

Guía se Mejores Técnicas Disponibles para el uso energético de la geotermia en termas



MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES

La presente guía de difusión de Mejores Técnicas Disponibles (MTD) es una **herramienta para un uso adecuado de la energía geotermia en el sector termas**. Su **objetivo fundamental es presentar y difundir una selección de MTD que permita** mejorar la competitividad y el desempeño en términos de consumo energético de las empresas del sector.

Las Mejores Técnicas Disponibles son aquel conjunto de técnicas aplicadas a procesos de diversos sectores productivos que se demuestran más eficaces para alcanzar un elevado nivel de protección medioambiental, siendo a su vez aplicables en condiciones económicas y técnicas viables.

A estos efectos, se entiende por:

Mejores: las técnicas más eficaces para alcanzar un alto nivel general de protección del medio ambiente en su conjunto y de la salud de las personas.

Técnicas: la tecnología utilizada, junto con la forma en que la instalación esté diseñada, construida, mantenida, explotada o paralizada; y

Disponibles: las técnicas desarrolladas a una escala que permita su aplicación en el contexto del correspondiente sector productivo, en condiciones económicas y técnicamente viables, tomando en consideración los costos y los beneficios, siempre que el titular pueda tener acceso a ellas en condiciones razonables.

La Figura 1 representa un esquema simplificado del proceso de selección de MTD.

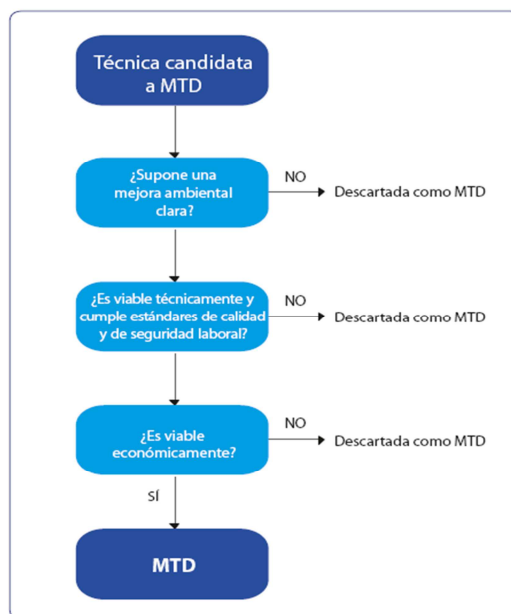


Figura 1. Esquema del proceso de selección de MTD
Fuente: Elaboración propia

En una primera fase de la selección, una técnica candidata a MTD, en comparación con otras técnicas disponibles empleadas para realizar una determinada operación o práctica, debe suponer un beneficio ambiental significativo en términos de ahorro/aprovechamiento de recursos y/o reducción del impacto ambiental producido.

Una vez superado este primer requisito, la técnica candidata a MTD deberá estar disponible en el mercado y ser además compatible con la producción según los estándares de calidad, no suponiendo un impacto significativo sobre otros medios, ni un mayor riesgo laboral o industrial (escasa productividad, complejidad, entre otros).

Finalmente, una técnica no podrá considerarse MTD si resulta económicamente inviable para el sector. La adopción de MTD por parte de un productor/comercializador no supondrá un costo tal que ponga en riesgo la continuidad de la actividad. En este sentido, es conveniente recordar que la adopción o un cambio de tecnología es una inversión muy costosa, no siempre asumible debido a diversos factores.

Es importante señalar que las Mejores Técnicas Disponibles no fijan valores límite de emisión ni estándares de calidad ambiental, sino que proveen medidas para prevenir o reducir las emisiones a un costo razonable. Las MTD significan, por tanto, no un límite a no sobrepasar, sino un constante propósito de mejora ambiental que puede alcanzarse por diferentes vías y que pueden utilizar otras tecnologías más apropiadas para determinada instalación o localización a las descritas como referencia.

VALORIZACIÓN DE LA GEOTERMIA EN LA OBTENCION DE ENERGÍA TÉRMICA PARA EL CONSUMO DE LAS INSTALACIONES DEL SECTOR TERMAS

El presente documento incluye información para un uso adecuado de la energía renovable conocida como geotermia para su valorización en la obtención de energía térmica para las instalaciones del sector termas, a través de la aplicación de Mejores Técnicas Disponibles (MTD) que permitan hacer más sustentable esta actividad.

La figura 2 muestra una estructura típica de una cuenca geotérmica.

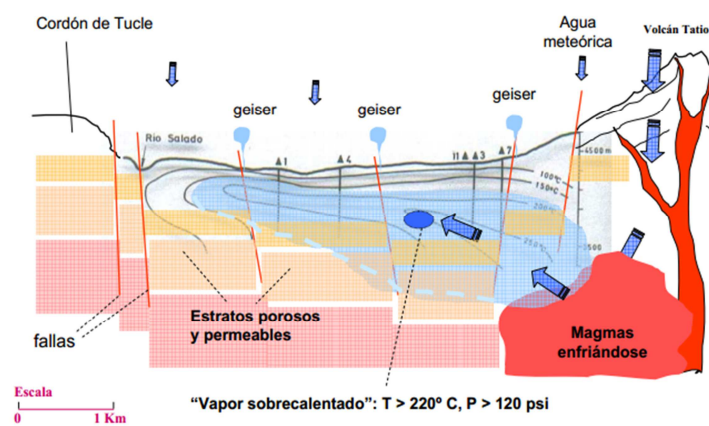


Figura 2. Esquema del proceso de selección de MTD
Fuente: SERNAGEOMIN 2006

Descripción de la Energía Geotermia

La energía geotérmica es una de las fuentes de energía renovable que se encuentra almacenada bajo la superficie terrestre en forma de calor y ligada a volcanes, aguas termales, fumarolas y géiseres.

Considerando toda la superficie terrestre, la potencia geotérmica total que llega desde el interior es de $4,2 \times 10^{12}$ J. Es una cantidad inmensa de energía, pero sólo una fracción de ella puede ser utilizada por la humanidad. En la actualidad, la utilización de esta energía ha estado limitada a áreas en las cuales las condiciones geológicas permiten un transporte (agua en la fase líquida o vapor) para transferir el calor desde zonas calientes profundas hasta cerca de la superficie, dando origen a los recursos geotérmicos.

Las aplicaciones van desde la producción de electricidad, cuando se trata de yacimientos de alta temperatura (superiores a los 100-150°C), hasta los usos térmicos en los sectores industrial, servicios y residencial, para temperaturas por debajo de los 100°C, ya sea de forma directa o a través de bomba de calor geotérmica (calefacción y refrigeración) para temperatura muy bajas

(por debajo de los 25°C). Los yacimientos geotérmicos, si se gestionan de una manera correcta, pueden mantener su producción de energía indefinidamente. Sólo una pequeña fracción de los recursos geotérmicos es explotada hoy en día. La piedra seca y caliente, el magma y la energía geotérmica presurizada en la tierra tienen un inmenso potencial de desarrollo en nuestro país.

Los recursos geotérmicos se pueden clasificar en tres de acuerdo a la energía que contiene un reservorio: están los de alta entalpía (temperatura del agua mayor a 150°C), media entalpía (temperatura entre 90°C y 150°C) y baja entalpía (temperatura menor a 90°C). La geotermia de baja entalpía permite usar este recurso de forma directa, aplicándolo principalmente a la calefacción industrial y domiciliaria, desarrollo de la horticultura, acuicultura y turismo, entre decenas de otros usos.

Chile está ubicado en el sector Sur-Este del Cinturón de Fuego del Pacífico. Posee una notable actividad sísmica, volcánica reciente y activa a lo largo de casi todo el país. También, posee un alto gradiente térmico de la corteza bajo la Cordillera de los Andes, con numerosas zonas de alta y baja entalpía. El potencial mínimo estimado para generación eléctrica se estima en 3.500 MW, llegando hasta un máximo de 25.000 MW.

Problemática

La aplicación de métodos para la extracción de energía geotérmica en las fuentes de aguas termales, el manejo y valorización de estos y su impacto en términos de reducción de costos para las empresas del rubro.

Las empresas del sector requieren la incorporación de nuevas formas de aprovechamiento de energía para reducir el consumo de energía eléctrica, principalmente en sus sistemas de calefacción y uso de agua sanitaria para sus distintas dependencias. Es por lo anterior, que se considera una buena alternativa el aprovechamiento de las aguas termales (energía térmica) del sector, para reducir el consumo de energía eléctrica para entregar los servicios nombrados anteriormente.

