inconvenientes, etc.

Las viviendas tradicionales pueden disponer de instalaciones con geotermia, aunque en la actualidad la rentabilidad económica es insuficiente. La comparación de los costes es importante, siendo dos los factores decisivos en la actualidad: el ahorro de la inversión que el promotor quiere realizar y el coste de mantenimiento que el comprador debe asumir. Los intereses de ambos protagonistas son completamente diferentes.

En un futuro próximo, la subida de los precios de las energías convencionales y la bajada de los costes de las instalaciones con energía geotérmica serán esenciales para su implementación masiva en España.

Palabras clave: *energías renovables; sostenibilidad; geotermia; viviendas*

1. Introducción

Las energías renovables son cada vez más importantes en España. El objetivo europeo 20-20-20 (20 % de ahorro energético, 20 % de uso de las energías renovables, 20 % de disminución del CO₂) para el 2020 va asentándose, si bien con dificultades. Una vez sea superada la actual crisis económica España mantendrá unas actuaciones consecuentes con estos postulados.

Las administraciones públicas deben estar liderando todos estos procesos, especialmente, en aquellas energías renovables como es la geotermia que tantas dificultades conlleva por sus particularidades operativas y por los costes de las inversiones necesarias.

En diversas localidades del valle del Oja se tiene intención, en breve, de acometer una serie de viviendas unifamiliares con el sistema de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria (ACS) basados en la geotermia. El apoyo decidido a la geotermia va a ser una realidad.

Esta actuación marcará un antes y un después (López-González, 2009 y 2010). La Comunidad Autónoma de La Rioja tiene como meta el apoyo de las energías renovables menos desarrolladas en su territorio, como es el caso de la geotermia.

2. Contexto español

La aportación del Sector de la energía geotérmica de baja entalpía en 2009 al Producto Interior Bruto (PIB) de España ascendió a más de 8,3 millones de €, y pese a la crisis esta cifra se espera ronde los 9,0 a mediados del año 2011. Estas cifras son modestas, desde el punto de vista macroeconómico, pero son un primer paso para el desarrollo de una energía renovable que no ha alcanzado hasta la fecha un desarrollo adecuado.

La tecnología desarrollada para el aprovechamiento de dicha energía es la bomba de calor geotérmica renovable. En el mercado existe una amplia gama de bombas de calor geotérmicas de distintos tipos, con una amplia serie de potencias, que deben ser instaladas por personal cualificado y posteriormente asegurar su correcto mantenimiento.

2.1 Ventajas y barreras de la energía geotérmica de baja entalpía

Entre las ventajas que presenta el desarrollo de la geotérmica de baja entalpía destacamos las siguientes:

- Se trata de un recurso inagotable y autosuficiente, que puede funcionar sin interrupciones, capaz de producir ahorros considerables a lo largo de su vida útil.
- No produce efectos negativos en el subsuelo, ni un impacto visual ni sonoro, siempre que se actúe con unas precauciones mínimas.

No obstante, existen todavía en España una serie de barreras que no permiten el completo desarrollo de esta tecnología, y que también se dan en La Rioja:

- No existe un número relevante de proveedores de tecnologías y servicios especializados en el sector geotérmico.
- Se trata de una tecnología cuya instalación supone una elevada inversión inicial frente a los sistemas de climatización convencionales.
- El marco normativo nacional y autonómico genera inseguridad especialmente respecto a la perforación y a la legalización de instalaciones.
- Existe un desconocimiento generalizado de la tecnología por los agentes tanto profesionales como usuarios, así como por las entidades financieras.

Entre las posibles medidas reclamadas por el Sector se incluyen el desarrollo de una regulación que contemple las especificidades económicas y técnicas de esta tecnología, el establecimiento de mecanismos que incentiven su instalación y la inversión en la formación de agentes en toda la cadena de valor.

En la presente ponencia contemplaremos una actuación que se está planteando en el Valle del Oja, dentro de la Comunidad Autónoma de La Rioja (CAR), concretamente en varias localidades: Ezcaray, Santo Domingo de la Calzada, Castañares de Rioja y Haro.

En todas ellas se están considerando la construcción de varias viviendas unifamiliares con unas necesidades térmicas similares que pueden encajar con los planteamientos de sostenibilidad que ofrece la geotermia.

Este apoyo a la geotermia servirá para desarrollar una tecnología válida para el futuro, dando ejemplo con actuaciones innovadoras de la Administración en sintonía con los particulares y empresas constructoras.

2.2 Aspectos económicos

El uso de sistemas geotérmicos de baja entalpía para el sector residencial y de servicios permite prescindir del gasóleo, gas natural o gases licuados derivados del petróleo (propano y butano). Se trata de eliminar el uso, en parte, de las energías no renovables.

La demanda térmica de la energía consumida en el sector residencial y de servicios es relativamente baja, lo que permite utilizar agua geotérmica de baja entalpía y devolverla a baja temperatura, incrementando así el potencial geotérmico del recurso e induciendo a un ahorro de energía, que podrá aprovecharse para otras aplicaciones.

En la UE la potencia instalada de energía geotérmica de muy baja temperatura al término de 2008, ascendía a casi 8,3 GW con un total de 783 mil instalaciones. Si a esta cantidad sumamos la producción geotérmica de uso directo, la potencia instalada total es de unos 11,5 GW.

En 2007 se publicaron las previsiones del libro blanco de la energía renovable, habiéndose superado las mismas ampliamente, al estimarse inicialmente unos 5,0 GW.

En lo que a España respecta, no se dispone hasta la fecha de objetivos específicos a alcanzar ni de las estadísticas fiables sobre la potencia instalada de geotermia superficial y poco profunda (somera).

