

## **INTEGRANDO RENOVABLES EN UNA CIUDAD SOSTENIBLE: GEOTERMIA URBANA**

María Jesús Sacristán de Miguel

*Ciudadela Azul*

### **Resumen:**

*Cuando queremos integrar las energías renovables en el medio urbano, nuestro objetivo es que la ciudad se desarrolle de forma sostenible satisfaciendo las necesidades de los ciudadanos que la habitan: vivienda, trabajo, ocio, relaciones sociales, comunicaciones, espacios creativos comunitarios, cultura, estímulos colectivos,...*

*Todas las infraestructuras en su planificación deben valorar esas necesidades, para que una vez ejecutadas faciliten esas actividades a todos los ciudadanos. Centrándonos en las infraestructuras energéticas, tenemos la oportunidad de desarrollar un nuevo sistema de generación energética que se alimenta de las energías renovables como fuentes sostenibles. En este caso nos centramos en la geotermia somera como una de las opciones eficientes en la climatización de edificios, tanto viviendas como oficinas. Nuestro objetivo es encontrar los ámbitos y escalas de aplicación más adecuados para que el intercambio de calor con el subsuelo se establezca de forma sostenible en el medio urbano. Se valora la gran oportunidad que presenta esta energía para la implantación de redes de distrito y trataremos de encontrar las escalas urbanas más adecuadas para su implantación.*

*Proponemos integrar la energía geotérmica en el sistema energético urbano desarrollando una infraestructura con visión de futuro cuyo objetivo principal sea el aprovechamiento de las energías renovables locales, las más propicias en nuestro entorno urbano y en nuestro ámbito de actuación.*

*Los requerimientos iniciales se basarán en un estudio de los recursos disponibles en nuestra ciudad para lo que necesitamos conocer sus características medioambientales, el sistema geomorfológico sobre el que la ciudad se asienta, el sistema atmosférico, e interactuando con ambos la biodiversidad ecológica de todos los seres vivos que interactúan entre ellos y con ambos sistemas.*

*Es este conjunto, específico de cada ciudad, lo que debemos conocer para respetarlo como sistema, es decir como conjunto de recursos materiales y seres vivos que tienen un modo de interactuar que es la clave para el funcionamiento y vitalidad del sistema.*

*El ser humano como parte de ese sistema, actuará respetando las reglas del sistema gestionando sus necesidades energéticas vitales, respetando el intercambio energético que el medio urbano soporta.*

*Esta idea de identificar la cuantificación del intercambio que el ambiente urbano soporta, es la clave para un desarrollo sostenible, y es la clave que exigen los recursos geotérmicos para que podamos disfrutar –explotar- toda la potencialidad energética que estos recursos reportan.*

*Desde un estudio y recopilación de los usos de los recursos geotérmicos a lo largo de la historia podemos retomar ideas para volver a utilizar esos recursos de una forma más eficiente con la implantación de una infraestructura urbana que utilice las nuevas tecnologías actuales para implementar la energía geotérmica dentro de un mix de generación de energías renovables que contribuya a la sostenibilidad en la ciudad.*

*El carácter gestionable de la energía geotérmica, ofrece una característica esencial para conseguir la estabilidad en un sistema energético urbano con generación basada en energías renovables.*

## Introducción

Estamos en un momento de cambio en el modelo de generación energética, el nuevo modelo se debe conformar con las posibilidades que las nuevas fuentes renovables de generación energética nos ofrecen. Una de estas posibilidades es la generación local, característica que provee de autonomía al cliente final, que podemos considerar como célula consumidora. La red entre consumidores, ahora debe conformarse como un sistema de apoyo en el mantenimiento y gestión del recurso, más que como sistema de distribución. Ahora necesitamos una red que se organice como un sistema de comunicación reversible de doble sentido, no nos sirve el sistema de un solo sentido vigente hasta ahora.