Respecto a las barreras de entrada a la geotermia a nivel nacional, para la utilización de energía geotérmica con fines prácticos, se requiere la conjunción de una serie de factores: geológicos (o físicos), tecnológicos, económicos, sociales e incluso políticos, los cuales condicionan la posibilidad de explotar esta energía en una determinada zona.

Beneficios asociados al uso de la energía geotérmica

Los principales beneficios resultantes del uso de la energía geotérmica son:

- El ahorro que un hogar o empresa puede llegar a tener al usar calefacción en base a geotermia es del 80% anual respecto a sistemas convencionales.
- A pesar de que los costos de inversión, perforación e instalación son elevados, estos son menores que el de las plantas de generación de fuentes convencionales. Si bien por regla general, la inversión inicial es dos veces mayor a la de una instalación clásica de calefacción y refrigeración, los costos de explotación son mucho más bajos, pues los costos de mantenimiento son generalmente muy reducidos y su rendimiento energético elevado reduce el consumo de la energía de pago.
- El precio de la energía geotérmica no fluctúa, a diferencia del petróleo o gas natural, ya que la geotermia se produce a partir del calor interno de la tierra que es constante, invariable e inagotable. Si varía en algo el costo, es positivamente, ya que en los últimos 30 años, el costo de la geotermia para producir electricidad ha caído en un 50%.
- La geotermia es ecológica y limpia; Una explotación geotérmica deja pocos residuos y no degrada el clima como lo hacen las energías fósiles.
- La geotermia es renovable; A diferencia de las reservas fósiles, la fuente de la geotermia no disminuye a medida que se va usando. El vector de esta energía, el agua, se renueva naturalmente por percolación de las aguas superficiales o bien por inyección artificial. Mientras que el calor está contenido en las rocas.
- Es eficiente, ya que las instalaciones se diseñan, generalmente, para condiciones extremas. Gracias a la energía geotérmica (gran estabilidad de las temperaturas del subsuelo), se podrán instalar bombas de calor de menor capacidad que si se tuviese que utilizar la temperatura ambiente exterior, más inestable.
- Es una energía continua; Este sistema no se ve afectado por las condiciones meteorológicas o estacionales. Está disponible 24 horas al día, los 365 días del año.

Inconvenientes asociados al uso de la energía geotérmica

- Es local; No puede ser transportada a largas distancias, lo que obliga a un consumo in situ (radio de unos kilómetros). Se puede solucionar este problema en el caso de tener una fuente productora de vapor, transformando su energía en electricidad.
- Son necesarios tratamientos anticorrosivos de los materiales de la instalación.
- La geotermia es una energía renovable, ya que el agua extraída del subsuelo vuelve, ya sea naturalmente o artificialmente mediante reinyección. Pero el agua que vuelve al subsuelo ha sido enfriada y se tiene que calcular con precisión el intervalo de tiempo que necesitará para mantener constante la producción de calorías en función de las características del depósito.
- El costo de la inversión es el principal obstáculo que limita el desarrollo de las centrales geotérmicas.

Identificación del tipo de instalaciones y cuantificación del consumo energético en las diferentes actividades en las termas.

En Chile existen alrededor de 270 fuentes termales, distribuidas en todo el territorio nacional, y muchas de ellas inexploradas. Existen desde fuentes ubicadas a nivel del mar, a otras ubicadas en lo alto de las montañas a más de 3000 metros de altura, desde fuentes diminutas a verdaderos centros turísticos que abarcan varios kilómetros.

En el sur de Chile, desde la región del Biobío hasta la región de Aysén se encuentran ubicadas más del 30% de las fuentes termales, gracias a la combinación de la actividad volcánica y la falla de Liquiñe-Ofqui, que facilitan la filtración de agua de lluvia y nieve. Las instalaciones en esta zona, van desde sencillas pozas naturales rodeadas de la exuberante vegetación que crece cerca de las fuentes termales hasta lujosas tinas en hoteles de primera categoría. Pertenecen a esta zona las conocidas Termas de Chillán, ubicadas en la región del Biobío, cerca de la ciudad del mismo nombre, con variadas instalaciones y centros que combinan termas y ski. En la región de la Araucanía, encontramos las Termas del Huife, ubicadas en medio del bosque nativo, las Termas de Menetué, con instalaciones de tipo familiar, las Termas de San Luis y las de Palguin. Un poco más al sur se encuentran las Termas de Coñaripe y Liquiñe, las Termas de Puyehue, cercanas a centros de ski y famosas por sus baños de lodo, las Termas de Aguas Calientes y El Amarillo, todas en la región de Los Lagos.

Respecto a la Región de Araucanía, en esta región se encuentra una cantidad importante de conjuntos termales, lo que se refleja en la tabla 1, indicando el nombre del centro turístico y una breve descripción en términos de cantidad de habitaciones disponibles y temperatura de sus aguas termales.

Tabla 1. Termas de la Región de la Araucanía.

Fuente: Elaboración Propia

Terma	Descripción (instalaciones)
Termas de Palguín	Posee un hotel con capacidad de alojamiento para 89 personas en habitaciones con baños generales y un moderno edificio de 10 habitaciones dobles alfombradas con baño privado para 30 personas. Se ubican en Palguín Alto, 30 kilómetros al sudeste de Pucón. Poseen una piscina al aire libre cuyas fuentes termales se encuentran entre 36°C a 52°C.
Termas Menetué	Posee cabañas con cocina completamente equipada, refrigerador, televisión satelital, citófono, baños y calefacción a leña. Posee un spa, restaurant y cafetería. Posee piscinas termales con aguas que oscilan entre los 36°C y 60°C
Termas de San Luis	Posee un hotel con habitaciones singles y dobles con televisión satelital, minicomponente mp3, Frigo bar y cabinas con duchas. Además posee cabañas con cocina, refrigerador, televisión satelital y minicomponente mp3. Las temperaturas de sus aguas termales oscilan entre 36°C y 55°C.
Termas de Coñaripe	Posee un hotel con 10 habitaciones habilitadas con baño privado, calefacción central, citófono, servicios de habitación, lavandería y televisión satelital. Además, posee tres cabañas y un departamento con cómodas y amplias habitaciones para 4 y 8 personas. Termas Coñaripe cuenta con una capacidad total de alojamiento para 45 personas. El agua tiene una temperatura que fluctúa entre los 39° y los 42°C.
Termas de Río Liñique	Posee cabañas habilitadas con baño termal de hidromasaje privado, con capacidad para 50 personas. Lo anterior se complementa con un comedor restaurante. Las cabañas cuentan con tinas termales y hay una piscina a 45°C. Su agua es renovada constantemente desde la fuente termal, cuya temperatura alcanza los 80°C.
Termas de Puyehue	El hotel cuenta con habitaciones con calefacción, baño privado, secador de pelo. TV satelital, mini bar, plancha. Además cuenta con departamentos para 8 personas. Posee dos restaurantes y múltiples salas de spa y masajes. 46°C y los 60°C.
Termas de Quimey	Cuenta con servicio de Restaurant, Cafetería, estacionamiento privado, servicios de Spa. La temperatura de las aguas fluctúa entre los 46°C y los 60°C.
Termas de Huife	Posee un Hostal y cabañas para alojamiento. Posee pabellón de baños individuales, cafetería, restaurantes, 6 cabañas y 4 departamentos. Aguas termales en piletas individuales en Cabañas y Departamentos. La temperatura de las aguas varía de 46°C a 58°C.
Termas de Tolhuaca	La temperatura de las aguas varía entre 37°C a 95°C. Se habilitó una plataforma para baños de vapor y barro con temperaturas que alcanzan hasta los 60°C.

Tabla 1. Termas de la Región de la Araucanía (Continuación).

Fuente: Elaboración Propia

Termas de Manzanar	La temperatura de las aguas es de 48,1°C. Posee un hotel con capacidad para 90 personas, en habitaciones con baño privado y baño general.
Termas de Pemehué	En remodelación
Termas de San Sebastián de Río Blanco	Piscina geotermal con hidromasaje e iluminación nocturna. Cabañas para 5 personas debidamente equipadas y con duchas geotermales. Cabaña para 2 personas, equipada y con ducha geotermal.
Termas de Malalcahuello	Cuenta con 27 habitaciones, distribuidas en 3 niveles. Completamente calefaccionadas por radiadores independientes y losa radiante. Posee restaurant, salón de eventos, spa, piscinas termales con aguas que oscilan entre los 36°C y 45°C.