Los mapas que van recogiendo la implantación y el avance de la energía geotérmica en Europa muestran una patente falta de datos en la Península Ibérica.

Con todo, a continuación se exponen los datos macroeconómicos más importantes, según la Asociación de Productores de Energías Renovables (Ver la tabla 1 y la figura 1). La contribución directa al PIB ha aumentado entre 2005 y 2009 más del 580 %. Por otra parte, las tasas anuales de crecimiento van del 23,9 % del año 2006 al 102,0 % en 2009.

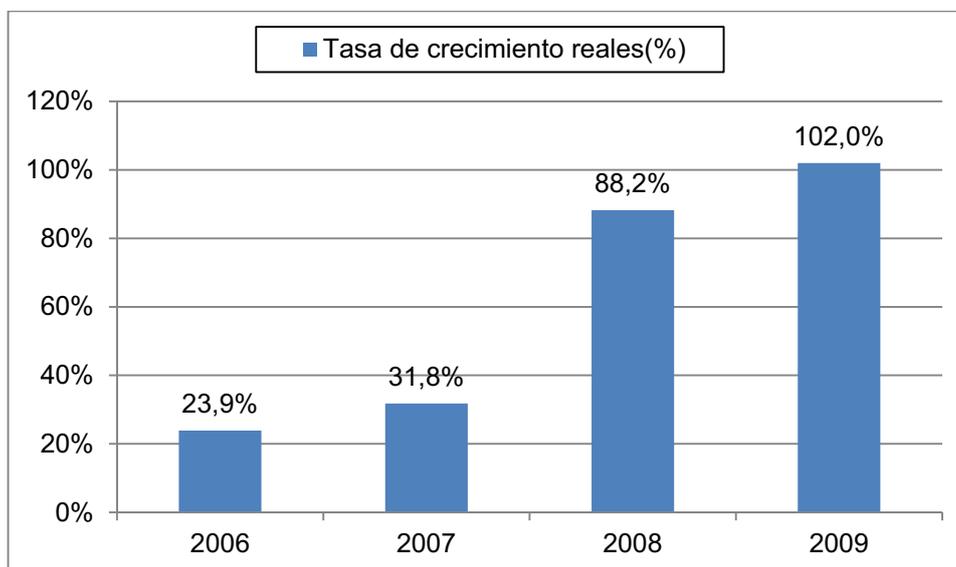
Al margen de los datos macroeconómicos, las limitaciones de esta tecnología son principalmente de índole económica y están relacionadas con el coste de ejecución del

sistema de intercambio geotérmico, la demanda energética del edificio y los precios de la energía convencional, si bien estos dos últimos aspectos son comunes a cualquier tipo de instalación.

Tabla 1: Evolución de la contribución al PIB del Sector de la Geotérmica de Baja Entalpía. Periodo 2006-2009 (Asociación de Productores de Energías Renovables)

	2005	2006	2007	2008	2009
Contribución directa al PIB (M€)	1,17	1,51	2,06	3,97	8,03
Contribución inducida al PIB (M€)	0,05	0,06	0,08	0,16	0,33
Contribución TOTAL al PIB (M€)	1,22	1,57	2,14	4,13	8,36

Figura 1: Evolución de la tasa de crecimiento real del Sector de la Geotérmica de Baja Entalpía. Periodo 2006-2009 (Asociación de Productores de Energías Renovables)



Hay un condicionante muy habitual, típico del Sector de la Construcción. El promotor trata de ahorrar en la inversión y el usuario se encuentra las instalaciones que ha aprobado el promotor y que debe mantener en su integridad, asumiendo lo que hay. En pocas ocasiones el promotor coincide con el usuario final.

Con la relación actual de inversión y precios se está trabajando en una horquilla de periodos de tiempos de retornos simple comprendidos entre 8 años y algo más de 27 años.

2.3 Aspectos legales

Si bien es cierto que ha existido una acción estatal por parte del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) para informar sobre los aspectos administrativos y normativos, la realidad es que actualmente no existe una reglamentación específica que abarque todas y cada una de las posibilidades que hoy en día proporcionan las tecnologías de aprovechamiento del recurso geotérmico.

Los recursos geotérmicos están incluidos en la legislación minera y su investigación y aprovechamiento debe hacerse conforme dicha normativa. Actualmente la competencia en el desarrollo de la legislación básica del Estado en materia de Régimen Minero y Energético es de las Comunidades Autónomas.

Por otra parte, en numerosas fases tanto de la investigación como en las fases previas de explotación, se deben realizar estudios de impacto ambiental con plazos prolongados de tramitación al amparo de la correspondiente normativa ambiental. Además, en el caso de sistemas abiertos que hagan uso de agua subterránea se deberá consultar a la autoridad hidráulica competente, nuevamente con plazos prolongados de tramitación.

Con todo, la única legislación aplicable de obligado cumplimiento durante la realización de estos trabajos es la siguiente:

- Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera (Real Decreto 863/1985, de 2 de abril de 1985)
- Instrucciones Técnicas Complementarias del Capítulo V del Real Decreto 863/1985, de 2 de abril de 1985
- Legislación ambiental autonómica de aplicación

En resumen, podemos decir que no ha habido una reforma de la Ley de Minas que contemple las modificaciones de competencias entre el Estado y las Comunidades Autónomas, tampoco en materia ambiental, teniendo que aplicar normativas de carácter general cuyas exigencias en muchos casos resultan excesivas para el tipo de aplicación del que se trata, con lo que se genera una cierta confusión en el desarrollo de este tipo de proyectos.

En otras ocasiones se realizan, sin más.

