



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 315 375**

51 Int. Cl.:  
**F24D 11/02** (2006.01)  
**F24J 3/08** (2006.01)  
**F24F 5/00** (2006.01)  
**F25B 30/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02749807 .0**  
96 Fecha de presentación : **01.08.2002**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1412681**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **28.04.2004**

54 Título: **Sistema geotérmico.**

30 Prioridad: **01.08.2001 US 308828 P**  
**27.11.2001 US 333123 P**  
**30.11.2001 US 334080 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.04.2009**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.04.2009**

73 Titular/es: **Ronald Stephen Ace**  
**15706 Bond Mill Road**  
**Laurel, Maryland 20707, US**

72 Inventor/es: **Ace, Ronald Stephen**

74 Agente: **Gil Vega, Víctor**

ES 2 315 375 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Sistema geotérmico.

5 **Antecedentes de la invención**

La presente invención consiste en un método de muy bajo coste para introducir y extraer energía térmica a y desde agua potable utilizando una única tubería de servicio de agua subterránea ya existente, sin consumir o degradar el agua potable. Son posibles instalaciones de acondicionamiento espacial de bomba de calor geotérmica extremadamente eficaces sin el alto coste que representa la excavación o introducción de un equipo subterráneo de intercambio de calor. Cuando se combina con la energía eléctrica por célula energética *in situ* y con el calor residual cogenerado, la presente invención geotérmica se hace incluso más eficiente, consumiendo sólo una pequeña fracción de la energía necesaria por los sistemas de la técnica anterior.

15 *Estado geotérmico anterior*

Es bien conocida la alta eficacia energética de los sistemas de climatización de aire mediante bombas de calor geotérmicas (GHP). La energía geotérmica renovable se diluye, en términos de densidad energética, pero sigue siendo la forma más abundante y fiable de energía terrestre limpia almacenada del mundo. La densidad de energía térmica diluida en la superficie de la tierra en comparación con muchas otras fuentes de alta densidad energética (tales como combustibles fósiles) dificulta y encarece el acceso al inmenso disipador térmico geodésico. A pesar de su densidad energética diluida, la tierra contiene mucha más energía almacenada que todas las demás fuentes energéticas convencionales combinadas. Por tanto, la búsqueda de energía geodésica limpia sigue siendo de alta prioridad y está por completo justificada. Desafortunadamente, su uso actual apenas se percibe a escala de energía-uso global por las siguientes razones. Las instalaciones de GHP de la técnica anterior son demasiado caras; la recuperación de la inversión en las instalaciones de GHP no es eficaz en muchos años. Igualmente, los sistemas de GHP de la técnica anterior no son universalmente adecuados para todas las condiciones del suelo, por ejemplo su escasa conducción térmica, la dureza del suelo (roca), la falta de humedad y las zonas de alta densidad de población (por ejemplo edificios de muchas plantas) no ofrecen grandes superficies para aprovechar el calor de la tierra. Los costes de profundas perforaciones y/o amplias zanjas representan aproximadamente la mitad del coste total de una instalación geotérmica típica, pero los costes de excavación pueden resultar mucho más altos en numerosos lugares. En las publicaciones geotérmicas abundan esquemas sofisticados de perforación de agujeros geotérmicos profundos para la inserción de bucles de fluido cerrados, recargados con materiales de cementación de mejor conducción térmica. Del mismo modo, en la literatura se describen numerosas técnicas para rellenar largas zanjas profundas con diversos materiales de relleno en bucle térmicamente conductores. Incluso se ha desarrollado una tecnología de perforación horizontal en bucle de navegación guiada para perforar bucles curvados muy largos en los cuales se pueden introducir tuberías y enrollarse alrededor de un bucle perforado horizontalmente. Además, se han desarrollado numerosas técnicas para aprovechar la energía geotérmica de lagos, ríos, mares áridos. Se han explotado también fuentes de agua freática de pozo único (bucle abierto) y de múltiples pozos (bucle cerrado), pero el uso de estas capas de agua geotérmicas sigue imponiendo altos costes de instalación y excavación, o un límite de su longevidad, tales como problemas de filtraciones de polvo y/o de residuos y una larga lista de inconvenientes similares.

En otros intentos para reducir los costes geotérmicos se están empleando sistemas geotérmicos de intercambio de calor con compuestos elaborados. Por ejemplo, se han combinado ruidosas torres de agua de refrigeración por evaporación con aguas freáticas frías. El coste puede ser alto en grandes aplicaciones comerciales, pero el ahorro energético también es alto. Otro ejemplo del alto coste de las instalaciones geotérmicas de tamaño comercial -típicamente por encima de 100-1.000 toneladas (101,6-1.016,0 toneladas) (> 120.000 hasta 1.200.000 BTU/h (35,14 a 351,4 KW))- implica una mayor excavación para tener acceso a la red de distribución del agua municipal en puntos lejanos. El flujo de la principal corriente de agua municipal se interrumpe y luego se desvía en dos grandes tuberías dirigidas hacia y desde un gran dispositivo intercambiador de calor, formando un gran bucle subterráneo dentro de un dispositivo de intercambio de calor de agua municipal, formando un gran bucle subterráneo dentro de un sistema de aguas municipales. Este tipo de cara instalación requiere grandes máquinas de movimientos de tierras para la gran excavación de las tierras (e incluso de carreteras pavimentadas), seguidamente la restauración de terrenos y carreteras y, por supuesto, costosas autorizaciones para interrumpir las grandes redes de distribución de agua comerciales. Estos sistemas de intercambio de calor de la técnica anterior defienden ser rentables solamente en grandes urbanizaciones de alojamientos multi-viviendas de 40 o más edificios contiguos o en grandes edificios comerciales. La cantidad de excavaciones para este tipo especial de aplicaciones geotérmicas es elevada, pero puede ser menos costosa que excavar miles de pies de bucles individuales subterráneos cerrados de intercambio de calor para la totalidad de una urbanización de viviendas. Estas instalaciones geotérmicas colectivas tienen aspectos complejos y costosos adicionales, tales como la medida y la calibración del uso térmico facturado a cada vivienda u oficina conectada al sistema de agua municipal comunitaria. Las numerosas limitaciones de la excavación masiva para de de intercambio de calor en redes de aguas municipales hacen que el coste de estos métodos geotérmicos complejos sea prohibitivo para las residencias individuales. Un ejemplo de sistema geotérmico subterráneo que requiere una excavación extensa es el de la DE 29 30 484.

No obstante, la disponibilidad de la inagotable energía geotérmica almacenada eficazmente, la baja contaminación asociada a la misma y el bajo coste energético de su uso siguen atrayéndonos para adoptar, de entre todas las fuentes más importantes, estas fuentes renovables de energía limpia - especialmente si los costes de instalación se pueden reducir mucho, tal como se describe en la presente invención.

No hay ninguna duda de que la energía geotérmica “renovable” es extremadamente limpia, increíblemente abundante, esencialmente libre, energéticamente rentable y excepcionalmente fiable las 24 horas del día (a diferencia de la energía eólica, de las mareas o solar). La temperatura a unos pocos cientos de pies más alejados del suelo -aquella a la que se accede para la GHP- está ampliamente determinada por años de energía solar almacenada. De hecho, En un año atraviesa más energía solar este planeta que toda la energía utilizada por el ser humano en toda la historia. A este respecto, la GHP es realmente sólo una forma conveniente de energía solar almacenada, como la energía del viento y de la lluvia son subproductos de la energía solar interceptada. La energía solar almacenada geotérmicamente simplemente es un mecanismo de absorción solar y de almacenamiento de calor mucho más directo. La energía térmica de alta temperatura procedente de la profundidad del núcleo de la tierra atraviesa la corteza terrestre y finalmente se desprende de la superficie de la tierra a una velocidad de solamente 15,9 BTUs por hora por pie cuadrado (0,43 vatios/m<sup>2</sup>). La energía solar que calienta la tierra sobrepasa los 100 vatios/pie<sup>2</sup> (9,29 vatios/m<sup>2</sup>), o más de 341 BTUs por hora por pie cuadrado (9,28 vatios/m<sup>2</sup>), de tal modo que la energía solar entrante sobrepasa en mucho las pérdidas de calor del núcleo de la tierra. La corteza terrestre ha alcanzado una temperatura media de equilibrio resultante de la exposición solar diaria y de las variaciones estacionales, de esta manera, la “energía geotérmica” se denomina de forma más apropiada como “energía geosolar”. Cuando esa energía solar almacenada es interceptada por bombas de calor geotérmicas, la reserva de energía solar almacenada se adquiere temporalmente en invierno y se bombea de vuelta en verano. Normalmente, se extrae la temperatura más alta del núcleo de la tierra, “energía geotérmica auténtica”, para generadores eléctricos accionados por vapor en los territorios del oeste de Estados Unidos. A diferencia de otros sistemas de energía solar renovable limpia (por ejemplo, sistemas fotoeléctricos solares), que requieren la fabricación de sistemas de almacenamiento de energía masivos y muy costosos cuando no hay luz solar, la “energía solar geotérmica almacenada” es gratuita y esencialmente no limitada durante todo el año. Hasta ahora, el principal obstáculo ha sido el del alto coste de excavación de los bucles de intercambio de calor.

Los principales obstáculos para la adopción global de la GHP de la técnica anterior han sido el alto coste de instalación y el largo período de recuperación de la inversión asociados con el ahorro de energía. El Ministerio de Energía del Gobierno de Estados Unidos (DOE) respalda la adopción de diversos sistemas de energía geotérmica y su objetivo consiste en incrementar las instalaciones geotérmicas a sólo 2 millones para el 2005. El DOE apoya también instalaciones de energía solar renovable con un bajo objetivo similar, de solamente 1 millón de tejados con paneles solares para el 2010. Sin embargo, ambos objetivos, muy modestos, revelan lo reacios que son los americanos para adoptar las tecnologías de ahorro de energía limpia de la costosa técnica anterior. Si los costes de las instalaciones geotérmicas pudieran reducirse en gran medida inmediatamente (como con la presente invención) y si el suelo en sí mismo fuera universalmente más conductor a la distribución geotérmica (tal como se consigue con la presente invención), entonces la energía geotérmica se convertiría probablemente en la fuente de energía limpia más popular mucho antes de lo que las autoridades prevén actualmente. Una energía limpia y barata no sólo es deseable, sino que es una urgencia global. A diferencia de la energía solar renovable, que requiere enormes instalaciones de almacenamiento de energía durante períodos prolongados de luz solar nula, el disipador de calor geotérmico se entierra en cualquier lugar y en todo momento.

Se considerarían objetivos mucho más agresivos del DOE y de la EPA, de quizá de 20 a 50 millones de instalaciones geotérmicas (objetivo 50 a 125 veces más alto) para el 2010 a escala energética nacional, así como para las reducciones de emisiones invernadero. Desafortunadamente, la nación estaría en apuros para absorber los costes resultantes de las instalaciones. Sin embargo, si las instalaciones geotérmicas fueran menos caras y menos restrictivas, entonces serían posibles unos objetivos más agresivos y loables, de incluso más de 50 millones de instalaciones. Una meta como esta tendría un significativo impacto en los objetivos de reducción del efecto invernadero nacionales y globales. Además, si se pudiera conseguir que la energía geotérmica fuera mucho más eficaz en materia de coste, entonces otras naciones ansiarían adoptarla también.