Para poder realizar un análisis en términos de consumo energético, los conjuntos termales indicados en la tabla 1, se clasificaron en términos de su envergadura, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Clasificación Conjuntos Termales Región de Araucanía.

Fuente: Elaboración Propia

Tipo	Descripción
Conjunto termal grande	Considera Hotel, Cabañas, Hostal y departamentos con una capacidad mayor a 70 personas.
Conjunto termal pequeño	Considera Hotel, Cabañas y departamentos con una capacidad menor a 70 personas.

Tomando en consideración la clasificación mencionada anteriormente, se presentan para ambos casos, diversas tablas de consumo de energía, obteniendo un consumo energético total por conjunto termal.

Caso 1: Conjunto Termal Grande.

Se considera 1 Edificio con 20 habitaciones, 10 habitaciones por piso, un piso de servicio, el cual incluye restaurante, lobby, entre otros. Se consideran 6 cabañas con cocina completamente equipada, refrigerador, televisión satelital, citófono, baños y calefacción central. Las tablas 3,4 5 muestran el consumo energético para el edificio, las cabañas y cargas comunes respectivamente. La tabla 6 presenta el consumo energético total para este caso.

Tabla 3: Consumo Energético Edificio
Fuente: Elaboración Propia

Cargas por Edificio	Potencia (kW)		Potencia (kW)	
	Instalada	Demanda Máxima	Instalada	Demanda Máxima
Habitaciones				
Iluminación	0,3	0,2		
Toma de Corriente	0,3	0,1		
Frigobar	0,2	0,2		
Calefacción	0,3	0,3		
Subtotal Habitaciones (20)			22	16
Iluminación Pasillos	0,5	0,5		
Subtotal Pasillos (3)			1,5	1,5
Piso de Servicio (Restaurante, lobby, entre otros)			12	10
Ascensores (dos por edificio)			20	10
Chiller del Edificio			20	20
Extracción del aire			15	15
Total Cargas Edificio			90,5	72,5

Tabla 4: Consumo Energético Cabañas

Fuente: Elaboración Propia

Cabañas	Potencia (kW)	
	Instalada	Demanda Máxima
Toma de Corriente	0,3	0,1
Cocina	0,8	0,4
Ducha Eléctrica	0,2	0,1
Iluminación	0,2	0,1
Calefacción	0,3	0,2
Total Cabañas (6)	10,8	5,4

Tabla 5: Consumo Energético Cargas Comunes

Fuente: Elaboración Propia

Cargas Comunes	Potencia (kW)	
	Instalada	Demanda Máxima
Spa	9	6
Piscinas	10	7
Cocina General	10	7
Iluminación Exterior	5	3,5
Quincho	2	1,4
Planta de Agua Potable	10	7
Planta de Aguas Servidas	3	2,1
Otros	10	7
Total Cargas Comunes	59	41

Tabla 6: Consumo Energético Total Caso 1

Fuente: Elaboración Propia

Consumo Energético	Potencia (kW)	
	Instalada	Demanda Máxima
Edificio	90,5	72,5
Cabañas	10,8	5,4
Cargas Comunes	59	41
Total Potencia	160,3	118,9

La potencia total instalada proyectada es de 160,3 KW.

La sumatoria de demandas máximas es de 103,5 KW.

Utilizando el factor de coincidencia 1,4 nos resulta una Potencia de 73,92 KW, en función de esto se debería instalar por la normativa de los transformadores, una Sub-Estación Eléctrica de 75 KVA.

ANÁLISIS TARIFARIO:

Se considera que todos los consumos serán conectados a la energía eléctrica, esto se realiza para posteriormente establecer que consumos podemos hacerlos mediante los métodos de la energía geotérmica y nos dará un valor del ahorro en los costos de energía eléctrica (Tabla 7).

Consideraciones:

- Se supone por la ubicación de las termas un empalme en media tensión, con una Tarifa AT-3 Presente en punta.
- No se considera los costos de instalación del empalme, es decir se supone que hay empalme y queremos con energía geotérmica rebajar los costos de la energía eléctrica.
- En base a la experiencia se han considerado los consumos de Demanda y de Energía.
- Los valores mostrados equivalen a un mes e incluyen IVA. Estos valores han sido extraídos de la Empresa SAESA, en su página web, referente a lo decretado para el mes de Marzo del año 2013, que tiene la concesión de distribución en la zona del estudio

Tabla 7: Análisis Tarifario Caso 1

Fuente: Elaboración Propia

TARIFA AT-3	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	VALOR EN PESOS
Cargo Fijo	1.843	1	\$ 1.843.-
Cargo único por sistema troncal (\$/kwh)	0,129 (\$/ Kwh)	9.000 (Kwh)	1.161.-
Cargo por Potencia, presente en punta.	9.466,093 (\$/Kw)	60 (Kw)	567.966.-
Cargo por energía	52,427 (\$/kwh)	9.000 (Kwh)	471.843.-
VALOR TOTAL			\$ 1.042.813.-

Caso 2: Conjunto Termal Pequeño.

Se considera 1 Edificio con 10 habitaciones, un piso de servicio, el cual incluye restaurante, spa, entre otros. Se consideran 3 cabañas con cocina completamente equipada, refrigerador, televisión satelital, citófono, baños y calefacción central. Las tablas 8,9 y 10 muestran el consumo energético para el edificio, las cabañas y cargas comunes respectivamente. La tabla 11 presenta el consumo energético total para este caso.

Tabla 8: Consumo Energético Edificio

Fuente: Elaboración Propia

Carga por Edificio	Potencia (kW)		Potencia (kW)	
	Instalada	Demanda Máxima	Instalada	Demanda Máxima
Habitaciones				
Iluminación	0,3	0,2		
Toma de Corriente	0,3	0,1		
Frigobar	0,2	0,2		
Calefacción	0,3	0,3		
Subtotal Habitaciones (10)			11	8
Iluminación Pasillos	0,5	0,5		
Subtotal Pasillos (2)			1	1
Piso de Servicio (Restaurante, lobby, entre otros)			8	7
Ascensores (0 por edificio)			0	0
Chiller del Edificio			15	15
Extracción del aire			8	8
Total Edificio			43	39

Tabla 9: Consumo Energético Cabañas**Fuente: Elaboración Propia**

Cabañas	Potencia (kW)	
	Instalada	Demanda Máxima
Toma de Corriente	0,3	0,1
Cocina	0,8	0,4
Ducha Eléctrica	0,2	0,1
Iluminación	0,2	0,1
Calefacción	0,3	0,2
Total Cabañas (3)	5,4	2,7

Tabla 10: Consumo Energético Cargas Comunes**Fuente: Elaboración Propia**

Cargas Comunes	Potencia (kW)	
	Instalada	Demanda Máxima
Spa	6	4
Piscinas	6	4
Cocina General	6	4
Iluminación Exterior	4	2
Quincho	1,5	1
Planta de Agua Potable	8	6
Planta de Aguas Servidas	2	1,5
Otros	6	4
Total Cargas Comunes	40,5	26,5

Tabla 11: Consumo Energético Total Caso 2**Fuente: Elaboración Propia**

Ítem	Potencia (kW)	
	Instalada	Demanda Máxima
Edificio	43	39
Cabañas	5,4	2,7
Cargas Comunes	40,5	27,5
Total Potencia	88,9	69,2

La potencia total instalada proyectada es de 88,9 KW.

La sumatoria de demandas máximas es de 69,2 KW.

Utilizando el factor de coincidencia 1,4 nos resulta una Potencia de 49,4 KW, en función de esto se debería instalar por la normativa de los transformadores, una Sub-Estación Eléctrica de 45 KVA.

ANÁLISIS TARIFARIO:

Se considera que todos los consumos serán conectados a la energía eléctrica, esto se realiza para posteriormente establecer que consumos podemos hacerlos mediante los métodos de la energía geotérmica y nos dará un valor del ahorro en los costos de energía eléctrica (Tabla 12).