2.4 Aspectos medioambientales

El uso de los sistemas geotérmicos de baja entalpía para el sector residencial y servicios permite prescindir del gasóleo, gas natural o gases licuados derivados del petróleo (propano y butano), todas ellas energías no renovables.

La energía térmica que las bombas de calor transfieren entre el edificio y el terreno multiplica la energía eléctrica consumida por un factor entre 3 y 5. Siguiendo la filosofía de la Directiva Europea de Energías Renovables, la diferencia entre el flujo de energía térmica útil generada por el sistema geotérmico y la energía primaria consumida se considera como energía térmica renovable a efectos de la consecución de los objetivos de la Directiva.

Si nos referimos a viviendas tipo, parecidas a las de nuestro caso, de unos 150 m², tenemos que las emisiones de CO₂ a la atmósfera de la geotermia son menores que las correspondientes a las energías convencionales. En la figura 2 podemos comprobar estos extremos.

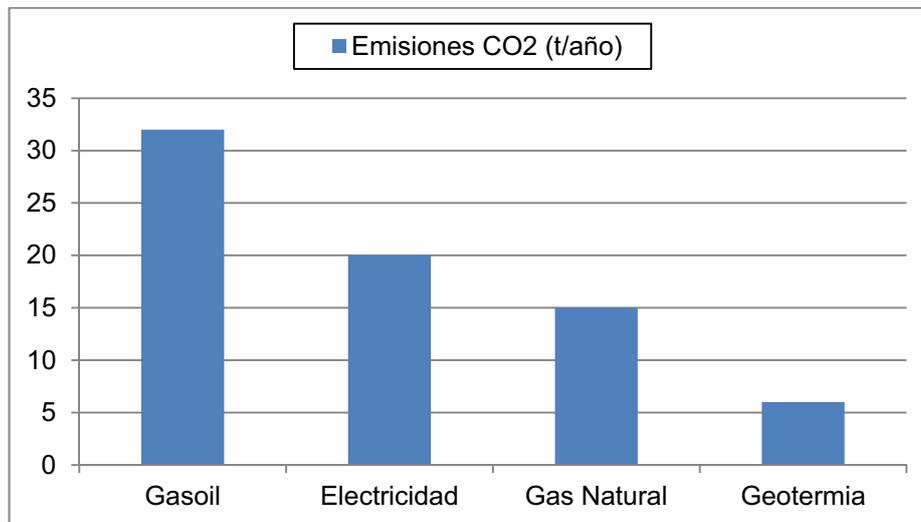
Si las emisiones anuales en t de CO₂ de la geotermia las tomamos como base = 100,0, las del gas natural serían 250,0, las de la electricidad 333,3 y las del gasóleo 533,3.

El impacto ambiental de la energía geotérmica es muy reducido ya que no produce efectos negativos en el subsuelo y no representa ningún impacto visual o sonoro.

Las principales afecciones medioambientales están relacionadas con los acuíferos, ya sea por agotamiento o por contaminación del mismo.

En el primer caso, habrá que tener en cuenta los criterios de sostenibilidad aplicables a cualquier recurso renovable, evitando en todo momento los ritmos de explotación superiores a los de regeneración.

Figura 2: Emisiones anuales de CO₂(t/año) con diferentes fuentes de energía para una vivienda tipo de 150 m²



En cuanto a los posibles riesgos de contaminación, las principales causas están relacionadas con:

- Fugas de anticongelante
- Introducción de material contaminado al rellenar las perforaciones
- Vertidos accidentales debidos a las perforaciones

2.5 Aspectos técnicos

El uso directo del calor es una de las aplicaciones más antiguas y comunes de la energía geotérmica para balnearios, calefacción residencial, agricultura, acuicultura y usos industriales.

Para climatización y refrigeración se utiliza la energía geotérmica de muy baja temperatura, mediante el uso de bomba de calor.

A nivel general, se puede clasificar la utilización directa de la energía geotérmica en dos ámbitos claramente diferenciados: el sector industrial y el sector residencial y de servicios. En cuanto al sector residencial y servicios, el sistema de climatización geotérmico funciona correctamente con cualquier instalación de calefacción actual, bien sea por radiadores, suelo radiante o aire.

En general, un esquema simplificado de un sistema de energía geotérmica aplicado a este sector consta de tres circuitos diferenciados:

- Circuito primario: formado por un equipo de bombeo y acondicionamiento de agua geotérmica situado en la boca del pozo de extracción, un intercambiador de placas y el sistema de reinyección.
- Red de distribución: formado por un sistema cerrado de tuberías, ida y retorno, para distribuir el agua caliente a los usuarios, un equipo de bombeo y una centralita de conexión con el particular.
- Circuito de distribución privado: desglosado en dos circuitos claramente diferenciados en función del nivel térmico de funcionamiento al que trabajan, uno en circuito abierto para el agua caliente sanitaria (ACS) y otro en circuito cerrado de calefacción.

La demanda de ACS en el sector doméstico es muy irregular, teniendo en cuenta una sola vivienda, pero a medida que se añaden más viviendas al sistema, la curva de demanda se suaviza progresivamente.

Otro reto importante es el impulso y el desarrollo de redes de climatización de distrito que abastezcan a amplias zonas residenciales y de servicios en los que la energía geotérmica actúe como energía primaria para la producción de calor y fría. Los sistemas centralizados, poco implantados en nuestro país, están ampliamente desarrollados en otros países europeos, y constituyen la solución ideal para fomentar el ahorro energético y la reducción de emisiones, que se asocia en la actualidad a gran parte de los sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) alimentados por combustibles fósiles.