El nuevo modelo de red energética deberá ser un sistema de gestión y mantenimiento más que un sistema de distribución. Esto supone un cambio, pasar del sistema energético actual, un sistema de distribución, a un nuevo sistema de gestión, abastecido por energías renovables locales. La nueva infraestructura energética se implementa y gestiona desde los puntos de generación, cerca del usuario final. Las características de las energías renovables nos proporcionarán los datos sobre cómo debe ser el nuevo

sistema. En este estudio analizamos la geotermia somera como recurso de generación energética en ámbitos urbanos.

La característica de gestionabilidad, específica de la geotermia puede servir como la base de generación energética que aporta la demanda base de este nuevo sistema energético en las áreas urbanas en las que sea viable este tipo de generación, por disponer del recurso geotérmico y de las condiciones adecuadas para su explotación.

La sostenibilidad energética recomienda unas escalas de desarrollo en el momento de planificar la explotación y gestión de los recursos energéticos. Si estamos hablando de los recursos geotérmicos de un organismo urbano, es recomendable que descubramos las escalas adecuadas para aprovechar la energía geotérmica en la ciudad de forma sostenible. Tenemos que localizar esos órganos que dan vida a nuestro organismo urbano en la escala adecuada dentro del ámbito urbano.

Partimos de una ciudad existente para regenerarla como ciudad sostenible, actuando en su infraestructura metabólica, en este caso nos centraremos en una actuación en la infraestructura energética para conseguir la base de sus necesidades gestionando los recursos geotérmicos existentes bajo sus cimientos. La integración de la energía geotérmica en el sistema energético urbano se implementará en una infraestructura cuyo objetivo principal sea el aprovechamiento de las energías renovables locales, las más propicias en nuestro entorno urbano y en nuestro ámbito de actuación.

En este caso nos centramos en la geotermia somera como una de las opciones eficientes en la climatización de edificios, tanto viviendas como oficinas. Nuestro objetivo es encontrar los ámbitos y escalas de aplicación más adecuados para que el intercambio de calor con el subsuelo se establezca de forma sostenible en el medio urbano. Se valora la gran oportunidad que presenta esta energía para la implantación de redes de distrito y trataremos de encontrar las escalas urbanas más adecuadas para su implantación.

Europa busca la eficiencia energética en todos los procesos y servicios, busca un nuevo tipo de producción energética basada en las Energías Renovables, busca optimizar estableciendo unas condiciones de entorno adecuadas para desarrollar este nuevo mercado creado con los nuevos sistemas tecnológicos de producción y gestión energética. Siguiendo este nuevo modelo, el ideal será buscar el mix energético óptimo para el entorno de nuestra edificación, con un sistema de control y monitorización adecuado al tamaño de cada ámbito de intervención. En este estudio nos centramos en el desarrollo e implementación de la generación geotérmica, y esta parte del mix, la geotermia será la que nos ayude a empezar a definir la escala de los ámbitos de implantación del nuevo sistema.

La situación económica y energética en el momento actual nos dan las claves de la conveniencia del uso de las energías renovables locales y en particular de la energía geotérmica somera, objeto de nuestro análisis.

## Objetivos

Desde la conveniencia del uso de energías renovables, nuestros objetivos generales serán la integración de las energías renovables en el sistema de generación energética urbana. En este estudio nos centramos en la integración de la geotermia somera en la edificación urbana existente, para averiguar la escala más adecuada en la actuación.

Como hemos comentado, Europa con una serie de Directivas, viene estableciendo una serie de requisitos mínimos que debe cumplir toda edificación. Estos requisitos tienen 2 vertientes:

- Los requisitos constructivos (que incluyen los energéticos).
- Los requisitos medioambientales (que incluyen los energéticos).
- 

En la actualidad tendemos a reducir los requisitos constructivos y medioambientales a los energéticos, por cuanto el mayor desarrollo normativo elaborado desde Europa ha incidido en el aspecto energético a través de las sucesivas normativas, las Directivas desarrolladas desde que apareció el “Libro Blanco de las Energías Renovables” en noviembre de 1997 publicado por la Comisión Europea después de publicar el Libro Verde el año anterior, en 1996.