Consideraciones:

- Se supone por la ubicación de las termas un empalme en media tensión, con una Tarifa AT-3 Presente en punta.
- No se considera los costos de instalación del empalme, es decir se supone que hay empalme y queremos con energía geotérmica rebajar los costos de la energía eléctrica.
- En base a la experiencia se han considerado los consumos de Demanda y de Energía.
- Los valores mostrados equivalen a un mes e incluyen IVA. Estos valores han sido extraídos de la Empresa SAESA, en su página web, referente a lo decretado para el mes de Marzo del año 2013, que tiene la concesión de distribución en la zona del estudio

Tabla 12: Análisis Tarifario Caso 1

TARIFA AT-3	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	VALOR EN PESOS
Cargo Fijo	1.843	1	\$ 1.843.-
Cargo único por sistema troncal (\$/kwh)	0,129 (\$/ Kwh)	5.400 (Kwh)	\$ 697.-
Cargo por Potencia, presente en punta.	9.466,093 (\$/Kw)	40 (Kw)	\$ 378.644.-
Cargo por energía	52,427 (\$/kwh)	5.400 (Kwh)	\$ 283.106.-
VALOR TOTAL			\$ 664.290.-

Análisis del potencial uso de la energía de geotermia.

La energía geotérmica ha sido usada para múltiples fines, como fuente de calefacción, como aguas curativas, como centros de relajamiento, entre otros. Hoy en día, los progresos en los métodos de perforación y bombeo permiten explotar la energía geotérmica en numerosos lugares del mundo, principalmente como un método sencillo y bastante confiable de producir energía eléctrica.

Además de su uso para generar energía eléctrica, la energía geotérmica puede ser usada para suministrar agua caliente sanitaria o para calentar viviendas, oficina, edificios públicos, piscinas e instalaciones agrícola (invernaderos) o piscícolas. En nuestro país todos estos usos aún están en etapa de investigación.

Usos:

- Generación de Energía Eléctrica.
- Suministro de agua caliente sanitaria.
- Suministro de calefacción de viviendas, oficinas, entre otros.
- Suministro de aguas curativas y de relajación.

Respecto a esta guía de MTD, el enfoque que se le dará, será al uso de la energía geotérmica para el suministro de agua caliente sanitaria y calefacción de recintos. Se deja de lado el uso de esta energía para la generación de Energía Eléctrica, debido a que las temperaturas de los conjuntos habitacionales termales oscilan entre 30°C y 80°C, lo que se considera energía de baja entalpía y por lo tanto no factible para la generación de energía eléctrica. Además, se deja a un lado lo que es suministro de aguas curativas y de relajación ya que se escapa del contexto de esta guía.

NORMATIVA APLICABLE

La energía geotérmica presenta diversas alternativas para su valorización, entre las que destacan la generación de energía térmica y eléctrica. Sin embargo, independiente del uso que se le dé, la empresa u organización relacionada debe considerar los siguientes aspectos y normas que la regulan:

TEMA	NORMATIVA APLICABLE
USO DE ENERGÍA GEOTÉRMICA	A.- Ley 19.657 sobre concesiones de energía geotérmica (año 2000), que regula la energía geotérmica; las concesiones y licitaciones para la exploración o la explotación de energía geotérmica; servidumbres; condiciones de seguridad que deba adoptarse y relaciones entre las partes interesadas. B.- Decreto Supremo N°32 del Ministerio de Minería (año 2004), que contiene el Reglamento para la Aplicación de la Ley 19.657 sobre Concesiones de Exploración y Explotación de Energía Geotérmica. C.- Decreto Supremo N°142 (año 2000). Identifica Fuentes Probables de Energía Geotérmica. D.- Resolución interna exenta N°522 (año 2006). Crea la Unidad Técnica de Geotermia y Contratos Especiales de Operación de Hidrocarburos del Ministerio de Minería. E.- Resolución N°326 de 2010 del Ministerio de Energía. Aprueba el texto oficial para una solicitud de concesión de energía geotérmica.

Respecto a las concesiones de Geotermia, se puede indicar que existen dos vías para la obtención de una concesión otorgada por la Estado referente a energía geotérmica, tanto para su exploración o explotación.

Otorgamiento Directo: Se presenta la solicitud de manera directa al Ministerio de Energía, el cual debe velar por el cumplimiento de lo dispuesto en la ley.

Licitación Pública: Es convocada por el Ministerio de Energía, en el caso de superposición de fuentes probables identificadas en el DS N°142 y solicitudes directas, o en el caso de superposición de dos o más solicitudes directas. El proceso también puede ser convocado por oficio, en caso de sitios de fuente no probable.

El primer proceso masivo de licitación de concesiones geotérmica del año 2009 a cargo del Ministerio de Minería, adjudicó 16 de los 20 sitios licitados. En el mismo proceso del año 2010, esta vez bajo la gestión del Ministerio de Energía, se presentaron cerca de 70 ofertas de 13 empresas para los 20 sitios licitados. Contando las concesiones licitadas y las solicitudes directas, en la actualidad existen 53 concesiones de exploración y 6 de explotación vigentes, y se mantienen en trámite 75 de exploración y 2 de explotación (año 2012).

El Gobierno de Chile dispone de instrumentos de fomento a la inversión privada en proyectos de ERNC aplicables a proyectos geotérmicos.

1. Instrumentos CORFO para inversión y financiamiento.
2. Instrumentos CORFO para el desarrollo de empresas.
3. Instrumentos CORFO para el emprendimiento y la innovación.
4. Instrumentos FONDEF y FONDECYT para el desarrollo científico y tecnológico.

|

MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES (MTD)

Las mejores técnicas disponibles para la valorización energética y disposición de la energía geotérmica en el sector termas permiten mejorar la eficiencia productiva y ambiental.

BENEFICIO EN EL SECTOR	BENEFICIO AMBIENTAL
• Ahorro energético. • Aprovechamiento energético de subproductos (térmico, eléctrico). • Diversificación de la matriz energética en reemplazo de combustibles fósiles. • Mejorar la Huella de Carbono	• Disminución de la contaminación en los suelos. • Disminución de emisiones atmosféricas y de gases de efecto invernadero (GEI). Esta energía permite reducir hasta en un 50% las emisiones de CO₂. • Produce 1/6 de emanaciones de CO₂/kw en relación a una central térmica a gas natural.

Previamente a la implantación de una instalación geotérmica es importante conocer:

- Las características geotécnicas de los estratos del subsuelo en que han de hincarse las cimentaciones activas.
- Nivel de la capa freática, oscilaciones anuales, dirección y velocidad del flujo.
- Características del terreno necesarias para definir el potencial geotérmico: capacidad térmica volumétrica, conductividad térmica y permeabilidad.
- Existencias de manantiales cercanos o construcciones subterráneas que desvíen o calienten las aguas freáticas.
- Rango de temperaturas del subsuelo (máxima, mínima y media anual).
- Distribución mensual y semanal del consumo de energía en calefacción y refrigeración, así como sus rendimientos de punta.

Es muy importante que, desde el principio de la planificación del proyecto constructivo, colaboren arquitectos, geólogos, ingenieros, especialistas en cimentaciones, expertos en proyectos de climatización de edificios, la dirección de obra y otros profesionales implicados en el proyecto, para que la empresa encargada de la cimentación proceda al cálculo y simulación, en tres dimensiones, de los diferentes parámetros que influyen y determinan los límites del rendimiento de las instalaciones.

La metodología a utilizar para el desarrollo de un sistema geotérmico, sea cual sea éste, se compone de 4 fases como se aprecia en la figura 3:

1.- Fase 1: Estudios Preliminares: Antes de la realización de un sistema geotérmico es necesario un estudio de viabilidad que permita investigar el potencial real y los posibles riesgos de un sistema geotérmico. Los aspectos más importantes son: Características hidrogeológicas del subsuelo; Tipo de acuíferos presentes; Calidad del agua subterránea, Posibles efectos en los alrededores; Permisos necesarios para su instalación, Costos de construcción, operación y mantenimiento.

2.- Fase 2: Diseño y Licencia de Funcionamiento: Se deben dimensionar los pozos a realizar, describir la instalación (bombas, conductos e intercambiadores de calor y estimación de costos.), y permisos por parte de la Autoridad respectiva.

3.- Fase 3: Implementación: Se realiza la perforación de los pozos a las profundidades previamente señaladas en los cálculos iniciales. Existe una variedad de técnicas de perforación de pozos, dependiendo del tipo de acuífero. Se debe instalar todas las tuberías filtros y otros tipos de accesorios asociados con los pozos.