Así, en nuestro caso, la calefacción de distrito (“districtheating”) se basa en el aprovechamiento directo de los recursos geotermales que permite diseñar un sistema de calefacción centralizado, que permita satisfacer la demanda de calor de un conjunto de usuarios, distribuidos dentro de una zona extensa, del tamaño de un barrio, distrito o incluso una ciudad entera.

En general, los sistemas de calefacción por distrito pueden ser abiertos o cerrados. El sistema cerrado constará de un circuito de calefacción con tubería de impulsión y una tubería de retorno, mientras que el circuito que distribuye ACS es un sistema abierto, porque una vez utilizado el fluido calorportante lo vierte al sumidero. La mayoría de este tipo de instalaciones son sistemas cerrados.

Con todo, ya se ha comentado anteriormente que las principales limitaciones de esta tecnología son principalmente de índole económica y están relacionadas con el coste de ejecución del sistema de intercambio geotérmico, la demanda energética del edificio y los precios de la energía, si bien estos dos últimos aspectos son comunes a cualquier tipo de instalación.

En consecuencia, en este trabajo nos centraremos en las barreras técnicas y económicas que representa el sistema de intercambio geotérmico, analizando sus posibilidades reales de aplicación y prestando especial atención al potencial existente en la Comunidad Autónoma de La Rioja (CAR), empleando para ello el estudio de un caso práctico.

3. Aplicación de la energía geotérmica en el sector residencial y servicios

Hasta hace relativamente pocos años, la utilización de energía térmica de la Tierra ha estado restringida a regiones del planeta donde las condiciones geológicas favorables hacen posible la transferencia de valor desde zonas calientes profundas hasta la superficie, o muy cercana a ella, y el posterior aprovechamiento de éste en forma de agua caliente en fase líquida o vapor.

La energía geotérmica que se genera en el interior del planeta remonta lentamente hasta la superficie, pues las rocas de la corteza terrestre son muy malas conductoras del calor. El flujo de calor se calcula multiplicando el gradiente geotérmico por la conductividad térmica de las rocas.

En la tabla 2 se muestran unos valores medios de diversos parámetros para situaciones habituales en el Valle del Oja, estimados y considerados de partida.

Tabla 2: Conductividad térmica (W/mK) y capacidad térmica volumétrica (MJ/m³K) para situaciones habituales en el Valle del Oja

TIPO DE SUELO	PERMEABILIDAD (m/s)	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/mK)		CAPACIDAD TÉRMICA VOLUMÉTRICA (MJ/m ³ K)	
		seco	saturado	seco	saturado
Arcilla	10 ⁻⁸ – 10 ⁻¹⁰	0,2 – 0,3	1,1 – 1,6	0,3 – 0,6	2,1 – 3,2
Limo	10 ⁻⁵ – 10 ⁻⁸	0,2 – 0,3	1,2 – 2,5	0,6 – 1,0	2,1 – 2,4
Arena	10 ⁻³ – 10 ⁻⁴	0,3 – 0,4	1,7 – 3,2	1,0 – 1,3	2,2 – 2,4
Grava	10 ⁻¹ – 10 ⁻³	0,3 – 0,4	1,8 – 3,3	1,2 – 1,6	2,2 – 2,4

Los recursos geotérmicos de muy baja temperatura (entre 10°C y 30°C) presentan una serie de características que los diferencian del resto:

- No contienen vapor de agua, así que sus aplicaciones se centran en cubrir las demandas de calor de usuarios muy localizados, reduciendo su consumo a las zonas próximas al punto de extracción.
- Se trata de un recurso energético que está debajo de cualquier terreno de cualquier lugar habitado del planeta, próximo a la superficie.
- Su posibilidad de aprovechamiento está supeditada al uso forzoso de bombas de calor geotérmicas.

Precisamente estas características hacen que la energía geotérmica de muy baja temperatura se adapte plenamente a las necesidades de climatización de viviendas unifamiliares y de edificios pequeños o grandes dimensiones.

Los estudios previos necesarios para poder aprovechar este recurso varían en complejidad, dependiendo de la potencia demandada, la instalación del circuito exterior y las condiciones de utilización (horas de funcionamiento y modalidad de la demanda: calefacción y/o refrigeración y/o ACS, además de otras particularidades).

En este trabajo nos vamos a centrar en las soluciones sencillas viables para el Valle del Oja, referidas siempre a la edificación de viviendas unifamiliares.

4. Geotermia somera: variables de estudio

El gradiente geotérmico es la variación de temperatura en función de la profundidad, expresado en °C/km. La conductividad térmica es una propiedad característica de cada material que indica su capacidad para conducir el calor, y se expresa en W/m°C. El producto de estas dos cantidades proporciona el flujo de energía, en forma de calor, por unidad de superficie y tiempo, expresado éste en W/m².

Además del calor interno, la superficie de la Tierra recibe del Sol 2x10¹⁷W, lo que representa del orden de cuatro veces el potencial calorífico geotérmico.

Esta energía penetra a escasa profundidad en el subsuelo, contribuyendo a mantener la superficie del planeta a una temperatura promedio de 15°C, y es irradiada de nuevo al espacio sin que se vean afectadas las capas interiores de la corteza terrestre durante este proceso energético.