En la Directiva 2002/91 relativa a la Eficiencia Energética de los Edificios, se establecieron unos requisitos mínimos de eficiencia energética en edificios nuevos y también de la “rehabilitación energética” de los existentes. La Directiva 2009/28/CE sobre Energías Renovables establece nuevos objetivos en cuanto a alcanzar el 20% para el 2020. La Directiva 2010/31/CE deroga la Directiva 2002/91 introduciendo nuevos requisitos que ahora se exigen a los edificios en términos de eficiencia energética. La Directiva 2012/37/CE sobre edificación energética sigue desarrollando esto.

Nuestros objetivos generales a conseguir son la sostenibilidad y la autosuficiencia energética aprovechando la oportunidad de la utilización de energías renovables locales:

- Encontrar los ámbitos y las escalas de aplicación más adecuadas para la integración de la Energía Geotérmica y valorar la oportunidad de la implantación en cada ámbito de estudio o actuación.
- La escala adecuada en la ciudad existente.

- La renovación energética del barrio, como oportunidad de renovación urbana.
- La conveniencia de un nuevo sistema de infraestructuras en la ciudad existente.

Utilizaremos tecnologías y sistemas de alta eficiencia energética aplicadas a la combinación de Energías Renovables utilizadas. La captación geotérmica será la base energética para alimentar la climatización y el sistema de agua caliente sanitario.

Necesitamos un sistema de monitorización y control mediante redes de sensores que nos facilite un control remoto, centralizado desde una central de distrito o individual desde el teléfono móvil del usuario. Es preciso desarrollar las tecnologías adecuadas para el nuevo sistema de generación energética con Energías Renovables. Necesitamos un nuevo diseño de aplicaciones que permitan la gestión y supervisión del sistema en el ámbito urbano de implantación, en su relación entre diferentes ámbitos urbanos, así como en su relación entre diferentes ciudades.

Con la intención de mejorar la sostenibilidad de la ciudad en sus tres vertientes, social, económica y medioambiental, el objetivo general de este estudio es encontrar un nuevo sistema de infraestructuras energéticas para implementarlo en la ciudad existente, apoyándonos en la utilización de las energías renovables locales que existen en cada entorno urbano. Con esta implantación conseguiremos objetivos específicos como serán la renovación de la ciudad, regenerar viejas infraestructuras urbanas e implantar el uso y gestión energéticos como una responsabilidad social en la que se deben implicar los ciudadanos.

La legislación europea para la sostenibilidad en la edificación tiene como objetivo conseguir en el año 2020: 20% energías renovables, 20% disminución consumo, 20% disminución emisiones CO<sub>2</sub>. Diversos ejemplos a nivel mundial demuestran que la implantación de Redes Urbanas de Distrito alimentadas por energías renovables, son una herramienta de generación energética que contribuye en la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> así como en la eficiencia de los consumos. Desde el estudio de las escalas de aplicación idóneas para la energía geotérmica, en áreas urbanas consolidadas, surge la oportunidad de implantar estas Redes Urbanas, alimentadas en este caso por geotermia.

En el caso de España, la aprobación de la Ley de Rehabilitación, Renovación y Regeneración Urbanas puede facilitar la implantación de este nuevo modelo de sistema energético, comenzando con la regeneración a escala de barrio integrando Redes Urbanas de Distrito que conectan las células consumidoras desde el nivel de usuario hasta el nivel de barrio; y desde esta escala conectar los distritos para llegar a la siguiente fase de conexión entre ciudades.

## Metodología general y primer caso de estudio (la geotermia)

La metodología será genérica para cualquier renovable, en este estudio nos centramos en el análisis de la energía geotérmica. Partimos de unos escenarios urbanos en los que se utiliza la energía geotérmica, para determinar la escala óptima para la implantación de las nuevas infraestructuras energéticas. Para avanzar hacia la determinación de los parámetros que condicionan la nueva infraestructura necesaria frente a la infraestructura existente en el ámbito urbano en el que trabajemos.

Desde el estudio y análisis de casos existentes con energía geotérmica como fuente energética generadora en entornos urbanos, nos interesa descubrir las escalas de aplicación que deberán desarrollar las nuevas infraestructuras para ser eficientes y sostenibles.

