

## CAMPUS DE TRES CANTOS DE RED ELÉCTRICA. REHABILITACIÓN ENERGÉTICA MEDIANTE GEOTERMIA

EL 14 DE MARZO, EL PRESIDENTE DE RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, JOSÉ FOLGADO, EL DIRECTOR CORPORATIVO DE RECURSOS, ÁNGEL MAHOU, Y EL DIRECTOR DE RECURSOS HUMANOS, JOSÉ ANTONIO VERNIA, ENTREGABAN LOS PREMIOS A LOS MEJORES PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE 2017 EN LA VI EDICIÓN DE LOS RECONOCIMIENTOS RED ELÉCTRICA EFICIENTE, QUE IMPULSAN EL DESARROLLO DE INICIATIVAS QUE PONEN EN VALOR LA APUESTA DEL GRUPO POR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y LA LUCHA CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO. UNO DE LOS PREMIOS DEL JURADO RECAYÓ EN EL PROYECTO GEOTERMIA EN RED ELÉCTRICA, EN LA CATEGORÍA DE IMPLANTACIÓN DE MEDIDAS EN ENERGÍA, POR CONTRIBUIR A MEJORAR LA CLIMATIZACIÓN EN LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS DE TRES CANTOS Y EN DEMARCACIÓN CENTRO EN SAN SEBASTIÁN DE LOS REYES, AMBOS EN MADRID.

El proyecto Geotermia en Red Eléctrica contribuye a mejorar la climatización de sus edificios en el Campus Tres Cantos (para el que se estima un ahorro respecto a una instalación convencional del orden de 83.000 kWh anuales) y en la Demarcación Centro en San Sebastián de los Reyes (ahorro estimado del orden de 58.000 kWh anuales); mediante el uso de la geotermia complementada con sistemas de reducción del consumo energético. En el artículo se describen en detalle los aspectos generales de la instalación geotérmica, así como la reducción de consumos energéticos en el Campus de Tres Cantos.

### Geotermia y edificios de consumo casi nulo

Aunque en este proyecto destaca la apuesta por la implantación de energía geotermia, es muy importante tener cuenta que la mejor opción de eficiencia a aplicar en un edificio es la combinación óptima de distintos elementos que consigue el mejor rendimiento para ese caso concreto.

La geotermia aporta el uso de energías renovables en el edificio como fuente de energía, en este caso de baja entalpía, y también una mejora en la eficiencia energética por los mejores rendimientos en la producción de energía térmica. Sin embargo, para poder evaluar las mejoras energéticas en el conjunto de la reforma del Campus de Tres Cantos se debe comparar el menor consumo energético global a igualdad de prestaciones. Esta mejora global se ha conseguido por el conjunto de medidas implantadas, que por su efecto individual y combinado redundan en una mayor eficiencia, como son:

- Energía geotérmica como principal fuente energética para climatización del edificio.
- Acumulación de energía térmica en elementos de alta inercia. Incorporación de elementos del sistema de climatización que permiten esta acumulación, como suelo radiante/refrescante y forjados activos.
- Cubiertas vegetales.
- Mejora de los aislamientos, vidrios y carpinterías metálicas.
- Elementos de sombreado en fachada, que reducen la demanda térmica del edificio y mejoran la estética del mismo.

En el diseño arquitectónico del edificio se maximiza la eficiencia energética, minimizando el consumo de energía no renovable mediante el conjunto de medidas relacionadas. Se ha conseguido un consumo muy inferior al consumo de un edificio convencional de las mismas características, pudiendo considerarlo como edificio de consumo casi nulo según las últimas referencias normativas.

La instalación geotérmica permite maximizar los rendimientos y tanto el calor como el frío son aportados por el terreno, con un aporte energético eléctrico muy por debajo de los valores convencionales.