### Sumario de la invención

Tal como se muestra en la presente invención, ahora son posibles costes mucho más bajos de instalaciones geotérmicas, instalaciones más universales y rendimientos geotérmicos mucho más altos (que los sistemas geotérmicos de la técnica anterior). Se estima que una cantidad tan alta como de 500 millones a un billón de viviendas en todo el mundo podrían adoptar rápidamente la energía geotérmica barata mediante la aplicación de la presente invención, y esto resultaría en múltiples ventajas para el medioambiente y para la economía global.

Existe ya una infraestructura subterránea de intercambio de calor geotérmico, de agua potable, que es capaz de transportar, suministrar y absorber abundante energía térmica hacia y desde los edificios que utilizan un flujo de agua potable de ida y vuelta en las viviendas dentro de una única tubería de suministro de agua municipal de acuerdo con la presente invención. La presente invención explota excepcionalmente esta infraestructura geotérmica municipal ya existente sin interrumpir, impedir, consumir o degradar la valiosa agua potable.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un sistema geotérmico que comprende:

un tanque de almacenamiento de agua;

un intercambiador de calor acoplado térmicamente a dicho tanque de almacenamiento;

## ES 2 315 375 T3

una entrada de agua que va desde una fuente de agua potable subterránea a dicho tanque de almacenamiento para suministrar agua potable a dicho tanque de almacenamiento; y

5 una bomba de agua conectada a dicha entrada de agua y dicho tanque para devolver el agua potable procedente de dicho tanque de almacenamiento a dicha fuente de agua potable subterránea a través de dicha entrada.

10 La clave de tal sistema de intercambio de calor de bajo coste con agua potable reside en el hecho de que la mayoría de los contadores de agua actualmente instalados, si no todos, son o pueden ser al 100% de flujo invertible. Con tal contador invertible, el agua potable que circula en una dirección y que registra un uso positivo puede ser bombeada también hacia atrás para registrar un uso negativo igual pero opuesto. Así, el agua potable enfriada o calentada, cuando es enviada a presión de vuelta a través del dispositivo contador de agua bidireccional de las viviendas, provoca que no se registre o facture el uso neto del agua. Sin embargo, el uso de "agua geotérmica", es decir, las unidades térmicas añadidas o extraídas del agua potable, se pueden medir y facturar.

15 La presente invención permite que la infraestructura de aguas residuales y de agua potable subterránea existente sea geotérmicamente útil a la mayoría del mundo moderno, resultando en una rara oportunidad para dar un salto espectacular eficaz en materia de coste en el ahorro global de energía, y por consiguiente, en una reducción masiva de las emisiones de efecto invernadero, sin reducir el agua potable disponible. Además, una vez se sabe cómo combinar de manera eficaz, en cuanto al coste, la infraestructura de agua potable ya existente con la presente invención, también se hacen posibles otras grandes mejoras térmicas, las cuales no son posibles con los sistemas geotérmicos de bucle abierto o cerrado de la técnica anterior. Por ejemplo, el calor residual procedente de las grandes centrales eléctricas comerciales se puede acoplar térmicamente a los sistemas de agua municipal en invierno, elevando así la temperatura del agua potable suministrada a cada vivienda y convirtiendo las instalaciones de bombas de calor de la presente invención en mucho más eficaces en invierno. Enormes cantidades de calor residual procedente de las centrales eléctricas podrían venderse a las compañías del agua, en lugar de ser liberado en la atmósfera o en masas de agua cercanas. Así, la invención permite el transporte a bajo coste del calor residual procedente de centrales eléctricas de bajo poder calorífico (baja temperatura) para millones de aplicaciones distantes. El calentamiento en invierno, que es una estación de notable reducción de la eficacia geotérmica, se puede convertir ahora en tan eficaz o incluso más eficaz que la refrigeración geotérmica en verano. Esta mayor eficacia en invierno de la bomba de calor permite utilizar sistemas de bombas de calor individuales aun más pequeños y de menor coste, proporcionando al mismo tiempo a las centrales eléctricas comerciales y a las compañías de agua comerciales márgenes de beneficio notablemente más altos por el amplio uso de su energía térmica combinada y sus sistemas ya existentes de suministro de calor.

35 En otra realización preferente de esta invención, se proporciona un alimentador de energía eléctrica mediante células energéticas *in situ* en una vivienda incorporando el sistema de bomba de calor geotérmico con agua potable de la invención y se incorpora dentro del sistema para suministrar energía al sistema geotérmico así como para suministrar energía eléctrica a toda la vivienda. El calor residual de generación eléctrica (por ejemplo, calor residual de células energéticas) se utiliza en los meses de invierno mediante el sistema de almacenamiento de agua geotérmica, reduciendo en gran medida el consumo energético en invierno. Esta cogeneración de electricidad *in situ*, calentamiento, refrigeración y agua caliente, hace que esta combinación única de sistemas energéticos sea mucho más eficaz que los sistemas de calentamiento y refrigeración de la técnica anterior, hace que sea la menos contaminante con CO<sub>2</sub> y representa una instalación de coste operativo inferior. Se piensa que el amplio uso de esta invención puede satisfacer gran parte, o incluso sobrepasar los objetivos de reducción de CO<sub>2</sub> establecidos por el Acuerdo Internacional de Kyoto mediante la conservación, más que por costosas modificaciones de las plantas industriales.

45 La clave para incluso esperar alcanzar tales altos objetivos de instalaciones geotérmicas reside casi en su totalidad en tres objetivos esenciales de la presente invención: 1) la velocidad de la instalación y la sencillez, sin necesidad de excavación alguna; 2) costes de instalación muy reducidos; y 3) rendimiento energético mucho más alto con respecto a los sistemas geotérmicos de la técnica anterior. Idealmente, un cash flow positivo inmediato siguiendo a una instalación geotérmica debería eliminar la resistencia final a la ampliación de las instalaciones geotérmicas. Si, por ejemplo, el coste de cada instalación geotérmica fuera lo suficientemente bajo como para que los pagos mensuales de aquella instalación fueran inferiores a los ahorros energéticos mensuales, entonces el nuevo sistema geotérmico crearía realmente un cash flow positivo inmediato. La posibilidad de cash flow positivos inmediatos difiere de los sistemas de la técnica anterior, que producen cash flow negativos. Por tanto, una instalación geotérmica de muy bajo coste, que es el objeto de la presente invención es capaz de eliminar las últimas barreras para un uso geotérmico urbano y suburbano extendido. Tal como se muestra a continuación, la presente invención es muy superior en la recuperación de la inversión eficaz en materia de coste en comparación con los sistemas geotérmicos de la técnica anterior, incluidos los sistemas de bucle cerrado y de bucle abierto, los grandes sistemas de bucle subterráneos de aguas municipales y los sistemas asistidos por torre de enfriamiento, y es superior inclusive a los pozos de bucle cerrado y a los sistemas de transferencia de calor de lagos/embalses.

65 Casi invisible a la mayoría de nosotros, y para bien durante un siglo, esta nación y gran parte del resto del mundo industrializado han estado muy ocupados en construir una amplia infraestructura de tuberías de agua municipal subterráneas, lo que es ideal para explotar el inmenso disipador de calor geodésico. Se estima que sólo en Estados Unidos existen un millón de millas de tuberías subterráneas de gran diámetro - todas ellas pueden ser excelentes intercambiadores de calor geotérmicos, tal como se evidenciará a través de la presente invención. Se debe insistir en el hecho de que el agua potable es un bien caro cada vez más escaso y que sin duda no debe ser desperdiciado en aplicaciones de energía geotérmica. La presente invención no gasta agua potable.

## ES 2 315 375 T3

Por tanto, un objetivo clave de la presente invención consiste en un método de muy bajo coste para extraer/introducir energía térmica desde/hacia el agua potable utilizando una única tubería subterránea de suministro de agua ya existente, sin que el agua potable se consuma o degrade. La enorme infraestructura subterránea de tuberías de agua potable ya existente se utiliza para extraer muchísima energía geotérmica y puede también se puede explotar aun más la energía geotérmica procedente de lagos, ríos y océanos a un coste eficaz, así como el calor residual procedente de las centrales eléctricas comerciales. La infraestructura existente es un verdadero tesoro de energía geotérmica casi gratuita. La presente invención muestra las formas generales de explotar fácilmente esta energía geotérmica y aplicarla a casi cualquier vivienda abastecida por agua comercial o abastecida por cualquier fuente de agua potable de la comunidad, al mismo tiempo que elimina completamente el gasto de excavar, perforar e instalar tuberías en terrenos próximos a cada edificio. Tal como se apreciará de forma más completa a continuación, la presente invención geotérmica no consume nada de agua potable adicional, ya que no existe ningún aumento neto en la facturación del uso de agua de cada usuario de energía geotérmica. En pocas palabras, se “toman prestadas” cantidades relativamente pequeñas de agua potable geotérmica de la infraestructura subterránea de agua, entonces se extrae o inyecta energía térmica desde/hacia la misma (dependiendo de las necesidades de refrigeración o calentamiento), y luego se devuelve a la infraestructura subterránea como agua limpia inalterada. Una vez devuelta el agua limpia “tomada prestada” a la alimentación subterránea principal de agua potable, se equilibra naturalmente de nuevo con el.

La clave para tal sistema de intercambio de calor con agua potable de bajo coste reside en el hecho de que la mayoría, si no todas, las condiciones térmicas medias subterráneas, a su manera, se desplazan actualmente “aguas abajo” a otros usuarios de energía geotérmica.

Otro objetivo significativo de la presente invención es el de utilizar la misma infraestructura de tuberías subterráneas ya existente para transportar la mayoría del calor residual de pequeño poder calorífico de las centrales eléctricas comerciales de la nación directamente a las viviendas residenciales y comerciales, mejorando así notablemente los rendimientos de las bombas de calor geotérmicas mucho más allá de los rendimientos de los sistemas de bombas de calor geotérmicas de la técnica anterior.

Finalmente, la invención combina excepcionalmente el acondicionamiento del espacio geotérmico con la tecnología de células energéticas para generar electricidad de bajo coste *in situ*, al mismo tiempo que se aplica el calor residual de las células energéticas al calentamiento geotérmico en invierno, siendo este último impracticable con los bucles geotérmicos subterráneos de la técnica anterior.

En general, las compañías eléctricas comerciales han tenido un rendimiento neto de sólo el 25% aproximadamente, debido a que la central eléctrica misma es sólo un 30% rentable en la generación de electricidad y que la red nacional de distribución de electricidad, con sus numerosos transformadores, suele tener sólo un 90% de eficacia aproximadamente. Este enorme desperdicio de energía y CO<sub>2</sub> liberado se puede eliminar casi totalmente con la generación de energía eléctrica *in situ*. La generación de electricidad *in situ*, aunque sólo sea eficaz en un 40%, elimina las ineficiencias de distribución y, por tanto, puede ser dos veces tan eficaz como los sistemas de energía comercial, y además se puede utilizar el calor residual procedente de la generación eléctrica *in situ* en el mismo lugar para calentar en invierno y/o para la obtención parcial de agua caliente. La tecnología de células energéticas, por ejemplo, es ahora capaz de una eficacia de más del 40% en la conversión de combustibles fósiles en electricidad directamente, en silencio y sin partes en movimiento, de modo que las células energéticas en combinación con la presente invención geotérmica forman una combinación ideal y única que representa una realización preferente de esta invención.