4.- Fase 4: Monitorización y Gestión: Un mantenimiento óptimo es la condición necesaria para lograr una vida útil amplia del proyecto. Su gestión es necesaria para lograr un ahorro energético óptimo.

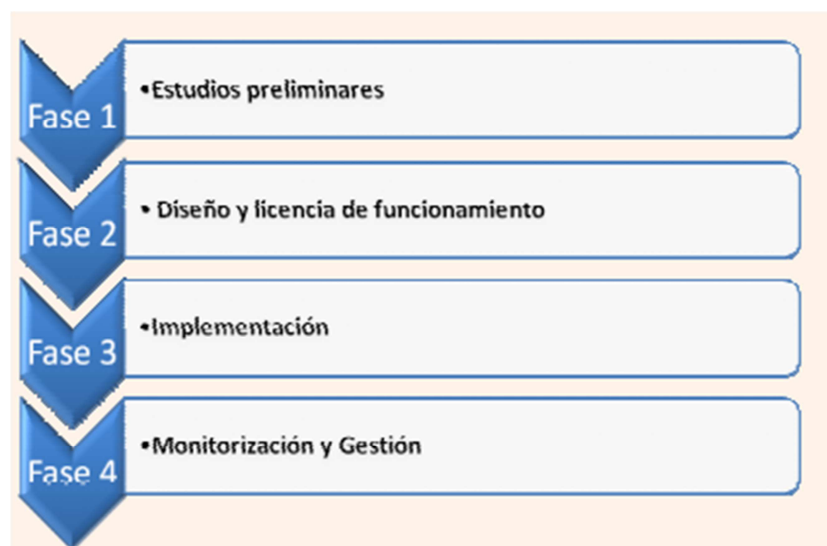


Figura 3. Metodología General de Proyectos Geotérmicos.

Fuente: [www. iftechnology.nl](http://www.iftechnology.nl)

Las mejores técnicas disponibles para manejar y valorizar la geotermia para generación de energía térmica en las termas que se han identificado se mencionan a continuación:

1. **Sistema Abierto de bomba de calor geotérmica para ahorro energético.**
2. **Sistema Cerrado de bomba de calor geotérmica para ahorro energético.**

Bombas para calor de fuente terrestre

En general una bomba de calor es una máquina que transfiere el calor desde un foco frío a otro caliente utilizando una cantidad de trabajo relativamente pequeña. Luego, la ventaja que poseen las bombas de calor frente a otros sistemas, reside en su capacidad para aprovechar la energía existente en el ambiente (foco frío), tanto en el aire como en el agua o la tierra, y que le permite calefactar las dependencias interiores (foco caliente) con un aporte relativamente pequeño de energía eléctrica. Cuando se realiza la transferencia de calor en sentido inverso, es decir, desde el recinto que requiere frío hacia el ambiente que se encuentra a temperatura superior, la bomba de calor trabaja en modo de refrigeración. En resumen, la bomba de calor geotérmica extrae energía térmica del suelo en invierno transfiriéndola al interior, mientras que en verano extrae el calor del interior y lo devuelve al subsuelo (figura 4).

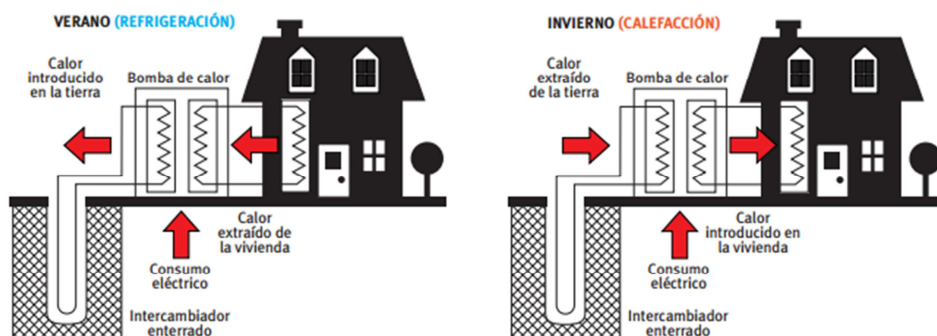


Figura 4. Esquema de funcionamiento de la bomba de calor geotérmica.

Fuente: www.coaatcordoba.com

MTD 1: CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN DE EDIFICIOS POR MEDIO DE BOMBAS DE CALOR DE FUENTE TERRESTRE GEOTÉRMICAS UTILIZANDO SISTEMA ABIERTO.

DESCRIPCIÓN

En la mayoría de los sistemas abiertos se requieren dos pozos (figura 5), uno para extraer el agua subterránea y otro para volver a introducir el agua al mismo acuífero del cual fue extraída. Con sistemas abiertos se puede explotar una fuente poderosa de calor a un costo comparativamente bajo. En contraste, los pozos con agua subterránea requieren cierta mantención, por ende generalmente los sistemas abiertos son ubicados en lugares con subsuelos apropiados.

En el caso de disponerse de una fuente natural de agua abundante (un pozo con un buen rendimiento, o la cercanía de un río o un manantial), puede captarse directamente la energía acumulada en esa agua (figura 6).

Si se explotan acuíferos poco profundos, se requerirá de un estudio hidrogeológico local, cuyos objetivos son:

- Ensayos hidráulicos para comprobar que se vean interferidos entre los pozos hidráulica y térmicamente.
- Ensayos de calidad del agua, vigilando que tenga bajos contenidos en hierro y bajo potencial redox, al objeto de evitar problemas de corrosión, sarro y colmatación de tuberías y conducciones, que puedan afectar al funcionamiento a largo plazo.

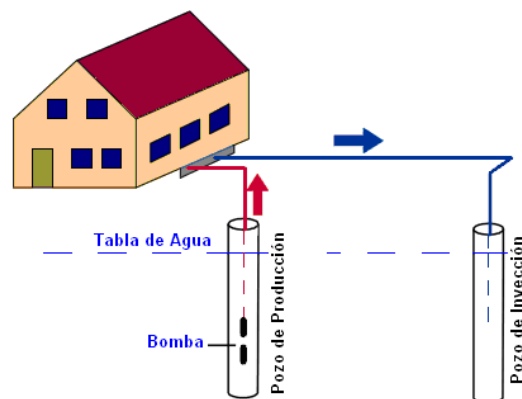


Figura 5. Bomba para calor de aguas subterráneas.
Fuente: Energía Geotérmica a poca profundidad

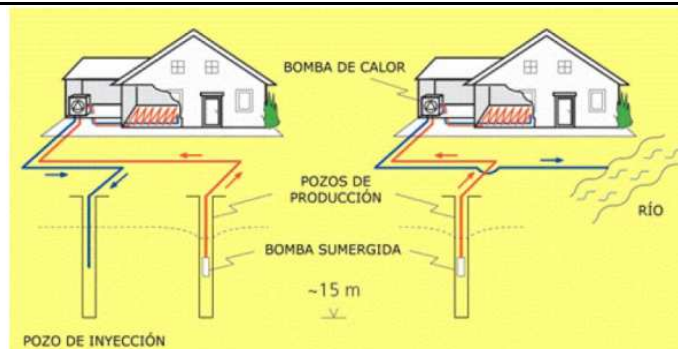


Figura 6. Sondeos de captación de agua para uso en calefacción.

Fuente: Llopis y Rodrigo, 2008.

Requisitos

- Suficiente permeabilidad para permitir la obtención de la cantidad de agua subterránea a poca profundidad.
- Una buena característica química del agua subterránea, es decir, poco contenido de hierro, para evitar problemas de sarro, obstrucción y corrosión. Se suele utilizar sistemas abiertos para instalaciones de mayor envergadura.