Nuestra metodología para lograr los objetivos marcados seguirá los siguientes pasos:

- Análisis y estudio de los recursos en el ámbito urbano.
- Representación gráfica de los datos obtenidos como herramienta de información.
- Modelo de gestión energética del sistema urbano analizado.
- Cuantificación del intercambio energético.
- Implementación de la geotermia somera.

### **Metodología: análisis y estudio de los recursos.**

Estudio de los recursos disponibles en nuestra ciudad:

Características medioambientales.

Sistema geomorfológico.

Sistema atmosférico.

Interacción de los 2 sistemas, el geofísico, inorgánico con el orgánico.

Biodiversidad ecológica: usos y acciones del ser humano como gestor de la ciudad.

### **Metodología: cartografía del sistema urbano analizado.**

Conseguir la representación gráfica del análisis realizado en el sistema urbano, nos ayudará a visualizar el sistema energético urbano como parte del organismo vital que toda ciudad es para intentar la coordinación del sistema energético con los demás

sistemas urbanos persiguiendo una eficiencia óptima que desarrolle la ciudad de forma sostenible.

**Metodología: gestión energética del sistema urbano analizado.**

La representación gráfica nos ayudará a visualizar el sistema energético urbano como parte del organismo urbano, para su valoración tanto a nivel cualitativo como a nivel cuantitativo.

**Metodología: cuantificación del intercambio energético.**

La valoración del sistema energético urbano como parte del organismo urbano a nivel cuantitativo aporta datos concretos del tamaño del ambiente urbano, que en el caso de la cuantificación energética nos darán las claves para el dimensionamiento y la escala adecuados de la infraestructura energética necesaria en la ciudad.

**Metodología: implementación de la geotermia somera.**

Desde la cuantificación del intercambio energético sostenible en el sistema urbano local, implementamos el uso y utilización de la energía geotérmica:

Reinventar los usos de la geotermia.

Reinventar las aplicaciones de la geotermia, usando la tecnología disponible en la actualidad.

Estabilidad del sistema apoyado en el carácter gestionable de la energía geotérmica.

**Geotermia somera: variables a considerar.**

**PROPIEDADES DEL SUELO**

Subsuelo y Propiedades del suelo: Variación de temperatura, conductividad térmica del suelo, capacidad térmica, difusividad térmica del terreno. Resistencia térmica del sondeo.

Sondeos y Perforación: TRT. Test de Respuesta Térmica.

**TECNOLOGÍAS: BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA**

Bomba de calor: Compresor, condensador, evaporador, válvula de expansión, separador de aceite, válvulas de 4 vías, modulación de la bomba de calor geotérmica, fluido refrigerante de la bomba de calor.

### **TECNOLOGÍAS: SONDAS Y SISTEMAS DE INTERCAMBIO.**

Sondas: Materiales para sondas, diseño, morfología, pie de sonda, espaciadores, esquemas.

Material de relleno. Fluido caloportador y tipos de fluidos caloportadores.

Sistema de acumulación: Tipos de acumuladores y materiales.

Sistema de intercambio. Sistema de bombeo. Sistema de distribución. Tipos y materiales de intercambiadores, bombas, tuberías y de elementos terminales.

Vaso de expansión, tipos de valvulería y accesorios, sistema de regulación y control, elementos en la regulación.

### **DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE INSTALACIONES**

Agua Caliente Sanitaria (ACS): Demanda térmica de ACS, diseño de sistemas, ventajas de la acumulación, método de producción del ACS.

Calefacción: Demanda térmica de calefacción y refrigeración.

Selección de la bomba de calor según el tamaño de las instalaciones.

Diseño de un intercambiador geotérmico: Intercambiador vertical cerrado, intercambiador horizontal, intercambiador vertical abierto.

Especificaciones del campo de intercambio geotérmico: equilibrio hidráulico de sondas, interferencias térmicas entre sondas, saturación o agotamiento de una geotermia.