## THE RED ELÉCTRICA CAMPUS IN TRES CANTOS. ENERGY REFURBISHMENT USING GEOTHERMAL ENERGY

LAST 14 MARCH, THE CHAIRMAN OF RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, JOSÉ FOLGADO; THE CORPORATE DIRECTOR OF RESOURCES, ÁNGEL MAHOU, AND THE MANAGER OF THE HUMAN RESOURCES AREA, JOSE ANTONIO VERNIA, PRESENTED THE AWARDS FOR ITS BEST IN-HOUSE ENERGY EFFICIENCY PROJECTS OF 2017 AT THE VI EDITION OF THE REE EFFICIENCY AWARDS. THESE AIM TO PROMOTE THE DEVELOPMENT OF INITIATIVES THAT HELP SHOWCASE THE GROUP'S COMMITMENT TO ENERGY EFFICIENCY AND THE FIGHT AGAINST CLIMATE CHANGE. ONE OF THE JURY AWARDS WAS FOR THE PROJECT NAMED 'GEOTHERMAL ENERGY AT RED ELÉCTRICA', IN THE CATEGORY OF ENERGY-SAVING MEASURES, FOR CONTRIBUTING TO IMPROVING THE HVAC IN THE TRES CANTOS CAMPUS BUILDINGS AND IN THE DEMARCACIÓN CENTRO OFFICES IN SAN SEBASTIÁN DE LOS REYES, BOTH IN THE AUTONOMOUS COMMUNITY OF MADRID.

The 'Geothermal energy at Red Eléctrica' project helps improve the HVAC in its buildings at the Tres Cantos Campus (for which a saving, compared to a conventional installation, is estimated to be in the region of 83,000 kWh per year) and in the Demarcation Centre in San Sebastián de los Reyes (estimated saving of about 58,000 kWh per year), by using geothermal energy complemented by systems that reduce energy consumption. This article offers a detailed description of the general features of the geothermal installation, as well as the reduction in energy consumption achieved at the Tres Cantos Campus.

### Geothermals and nearly zero energy consumption buildings

Although this project is outstanding due to its commitment to implementing geothermal energy, it is very important to bear in mind that the best efficiency option for a building is the optimal combination of different elements that achieve the best performance for that specific case.

The contribution of geothermal energy to the building as a low enthalpy renewable energy source, improves its energy efficiency thanks to the enhanced performance achieved in the production of thermal power. To be able to assess the energy improvements made from the refurbishment of the Tres Cantos Campus as a whole, the lower overall energy consumption must be compared as well as its efficiency. This overall improvement has been achieved because of the combination of measures implemented which, both individually and on a combined basis, have resulted in greater efficiency, such as:

- Geothermal energy as the main energy source for the building's HVAC.
- Accumulation of thermal power in high inertia elements. Incorporation of elements into the HVAC system that allow this accumulation, such as radiant/cooling floor and active slabs.
- Green roofs.
- Improved insulation, windows and metal work.





La acumulación de energía térmica permite desacoplar en el tiempo la necesidad de consumo y el uso real de la energía. Con la posibilidad de almacenar energía se consume energía de la red en los periodos valle, durante los cuales la energía eléctrica es más barata y, por otro lado, se proporcionan importantes beneficios al sistema eléctrico, evitando las puntas de demanda y favoreciendo el consumo durante las horas valle. En definitiva, se puede decir que ayuda a suavizar la curva de la demanda del sistema eléctrico.

### Datos generales del edificio Campus de Tres Cantos

El Campus de Tres Cantos es un edificio propiedad de Red Eléctrica reformado recientemente (obra finalizada en 2017), destinado principalmente a formación, y ubicado en el PTM de Tres Cantos. Cuenta con una superficie edificada de más de 2.300 m<sup>2</sup> en planta baja y de casi 435 m<sup>2</sup> en planta primera.

En la rehabilitación del edificio se puso especial cuidado en el nuevo sistema de climatización, evitando el consumo de gas y minimizando el de energía eléctrica. Para ello se propuso un sistema de climatización mixto, con geotermia, suelos radiantes/refrescantes, climatizadores y cajas para aportación adicional de calor, con una potencia total entregada de 148,3 kW de frío y 152,8 kW de calor.

Para la producción de frío/calor el sistema consta de dos bombas de calor geotérmicas frío/calor, agua-agua, que utilizan agua aclimatada mezclada con anticongelante proveniente del campo de sondas geotérmicas, cuya temperatura se eleva empleando energía eléctrica. Las características de estas bombas geotérmicas son P= 66,4 kW (frío), EER= 4,09 kW/kW, COP= 3,41 kW/kW.