El muy caliente núcleo de la tierra se enfría lentamente a través de la corteza más exterior a una velocidad media de tan sólo 15,9 BTU por pie cuadrado por hora (4,66 vatios/pie<sup>2</sup>) (0,43 vatios/m<sup>2</sup>). Sin embargo, la superficie de la tierra se calienta también con la luz solar la mitad de cada día, con una densidad energética muy superior a > 100 vatios/pie<sup>2</sup> (9,29 vatios/m<sup>2</sup>). Por tanto, la energía geotérmica en la superficie de la tierra es realmente energía solar almacenada de forma natural en su mayor parte. La fina corteza geotérmica exterior, zona que es relativamente fácil de alcanzar para el intercambio de calor, alcanza un promedio típico de 50 a 70 grados F (de 10 a 21,1°C) (dependiendo principalmente de la latitud). Las temperaturas del suelo poco profundo tienden a equilibrarse a cerca de la temperatura media anual del aire (invierno/verano) en cada latitud. Sin embargo, pueden tener lugar variaciones térmicas bruscas muy localizadas de la conductividad del suelo (y en la capacidad de intercambio de calor) en perforaciones del suelo a una distancia tan cercana como de sólo unos pies. Algunas formaciones de suelos secos y rocas tienen poca transmisión térmica, mientras que otras cercanas son excelentes, lo que convierte la eficacia de los sistemas geotérmicos convencionales en imprevisibles. Una configuración más ideal de intercambio de calor geotérmico subterráneo sería un sistema físicamente grande, tal como un sistema de agua municipal, en el cual el agua circulante tiende a la media de las distintas propiedades de transmisión térmica del suelo locales. La explotación de una gran infraestructura de agua potable subterránea, tal como lo propone la presente invención satisface idealmente aquel objetivo del promedio de las temperaturas.

Aunque la energía geotérmica almacenada en la tierra sea una inmensa fuente de energía, se puede considerar también como un inmenso disipador térmico para el almacenamiento de energía térmica. El acondicionamiento del espacio de acuerdo con la invención implica simplemente “pedir prestada” la energía del calor geotérmico de la tierra en invierno para calentar edificios y devolver la mayor parte de la misma a la tierra en verano. La energía térmica que se descarga a y desde la tierra se “bombea” aumentando la temperatura en unos pocos grados F en invierno para calentar viviendas, y en verano el calor se “bombea a la inversa”, bajando la temperatura de unos pocos grados F, provocando que el calor del verano vuelva a la tierra. La clave para una distribución eficaz del intercambio de calor

## ES 2 315 375 T3

geotérmico tal como se describe aquí es la expresión “unos pocos grados”. Cuando, por ejemplo, la temperatura media del suelo es de 60°F (15,6°C) en invierno, el calor geotérmico se debe bombear aumentando la temperatura en unos pocos grados para mantener una temperatura interior confortable de 75°F (23,9°C) (tan sólo una diferencia de 15°F (8,3°C)). En estas condiciones de invierno suave, las bombas de calor geotérmico de acuerdo con la invención apenas se pondrían a prueba para conseguir este objetivo. En comparación, las bombas de calor de intercambio de aire de la técnica anterior ofrecen una eficacia muy inferior en el bombeo del calor exterior en invierno, desde temperaturas del aire exterior de 10°F (-12,2°C) hasta temperaturas del aire interior de 75°F (23,9°C) (una diferencia de 65°F (41,7°C)). Una comparación similar sucede en verano. Si una bomba de calor debe expulsar calor hacia fuera de una vivienda a 75°F (23,8°C) a un entorno caliente de verano (por ejemplo, 100°F (37,8°C)), el trabajo realizado por una bomba de calor aire-aire con respecto a una diferencia de temperatura de 25°F (13,9°C) es mucho más importante que el de una bomba de calor geotérmica, que desplaza un calor de 75°F (23,8°C) hacia un suelo más frío de 60°F (15,6°C) superior a una bomba de calor geotérmica que desplaza calor de 75°F hacia un suelo más frío de 60°F. Dependiendo del rendimiento eléctrico de la bomba de calor, de las condiciones locales de temperatura exterior y de la temperatura geotérmica local, las bombas de calor geotérmico asistidas son mucho más eficaces en cuanto a la energía que las bombas de calor de intercambio de aire comunes y a menudo más eficaces que los sistemas de combustibles fósiles. Los conceptos de rendimiento anual extremadamente alto y fiabilidad de 24 horas son los principales atractivos del acondicionamiento espacial geotérmico.

Sin embargo, los ejemplos de energía térmica simplificados anteriores no reflejan la realidad. El hecho es que las temperaturas del suelo no permanecen constantes durante el año a 60°F (15,6°C). Las temperaturas del suelo pueden variar hasta menos de 40°F (4,4°C) y más de 80°F (26,7°C), dependiendo de la profundidad, estación, latitud geográfica y conductividad térmica del suelo. Es obvio que en instalaciones en las cuales la temperatura del suelo es muy fría (por ejemplo, 40°F (4,4°C)) en invierno, los sistemas de bombas de calor geotérmicas no pueden ser tan eficaces como en las instalaciones en las cuales las temperaturas del suelo en invierno son mucho más altas (cuanto más altas, mejores son cuando se *extrae* calor del suelo). Del mismo modo, las instalaciones geotérmicas no son tan eficaces en lugares donde las temperaturas del suelo en verano se sitúan cerca de 80°F (26,7°C). Cuando se expulsa energía térmica en el suelo, el rendimiento geotérmico más alto tiene lugar cuando la temperatura del suelo es la más fría.

Para los lugares más poblados, el promedio de temperaturas del suelo se sitúa alrededor de 55°F hasta 80°F (12,8°C a 26,7°C) en verano, y las instalaciones geotérmicas anteriores son muy eficaces en verano en estos lugares. Pero los sistemas geotérmicos de la técnica anterior no son atractivos económicamente, ni tampoco son eficaces en materia energética en invierno por varias razones. Cuando se *extrae* calor del frío suelo invernal, el suelo circundante se enfría todavía más. Si la temperatura del suelo invernal ya es fría (por ejemplo, 40°F a 55°F) (4,4°C a 12,8°C) y se *extrae* energía térmica adicional para calentar viviendas, la temperatura del suelo disminuye, provocando la reducción de los rendimientos geotérmicos. Por ejemplo, si la temperatura del suelo invernal habitual fuera de 45°F (7,2°C) y una bomba de calor geotérmica *extrajera* calor adicional del suelo, lo que bajaría la temperatura media del suelo por ejemplo a 35°F (1,7°C), entonces el sistema geotérmico estaría funcionando ineficazmente con respecto a un diferencial de temperaturas en invierno de 45°F a 55°F (4,4°C a 12,8°C). Por tanto, la eficacia geotérmica en invierno es más baja cuando la demanda en BTU es más alta. A pesar de un mejor aislamiento térmico, las necesidades en energía térmica para uso doméstico en BTU en invierno pueden ser 10-12 veces superiores a las demandas de energía de refrigeración en verano. Aunque las instalaciones de bombas de calor geotérmicas de la técnica anterior puedan ser eficaces en materia energética, son menos eficaces en climas fríos, justo cuando más se necesita la energía térmica. Existe una interesante solución práctica a este dilema sobre la eficacia geotérmica en invierno que es la utilización de calor residual energético en invierno para aumentar el rendimiento geotérmico.

Tal como se ha expuesto anteriormente, las centrales eléctricas tienen una eficacia en la generación eléctrica que oscila entre tan poco como un 30% y tanto como un 57%, lo que resulta en una gran cantidad de calor residual en la central eléctrica, cuya disipación cuesta dinero a los servicios públicos. El calor residual es un calor de pequeño poder calorífico, pero se debe disipar durante todo el año, y el obstáculo más importante que impide el uso sensato de aquella energía residual ha sido la carencia de un sistema de suministro de calor eficaz en materia de coste para los consumidores. Existen numerosas centrales eléctricas que venden realmente muy pequeñas cantidades de calor residual a los consumidores de calor cercanos, tales como la energía térmica por vapor para calentamiento local de espacios en edificios. Pero el calor residual eléctrico de más pequeño poder calorífico, que representa la mayoría de la electricidad, no ha tenido nunca hasta ahora valor práctico alguno. De acuerdo con la invención, el calor residual de la energía eléctrica se suministra eficazmente en materia de coste en invierno para el bombeo del calor geotérmico a través de los sistemas ya existentes de agua potable subterráneos. Los sistemas geotérmicos de la técnica anterior con bucles subterráneos de intercambio de calor no pueden utilizar eficazmente el calor residual comercial suministrado por medio de los sistemas de aguas municipales debido a que la mayoría de la energía térmica residual se perdería en el bucle del suelo. La presente invención no tiene bucles en el suelo ni tampoco pérdidas en los bucles del suelo.

Por tanto, otro importante objeto de la presente invención consiste en un método práctico y eficaz en coste para distribuir y emplear gran parte del calor residual invernal de una central eléctrica de manera tal que se pueda aumentar drásticamente la eficacia de la bomba de calor geotérmica en invierno, al mismo tiempo que se da la oportunidad a las centrales eléctricas de ser más rentables mediante la venta de calor residual. El efecto neto del amplio uso de este recurso energético abundante es el de reducir en gran medida los costes en energía de los usuarios geotérmicos finales y reducir además las emisiones invernales. El sistema propuesto de suministro de calor residual de centrales eléctricas es la red de alimentación de agua potable ya existente.

## ES 2 315 375 T3

Del mismo modo aparece un calor residual eléctrico cuando se utilizan células energéticas para generar electricidad *in situ*. Se ha propuesto utilizar el calor residual de células energéticas *in situ* para agua caliente doméstica durante todo el año. Sin embargo, si la demanda en electricidad resulta baja, entonces la producción de agua caliente será insuficiente en aquella vivienda. Por tanto, el agua caliente procedente del calor residual de células energéticas es poco fiable. El calor residual de células energéticas no se ha aplicado nunca a sistemas geotérmicos de calentamiento de espacios con bucles subterráneos de la técnica anterior debido a que gran parte del calor residual eléctrico se perdería en el sistema de intercambio de calor con bucles subterráneos. Existen varias ventajas inesperadas en la aplicación de calor residual de células energéticas a la presente invención geotérmica. Por ejemplo, el calor residual de células energéticas se puede aplicar por completo al calentamiento de espacios debido a que el calentamiento de espacios tiene una demanda mucho más importante y continua que el agua caliente. En segundo lugar, la presente invención no presenta pérdidas de calor en bucles subterráneos. La combinación no evidente de cogeneración por célula energética y bombas de calor geotérmicas representa la asociación más ideal y eficaz y es una realización especialmente preferente de la presente invención.

Otra fuente de calor residual disponible para su uso con la presente invención se encuentra en la descarga de agua de alcantarillado. El volumen medio de aguas negras descargado por hogar es de aproximadamente 200 galones (757 litros) al día, a una temperatura media de 80°F (26,7°C). Los sistemas de calefacción de la técnica anterior no recuperan esta energía, esencialmente debido a que la temperatura de las aguas negras no es lo suficientemente alta; sin embargo, la bomba de calor utilizada con la presente invención puede recuperar esta energía, para ahorrar energía de forma adicional y significativa.

La presente invención posee gran cantidad de ventajas inesperadas aparte de la calefacción, refrigeración obvias del espacio, así como en el rendimiento energético del agua caliente. Para abordar la gama completa de ventajas geotérmicas, se expondrá primero el enunciado básico de la invención y se abordarán las numerosas ventajas inesperadas una a una.

### Breve descripción de las figuras

Los objetos, características y ventajas anteriores y adicionales de la invención se entenderán mejor a partir de la siguiente descripción detallada de las realizaciones preferentes de la misma, junto con las figuras adjuntas, en las cuales:

Fig. 1-5: ilustraciones esquemáticas de los sistemas geotérmicos de la técnica anterior; y

Fig. 6: ilustración esquemática de un sistema geotérmico de calefacción y refrigeración de acuerdo con la presente invención.