Diseño de los otros elementos de una instalación: Dimensionado del sistema de intercambio, del circuito hidráulico (bombeo, distribución y elementos terminales), de los elementos terminales, de las tuberías, del aislamiento, de la bomba hidráulica, de los elementos de protección, del vaso de expansión, de la regulación y el control.

Rentabilidad económica de las instalaciones geotérmicas.

Mantenimiento de la instalación, gestión energética y aspectos legales.

### **GEOTERMIA SOMERA: ANÁLISIS DE CASOS EN FUNCIONAMIENTO.**

#### **EJEMPLOS EUROPEOS QUE UTILIZAN ENERGÍA GEOTÉRMICA:**

Fábrica de etiquetado PAGO, Grabs, Suiza, 600 kW de potencia calorífica y frigorífica

Banco provincial del norte de Alemania, Hannover, Alemania, 500 kW de potencia calorífica y frigorífica.

Escuela primaria Triesenberg, Liechtenstein, 320 kW de potencia calorífica.

Centro de las artes, Bregenz, Austria, 100 kW de potencia frigorífica.

Centro de congresos de Salzburgo, Austria, 350 kW de potencia calorífica y frigorífica.

Universidad de Coblenza, Alemania, 40 kW de potencia frigorífica.

Centro de los medios de comunicación de Vorarlberg, Schwarzach, Austria, 230 kW de potencia frigorífica.

EA-GENERALI, Viena, Austria, 400 kW de potencia frigorífica, 600 kW de potencia calorífica.

Nave de ferias de Dornbirn, Austria, 800 kW de potencia frigorífica.

Centro de rehabilitación, Bad Schallerbach, Austria, 270 kW de potencia calorífica.

Conjunto habitacional de Malerva, Sargans, Suiza, 70 kW de potencia calorífica.

## **ANÁLISIS DE EJEMPLO ESPAÑOL QUE UTILIZA ENERGÍA GEOTÉRMICA:**

### **Resultados**

Conveniencia de la energía geotérmica, en particular la geotermia somera, se apoya en las ventajas que nos aporta, la mayor de estas ventajas es la autonomía energética derivada del hecho de ser una energía local presente en el subsuelo de la ciudad. En cuanto a las ventajas referidas a los resultados económicos, nos aporta beneficios a medio y largo plazo; en un principio necesitamos un desembolso económico para su ejecución, pero una vez instalada es una energía gratuita, sin apenas consumo debido a que se obtiene mediante un intercambio de calor gestionado por una bomba de calor.

Aplicaciones en edificios aislados.

Aplicaciones en redes de distrito.

Gestión y uso como responsabilidad social.

Patrimonio y conciencia del lugar: atlas territorial urbano con distritos de producción energética, interconectados para posibilitar el intercambio energético que favorezca la sostenibilidad y el equilibrio interterritorial, revalorizando la importancia de todos los distritos en el sistema general de intercambios.

### **La disponibilidad de Geotermia, como una oportunidad de eficiencia energética.**

Los sistemas geotérmicos someros utilizan la energía térmica que se concentra en el terreno, siendo la temperatura del terreno mucho más estable que la temperatura en el ambiente exterior, por ello la instalación de intercambiadores de calor geotérmicos es un sistema más eficiente que la instalación de las bombas de calor convencionales que realizan el intercambio de calor con el ambiente exterior.

La implantación de sistemas geotérmicos someros supone una alternativa sostenible y eficiente para la climatización de edificios. Estos sistemas generan tanto calor como frío, mediante un fluido de intercambio y con tecnologías como pueden ser las bombas de calor geotérmicas, suelos radiantes proporcionan las necesidades de calor o frío en el edificio usuario final.

Con los sistemas geotérmicos someros podemos llegar a reducir el consumo energético hasta un 50-60 % respecto a consumos con sistemas convencionales. Los costes de implantación y construcción, son algo más elevados, pero los costes de mantenimiento

son muy reducidos o prácticamente nulos. El retorno de la inversión dependerá de la escala de la actuación y de las características del sistema, pudiendo llegar a recuperar la inversión incluso en un periodo de sólo 5 ó 7 años.