Las bombas suministran agua fría o caliente a los sistemas de climatización del edificio (suelo radiante, climatizadores y cajas), que consisten en:

- Una unidad VRV frío/calor para zona pequeña con usos y horarios específicos (salas técnicas). P= 15,5 kW (frío), EER=3,42 kW/kW, COP= 3,94 kW/kW.
- Cinco climatizadores en cubierta, que por medio de baterías de agua aportan aire frío/caliente primario al edificio, siendo la difusión por conductos.
- 26 cajas de recirculación con batería y compuerta de regulación (cajas de volumen variable con batería de calor y cajas de recirculación con batería de calor).
- Suelo radiante/refrescante y activación de elementos de la estructura.
- Sistemas de aprovechamiento: enfriamiento gratuito de aire exterior (free-cooling) y recuperación de calor de aire de extracción.
- Sistema de gestión energética, que supervisa los valores de los parámetros de funcionamiento y actúa en función de los valores de consigna, alarmas, registros, etc.

Las condiciones de operación de la instalación son:

- T(verano)=23-25°C, 45-60% humedad
- T(invierno)=21-23°C, 40-50% humedad

- Shading elements on the façade, which reduce the thermal demand of the building and improve its aesthetic appearance.

Optimal care has been taken over the architectural design of the building to maximise its energy efficiency, while minimising the consumption of non-renewable energy through the series of measures indicated. A far lower consumption compared to a conventional building with the same features has been obtained, which means it has achieved the status of a nearly zero energy consumption building, in line with the latest regulatory references.

The geothermal installation maximises efficiency and as both heating and cooling are provided by the earth, its energy intake is well below conventional values.

Over time, the accumulation of thermal power separates the need to consume energy from its actual level of use. As power can be stored, energy is consumed from the grid during off-peak periods when electricity is cheaper. This also offers significant benefits to the electrical system, by avoiding demand peaks and fostering consumption during off-peak hours. In short, it helps smooth out the demand curve of the electrical system.

### General data on the Tres Cantos Campus building

The Tres Cantos Campus is owned by Red Eléctrica and has been recently refurbished (works concluded in 2017). Located in the Tres Cantos Technological Park of Madrid, it is mainly used as a training centre. The constructed surface area of the ground floor covers 2,300 m<sup>2</sup> and the building's first floor is almost 435 m<sup>2</sup>.

The refurbishment work placed particular focus on the new HVAC system, to avoid the consumption of gas and minimise that of electricity. To achieve this, a mixed HVAC system was proposed, using geothermal energy, radiant/cooling floors, air conditioning units and recirculation boxes to provide additional heat, with a total delivered output of 148.3 kW of cooling and 152.8 kW of heating.

To produce heating/cooling, the system comprises two geothermal heat/cold water-water pumps that use treated water mixed with antifreeze from the geothermal probes field whose temperature is raised using electricity. The characteristics of these geothermal heat pumps are: P= 66.4 kW (cold), EER= 4.09 kW/kW, COP= 3.41 kW/kW.

The pumps supplying cold or hot water to the building's HVAC systems (radiant floor, air conditioning units and recirculation boxes), consist of:

- One cooling/heating VRV unit for small areas that have specific time schedules and uses (e.g. technical rooms). P= 15,5 kW (cold), EER=3.42 kW/kW, COP= 3.94 kW/kW.
- Five air conditioning units on the roof which, by means of water batteries, provide primary cold/hot air to the building, through conduit diffusion.
- 26 recirculation boxes with battery and regulation valve (variable volume boxes with a heat battery and recirculation boxes with heat batteries).
- Radiant/cooling floor and active structural elements.
- Utilisation systems: free cooling and heat recovery of extraction air.
- Energy management system (EMS), which monitors the values of the operational parameters and acts depending on set point values, alarms, logs, etc.

The operating conditions of the installation are:

- T (summer) = 23-25°C, 45-60% humidity
- T (winter) = 21-23°C, 40-50% humidity

En el proyecto se comparó la opción de climatización geotérmica con la alternativa de gas natural apoyado con placas solares para generación, si bien se obtenía un ahorro de 31.740 kWh/año y de 3.519 kWh/año, respectivamente, por lo que la geotermia era claramente más favorable.