VENTAJAS DE SU APLICACIÓN	DESVENTAJAS DE SU APLICACIÓN
• Se basan en agua, la que se presenta a una temperatura constante, es frecuente su ubicación en el subsuelo y presenta una capacidad específica calórica muy grande ($4180 \text{ J} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$). • La extracción de calor se realiza por extracción forzada, más que por conducción, esto conlleva a que un pozo de circuito abierto pueda capturar más calor que uno de similares características pero de circuito cerrado. • El pozo de extracción puede entregar adicionalmente agua potable, no hay razones operativas para no hacerlo luego de haber pasado a través de la bomba de calor, si el agua es de menor calidad aun puede tener	• Dependen de la geología, requieren un acuífero en profundidad capaz de proveer el rendimiento requerido. • En la etapa de diseño es fundamental la opinión técnica de un hidrogeólogo o ingeniero de aguas subterráneas. • Se necesita de al menos un pozo de extracción, adecuadamente construido, durable, con instalaciones de bombas de circulación, monitoreo y mecanismos de control. • Se incurre en costos de bombeo del agua subterránea, los que en todo caso no debieran exceder el 10% de la energía total consumida considerando la bomba de calor.

ciertos usos en un edificio. • Para refrigeración o calefacción, la calidad del agua subterránea no es un aspecto relevante, ésta puede ser obtenida de minas inundadas o afloramientos de agua en minas o bien incluso de sitios contaminados. Si el agua bombeada es parte de un plan de descontaminación no existe una razón para no poder obtener el calor de la misma. Los sistemas de circuito abierto incluso pueden obtener el agua de aguas subterráneas salinas de áreas costeras. • Por cada kW consumido de electricidad obtenemos 4 kW de calor para la vivienda.	• Generan un flujo de agua que requiere una autorización para ser desechado. • Normalmente se requiere un permiso formal de la autoridad regulatoria para la extracción y disposición del agua, pueden haber cobros comprometidos. • Se puede necesitar monitoreo químico del agua y de su turbidez, y mantenciones periódicas para evitar obstrucción o corrosión, tanto de la bomba de calor, intercambiadores de calor y pantallas ranuradas.
--	--

CONDICIONES DE USO
• Se supone que la fuente termal ya ha sido probada por ende no habría un estudio preliminar del sector. • Se debe tener en cuenta la superficie a climatizar y la potencia de calefacción necesaria. • Se deben dimensionar las sondas en términos de metraje vertical. • Se deben dimensionar la cantidad de pozos necesarios para extraer el fluido térmico. • Se debe determinar la bomba intercambiadora de calor que permita proporcionar los kw establecidos anteriormente y su rendimiento considerando el Coeficiente de Eficiencia Energética. • Se deben considerar otros elementos en la instalación como el acumulador de calor o deposito de inercia, las obras de planificación y dirección de obra así como las válvulas. • Las condiciones óptimas locales para su utilización eficiente , son tener una fuente termal de Buena temperatura , tener hecha Las instalaciones para que se pueda hacer circular el fluido caliente para calefacción y para ahorro de energía, cambiar la forma de energía que se esté utilizando (Leña, gas , energía eléctrica), por la fuente termal.

COSTOS

- Respecto a los costos del proyecto, en resumen se consideran los siguientes (en pesos chilenos):
 - a) Bomba de calor Geotérmica \$18,600,000
 - b) Depósito de Inercia \$744,000
 - c) Lote Captador Vertical \$2,914,000
 - d) Mano de Obra \$12,772,000
 - e) Proyecto y Dirección de Obra \$1,736,000
 - f) Suministro y Ejecución de Sondas \$31,620,000

El costo total para el proyecto de Sistema de Captación Vertical da un valor aproximado de \$68,386,000

De acuerdo al análisis tarifario realizado y a las pérdidas de las líneas se considera un ahorro de 30 kw con las instalaciones del aprovechamiento de la energía geotérmica. Para el cálculo de la energía eléctrica ahorrada se ha considerado funcionamiento al mes de 30 días, en cada día utilizando la energía térmica generada por 15 horas. De acuerdo a las tarifas publicadas por la empresa Frontel para el mes de Mayo se espera un ahorro con las condiciones dadas anteriormente de \$367,050 en demanda eléctrica y de \$393,494 por la energía eléctrica, dando un total de \$760,544 de ahorro mensual considerando una tarifa AT3. Este valor permite un ahorro anual de \$9, 126,528.

En relación el retorno de la inversión, se debe tener en cuenta que tipo de energía se esté utilizando para efectuar el proceso de calefacción de las termas, para ello hay que evaluar si la energía que se utiliza es eléctrica, gas, leña u otra forma y desde ese momento evaluar el ahorro que significa cambiar los insumos que se ocupan por la fuente termal de baja entalpía. Después de analizar lo anterior, se puede hacer una evaluación económica del ahorro producido.

MTD 2: CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN DE EDIFICIOS POR MEDIO DE BOMBAS DE CALOR DE FUENTE TERRESTRE GEOTÉRMICAS UTILIZANDO SISTEMA CERRADO.

DESCRIPCIÓN

Los Intercambiadores de calor son ubicados en el subsuelo (ya sea en forma horizontal, vertical u oblicua), y un medio portador de calor circula dentro de los intercambiadores de calor, transportando el calor de la tierra a la bomba y viceversa. Los sistemas cerrados se clasifican en dos tipos: Sistemas horizontales y verticales.

Sistema Horizontal

El sistema cerrado más fácil de instalar es el intercambiador de calor terrestre horizontal. Debido a restricciones en el área disponible, se suelen instalar las cañerías individuales en forma relativamente densa, conectadas en serie o en paralelo (figura 7). La recarga térmica principal para todos los sistemas horizontales la provee principalmente la radiación solar sobre la superficie de la tierra.

Es un sistema constituido por varios circuitos de tuberías de polietileno (PE) enterrados con tan sólo una capa superficial de 0,8 m de espesor, que actúan como intercambiadores de calor con el terreno, y por donde circula agua glicolada. Estos tubos conectados a una bomba de calor geotérmica, pueden satisfacer las necesidades de calefacción de una vivienda familiar de tipo medio, alrededor de 150 m². Se necesita que la parcela de terreno disponga de un espacio despejado que sea 1,5 veces la superficie habitable a calentar, en el caso de vivienda nueva, y hasta 3 veces para casas antiguas con malos aislamientos térmicos. Según el número de tubos instalados, este sistema puede ser simple, doble, entre otros.

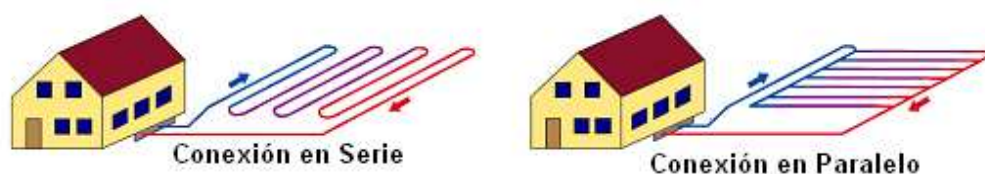


Figura 7. Intercambiador de calor horizontal terrestre.

Fuente: Elaboración Propia

Sistema Vertical (Sondas Geométricas)

Debido a que la temperatura a cierta profundidad (cerca de 15 a 20 m) permanece constante durante el año, y debido a la necesidad de instalar una capacidad suficiente de intercambio de calor bajo un área específica, los intercambiadores de calor terrestres verticales (intercambiadores de calor en perforaciones) son ampliamente favorecidos. En un intercambiador de tipo estándar en una perforación, se instalan las cañerías plásticas de polietileno o polipropileno en perforaciones y el espacio restante en la perforación se llena con

material que se pueda bombear. Se han utilizado y evaluado distintos tipos de intercambiadores de calor en perforaciones. Hay dos conceptos básicos posibles (figura 8.):

- Cañerías en forma de U, que consisten de un par de cañerías rectas unidas por una curva de 180° en el fondo. Una, dos o incluso tres de este tipo de cañerías en forma de U se instalan en una perforación. La ventaja de esta cañería tipo U es su bajo costo.
- Cañerías coaxiales (concéntricas), ya sea simples o con dos conductos rectos de diferente diámetro, o en una configuración compleja.

Las sondas geotérmicas son colectores de calor en posición vertical en el interior de uno o varios sondeos, con profundidades que pueden ir desde cerca de 20 m hasta más de 100 m, y diámetros de perforación de tan sólo 10 a 25 cm. Estas sondas están constituidas por un intercambiador de calor que se compone de un circuito doble de tuberías, generalmente de PE, por donde circula agua glicolada. Las sondas geotérmicas se pueden utilizar en las siguientes situaciones:

- Si la superficie disponible para enterrar los colectores horizontales es insuficiente.
- Si existen canalizaciones en el subsuelo.
- Si la demanda energética es mayor que la que pueden proporcionar los colectores horizontales.