4.1 Colectores horizontales enterrados

En este contexto, y siempre que se den las condiciones adecuadas, el uso de colectores horizontales enterrados a baja profundidad se presenta como la solución más sencilla y económica. Sus principales características son las siguientes:

Ventajas:

- Sencillez de ejecución
- Amplio ámbito de aplicación
- Breves reconocimientos geológicos y geotérmicos

Inconvenientes:

- Requiere de 1'5 a 3 veces de superficie despejada por cada unidad de superficie habitable, dependiendo del aislamiento térmico de la vivienda
- Se ve afectado en gran medida por la climatología local, así como de la altitud topográfica del terreno
- Capacidad limitada: de 20 a 30 W de energía térmica por m² de terreno ocupado, dependiendo de la altitud topográfica, lo que restringe su aplicación casi exclusivamente a viviendas individuales

Otros datos de interés:

- Profundidad: de 60 cm a 5 m
- Materiales de los tubos: polipropileno reticulado, polietileno rígido, o polietileno de baja densidad
- Diámetro de los tubos: de 25 a 40 mm

4.2 Sondas geotérmicas

Actualmente es la solución más utilizada, aún siendo más cara que la disposición horizontal. Su principal ventaja es que presenta un mayor rendimiento a lo largo del año porque la temperatura a una profundidad de 100 m permanece prácticamente constante. Además puede cubrir aquellas situaciones en las que no sea apropiado el uso de colectores horizontales: espesor insuficiente de la capa del suelo, ausencia de terreno despejado, existencia de canalizaciones en el subsuelo o mayores demandas energéticas.

Otros datos de interés:

- Estudios previos relativamente sencillos para instalaciones inferiores a 30 kW
- Existen valores tabulados, guías técnicas y normas de aplicación en función de la clasificación del terreno, aunque hay remitirse a publicaciones extranjeras
- Dimensionamiento: se obtienen entre 20 y 70 W de potencia por metro lineal de sonda
- Profundidad: de 20m a 100 m
- Diámetro de los tubos: de 10 a 15 cm

En el caso de requerir mayores potencias (grupos de viviendas o grandes edificios) puede recurrirse al empleo de campos de sondas térmicas, aunque estas instalaciones requieren de una revisión geológica e hidrológica más exhaustiva, complicando su diseño debido a la carencia de reglas o recomendaciones generales.

Para la transferencia de calor por conducción las propiedades físicas más importantes de suelos, rocas y materiales de la sonda son la conductividad y la capacidad térmica volumétrica. Mientras que para la transferencia de calor por convección, el parámetro más relevante es la permeabilidad del terreno.

Además habrá que considerar otros factores como la humedad natural del suelo y la presencia o ausencia de aguas subterráneas.

4.3 Sondeos de captación de agua someros

Si la permeabilidad del terreno es suficientemente elevada puede recurrirse a explotar la capa freática mediante dos sondeos, uno de producción, con una bomba sumergida que conduzca el agua a la bomba de calor para, una vez extraída su energía y enfriada, sea devuelta a la capa freática por un pozo de reinyección, o ser vertida a un cauce fluvial.

En comparación con las alternativas anteriores, esta solución presenta el inconveniente de requerir la autorización correspondiente para la captación de agua según las disposiciones locales, autonómicas o nacionales donde, lógicamente, se antepone el consumo de agua potable a la climatización de edificios.

5. Viviendas, necesidades y costes

A continuación se describen las principales características de las diferentes alternativas estudiadas con el objeto de valorar la viabilidad económica de la propuesta planteada.

5.1 Bases de diseño

Se han utilizado para los cálculos de limitación de demanda energética, calefacción, aire acondicionado y ACS lo dispuesto en el Código Técnico de la Edificación (CTE), Documento Básico (DB), Ahorro de energía (HE), lo especificado en el propio Reglamento de Instalaciones Térmicas (RITE) que forma parte del CTE-DB-HE2 y en las normas UNE 10011, UNE 100-014-84, UNE 100001-85, UNE 100-011-91 y UNE 12464-1 según normas básicas para las instalaciones interiores de suministro de agua.

Las condiciones interiores de bienestar térmico se obtendrán aplicando los parámetros característicos:

- Temperatura: 20°C
- Humedad relativa: 50%
- Velocidad del aire: 0'15 m/s

La instalación diseñada sólo controla el parámetro de la temperatura, por lo que el diseño sólo se atenderá a éste.

Los otros parámetros deberán ser controlados por los usuarios por otros procedimientos.

Las necesidades térmicas y ACS anuales ascienden a unos 30MWh/año, estimándose por cada estancia una potencia necesaria que se presenta en la tabla 3, considerando una media del orden de los 105 W/m²(López-González, 2009 y 2010).

5.2 Instalación de referencia

Con el objeto de poder estudiar la viabilidad económica de la propuesta geotérmica se hace necesario plantear una solución común que satisfaga las mismas condiciones de demanda. Para ello se ha dimensionado una instalación típica de radiadores en base a una caldera de gas con apoyo de energía solar térmica, según los requerimientos de cobertura mínima de ACS que establece el CTE para el emplazamiento en cuestión.

Tabla 3: Necesidades por estancias en cada vivienda tipo considerada

	Estancia	Superficie(S,m²)	P (W)	P/S (W/m²)
TOTAL	CONJUNTO	150 m²	15.740 W	104,9 W/m²
Planta baja	Cocina-Comedor	32	4.800	150
	Salón	32	3.200	100
	Aseo	4	560	140
Planta primera	Dormitorio 1	18	1.440	80
	Dormitorio 2	24	1.920	80
	Dormitorio 3	18	1.440	80
	Baño 1	10	700	70
	Baño 2	6	780	130
Varios	Varios	6	900	150

5.3 Otras instalaciones de referencia

Una vez elaborada esta instalación de referencia, se amplió el estudio valorando diferentes alternativas en cuanto a la elección de la caldera. Aunque se trata de calderas que trabajan con combustibles no tan cotidianos, nos pareció una vía adecuada en tanto que, una vez calculada la demanda y dimensionada la instalación, no supone un esfuerzo añadido relevante y nos permitirá comparar la viabilidad económica de la opción planteada teniendo en cuenta el consumo de otros combustibles diferentes al gas natural, como son el gasóleo C y el propano.