Mientras que los sistemas de acumulación de energía (suelo radiante/refrescante y forjados activos) permiten desacoplar los momentos de demanda de energía eléctrica y los momentos de producción de energía, la instalación por conductos (climatizadores y cajas) supone una aportación a demanda de alta eficiencia.

### Descripción del sistema geotérmico

Se trata de una instalación geotérmica de baja entalpía, con captadores verticales (sondas geotérmicas), formando un campo de sondas geotérmicas.

El intercambio geotérmico se realiza por medio de un circuito cerrado instalado en los sondeos, que perforan el terreno junto al edificio. De esta forma, se produce un intercambio de calor entre el agua-anticongelante y la tierra. En invierno, la tierra transfiere el calor que almacena al agua y se utiliza para calefacción, ya que la bomba geotérmica eleva esta temperatura con su eficaz compresor a más de 55°C si es necesario. En verano, el agua transfiere al terreno el exceso de calor del edificio de forma que se obtiene refrigeración. En el subsuelo la temperatura es estable a lo largo del año y situación meteorológica, alrededor de 15°C en España. Entre los 15 y 20 m de profundidad la estabilidad térmica es de unos 17°C todo el año.

El intercambiador cuenta con 2.242 m, en 19 perforaciones de 118 m de profundidad a lo largo de la parcela exterior. Se han empleado colectores de simple U de 40x3,7 mm de PEXa PN16 SDR11 sin unión en el pie. Se emplea propilenglicol como anticongelante. Se ha realizado un TRT, Test de Respuesta del Terreno, para conocer la composición del terreno y con ello, evaluar el rendimiento de la instalación geotérmica.

### Otras medidas de eficiencia energética

La protección frente a la radiación solar en fachada consigue mediante sombreados la optimización de los consumos energéticos del edificio, así como lograr un mayor confort visual y térmico interior. La envolvente está formada por una chapa plegada y perforada continua que se superpone a la fachada de muro cortina existente, habiéndose calculado cuidadosamente su apertura para minimizar al máximo la carga energética que las instalaciones del edificio tienen que contrarrestar debido a la radiación directa del sol sobre el interior del espacio. Dicha chapa se coloca superpuesta a todos los muros cortina, y se recrece en determinados lados para favorecer la imagen continua de la envolvente, y en ocasiones ocultar la aparición de maquinaria en cubierta.

La mejora del aislamiento permite sustituir el aislamiento original del edificio por un sistema de aislamiento por el exterior (SATE), que le confiere un aislamiento continuo, sin puentes térmicos, y permite aprovechar la gran masa térmica de los materiales del edificio, por quedar éstos incorporados en el interior de los espacios. También incluye la mejora de los vidrios, y carpinterías de mayor rotura de puente térmico.

Las cubiertas vegetales protegen la cubierta del edificio. Con ellas se espera lograr, sobre todo en verano, mejorar las condiciones energéticas y de confort.

### Rendimiento energético y emisiones

El edificio se terminó a principios de 2017, aunque fue a finales de dicho año cuando se empezó a usar. Se han tomado datos de con-

The project compared the option of geothermal temperature control with the natural gas alternative backed up by solar panels for power generation. The two options achieved savings of 31,740 kWh/year and 3,519 kWh/year, respectively, making geothermal energy the clear favourite.

While the energy accumulation systems (radiant/cooling floor and active slabs) can separate times of demand for electrical power from times when energy is being produced, the conduit installation (air conditioning units and boxes) provides a very effective means of covering demand.

### Description of the geothermal system

This is a low enthalpy geothermal installation, with vertical collectors (geothermal probes) that together comprise a geothermal probe field.

The geothermal exchange takes place by means of a closed circuit installed in the probes that perforate the ground beside the building. As such, an exchange of heat between the water-antifreeze and the ground takes place. In winter, the ground transfers the heat stored in the water and uses it for heating. If necessary, the geothermal pump increases the temperature by means of its efficient compressor to over 55°C. In summer, water transfers the excess heat from the building into the ground to achieve cooling. The subsoil temperature remains stable throughout the year regardless of the weather situation at around 15°C in Spain. At a depth of between 15 and 20 metres, the thermal stability is about 17°C all year round.