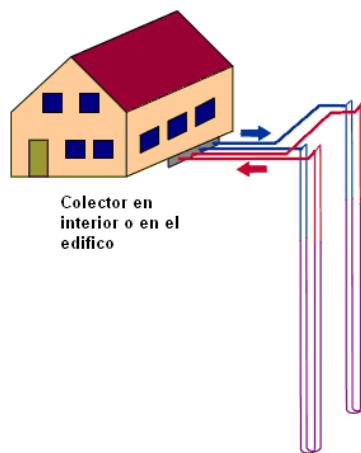


Figura 8. Intercambiador de calor de perforación (cañería doble tipo U).

Fuente: Elaboración Propia

VENTAJAS DE SU APLICACIÓN	DESVENTAJAS DE SU APLICACIÓN
• Requieren una superficie pequeña para su aplicación comparado con los sistemas de captación horizontal. Se realizan perforaciones de unos 150 mm de diámetro en las que se introducen las sondas de captación. • El sistema vertical es más eficiente que el horizontal, ya que a partir de los 10-15 metros de profundidad la temperatura del terreno no se ven afectada por las condiciones atmosféricas. La temperatura de la tierra aumenta con la profundidad. • Por cada kW consumido de electricidad obtenemos 4 kW de calor para la vivienda.	• Las instalaciones verticales tienden a ser más caras debido al costo superior de la perforación frente al cavado.

CONDICIONES DE USO (SISTEMA CERRADO HORIZONTAL)

- Se supone que la fuente termal ya ha sido probada por ende no habría un estudio preliminar del sector.
- Son ideales los suelos húmedos para la aplicación de estos sistemas.
- Para suelos pedregosos se debe rellenar la superficie de los tubos colectores con arena de forma que se mantenga la humedad y una buena transferencia de calor.
- La profundidad es de 1,0 a 1,2 m.
- Se debe mantener una distancia mínima de 1 m a conducciones de agua fría o de depuración, así como a los cimientos.
- Se puede seguir cultivando y plantando especies vegetales, excepto árboles de raíces muy profundas.
- La superficie de los colectores no debe ser asfaltada y en invierno se le debe liberar de nieve.
- Se debe respetar una distancia mínima de 50 – 80 cm entre tuberías.
- La superficie ocupada es mayor en captación horizontal que con captación geotérmica vertical.
- Es de sencilla instalación.

CONDICIONES DE USO (SISTEMA CERRADO VERTICAL)

- Las perforaciones son aproximadamente de 140 mm.
- Los tubos U para sonda simple son de aproximadamente 40 mm.
- Los Tubos U para sonda doble son de aproximadamente 32 mm.
- La distancia mínima entre dos perforaciones es entre 5 a 6 m.
- El relleno de la perforación es con betonita o sílice.
- Ocupa una superficie menor que con captación geotérmica horizontal.
- Se requiere una mayor especialización.
- La realización de las perforaciones en función del terreno es mediante Rotopercusión neumática para formaciones estables y rotación con circulación directa y lodos para formaciones no consolidadas.
- Las condiciones óptimas para su utilización eficiente, son tener una fuente termal de Buena temperatura , tener hecha Las instalaciones para que se pueda hacer circular el fluido caliente para calefacción y para ahorro de energía, cambiar la forma de energía que se esté utilizando (Leña, gas , energía eléctrica), por la fuente termal.

COSTOS SISTEMA CERRADO VERTICAL

- Respecto a los costos del proyecto, en resumen se consideran los siguientes (en pesos chilenos):
- Instalación de Faenas: \$900,000.
- Bomba de Calor: \$50,800,000
- Intercambiadores de Calor: \$2,700,000
- Bombas centrífuga; calor: \$2,800,000
- Interacumulador: 5,800,000
- Obras de piping: \$9,389,000
- Obras Eléctricas: \$7,715,000
- Ingeniería: eléctrica, piping y térmica: \$6,000,000
- Puesta en marcha: \$5,450,000

El costo total para el proyecto de Sistema de Captación Vertical Cerrado da un valor aproximado de \$91,554,298

De acuerdo al análisis tarifario realizado y a las pérdidas de las líneas se considera un ahorro de 30 kw con las instalaciones del aprovechamiento de la energía geotérmica. Para el cálculo de la energía eléctrica ahorrada se ha considerado funcionamiento al mes de 30 días, en cada día utilizando la energía térmica generada por 15 horas. De acuerdo a las tarifas publicadas por la empresa Frontel para el mes de Mayo se espera un ahorro con las condiciones dadas anteriormente de \$367,050 en demanda eléctrica y de \$393,494 por la energía eléctrica, dando un total de \$760,544 de ahorro mensual considerando una tarifa AT3. Este valor permite un ahorro anual de \$9,126,528.

En relación el retorno de la inversión, se debe tener en cuenta que tipo de energía se esté utilizando para efectuar el proceso de calefacción de las termas, para ello hay que evaluar si la energía que se utiliza es eléctrica, gas, leña u otra forma y desde ese momento evaluar el ahorro que significa cambiar los insumos que se ocupan por la fuente termal de baja entalpía. Después de analizar lo anterior, se puede hacer una evaluación económica del ahorro producido.

TECNICAS EMERGENTES

1.- Respecto a la obtención de la Energía Geotérmica.

TECNICAS EMERGENTES	DESCRIPCIÓN
Sistemas de Roca Seca Caliente / mejorados	Este es uno de los pocos recursos renovables, que tiene el potencial de suministrar enormes cantidades de energía a carga base sin almacenamiento, con un impacto ambiental mínimo. Estos sistemas han pasado los primeros estudios en Fenton Hill a la demostración del concepto a escala piloto. Para el desarrollo comercial de estos sistemas, no se identifican barreras técnicas infranqueables, ni enormes recursos económicos. Para el año 2020 se estima contar con 50 plantas de 10 MWe en promedio utilizando estos sistemas.
Sistemas Marinos	Sistemas de alta entalpía existentes en el fondo del mar. No se han explotado comercialmente debido al escaso estudio que ha habido sobre estos. Esta área pudiera ser un gran campo geotérmico con un potencial energético de gran envergadura.
Sistemas Magmáticos	Sistemas de roca fundida existentes en aparatos volcánicos activos. No se explotan comercialmente en la actualidad. El atractivo más importante de este tipo de sistemas son las altas temperaturas disponibles ($\geq 800^{\circ}\text{C}$). En el mediano plazo cuando se cuente con la tecnología y los materiales adecuados para resistir la corrosión y las altas temperaturas, se podrá explotar la enorme cantidad de energía almacenada en las cámaras magmáticas de los volcanes activos. En la Región de la Araucanía se encuentra con un importante cantidad de volcanes entre los que se destacan el Volcán de Villarrica y el Volcán Lonquimay

2.- Respecto a los mecanismos de perforación de subsuelos para la obtención de energía geotérmica.

TECNICAS EMERGENTES	DESCRIPCIÓN
Perforación con Revestimiento (DWC, “Drilling with Casing”)	Elimina la necesidad de tuberías de viaje y ensamblaje de fondo de pozo (BHA), aumentando la velocidad de perforación y reduce la exposición al riesgo por tener envuelta la tubería cerca de la parte inferior. Simplifica así la arquitectura mediante la posibilidad de reducir el tamaño de la superficie de envoltura, así como revestimientos de contingencia.
Tubulares Expansibles	Es un sistema para aumentar el diámetro de la carcasa o el revestimiento de un pozo hasta un 30% después de que se ha ejecutado el fondo de pozo. Para reducir la pérdida de diámetro cada vez que una nueva sarta de revestimiento o forro se establece, un proceso de trabajo en frío ha sido desarrollado mediante el cual la carcasa o el revestimiento se pueden expandir hasta en un 20% de diámetro después de que se ejecute el fondo de pozo.
Mejor información de fondo de pozo	Tubos de perforación con cable de instrumentación integrado se han desarrollado para una mejor recolección de datos, en tiempo real para una mejor transmisión e interpretación de los datos de la perforación. Principalmente la tecnología busca el uso en tiempo real de la información de las excavaciones.