5.4 Instalación geotérmica

El circuito primario para intercambiar calor con el terreno se compone de dos bucles de tubos en forma de U. En el medio del haz se coloca un tubo de inyección mediante el cual se inyecta una mezcla de cemento una vez introducida la sonda. Para su dimensionamiento se han considerado unos rangos de potencia de 50-55 W por metro lineal de captación. Además este circuito deberá contar con una bomba de circulación, que será la encargada de mover el agua de los pozos y hacerla pasar por la bomba geotérmica, y el correspondiente vaso de expansión.

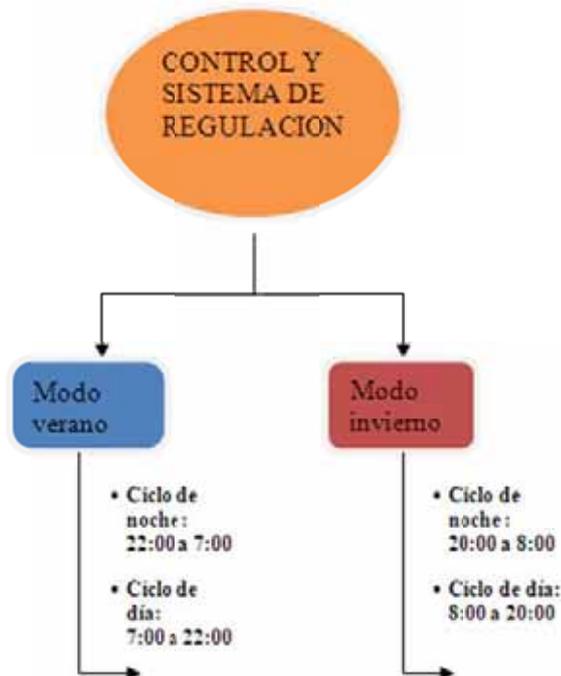
La bomba geotérmica constituye el elemento principal de la instalación, siendo su principal función generar el agua caliente o fría, dependiendo de la época del año en que nos encontremos. Así, el funcionamiento del sistema se dividirá en dos periodos, modo Verano y modo Invierno, habiendo tenido en cuenta todos los posibles casos que se pueden dar en cada periodo.

Además, para que la instalación sea capaz de abastecer la demanda con una bomba geotérmica, será necesario sobredimensionar los depósitos de almacenamiento para que los cambios de ciclos se produzcan en dos periodos, uno durante el día y otro durante la noche.

De este modo, tratamos de impedir que la bomba geotérmica cambie de ciclo en un periodo, es decir, el sistema estará diseñado para que durante la noche la bomba trabaje produciendo frío y durante el día produciendo calor que será la mayor demanda en este periodo.

Con todo, el simple sobredimensionamiento de los depósitos de acumulación no es suficiente para asegurar un adecuado funcionamiento del sistema y será necesario instalar un sistema de regulación y control con el fin de evitar los cambios de ciclo de trabajo para cada jornada. Con tal propósito se deberá instalar una centralita que controle el apagado y encendido de la bomba y que gestione la producción de ésta mediante las correspondientes electroválvulas de tres vías en base a las temperaturas de consigna proporcionadas por las sondas de temperatura instaladas en los depósitos de almacenamiento, como la expresada en la figura 3.

Figura 3: Sistema de regulación y control propuesto



El presupuesto total asociado exclusivamente a la instalación de la bomba geotérmica y sus accesorios correspondientes asciende a una cantidad entre los 16.000 euros y los 22.000 euros, destacando que se trata de un presupuesto orientativo ya que la profundidad de los pozos podrá cambiar en función de las propiedades del subsuelo, y la introducción de otros elementos importantes, sondeos, análisis, deseo de los promotores y propietarios, etc.

En estos momentos se están realizando los ensayos necesarios para ajustar los cálculos a la demanda final de los usuarios de forma personalizada, además de que se están manejando varios presupuestos para afinar las soluciones requeridas.

6. Resultados

6.1 Comparativa de costes en operación totales

Considerando unas necesidades energéticas de unos 30 MWh que engloba las actividades térmicas y de ACS, vamos a proceder a comparar los costes de operación, durante el primer año de actividad, entre el sistema geotérmico y otros sistemas convencionales. Los costes considerados son la suma de los precios de los combustibles propios, el de los sistemas

auxiliares que correspondan y los de mantenimiento. Los costes para el primer año de uno y otros sistemas se expresan en la tabla 4.

Para los años sucesivos los costes se incrementarán anualmente una media del 10 % y para el dinero una media del 3 %.

Tabla 4: Costes de funcionamiento en euros/año para cada solución

	COSTES UNITARIOS (€/kWh)	COSTES ANUALES (€/año)	AHORRO (€/año)
Geotermia	0,035	1.050	0
Gas Natural	0,062	1.860	810
Propano	0,092	2.760	1.710
Gasóleo C	0,101	3.030	1.980

6.2 Ahorros en un período de 20 años y su comparación con las inversiones

Las figuras 4 y 5 nos muestran una comparación entre las soluciones posibles, siempre sin considerar subvenciones, la primera respecto al incremento de inversión mínima y la segunda al incremento máximo.

Se muestra el ahorro que supone una instalación con bomba de calor geotérmica respecto a otros sistemas convencionales: sistema con caldera de gas natural, sistema con caldera de propano o un sistema con caldera de gasóleo C.

La figura 4 muestra los ahorros referidos al año de la inversión, con unos costes de operación que suben globalmente el 10 % anual y un interés anual medio de actualización del dinero del sobrecoste del 3 %, considerando un plazo de amortización de 20 años, en el caso del sobrecoste inicial de 16.000 euros.