### Descripción detallada de las realizaciones preferentes

Las Fig. 1-5 ilustran cada una una caja convencional 10 que tiene un espacio que se debe calentar o refrigerar, y que puede ser una unidad de vivienda, tal como una casa o un edificio de apartamentos, o puede ser una oficina o un edificio de oficinas, o cualquier otra estructura, pero que, por comodidad de la ilustración, puede ser una casa vivienda unifamiliar convencional. En la Fig. 1, la casa 10 se calienta o enfría geotérmicamente por medio de agua que circula entre un bucle convencional o de embalse 12 localizado en un embalse o lago 14 y una unidad geotérmica o intercambiador de calor 16 localizado en la casa. Estos sistemas de la técnica anterior no son muy económicos en su instalación, y cuando el embalse tiene una profundidad de al menos ocho pies puede proporcionar una transferencia eficaz de calor hacia y desde la casa. Tal como se ilustra, se coloca en el agua una tubería en espiral 12, que cubre normalmente medio acre aproximadamente, necesitando un hogar medio aproximadamente 900 pies (274,32 metros) de tubería.

Cuando no se dispone de un embalse o lago, tal como se ilustra en la Fig. 2, el bucle 12 se puede colocar en zanjas de tierra 18, si las condiciones del suelo permiten una excavación convencional y si el espacio lo permite. Las zanjas son normalmente de cinco pies (metro y medio) aproximadamente de profundidad, con múltiples tuberías colocadas en la zanja a distintas profundidades. Normalmente se necesitan varios cientos de pies de zanjas.

Otra opción para las instalaciones geotérmicas de la técnica anterior se ilustra en la Fig. 3, que se denomina instalación de bucle abierto. En este caso, se bombea agua desde un acuífero subterráneo a través de un pozo 20, la cual pasa por un intercambiador de calor adecuado 16, y se descarga luego a través de una línea de salida 22 en un embalse 14, una zanja de drenaje, un pozo de retorno, o similar. La unidad geotérmica o intercambiador de calor 16 procesa la energía térmica procedente del agua tal como se hace en el sistema de bucle cerrado descrito en las Fig. 1 y 2.

En la Fig. 4 se ilustra otro sistema de la técnica anterior, en el cual los bucles verticales 24, 25 y 26 insertados en los pozos correspondientes 27, 28 y 29 están conectados a la unidad geotérmica 16. Cada bucle vertical se puede componer de un par de tuberías conectadas conjuntamente en el fondo de un pozo por medio de un montaje de tuberías curvadas en U y conectadas en sus extremos superiores a las líneas de descarga y retorno 30 y 31. Los pozos suelen tener típicamente una profundidad de entre 150 y 250 pies (45,72 y 76,2 metros), y están rellenos de una solución de enlchado para asegurar un buen contacto térmico con la tierra.

## ES 2 315 375 T3

Se ilustra en la Fig. 5 otro sistema de la técnica anterior, en el cual se suministra agua procedente de una fuente de agua comercial, tal como la subestación 34, a través de una tubería principal de agua 35 y la línea de toma de la vivienda 36 al sistema de agua doméstica 37 y a una alimentación de intercambiador de calor 38. El agua utilizada en la alimentación del intercambiador de calor vuelve a través de una línea de salida 39 a una tubería principal de retorno dedicada 30. Este sistema exige la construcción de una tubería completa de retorno, con el gasto que conlleva.

Aunque estos sistemas anteriores tengan numerosas ventajas, los gastos de instalación pueden resultar elevados, requiriendo frecuentemente una excavación considerable, con el coste que conlleva el deterioro del terreno y su restauración. La presente invención, por otra parte, se beneficia de los sistemas geotérmicos sin la necesidad o los inconvenientes de la excavación. En su lugar, tal como se ilustra en la Fig. 6, un sistema de bomba de calor geotérmica asistida 50 de la presente invención produce una bomba de calor extremadamente eficaz sin el alto coste de prospección, perforación, o excavación de la tierra que rodea cada instalación geotérmica. La inmensa infraestructura de agua comercial subterránea ya existente 52 está ya más que adecuadamente dimensionada para actuar como sistema subterráneo de intercambio de calor geotérmico, sin gastar agua potable o facturar el alto coste del agua potable.

De acuerdo con la presente invención, la alimentación de agua comercial 52, que puede ser un sistema ya existente de agua municipal, está conectada a través de una línea de alimentación de agua potable ya existente 54 a una vivienda 56, y a través de un medidor invertible de agua 58 en o cerca de la vivienda y a través de una línea de agua 59 para llenar periódicamente un tanque de agua potable de tamaño moderado 60 localizado cerca de una bomba de calor 62, tal como una bomba de calor convencional de tipo compresor. El agua potable del tanque 60 debe proporcionar calor a la bomba de calor 62 en invierno, o alternativamente actúa como disipador de calor para la bomba de calor en verano. La pequeña cantidad de agua potable ligeramente calentada o refrigerada tomada del tanque 60 es llevada de vuelta, a presión, por una bomba 64 hacia la línea de agua 59 y a través del dispositivo medidor invertible de agua de la vivienda 58, lo que resulta en ningún registro o facturación de uso neto del agua. Así, la presente invención es capaz de utilizar una sola tubería de alimentación de agua ya existente 54 para llenar un depósito de agua geotérmica *in situ* 60. Luego se utiliza justo la misma tubería de alimentación para devolver el agua potable a su fuente, así que no hace falta ningún bucle cerrado; no se necesita ninguna excavación de tierra; no hacen falta materiales geotérmicos enterrados; no se necesitan autorizaciones especiales de construcción; y se eliminan los retrasos de instalación asociados al tiempo. Al utilizar un dispositivo medidor de caudal completamente invertible, el “agua potable geotérmica” temporalmente tomada puede ser devuelta a la alimentación de agua comercial 52, sin generar ningún consumo neto de agua.

La infraestructura de agua potable subterránea ya existente es lo suficientemente grande como para atender geotérmicamente a los mayores centros de población del país, lo que representa una oportunidad para dar un salto espectacular en el ahorro de energía a nivel nacional y en la reducción de emisiones invernal, utilizando la tecnología más eficaz de calentamiento y refrigeración actualmente conocida, y sin agotar el suministro de agua nacional.

En su forma más sencilla, la presente invención extrae un volumen moderado (por ejemplo 100 galones (378,5 litros)) de agua comercial potable de las principales líneas de alimentación subterráneas de agua potable a un tanque de almacenamiento presurizado 60 localizado en la vivienda con instalación geotérmica. El medidor de agua de la vivienda registrará, en el ejemplo, 100 galones (378,5 litros) de uso. El agua tomada llegará al tanque 60 con una temperatura subterránea local media. Para que resulte más sencillo, se puede suponer que se trata de agua potable a 65°F (18°C). Debido a la capacidad térmica del agua, 100 galones (378,5 litros) tienen una capacidad térmica de aproximadamente 1,7 millones de julios por grado C. Para cambiar en 10°C la temperatura (hacia arriba o hacia abajo) de 100 galones (378,5 litros) de agua, se requieren 17 millones de julios de energía añadida (o restada) de la misma por la bomba de calor 62. Esta cantidad de energía térmica es equivalente a añadir o restar -4,72 KW de calor eléctrico durante una hora (aproximadamente 20 amperios de una fuente eléctrica de 220 voltios). Asimismo, 17 millones de julios son equivalentes a -16.100 BTU, lo que representa energía suficiente para enfriar una residencia usual durante media hora a una hora.

En este punto, si los 100 galones (378,5 litros) de agua potable inalterada (más caliente o más fría en 10°C) se bombean luego de vuelta a la alimentación de agua municipal a través de su medidor bidireccional de agua 58, el medidor restará entonces 100 galones de uso de agua de la vivienda. No se cargará nada a la vivienda por “pedir prestados” 100 galones durante una hora. En el transcurso de 24 horas, se pueden tomar 2.400 galones (9.085 litros), extraer (o inyectar) calor geotérmico y retornar progresivamente los 2.400 galones (9.085 litros) bajo presión de alimentación casi constante del agua sin alterar la calidad del agua. Si los 2.400 galones (9.085 litros) de agua potable geotérmica no se devolviesen, costaría normalmente 12 \$ al día (o 360 \$/mes ó 4.320 \$/año) aproximadamente, lo que sería sumamente ineficaz en el coste para los usuarios de energía geotérmica. Con la presente invención, no costaría realmente nada. Por supuesto, el medidor de agua registraría también el uso normal de agua en el hogar, así que parte de la circulación de agua en una casa media no sería devuelta a la alimentación de agua si se mantuviera un uso normal de agua en la vivienda. Se utilizarán más o menos 150 galones (567 l) por persona al día en cada vivienda (típicamente 450-600 galones (1.703-2.271 litros) al día). Esta cantidad de agua no será retornada y seguirá siendo facturada por la compañía de suministro de agua.

La única diferencia en el agua comercial, después de su retorno, sería su temperatura. La pequeña diferencia de temperatura será eliminada a medida que el agua retornada se mezcla con el flujo de agua comercial y se desplaza aguas abajo en la tubería de servicio público subterránea, de gran diámetro, hacia la siguiente vivienda. Debido a las tuberías subterráneas de gran diámetro de las líneas de agua comercial, la energía térmica añadida (o restada) se reequilibrará rápidamente con la temperatura del suelo, todo ello sin ningún coste neto para el usuario de energía

## ES 2 315 375 T3

geotérmica o de la compañía de aguas. Esta tubería subterránea de servicio público emplea típicamente tuberías con un diámetro de 4 a 60 pulgadas (10,16 a 152,4 cm) con una gran área superficial eficaz y enterradas a muchos pies (típicamente 6 pies (1,83 metros). Existe una amplia longitud lineal en pies entre las viviendas para devolver el agua potable extraída de vuelta a su temperatura geotérmica normal antes de ser tomada de nuevo por el siguiente usuario de energía geotérmica aguas abajo.

Incluso es posible, pero no necesario, devolver el agua potable tomada en mejores condiciones que cuando se recibió la primera vez. Se puede instar o pedir a cada usuario de energía geotérmica que incluya en el circuito del tanque de agua potable, por ejemplo en una línea de retorno 66 entre la bomba 64 y el medidor 58, un dispositivo de tratamiento de aguas 70, tal como una lámpara germicida de poca potencia (4 vatios), para iluminar el agua comercial y reducir el número de microorganismos potencialmente nocivos del agua. Todos los usuarios aguas abajo de agua, y especialmente aquellos más alejados del suministrador de agua, recibirían agua de mejor calidad que la que está normalmente disponible en los sistemas de agua de la técnica anterior, que proporcionan normalmente una calidad de agua más baja a medida que aumenta la distancia del suministrador.

En el sistema ilustrado en la Fig. 6, se suministra agua potable procedente de un medidor de agua 58 a partir de la línea de agua 59 al sistema de agua habitual 72 de la vivienda 56 por medio de una línea de agua doméstica 74 conectada a través de un regulador de presión 76 para impedir todo daño por la salida de la bomba 64. Además, se puede incluir una válvula de retención unidireccional 78 en la línea 74 para impedir que el agua del sistema doméstico sea sifonada de vuelta a la alimentación de agua 52 por la operación de la bomba.