RESUMEN MTD

MTD	Tipo de instalación y tamaño	Costo de la inversión	Reducción de GEI
CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN DE EDIFICIOS POR MEDIO DE BOMBAS DE CALOR DE FUENTE TERRESTRE GEOTÉRMICAS UTILIZANDO SISTEMA ABIERTO.	Grande	\$68,386,000	Las emisiones de CO ₂ emitidas a la atmósfera por bomba de calor Geotérmica es de aproximadamente 19086,01 kg/año, un 38% menos que con caldera de GN, un 40% menos que con caldera de propano y un 48% menos que con caldera de gasóleo
CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN DE EDIFICIOS POR MEDIO DE BOMBAS DE CALOR DE FUENTE TERRESTRE GEOTÉRMICAS UTILIZANDO SISTEMA CERRADO	Grande	\$91,554,298	Las emisiones de CO ₂ emitidas a la atmósfera por bomba de calor Geotérmica es de aproximadamente 19086,01 kg/año, un 38% menos que con caldera de GN, un 40% menos que con caldera de propano y un 48% menos que con caldera de gasóleo

RECOMENDACIONES

“QUE HACER”	“QUE NO HACER”
• Se debe realizar un estudio de las condiciones hidrográficas del subsuelo antes de implementar un método de aprovechamiento de la energía geotérmica. • Se debe evaluar la temperatura de las aguas termales con el objetivo de escoger la mejor opción para el aprovechamiento de la energía geotérmica, ya sea para calefacción y refrigeración, almacenamiento de agua, suministro de agua sanitaria, entre otros. • Se debe considerar que a pesar de que la inversión en la instalación de los sistemas de captación es alta, el retorno de la inversión se logra a mediano plazo, considerando un ahorro energético importante y reduciendo el impacto ambiental respecto a otros tipos de energía. • Se debe evaluar qué sistema es el más adecuado de instalar (abierto, cerrado horizontal y cerrado vertical) considerando las condiciones de superficie y subsuelo.	• No se debe considerar el uso de fuentes termales para la generación de electricidad, debido a la baja entalpía del subsuelo analizado, entre 30 y 90°C. Por ende se descarta la instalación de plantas geotérmicas.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

1. Enrique Orche, Libro: “Energía Geotérmica”, Septiembre 2011, Primera Edición.
2. Tomás Perales Benito, Libro: “Instalaciones Geotérmicas”, Diciembre 2012, Primera Edición.
3. Antonio Creus Solé, “Libro: “Energía Geotérmica de Baja Temperatura”, 2006, Primera Edición.
4. Nikolaos Andritos, Michael Fytikas & Nikolaos Kolios, “Greek Experience with Geothermal Energy use in Agriculture and Food Processing Industry”, International Goethermal Days Slovakia (2009) Conference and Summer School. Disponible en: <https://pangea.stanford.edu/ERE/pdf/IGAstandard/ISS/2009Slovakia/III.2..Andritsos.pdf>
5. David Pérez, Cristina Urtasun, Robert Schumm Tang Lu, Zeng Xi, “Geothermal Energy”, University of Gävle. Disponible en: <http://www.exergy.se/goran/hig/re/07/geothermal.pdf>
6. Javier F. Urchueguía Schölzel, “Geotermia de Baja Entalpía en España: Calefacción y Refrigeración”, Jornada Hispano Alemana sobre Geotermia (2010). Disponible en: http://www.ahk.es/fileadmin/ahk_spanien/Jornadas/11_Geotermia_de_baja_entalpia_en_Espana_J.Urchueguia_APPA.pdf
7. Elena Fernández, Eunice Villicaña, Jorge Xiberta, “Geothermal Energy Heating and Hot Water for a Detached House Project in Oviedo (Spain), Department of Energy E.T.S.I.M.O Oviedo University. Disponible en: <http://www.icrepq.com/icrepq'11/410-fernandez.pdf>
8. Empresa Nacional de Petróleo, “Desarrollo de la Energía Geotérmica en Chile”, Seminario preparatorio para la Conferencia Gubernamental sobre Energías Renovables (2004). Disponible en: <http://www.eclac.org/dmaah/noticias/discursos/1/14821/Seminario.pdf>
9. Alfredo Lahsen, , “Desarrollo de la Energía Geotérmica en Chile”, Departamento de Geología, Universidad de Chile (2006). Disponible en: http://www.academia-ciencias.cl/wp/wp-content/uploads/2006/10/geotermia_alfredo_lahsen.pdf
10. U.S. Department of Energy, “La Energía Geotérmica en la Actualidad”, Geothermal Technologies Program Highlights (2003). Disponible en: <http://www.nrel.gov/docs/fy03osti/34948.pdf>
11. José Sánchez-Guzmán, Celestino García de la Noceda-Márquez, “Geothermal Energy Development in Spain – Country Update Report”, Tecnología y Recursos de la Tierra SA. Disponible en: <http://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2005/0144.pdf>
12. Miguel González, “Geotermia como alternativa energética en México ¿Es realmente viable?”, Estudio realizado en el campo geotérmico de Los Humeros, Puebla México. Disponible en: <http://www.geociencias.unam.mx/~bole/eboletin/treMiguelGG09.pdf>

13. Apostolos Arvanitis, "Geothermal Activities in Greece", International Trade Fair Energy (2011).
Disponible en:
http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Veranstaltungen/2011/Vortraege_BEf_EE/05.04.15.00_Presentation_ARVANITIS-Geothermal_activities_in_Greece.pdf
14. Iñigo Ruiz Ayesta, "APPA Geotérmica de Baja Entalpía: Análisis del presente y futuro del sector", Jornada Energía Renovables y Eficiencia Energética en la Edificación: Régimen Jurídico y Fiscal (2012). Disponible en:
<http://www2.uah.es/jornadasenergiasrenovables/documentos/edificios/Inigo%20Ruiz-Geotermia.pdf>
15. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, Departamento de Estudios, Extensión y Publicaciones, "Posibilidades de la Energía Geotérmica en Chile; El caso de la Octava Región.", Santiago de Chile (2004). Disponible en:
http://www.bcn.cl/bibliodigital/pbcn/informes/estudios_pdf_informes/nro135.pdf
16. Ente Vasco de la Energía, "Energía Geotérmica de Baja Entalpía, Aplicaciones en instalaciones deportivas", Departamento de Energía, Gobierno Vasco (2004). Disponible en:
<http://www.bizkaia.net/Kultura/kirolak/pdf/jun08.pdf>
17. Enrique Orche, "La Energía Geotérmica", Primer Congreso de Geotermia de Galicia (2010). Disponible en:
http://www.fundacioncalidade.org/u/uploads/File/congresoXeotermia_ponencias/1_ORCHE.pdf
18. Guillermo Llopis, Vicente Rodrigo, "Guía de la Energía Geotérmica", Dirección General de Industria, Energía y Minas, Consejería de Economía y Consumo, Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. Disponible en: http://www.uclm.es/cr/EUP-ALMADEN/aaaeupa/boletin_informativo/pdf/boletines/17/9.pdf
19. Bruce D. Green, Gerald Nix, "Geothermal – The Energy Under Our Feet, Geothermal Resource Estimates for the United States", National Renewable Energy Laboratory (2006). Disponible en:
<http://www1.eere.energy.gov/geothermal/pdfs/40665.pdf>
20. Julio Herráez Amaro, Luis Raúl Castañeda, "Perforación Geotérmica; Instalación de 35 sondas de captación en Madrid". Disponible en:
http://www.casagrandegroup.com/dati/download/hutte/26082010_Obras_Urbanas_Spain_Perforacion_geotermica_de.pdf
21. Corporación de Fomento de la Producción, "Energías Renovables en Chile – Ficha Informativa, Geotermia". Disponible en:
http://www.minrel.gob.cl/prontus_minrel/site/artic/20110826/asocfile/20110826141156/fs_geotermia_lr.pdf

22. Miguel Saldivia, Pilar Moraga, "Barreras de Entrada a la Geotermia en Chile", Taller de Memoria: Instrumentos para la Elaboración de una Política Energética Sustentable, Universidad de Chile (2010-2012). Disponible en: https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:-2LA5pxy5y8J:www.uchile.cl/uchile/download.jsp%3Fdocument%3D52194%26property%3Dattachment%26index%3D2%26content%3D+%3D&hl=es&gl=cl&pid=bl&srcid=ADGEEsgQWksvTDE2O00jfu705-qdf14NT1lwMdOKS41P3V_cYHRkfDq6qJNvychH6bgKkDH4vcJYmGOsl6BT2SayPA7KXdY0oO8fwiX-3mcjZp544ysZTs7PqipZls_1MOj_f7r9Ke6Wv&sig=AHIEtbQsbQuvF4VQPeLwcPrWfwbNAWwfVA