La figura 5 es la misma situación que la anterior, pero con un sobrecoste inicial de 22.000 euros.

6.3 Amortización

El siguiente paso consiste en analizar el periodo de retorno estimado de la inversión inicial de la instalación geotérmica en relación con el resto de sistemas tradicionales que son objeto de estudio también. A partir de la inversión inicial y unos determinados coeficientes aplicados, tanto al precio de la electricidad como la del combustible, el capital inicial se recuperará a lo largo del periodo correspondiente en función de las variables estipuladas.

Estas variables a considerar, a su vez dependerán del combustible con el que se compare el sistema geotérmico, de la cuantía de las subvenciones aportadas por la Comunidad Autónoma de La Rioja y de los coeficientes de incremento anual asignados a los precios de los combustibles y a la correspondiente tarifa eléctrica.

Cabe destacar que este sistema geotérmico con respecto al resto, posee un gran número de ventajas, además del ya sabido ahorro económico. Entre este tipo de ventajas cabe destacar la no necesidad de mantenimiento de algunos auxiliares y tuberías de estas instalaciones durante el año, ausencia de olores y ruidos y el hecho de que no se produzcan hollines ni humos, evitando las limpiezas anuales que sí han de efectuarse en el resto de instalaciones.

Se ha procedido a comparar, sin subvenciones, las distintas instalaciones. A la hora de realizar el estudio, se ha tenido en cuenta, de manera aproximada, el coste de las perforaciones realizadas para instalar el sistema geotérmico. A su vez, partiendo de un

coste inicial resultante de la diferencia entre la instalación de un sistema convencional y un sistema de bomba geotérmica, vamos obteniendo un beneficio económico cada año de servicio de la instalación, teniendo en cuenta los gastos de mantenimiento necesarios por el resto de sistemas y para lo que necesita el geotérmico.

Figura 4: Comparativa de los costes de funcionamiento en un período de 20 años referidos al año de la inversión, respecto a la hipótesis de inversión de 16.000 euros, y su amortización

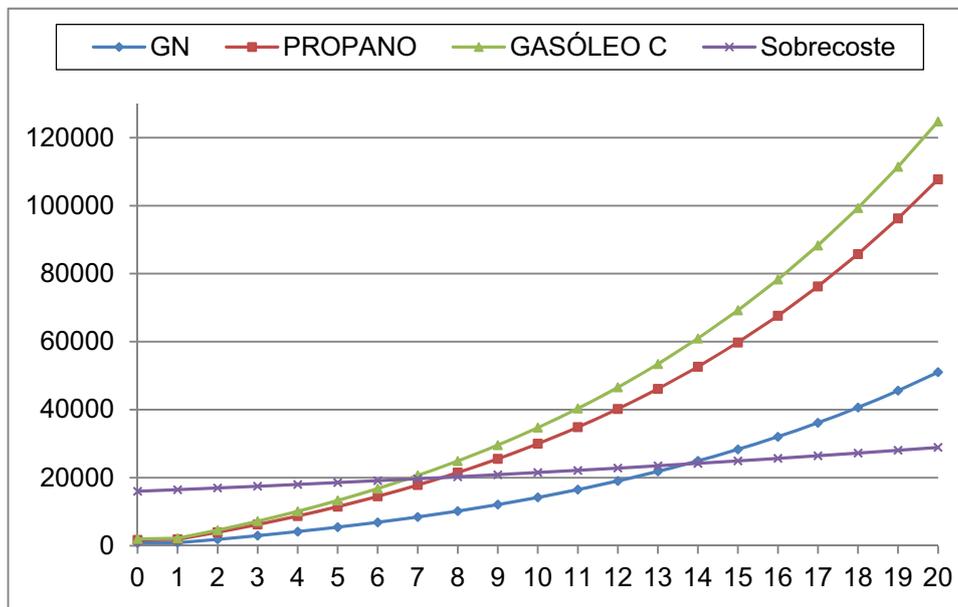
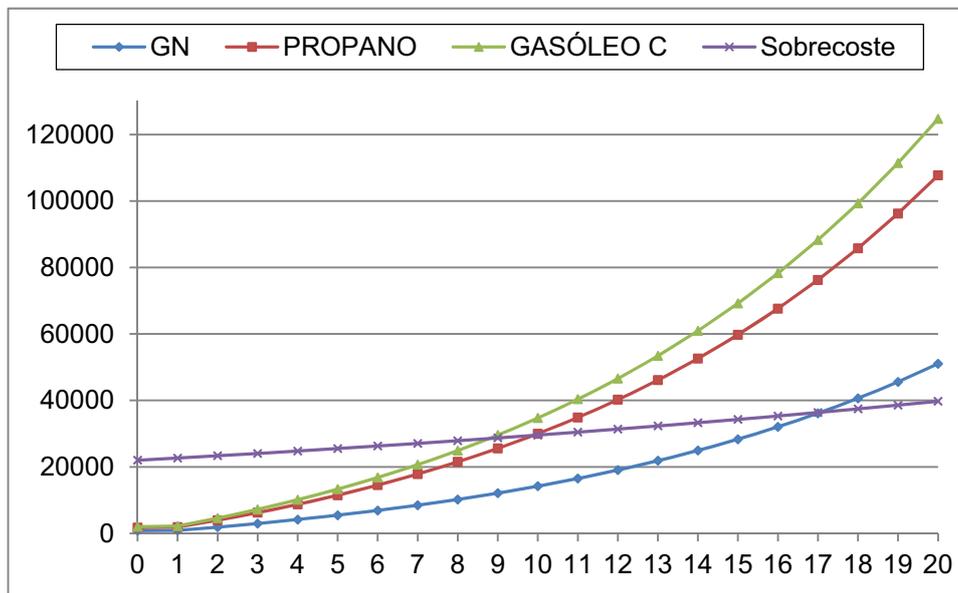


Figura 5: Comparativa de los costes de funcionamiento en un período de 20 años referidos al año de la inversión, respecto a la hipótesis de inversión de 22.000 euros, y su amortización



En las figura 4 y 5 se presentan los períodos de amortización del incremento del presupuesto de la geotérmica respecto a las otras soluciones energéticas clásicas, en las hipótesis de mínimo incremento y máximo, sacándose de las intersecciones de las inversiones actualizadas y de los ahorros acumulados los siguientes plazos de amortización, que se expresan en la tabla 5.