Preferentemente, se proporciona una válvula de cierre 80 en la línea de agua 59 más allá del punto de retorno 82 donde el agua procedente de la bomba 64 vuelve al medidor de agua 58. La válvula 80 se cierra por medio de un circuito controlador adecuado 84 cuando aquel circuito enciende la bomba 64, para impedir la recirculación del agua bombeada de vuelta al tanque de almacenamiento 60. El controlador puede funcionar con un temporizador para cambiar periódicamente el agua del tanque 60, o puede ser sensible a un detector de temperatura del agua 86 en el tanque. En operación, cuando la válvula 80 es abierta por el controlador 84, el agua procedente de la alimentación 52 fluye en el tanque de almacenamiento 60. Este tanque incluye preferentemente una cámara de aire para mantener la misma presión que la alimentación de agua comercial. Después que la temperatura del agua haya aumentado o disminuido en una cantidad establecida en el controlador 84, se cierra la válvula 80 y se activa la bomba 64 para retornar el agua procedente del tanque 60 a la alimentación 52. La bomba suministra el agua del tanque 60 a la línea 59 a una presión ligeramente más alta que la presión en la alimentación 52, para vaciar el tanque. El regulador 76 impide que se dañe el sistema de agua doméstico. A continuación, se abre la válvula 80, se desconecta la bomba 64 y el agua procedente de la alimentación 52 llena el tanque de almacenamiento 60. La válvula de retención 78 impide que el agua procedente del sistema doméstico 72 vuelva al tanque 60.

El agua procedente del tanque de almacenamiento 60 circula por la unidad de bombeo de calor convencional 62 por un bucle cerrado 88, funcionando la bomba de calor de forma convencional para extraer o suministrar calor al agua del tanque 60, según se necesite, para regular, por ejemplo, la temperatura del aire en la vivienda 56.

Las compañías de agua municipal vigilan la calidad de su agua. Algunas realizan literalmente cientos de miles de costosas pruebas de calidad del agua al año. La salud de millones de personas está en juego. No sólo existe una amenaza siempre presente de un agua inadecuadamente procesada en las plantas de filtración y en las aguas de manantial potencialmente contaminadas, sino que las compañías de agua son totalmente conscientes también de la posibilidad siempre presente de contaminación intencionada por terroristas. Estos factores llevan a un suministrador de agua potable prudente a controlar intensamente el suministro de agua en diversos puntos por toda su red de tuberías. Es posible actualmente, en principio, que alguien inyecte un agente químico maligno en cualquier punto del sistema de aguas invirtiendo simplemente el flujo de agua de cualquier vivienda de vuelta a las principales líneas de alimentación. Toda persona situada aguas abajo de este punto de introducción correría graves riesgos. Actualmente, las compañías de agua emplean un sistema de prueba relativamente ineficaz para combatir estos riesgos y por tanto son muy vulnerables.

En numerosas ocasiones no sólo es aconsejable, sino también muy deseable, realizar más pruebas del agua que las que hace actualmente cada suministrador de agua. En una hora, muchos miles de personas podrían estar expuestas a compuestos peligrosos o incluso letales introducidos sin que nadie lo supiera. Velocidades de muestreo a menudo de más de 57 veces por hora serían muy deseables por parte de cada suministrador de agua, especialmente si estas pruebas fueran posibles, prácticas y económicas.

La presente invención ofrece la oportunidad única de satisfacer este muy importante reto de seguridad del agua nacional, mediante la incorporación en cada instalación geotérmica 50 de un monitor integrado de bajo coste 100 de la calidad del agua. Si se deseara, el gasto de esta unidad podría ser soportado por cada comprador del equipo geotérmico, no por el suministrador de agua. Cada uno de los usuarios geotérmicos se convertiría en un testador continuo del agua en toda la red de tuberías subterráneas. Si sólo se comprobara la conductividad eléctrica del agua en cada vivienda geotérmica, tal como por los detectores 102 y 104 en la línea de entrada 59 y la línea de salida 66, respectivamente conectadas al monitor 100, esta medición podría utilizarse como indicador de que el agua ha sido contaminada, por ejemplo, por altas concentraciones de productos químicos no deseados. La instalación se podría conectar al controlador 84 para parar automáticamente la bomba 64 y la válvula 80 y no dejar que el agua contaminada volviese al sistema de agua si la conductividad del agua entrante es básicamente diferente de la que está retornando a la canalización principal de agua. A modo de otro ejemplo, las pruebas individuales de la calidad del agua podrían realizarse con más

## ES 2 315 375 T3

dispositivos elaborados que sometieran a prueba un rango de contaminantes del agua, más que solamente los cambios en la conductividad eléctrica. Además, la conductividad eléctrica no es el único medio sencillo de comprobar la mayor parte de la contaminación. La constante dieléctrica de entrada y salida del agua puede controlarse y compararse dejando pasar el agua entre las placas de un capacitor. Otro método de comprobación puede implicar una prueba de simple transmisión por medio de la cual se compara la transmisión de luz visible, luz infrarroja o incluso de ondas radioeléctricas de la calidad de agua entrante con respecto a la saliente.

Si se introdujeran grandes concentraciones de cualquier material peligroso intencional o accidentalmente en el sistema de agua, este rápido sistema de comprobación del agua lo detectaría instantáneamente y pararía la alimentación de agua local contaminada para que no volviese a entrar en el sistema de agua comercial y a las viviendas. Cada instalación geotérmica incluso podría ser configurada para proporcionar una alarma 106 que comunicara al instante los resultados de la calidad del agua a la compañía de aguas. Finalmente, con millones de usuarios de energía geotérmica en línea, la seguridad nacional podría mejorar en gran medida como consecuencia de la presente invención de suministro alternativo de agua.

Existen otras ventajas adicionales en el ejemplo más sencillo de la presente invención. En verano, se supone que el agua potable entrante (a 65°F ó 18°C) se calienta aproximadamente 10°C más. Como promedio, el agua potable en el depósito de la vivienda será 5°C más caliente en el proceso de enfriamiento de la vivienda. En lugar de retornar la totalidad del agua más caliente a la alimentación de agua comercial, aquella misma agua (que sigue siendo fría) puede circular desde el tanque de almacenamiento 60 al sistema de agua 72 y utilizarse para beber o cocinar, y servir como agua precalentada para el calentador de agua caliente. En lugar de aplicar mayores cantidades de energía de cocción para calentar el agua fría normal con la temperatura del suelo hasta temperaturas de cocción, parte de la energía térmica de cocción puede ser suministrada por el calor eliminado del agua de salida de la GHP de la vivienda. La energía térmica de cocción reducida representa un pequeño ahorro adicional de aproximadamente 5°C con respecto a los numerosos galones de agua de cocción por hogar. Se ahorra mucha más energía si el agua geotérmica precalentada (procedente del calentamiento del espacio) se dirige al sistema de alimentación de agua caliente de la vivienda.

Es conocido que los mayores ahorros en energía para agua caliente proceden de la capacidad de una bomba de calor para bombear calor de la vivienda (refrigeración del aire) y dirigir todo el calor del verano al sistema calentador de agua caliente. Se trata esencialmente de una ventaja del subproducto gratuito de agua caliente de refrigeración de aire geotérmico en verano. De forma similar, para otros usos, el agua potable, tal como el lavado de coches, de ropa, el riego de césped, etc., se puede extraer del tanque de agua potable precalentada, por ejemplo por medio de la línea de agua 108 conectada, por ejemplo, entre el tanque 60 y la bomba de retorno 64 y que se dirige al sistema de agua del hogar 72 (o a partes seleccionadas del sistema, tal como se indica en 72') a través de la válvula 110. Un uso como este del agua del tanque 60 enfría el depósito con agua potable fresca que circula constantemente en el tanque geotérmico 60 tal como se utiliza (450-600 galones (1.703,4 - 2.460,5 litros) al día), convirtiendo así el sistema de acondicionamiento del aire en aun más eficaz. La muy pequeña cantidad de agua potable realmente "fría" consumida en verano por hogar (menos de 3 galones (11,4 litros) al día), es tan pequeña que apenas si se registra en el medidor de agua. Esta muy pequeña cantidad de agua potable bebible "fría", si así se deseara, se puede enfriar con un cubito de hielo o se puede refrigerar, tal como se suele hacer popularmente. El agua potable "a temperatura ambiente" en verano es el único pequeño efecto secundario indeseable de este aspecto de la presente invención.

Es posible incluso no necesitar o no utilizar una bomba de calor para la refrigeración en verano con una alimentación de agua potable geotérmica lo suficientemente fría. Si se empleara un intercambiador de calor de aire sobredimensionado, indicado en transparencia por 120, con muy baja resistencia térmica, entonces se puede utilizar agua geotérmica fría de 50-70°F (10-21,1°C) para enfriar directamente el aire de la vivienda sin más asistencia de refrigeración por bomba de calor. La única potencia eléctrica necesaria es para que un ventilador 122 sopla aire a través de las aletas de un intercambiador de calor sobredimensionado y para hacer circular el aire enfriado por la vivienda. El agua potable fría se sigue utilizando para absorber el calor de la vivienda (a través de su propio intercambio de calor interno) hacia un bucle cerrado de agua circulante por el sistema intercambiador de calor sobredimensionado de la vivienda y el tanque de agua potable. El agua potable seguirá volviendo periódicamente a la infraestructura subterránea de agua. En este ejemplo, se emplearía una bomba de calor solamente para calentar las viviendas.

Las aplicaciones geotérmicas de agua potable en invierno funcionan de manera un poco distinta a la de los ejemplos anteriores. En lugar del tanque de almacenamiento presurizado de agua potable, que se calienta aproximadamente 10°C antes de ser devuelta al suministrador de agua, el agua potable se enfriará aproximadamente 10°C. El resto del proceso es el mismo, aunque no se utilice agua potable enfriada para agua caliente doméstica, cocinar, lavado de ropa, etc., ya que el uso de agua potable directa más caliente para la alimentación de agua caliente reducirá la demanda de energía. Cuando las temperaturas estacionales caen por debajo de 60°F aproximadamente (15,6°C), la mayor parte del agua enfriada debe ser desviada de vuelta al suministrador de agua. Sin embargo, el uso de agua potable procedente del tanque de almacenamiento 60 para usos exteriores y no domésticos ayudará a la bomba de calor a extraer calor del volumen más alto de agua caliente resultante a la temperatura del suelo, que no está reciclada. En pleno invierno (por ejemplo, temperatura del aire a -10°C), el agua potable geotérmica relativamente caliente de 40-55°F (7,2-12,8°C), por supuesto, asegurará un alto rendimiento de la bomba de calor, si se compara con tratar de extraer calor del aire exterior, frío invernal.

Debe quedar claro también que los sistemas de GHP de la presente invención se pueden instalar mucho más rápidamente que los sistemas geotérmicos de la técnica anterior debido a que no se necesita concepción arquitectónica

## ES 2 315 375 T3

elaborada, no se necesitan autorizaciones de excavación, no se exigen equipos de excavación, no se necesitan taladros para comprobar la temperatura del suelo, no son posibles retrasos por el clima, no se necesita ninguna restauración de la superficie del terreno, y son posibles muy pocas acciones judiciales por daños materiales (problema común con los grandes equipos de excavación). La presente invención tampoco afecta a la futura construcción en terrenos geotérmicos subterráneos dedicados (devaluación potencial de terrenos), que es un efecto secundario negativo actual de las instalaciones subterráneas de GHP de la técnica anterior.