## Conclusiones

Conveniencia de hacer un estudio similar con cada una de las Energías Renovables, valorar la integración de cada una de estas energías así como la integración de los diferentes distritos territoriales urbanos en sus relaciones de intercambio energético.

La red energética como sistema de gestión y mantenimiento más que como sistema de distribución es consecuencia de la implantación de las nuevas fuentes de generación energética, las energías renovables, que requieren unas infraestructuras muy diferentes a las utilizadas por las fuentes de generación clásicas basadas en las energías fósiles que requerían infraestructuras basadas en un sistema de distribución desde el punto central de generación al usuario.

La importancia de encontrar las escalas de desarrollo adecuadas a cada ámbito territorial, nos permite implementar las nuevas infraestructuras respetando el patrimonio urbano heredado, renovando la ciudad en sus aspectos sociales, económicos y medioambientales al desarrollar el nuevo sistema de generación y distribución energético.

Este nuevo sistema se desarrolla como una infraestructura metabólica urbana que valora la ciudad como un entorno ecológico, de forma global en las interacciones entre las existencias físicas y los seres vivos que actúan en ese medioambiente urbano, posibilitando su regeneración en caso necesario.

La importancia de la gestionabilidad de este nuevo sistema metabólico de infraestructura energética, es fundamental para conseguir edificios de consumo cero y acercarnos a la sostenibilidad del entorno urbano y de nuestras ciudades. Todo en conjunto, nos permitirá conseguir unas infraestructuras más humanas al servicio de un uso y gestión más eficientes, que faciliten la vida al ciudadano y le posibiliten la conexión con su entorno, al usar y gestionar unos recursos de procedencia local.

## Referencias

Arnheim, R., *Entropía e arte*, Torino, Piccola Biblioteca Einaudi, 1989.

Badescua V., Sicre B.; *Energy and Buildings* 35[11] (2003), p. 1077

Castells, M., *Globalización, tecnología, trabajo, empleo y empresa*, 1998, [www.lafactoriaweb.com/articulos/castells7.htm](http://www.lafactoriaweb.com/articulos/castells7.htm)

Echevarría, J., *Telépolis*, Barcelona, Destino 1999.

Energies, I., 2012. *Bioclim Software*. [Online] Available at: <http://www.izuba.fr>

Energy, U. D. o., 2011. *EnergyPlus Energy Simulation Software*. [Online]  
Available at: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>

Gualart, V., *La Ciudad Autosuficiente*, Rba 2012.

IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía) (2010): "Prestaciones medias estacionales de equipos y sistemas de producción de frío y calor en edificios de viviendas"

Neila González F. J., Acha Román C., Higuera García E., Bedoya Frutos C., *Materiales de Construcción*, 58 (2008), p. 119

Stritzky, J. von y Cabrerizo, C (2011): *Ideas para las ciudades inteligentes del futuro*.  
Fundación ideas Siemens (2009): *European Green City Index*.

Touraine, A., *La transformación de las metrópolis*, 1998,  
[www.aquibaix.com/factoria/articulos/Touraine6.htm](http://www.aquibaix.com/factoria/articulos/Touraine6.htm)

Vegara, A. y de las Rivas J.L. (2004): *Territorios inteligentes. Nuevos horizontes del urbanismo*, Fundación Metrópoli. Madrid.

*Páginas web:*

<http://www.iftec.es/enlaces.cgi>

<http://www.dlsc.ca/district.htm>

<http://www.iftechnology.com/>

<http://geodh.eu/>

<http://egec.info/>

<http://www.tendenciasenenergia.es/espana-pais-de-district-heating-cooling/2391>

<http://www.tendenciasenenergia.es/la-transicion-energetica-comienza-por-las-ciudades/2607>

<http://regeocities.eu/es/proyect-concept/>

**Correspondencia**

Nombre y Apellidos: María Jesús Sacristán de Miguel

Teléfono: 607 070 777

Dirección electrónica: [19246sacristan@coam.es](mailto:19246sacristan@coam.es)

[msacris7@gmail.com](mailto:msacris7@gmail.com)