Tabla 5: Períodos de amortización de la geotermia en todas alternativas

Sobrecoste	PLAZOS DE AMORTIZACIÓN (años)		
	G.N.	PROPANO	GASÓLEO C
16.000 euros	13,7	7,6	6,7
22.000 euros	17,1	8,8	9,8

Si no actualizáramos ni los costes ni el dinero

En la hipótesis más favorable este período de retorno actualizado es de 8 años y en el más desfavorable es de 11 años y 2 meses. A su vez, la amortización más tardía se producirá al comparar un sistema de bomba geotérmica respecto a un sistema con caldera de gas natural. En la hipótesis más favorable este período de retorno actualizado es de 19 años y 10 meses y en el más desfavorable es de 27 años y 3 meses.

Si actualizáramos los costes (10 % global) y el dinero (3 %)

En las figuras 4 y 5 podemos apreciar que la amortización más temprana se produce al comparar una instalación geotérmica con un sistema de caldera de gasóleo C.

En la hipótesis más favorable este período de retorno actualizado es de 6,7 años y en el más desfavorable es de 9,8 años. A su vez, la amortización más tardía se producirá al comparar un sistema de bomba geotérmica respecto a un sistema con caldera de gas natural. En la hipótesis más favorable este período de retorno actualizado es de 13,7 años y en el más desfavorable es de 17,1 años.

6.4 Emisiones de CO₂

Además del ya sabido ahorro económico que supone la implantación de un sistema de bomba de calor geotérmica frente al resto de sistemas convencionales, es importante destacar el reducido número de emisiones de CO₂ a la atmósfera frente al resto de instalaciones tradicionales, llegando a ser ésta desde 3,9 veces hasta 4,6 veces, en función del tipo de caldera con el que la comparemos. Tomando como bases de emisiones de CO₂ las correspondientes a la bomba de calor geotérmica, con un valor base de 100,0, para la caldera de gas natural las emisiones serán de 391,0, para la de propano de 403,0 y para la de gasóleo C de 460,0

7. Conclusiones

La Administración española debe potenciar las energías renovables, especialmente tras los planteamientos europeos del famoso 20-20-20 en el año 2020.

La geotermia es una solución válida y aporta a la sociedad riojana un potencial estratégico elevado al existir en La Rioja empresas con una sólida tradición, dotadas de una estructura humana y técnica del máximo nivel, con técnicos muy cualificados y empresarios en la vanguardia de la innovación.

Los incrementos de costes respecto a las energías convencionales es muy importante, superando en la inversión inicial entre un 10 % y un 30 % de las soluciones clásicas en lo que respecta a las instalaciones, si bien este incremento deja de tener importancia relativa si lo comparamos con los actuales precios de las viviendas y de los terrenos.

La geotermia es viable y debe ser considerada como una solución más que se presenta en la edificación, cuyos costes irán adecuándose a las nuevas situaciones.

En el caso del Valle del Oja, dentro de la Comunidad Autónoma de La Rioja) esta solución puede implementarse al tratarse de una actuación estratégica en la que las ayudas a las inversiones pueden favorecerla y dejar la solución innovadora con un sobre precio asumible, e incluso reducirlo a valores insignificantes.

Con la geotermia tenemos un plus adicional que no hemos considerado, cual es la posibilidad de climatización con una mejora significativa frente al resto de alternativas, si bien en esta primera etapa no lo hemos considerado en aras de una mayor seguridad.

8. Referencias

López-González Luis M. y López-Ochoa, Luis M. "El Sector de la Construcción en España: La estrategia de la innovación", Grupo de Termodinámica Aplicada, Energía y Construcción (GI-TENECO), Logroño, 2010 (acceso restringido).

López-González Luis M. y López-Ochoa, Luis M. "El Sector de la Construcción en La Rioja: La estrategia de la innovación", Grupo de Termodinámica Aplicada, Energía y Construcción (GI-TENECO), Logroño, 2009 (acceso restringido).

9. Agradecimientos

Tanto el Grupo de Investigación GI-TENECO como los autores agradecen a SAPJE, S. L. (Grupo SAPJE) de Logroño el apoyo constante en todo lo relacionado con las energías renovables y al buen Ingeniero y amigo Álvaro Bolumburu su colaboración y notables aportaciones en estos temas energéticos y en otros relacionados con el Sector del Automóvil.

Este agradecimiento se amplía a los directivos y propietarios del Grupo SAPJE por su visión estratégica de las colaboraciones Universidad-Empresa.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Luis María López Ochoa
Universidad de La Rioja
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial
Departamento de Ingeniería Mecánica
Grupo de Termodinámica Aplicada, Energía y Construcción (GI-TENECO)
C/ Luis de Ulloa, 20. 26004 Logroño (La Rioja)
Phone: +34 941 299 516, + 34 618 516609
Fax: + 34 941 299 794
E-mail : luis-maria.lopezo@unirioja.es
URL : <http://www.unirioja.es>