Las viviendas actualmente atendidas por infraestructuras masivas subterráneas de suministro de agua podrían adoptar inmediatamente la presente invención sin limitación alguna. De acuerdo con la publicación de la Environmental Protection Agency (EPA) de referencia, los sistemas de geointercambio son los sistemas de “acondicionamiento del espacio” más eficaces en materia de energía y más limpios en materia ambiental conocidos. (Fuente: “Space Conditioning: The Next Frontier”, EPA 430-R-93-004, abril 1993). En el mismo estudio de la EPA de referencia, se demostró que las tecnologías de refrigeración y calentamiento no geotérmicas de la técnica anterior consumen 4 veces más energía que las tecnologías geotérmicas asistidas por bomba de calor. Además, se determinó que los tan sólo 400.000 (aproximadamente el 0,2% de las aplicaciones potenciales) sistemas de bomba de calor geotérmicos actualmente instalados en Estados Unidos están reduciendo ahora las emisiones invernadero de gas CO<sub>2</sub> en más de un millón de toneladas métricas por año (2,5 toneladas (2,54 toneladas) por instalación geotérmica). Aquel estudio de la EPA no incluía los ahorros de energía mediante la cogeneración por células energéticas, ni tampoco ninguna de los demás ahorros de energía de calentamiento/refrigeración posibles ahora con la presente invención. Las reducciones de CO<sub>2</sub> con la presente invención podrían sobrepasar fácilmente las cinco toneladas de CO<sub>2</sub> por año y vivienda. Aquel millón de toneladas métricas por año no es el único efecto anticontaminación. El CO<sub>2</sub> es sólo una fracción del impacto total anticontaminación de la GHP sobre el aire, más limpio, aguas más limpias y atmósfera más rica en oxígeno.

Con la esperanza incluso de ampliar el número de aplicaciones geotérmicas de “Acondicionamiento de Espacios” a 10 o incluso 100 millones de viviendas, y especialmente para convencer a las personas para que actualicen las viviendas existentes, los costes de las instalaciones geotérmicas deben bajar de forma muy significativa. Motivar a las personas para que eliminen sus actuales sistemas completamente funcionales de la técnica anterior, y pedir a las personas que no esperen 20 a 40 años más para sustituirlos cuando sus sistemas actuales fallan, es algo hoy día muy complicado. El elemento disuasorio fundado para la conexión a los sistemas de GHP de la técnica anterior ha sido los numerosos años de cash-flow negativo como consecuencia de los altos costes totales de instalación. La presente invención elimina estos elementos disuasorios a la adopción inmediata del ahorro de energía geotérmica, proporcionando un cash-flow positivo lo suficientemente alto, de modo tal que un consumo energético mensual más bajo sea suficiente para más que contrarrestar los pagos mensuales de la instalación geotérmica. Es posible una recuperación inmediata de la inversión geotérmica con la presente invención, a diferencia de los años en la futura utilización de tecnologías de la técnica anterior.

Tal como se ilustra en la Fig. 6, el calor residual procedente de una planta generadora de energía eléctrica 124 se puede acoplar a una alimentación de agua comercial 52 a través de un bucle adecuado de intercambio de calor 126 para su distribución por el sistema de alimentación de agua. Esta valiosa energía térmica inercial residual procedente de una planta de energía eléctrica posibilita notables ahorros de energía en invierno a los usuarios de agua geotérmica, ya que en lugar de suministrar agua potable inercial en el rango de temperaturas de 40-55°F (4,4-12,8°C), se puede suministrar agua potable a 65-85°F (18,3-29,4°C), creando bombas de calor significativamente más eficaces en un invierno de alta demanda de BTU. Una eficacia mucho más alta de la bomba de calor significa un coste mucho más bajo en la energía de calentamiento.

Existen al menos cuatro incentivos para que las compañías de servicios públicos instalen cantidades masivas de sistemas geotérmicos:

- a) las compañías eléctricas pueden elegir instalar sistemas geotérmicos en distritos locales eléctricamente sobrecargados, reduciendo y equilibrando así sus cargas eléctricas;
- b) cuanto más sistemas geotérmicos instalados en sus clientes base, probablemente más venderán grandes cantidades de calor inercial residual extremadamente rentable a las compañías de agua locales;
- c) finalmente, la ventaja final de las compañías eléctricas en las instalaciones geotérmicas es el retraso potencial o la eliminación de la necesidad de construir nuevas centrales eléctricas adicionales muy caras, y;
- d) las compañías de agua comercial están motivadas para cooperar para 1) el incentivo de beneficiarse de agua geotérmica más valiosa; 2) el aumento de agua de más alta calidad, posible con la iluminación antibacteriana con UV de la presente invención; y 3) sistemas de control antiterrorista del agua.

Con la unión ventajosa del agua comercial y el calor inercial residual procedente de centrales eléctricas de muy bajo coste, las instalaciones geotérmicas se pueden convertir en máquinas de bombeo de calor considerablemente más eficaces. Esta mayor eficacia permite que la bomba de calor geotérmica misma sea subdimensionada en una bomba de calor que utilice menos potencia eléctrica.

## ES 2 315 375 T3

La cogeneración eléctrica por célula energética en planta, ilustrada por la célula energética 130 de la Fig. 6, es una realización preferente aun más eficaz de la presente invención geotérmica. El uso de las canalizaciones de agua comercial para distribuir el calor residual comercial procedente de centrales eléctricas es muy práctico y económico, a pesar de las ineficacias inherentes a la distribución de agua potable subterránea calentada y a las largas distancias. Sin embargo, estas últimas ineficacias del calor residual comercial procedente de las centrales eléctricas se pueden eliminar totalmente con la cogeneración de electricidad por célula energética en planta, en la cual la eficacia energética (en porcentaje) tanto de la célula energética como del compresor de la bomba de calor GeoSolar se incrementa. Tal como se ilustra, la célula energética produce electricidad en la línea eléctrica 132, mientras que el calor residual procedente de la célula es suministrado por medio del bucle 134 a la bomba de calor 62 para producir un nuevo y muy deseable efecto neto.

Una aplicación ideal del calor residual por célula energética en planta es la cogeneración ilustrada con la presente invención geotérmica. Casi todo el calor invernal residual de la célula energética puede ser acoplado por medio del bucle 134 y absorbido eficazmente en el tanque que contiene agua potable geotérmica. En primer lugar, las necesidades de calefacción geotérmica son muy superiores a las necesidades de agua caliente. El calentamiento del espacio es una necesidad continua, mientras que el agua caliente no lo es. La presente invención no emplea un bucle cerrado subterráneo ineficaz de agua circulante. La totalidad del calor residual de la célula energética puede ser utilizada por la bomba de calor geotérmica (en invierno). De hecho, la presente invención, que posee un tanque que contiene agua potable y ningún bucle cerrado de flujo subterráneo, puede utilizar incluso agua de pozo con calor residual de la célula energética para la cogeneración. Por tanto, la presente invención, cuando se combina con la cogeneración mediante célula energética, tiene aplicaciones aun en lugares rurales en los cuales no existe agua comercial ni tampoco electricidad comercial.

La clave para una unión con éxito de la cogeneración de calor residual mediante célula energética y calentamiento geotérmico reside en la confianza de la presente invención en su tanque que contiene agua. El agua de un pozo puede ser aspirada en el tanque, igual que el agua potable comercial, en cuyo caso se descarga el agua del tanque calentada (normalmente en un segundo pozo cercano para el abastecimiento del nivel freático, sin embargo esta realización no cae dentro del alcance de las reivindicaciones) cuando (o si) el tanque alcanza una temperatura predeterminada. Tal como se detalla anteriormente, la realización preferente de la presente invención geotérmica incluye el uso de agua potable y de un tanque de almacenamiento cerrado con cogeneración mediante células energéticas.

En verano, cuando la totalidad del calor residual por célula energética no puede ser absorbido por el sistema de bombeo geotérmico, y si la alimentación de agua caliente está plenamente satisfecha, se puede descargar el calor residual de la célula energética en la atmósfera mientras se sigue proporcionando electricidad de bajo coste para hacer funcionar el sistema de refrigeración geotérmico de verano. La eficacia global de la invención geotérmica de cogeneración combinada no tiene parangón. Cuando están solamente combinadas por la presente invención de modo tal que el calor residual de las células energéticas complementa el calentamiento geotérmico del invierno y el agua caliente de todo el año, la combinación puede reducir las facturas del servicio público, al mismo tiempo que reduce drásticamente las emisiones de CO<sub>2</sub>.

La presente invención sin excavaciones abre todavía otras oportunidades para obtener una eficacia global considerablemente más alta mediante la recuperación de calor auxiliar adicional de otras fuentes disponibles de calor residual, tales como líneas de alcantarillado, centrales eléctricas, plantas de utilización de aguas negras o fuentes industriales tales como plantas de fabricación o similares. Por ejemplo, el calor de las aguas negras (aguas de descarga de las alcantarillas) se puede recuperar eficazmente en invierno a través de un bucle auxiliar de recuperación de calor. Las aguas negras se componen de agua residual de ducha y baño a 104°F (40°C); agua residual de lavaplatos a 120°F (48,9°C); agua residual de lavadoras a 120°F (48,9°C); agua de cocción a 200°F (93,3°C); agua del retrete a 72°F (22,2°C); más agua residual procedente de la cocina y el lavabo/bañera. El volumen promedio de aguas negras descargado por hogar es de aproximadamente 200 galones (757 litros) al día, ó 6.000 galones (22.712,5 litros) al mes, a una temperatura media de 80°F (26,7°C). En invierno, la temperatura del agua potable entrante puede ser tan baja como de 40°F (4,4°C). La diferencia de temperatura (80°F - 40°F) (26,7°C - 4,4°C) representa una enorme pérdida de calor de cada residencia en invierno. Las pérdidas térmicas de las aguas negras sobrepasan con creces las pérdidas de calor conjuntas de las ventanas y el aislamiento en una casa térmicamente eficaz y bien diseñada. Los sistemas de calentamiento de la técnica anterior no pueden recuperar la energía térmica de las aguas negras, esencialmente debido a que la temperatura de las aguas negras no es suficientemente alta. Hace falta una bomba de calor, tal como se utiliza en el presente sistema sin excavaciones, para una alta recuperación de energía de las aguas negras. El coste para recuperar la energía de las aguas negras es comparable, o inferior, al coste de aislar una casa, con una recuperación muy rápida del coste de instalación. Unos cientos de dólares para instalar un serpentín de intercambio de calor 140 para las aguas negras y una bomba de calor 142 en la línea de agua residual de la vivienda representa lo esencial de las piezas añadidas al sistema sin excavaciones de la presente invención. Si la tubería de alcantarillado 144 en un edificio ya existente está expuesta y fácilmente accesible, se puede envolver un serpentín de agua intercambiador de calor alrededor de la tubería metálica típica de alcantarillado de 4 pulgadas de diámetro. Se puede utilizar una bomba de agua pequeña y de bajo consumo eléctrico para hacer circular el calor de las aguas negras desde la tubería de aguas negras de vuelta a la bomba de calor 62. Alternativamente, se puede eliminar y sustituir una sección de la tubería de alcantarillado en PVC por una sección prefabricada de intercambio de calor de las aguas negras de la tubería metálica de alcantarillado. En todos los casos, el calor de las aguas negras se acopla a un bucle circulante 146 de agua entre la tubería de aguas negras y la bomba de calor. El sistema completo de recuperación de energía de las aguas negras puede ser físicamente pequeño, no obstructivo, silencioso y extremadamente eficaz. Las facturas de agua caliente invernal y de calefacción pueden

## ES 2 315 375 T3

verse reducidas notablemente con la recuperación de energía de las aguas negras. La recuperación de energía de las aguas negras es particularmente aplicable al presente sistema debido a que los tanques de almacenamiento de agua no acoplan la energía de las aguas negras en un bucle subterráneo de circulación de agua. Se pueden utilizar también otras fuentes de calor auxiliar para recuperar un calor de otro modo desaprovechado.

5 Aunque la presente invención geotérmica no exija excavación y sea por tanto una instalación geotérmica muy económica, sigue ofreciendo las mismas ventajas bien conocidas en cuanto a su eficacia que las instalaciones geotérmicas de la técnica anterior. Dependiendo de las temperaturas locales del agua del subsuelo (latitud) y de los costes locales de la electricidad comercial, los sistemas de bomba de calor geotérmico son normalmente como mínimo de 2 a 4  
10 veces más baratos (1/2 a 1/4 del coste) en su funcionamiento que los sistemas no geotérmicos. El coste local de la electricidad es normalmente el factor más significativo en la estimación de los costes operativos de los sistemas geotérmicos, debido a que las bombas de calor geotérmico están accionadas eléctricamente y son así sistemas auxiliares de ventilación motorizados para el aire.

15 El servicio de agua comercial a las comunidades rurales decrece abruptamente cuando el coste para instalar canalizaciones en cada vivienda rural sobrepasa el período comercial de recuperación de la inversión establecido por los productores de agua potable de la comunidad. Con los incentivos de beneficios significativamente más altos a las compañías de agua detallados anteriormente, es más probable que se pueda atender eficazmente en materia de coste más viviendas rurales con agua comercial y agua geotérmica. En el otro extremo, la profundidad del agua subterránea  
20 urbana para altos edificios por persona no es tan grande como la profundidad de alimentación de agua subterránea por vivienda. El calor geotérmico en verano transferido desde estructuras altas a los sistemas de agua potable subterráneos puede, en ciertas condiciones, sobrecargar el sistema de agua municipal (elevar la temperatura del agua potable hasta más de 80°F (26,7°C)), lo que resulta en una eficacia geotérmica reducida en verano. Sin embargo, en las grandes ciudades, los mayores diámetros de las tuberías subterráneas tienen una mayor exposición superficial al suelo, lo que  
25 compensa las longitudes más cortas de las tuberías. Estas consideraciones geotérmicas complejas de longitud de tubería con respecto a su área superficial, con respecto a las condiciones del suelo y la profundidad de la tubería, son todas ellas factores para diseñar futuras instalaciones extendidas de GHP. Si la temperatura a nivel del suelo del agua potable no empieza a mostrar señales de subida de la temperatura y reducción significativa de las eficacias geotérmicas, se pueden hacer muchas cosas para ampliar en gran medida la capacidad geotérmica urbana ya existente, mediante la  
30 utilización de otras infraestructuras subterráneas existentes para cantidades mucho más grandes de energía geotérmica en verano.

Para ampliar en gran medida la capacidad geotérmica nacional ya existente, (si la saturación térmica empieza a aparecer en zonas muy pobladas, en un futuro lejano), es relativamente sencillo y eficaz en coste conectar térmicamente  
35 los dos sistemas subterráneos masivos ya existentes - alcantarillado y agua potable. Hace falta resaltar el término "conectar térmicamente". Las canalizaciones de agua potable no deberían pasar nunca cerca de las tuberías de alcantarillado. Sin embargo, es bastante sencillo conectar térmicamente los dos sistemas con un bucle cerrado de intercambio de calor presurizado capaz de llevar calor entre los dos sistemas sin posibilidad virtual alguna de que ambos extremos del bucle térmico desarrollen una pérdida contaminante simultánea, especialmente si el bucle cerrado mantiene una  
40 presión positiva en el mismo. Un bucle térmico relativamente sencillo y barato entre los sistemas de agua potable y alcantarillado puede intercambiar fácilmente energía térmica de un sistema al otro. Incluso una ciudad de población densa puede duplicar o cuadruplicar su capacidad geotérmica total con ambos sistemas de agua y alcantarillado unidos térmicamente de forma eficaz en materia de coste.

45 Siguen existiendo posibilidades de expansión más importantes para zonas con densas poblaciones en un futuro lejano. Por ejemplo, el agua profunda muy fría (40°F) (4,4°C) de un océano/lago puede bombearse y termointercambiarse con agua potable antes del envío del agua potable a los clientes. Así, en lugar de agua comercial a 80°F (26,7°C) suministrada a clientes de energía geotérmica en verano, se puede suministrar agua potable a 50°F (10°C) (o más fría). Los ahorros en energía geotérmica pueden aumentar mucho. Se podría ayudar fácilmente con la presente invención a  
50 enfriar geotérmicamente toda una gran ciudad en el futuro utilizando agua potable como soporte de energía térmica.

Finalmente, en zonas de población extremadamente densa, donde el flujo (uso) de agua potable subterránea puede no ser lo suficientemente alto como para llevar aguas abajo suficiente agua para enfriar al siguiente usuario térmico, la eficacia en materia de coste de añadir un bucle cerrado de agua potable circulante al sistema de agua urbana es  
55 una excelente solución eficaz en cuanto al coste. En otras palabras, si se alcanzara alguna vez la saturación térmica de las ciudades más densamente pobladas, y si todas las demás opciones más fáciles están agotadas, es posible tomar agua potable del extremo de un sistema de tuberías de agua potable y conectarlo al principio de aquella misma tubería (aguas arriba) y colocar una bomba de agua en el bucle de retorno, para que el agua potable no se estanque en el subsuelo.

60 Existe otra situación geotérmica probablemente no urbana que podría presentar un problema si las GHP no se instalan adecuadamente. Es posible que en un sólo edificio alto con muchos usuarios de GHP que el agua potable procedente de un usuario (tal como un departamento) vuelva a la red de tuberías de aquel edificio sin que haya llegado siquiera al suelo para el intercambio térmico necesario. En estas situaciones, sería necesario invertir simultáneamente  
65 el bombeo del agua potable geotérmica desde todos (o desde la mayoría) los tanques geotérmicos individuales (departamentos) automáticamente, para que el volumen de agua geotérmica salga del edificio por todo el recorrido de vuelta al subsuelo. Alternativamente, un gran tanque de agua potable para todo el alto edificio puede dimensionarse de forma suficiente para bombear de vuelta el agua potable por todo el recorrido a la infraestructura de agua subterránea. En

## ES 2 315 375 T3

5 el momento en que todo el agua geotérmica del edificio ha sido expulsada de los tanques y del edificio de vuelta al subsuelo, se puede dejar que agua geotérmica nueva vuelva a llenar los tanques geotérmicos individuales, o el gran tanque, y empiece de nuevo el ciclo. Observen que la presión del agua dentro del edificio cambia poco durante todo el proceso debido a que todos los tanques de almacenamiento geotérmico se mantienen a presión constante hasta que se bombeen a la inversa a una presión de retorno ligeramente más alta. La inversión del flujo de agua de vuelta a la red de tuberías requiere sólo una ligera presión de retorno adicional.

10 En resumen, la energía geotérmica, o de forma más precisa la energía “GeoSolar”, es el mayor almacén de energía más limpia, gratuita, renovable de la tierra. La presente invención geotérmica tiene acceso a esta abundante energía mediante la utilización de una sola tubería de alimentación de agua potable ya existente conectada a la infraestructura de agua subterránea, y por este medio elimina completamente el alto coste de una excavación geotérmica y de los bucles de intercambio de calor. El tanque de almacenamiento de agua potable de la presente invención ofrece una oportunidad única para utilizarlo como tanque de almacenamiento de energía para el calor residual de un generador eléctrico de célula energética *in situ*. Esta unión única de la presente invención con la cogeneración de electricidad 15 *in situ* es aun más eficaz en materia de energía debido a que no existen pérdidas de calor en invierno como en los bucles subterráneos de agua circulante de la técnica anterior. La presente invención geotérmica, con tanques que contienen agua y células energéticas, se puede instalar inclusive con fuentes de agua de pozos en lugares rurales o desérticos. Además, se pueden utilizar diversos tipos de bombas de calor con el sistema ilustrado sin apartarse del alcance y propósito descritos. La capacidad térmica del agua potable comercial puede aumentarse en verano 20 mediante la disipación del exceso de calor del agua potable en las aguas residuales de plantas de depuración o en masas cercanas profundas de agua fría. El contenido en energía térmica del agua potable puede ser incrementado en invierno mediante la compra de calor residual de bajo coste procedente de las compañías de electricidad comercial, calor industrial residual, o reciclando calor de agua de plantas de evacuación de aguas de alcantarillado. Así, mediante la implementación acertada de todas las oportunidades de transferencia de calor residual masivo a agua potable, se 25 posibilita regular en realidad la temperatura de la mayoría de la infraestructura de agua potable subterránea del mundo a aproximadamente 70°F (21,1°C), (80°F (26,7°C) en invierno y 60°F (15,6°C) en verano), y al hacerlo permitir una eficacia mucho más alta de las bombas de calor (potencia de entrada eléctrica mucho más baja de la bomba de calor). La presente invención prepara el terreno para ahorros energéticos asombrosamente importantes.

30 Aunque la presente invención haya sido descrita en términos de las realizaciones preferentes, será evidente para los especialistas en la técnica que se pueden realizar numerosas modificaciones y variaciones sin apartarse de las reivindicaciones.

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Sistema geotérmico (50), que comprende:

5 un tanque de almacenamiento de agua (60);

un intercambiador de calor (62) térmicamente acoplado a dicho tanque de almacenamiento (60);

10 una entrada de agua (59) que va desde una fuente de agua potable subterránea hasta dicho tanque de almacenamiento (60) para suministrar agua potable a dicho tanque de almacenamiento (60); y

una bomba de agua (64) conectada a dicha entrada de agua (59) y dicho tanque (60) para retornar el agua potable de dicho tanque de almacenamiento (60) a dicha fuente de agua potable subterránea por dicha entrada (59).

15 2. Sistema según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicha entrada de agua (59) es una tubería (59) conectada a una fuente de agua potable municipal presurizada (52), a dicho tanque de almacenamiento (60) y a dicha bomba (64), suministrándose el agua potable presurizada a dicho tanque de almacenamiento (60) a partir de la fuente de agua presurizada (52), y retornando a la fuente de agua presurizada (52) a través de dicha tubería de entrada de agua (59) por dicha bomba de agua (64).

3. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dicha fuente de agua potable subterránea (52) es un sistema subterráneo de tuberías de agua que transporta agua potable a múltiples lugares, encontrándose el sistema de tuberías de agua en una relación de intercambio de calor con el suelo.

4. Sistema según la reivindicación 3, **caracterizado** porque dicha entrada de agua (59) es una única tubería que se interconecta con dicho sistema subterráneo de tuberías de agua, dicho tanque de almacenamiento de agua (60) y dicha bomba de agua (64), **caracterizado** porque el agua potable circula por dicha tubería de agua (59) en una primera dirección para suministrar agua desde dicho sistema de tuberías hasta dicho tanque de almacenamiento (60) y circula en una dirección contraria para devolver el agua procedente de dicho tanque de almacenamiento (60) a dicho sistema de tuberías.

5. Sistema según la reivindicación 4, **caracterizado** porque dicho sistema subterráneo de tuberías de agua forma al menos parte de una fuente de agua potable comercial ya existente para calentar y refrigerar un espacio cerrado.

35 6. Sistema según la reivindicación 5, que incluye además un intercambiador de calor auxiliar (124) conectado a dicho sistema subterráneo de tuberías de agua para calentar o enfriar agua potable.

40 7. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye además un intercambiador de calor auxiliar (120) para modificar la temperatura de dicha agua potable en dicho tanque de almacenamiento.

8. Sistema según la reivindicación 7, **caracterizado** porque dicho intercambiador de calor auxiliar está acoplado térmicamente para recibir calor residual procedente de una célula energética que genera electricidad.

45 9. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye además un medio de tratamiento de agua para retornar el agua a dicha fuente.

50 10. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye además una fuente de calor auxiliar conectada para añadir calor a dicha agua potable, estando dicha fuente de calor auxiliar calor residual disponible de al menos una fuente de un grupo de fuentes de calor residual que incluye células energéticas, líneas de alcantarillado, centrales eléctricas, plantas de utilización de aguas negras o fuentes industriales.

55 11. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye además una fuente refrigerante auxiliar térmicamente conectada para eliminar calor de dicha agua potable, procediendo dicha refrigeración auxiliar de masas naturales de agua.

60 12. Sistema según la reivindicación 1, para calentar o refrigerar el espacio, **caracterizado** porque dicho intercambiador de calor (62) comprende una bomba de calor conectada a dicho tanque (60) en una relación de intercambio de calor con el agua almacenada en dicho tanque (60); y un medidor invertible de agua (58) conectado entre dicha fuente de agua potable (52) y dicho tanque (60) y entre dicha bomba de agua (64) y dicha fuente (52).

13. Sistema según la reivindicación 12, que incluye además un monitor de calidad del agua para el agua devuelta a dicha fuente de agua potable.

65 14. Sistema según la reivindicación 12 ó 13, que incluye además un medio de tratamiento del agua para el agua devuelta a dicha fuente de agua potable.

## ES 2 315 375 T3

15. Sistema según la reivindicación 14, **caracterizado** porque dicho medio de tratamiento del agua incluye una lámpara germicida.

5 16. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 15, que incluye además una fuente de calor auxiliar conectada para añadir calor a dicha agua potable, siendo dicha fuente de calor auxiliar calor residual disponible de al menos una fuente de un grupo de fuentes de calor residual que incluye células energéticas, líneas de alcantarillado, plantas de utilización de aguas negras, centrales eléctricas o fuentes industriales.

10 17. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 16, **caracterizado** porque dicha fuente de agua potable es un sistema subterráneo de tuberías de agua que transporta agua potable a múltiples lugares, encontrándose el sistema de tuberías de agua en una relación de intercambio de calor con el suelo.

15 18. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 16, **caracterizado** porque dicha fuente de agua potable es una alimentación de agua potable municipal presurizada para calentar o refrigerar un espacio cerrado.

19. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 18, que incluye además una única tubería de entrada de agua que se interconecta con dicho tanque y dicha bomba a través de dicho medidor de agua invertible a dicha fuente de agua potable.

20 20. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 19, **caracterizado** porque dicha fuente de agua potable es un pozo.

25 21. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 19, **caracterizado** porque dicha fuente de agua potable es una alimentación de agua comercial.

22. Sistema según la reivindicación 1, para calentar o refrigerar un espacio, **caracterizado** porque;

30 dicho intercambiador de calor está acoplado térmicamente a dicho tanque (60) y se encuentra en una relación de intercambio de calor con el agua almacenada en dicho tanque (60) y con el espacio que ha de ser calentado o refrigerado;

dicha entrada de agua comprende una única tubería de entrada de agua que conecta dicho tanque y dicha bomba a dicha fuente, suministrando dicha única tubería agua procedente de dicha fuente a dicho tanque (60) y retornando el agua procedente de dicha bomba (64) a dicha fuente;

35 y un medidor invertible de agua (58) conectado a dicha única tubería de entrada de agua (59).

40 23. Sistema según la reivindicación 22, **caracterizado** porque dicha fuente comprende un sistema subterráneo de tuberías de agua conectado a las tuberías de entrada de agua para que múltiples tanques proporcionen calentamiento y refrigeración a múltiples espacios.

24. Sistema según la reivindicación 22 ó 23, **caracterizado** porque dicho intercambiador de calor está acoplado térmicamente a una bomba de calor para refrigerar un espacio cerrado correspondiente.

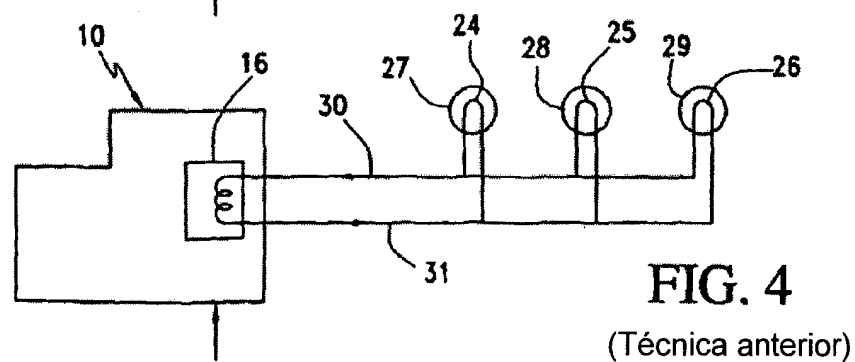
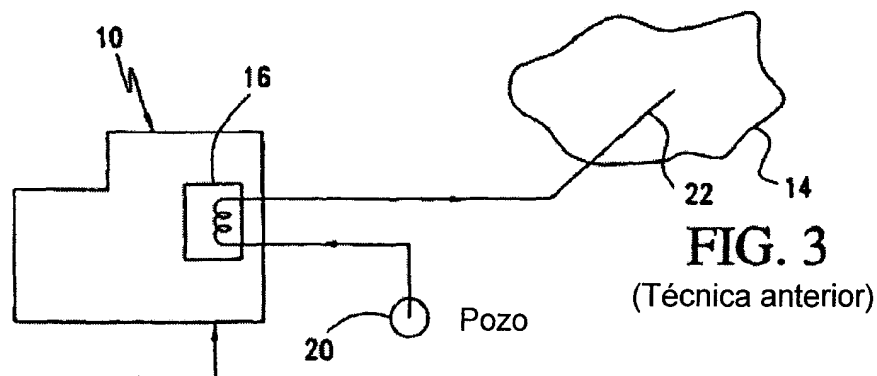
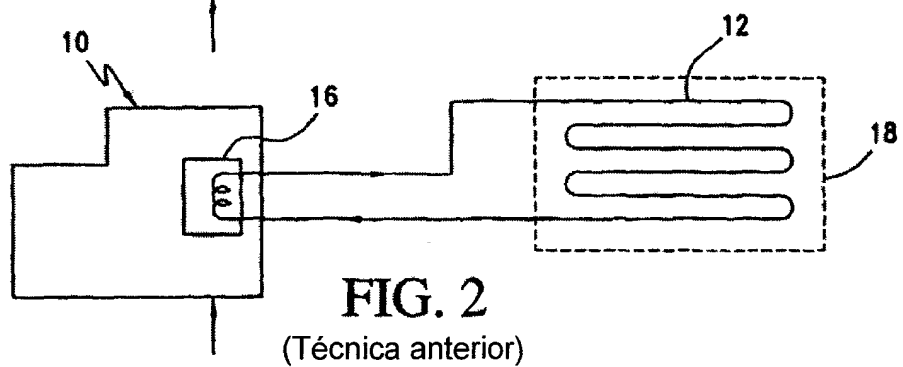
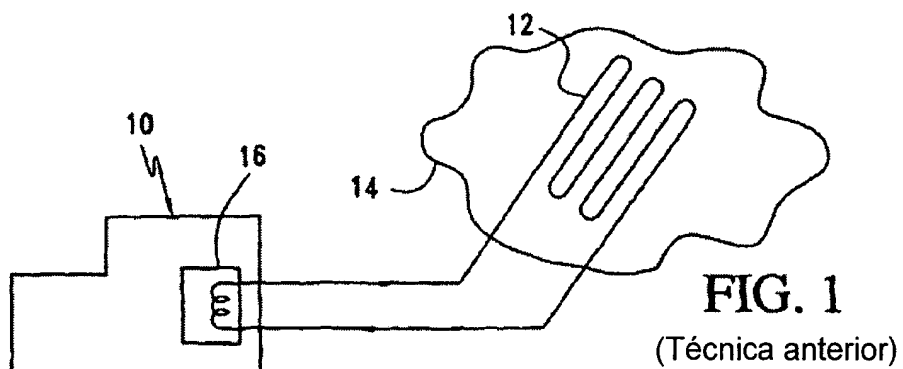
45 25. Sistema según la reivindicación 22, **caracterizado** porque dicha fuente comprende un sistema subterráneo de tuberías de agua conectado a múltiples tuberías de entrada de agua que conducen cada una a un tanque correspondiente.

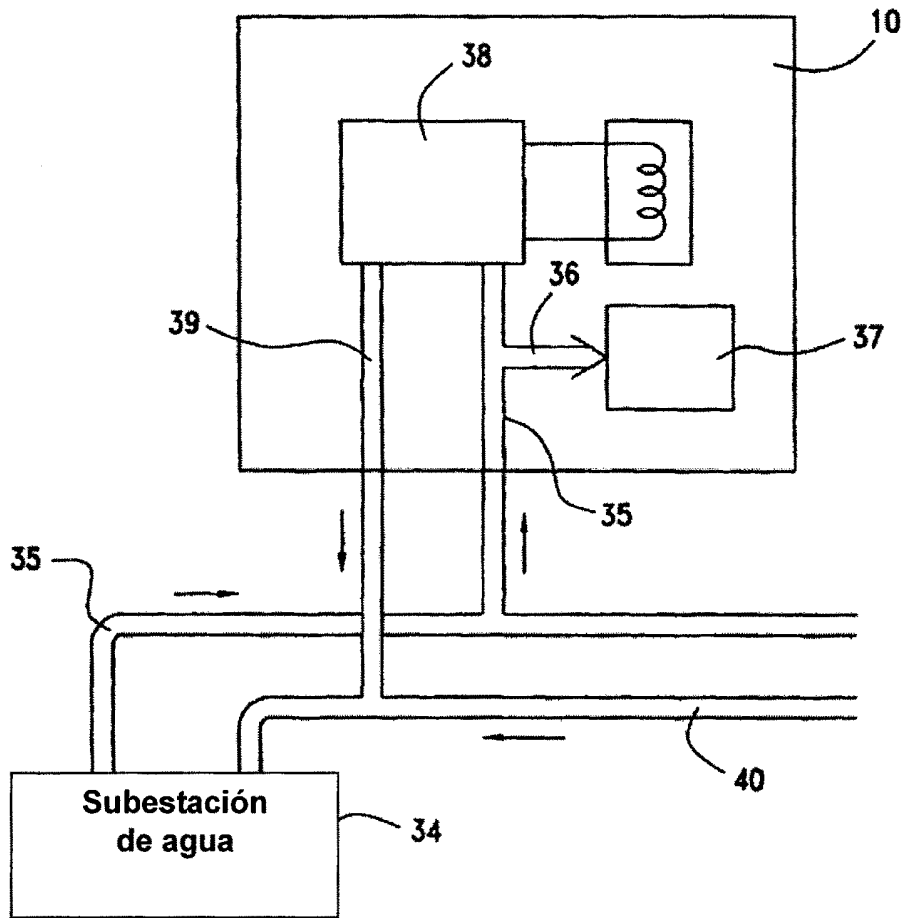
50

55

60

65





**FIG. 5**  
(Técnica anterior)