The exchanger covers 2,242 metres, in 19 perforations 118 metres deep throughout the outdoor area. Simple U collectors have been used, measuring 40 x 3.7mm, made of PEXa PN16 SDR11 with no coupling at the base. Propylene glycol is used as an antifreeze. A Thermal Response Test (TRT) has been undertaken to find out about the composition of the ground and thereby assess the efficiency of the geothermal installation.

### Other energy efficiency measures

Protecting the façade from solar radiation. Shaded areas optimise the energy consumption of the building, as well as achieve enhanced visual comfort and interior temperature. The envelope comprises a continuous, folded and perforated sheet superimposed onto the existing façade curtain wall. Due to the direct radiation of the sun on the building's interior, careful calculations have been made regarding its opening to minimise as far as possible the energy load that the building's installations must offset. This sheet is overlaid on every curtain wall, and is higher in specific places to enhance the continuous image of the envelope as well as hiding any rooftop machinery from view.





sumo reales de estos meses para ir sacando conclusiones y poder analizar el comportamiento energético real, y se pueden considerar positivos. No obstante, se considera necesario continuar con un seguimiento de al menos un año, para un mayor periodo de toma de datos y conclusiones más sólidas.

El consumo teórico de energía primaria en proyecto del edificio es de 70 kWh/m<sup>2</sup>/año. Incluye consumo incluso de equipamiento, aunque en los cálculos energéticos no se deben tener en cuenta. Si se tienen en cuenta las instalaciones fijas (refrigeración, calefacción, ACS, ventilación e iluminación), no consumidores adicionales como ordenadores, etc. Tomando un factor de 2 para convertir energía primaria en energía eléctrica consumida, y una superficie útil aproximada de 2.800 m<sup>2</sup>, se tiene un consumo teórico del orden de 98.000 kWh/año.

La eficiencia de las bombas de calor geotérmicas que ronda los 4,09, puede incluso duplicar los rendimientos de las bombas de calor convencionales.

A partir de los datos semanales de energía producida en suelo radiante (kWh), en climatizadores, en cajas de regulación, y la consumida en sala de bombas geotérmicas se han obtenido los rendimientos reales. Al dato de energía consumida en sala de bombas de calor se le ha restado el consumo teórico de bombas de recirculación (una bomba que funciona 24 h para suelos radiantes de 3,6 kW, y dos bombas que funcionan 12 h, una para UTAS y otra para las cajas, de 4 y 1,1 kW, respectivamente). Con los datos recogidos se tienen unos rendimientos reales por encima de 4 en varias semanas de diciembre, enero y febrero, cuando además se ha registrado una alta severidad climática.

Por tanto, el rendimiento teórico de las bombas de calor geotérmicas se confirma.

Respecto a los horarios y regulaciones: durante la noche el sistema consume contra los sistemas radiantes en función de la temperatura, y de día los suelos dejan de funcionar y las bombas de calor funcionan contra los sistemas de aire.

Los datos teóricos respecto a una situación con bombas de calor convencionales (convección por aire), serían de 129 kWh/m<sup>2</sup> al año, frente a los 70 kWh/m<sup>2</sup> con geotermia. Los consumos del edificio antes de la rehabilitación se estiman, siendo muy prudentes, en al menos de cuatro veces el consumo con geotermia.

Utilizando el factor de conversión del IDAE de 0,29 tCO<sub>2</sub>/MWh (energía primaria), se tienen los siguientes datos de emisiones: 56.840 tCO<sub>2</sub> al año con la situación actual, 104.750 tCO<sub>2</sub> al año con climatización convencional (convección por aire), y por encima de 227.360 tCO<sub>2</sub> al año con la situación anterior a la rehabilitación. Por tanto, el edificio ha dejado de emitir del orden de 170.000 tCO<sub>2</sub>/año.

Improved insulation. By replacing the original insulation of the building with an external insulation system (ETIC) that offers continuous insulation with no thermal bridges, the huge thermal mass of the building's materials can be used, given that they are inside the insulated cavity. Improvements have also been made to the windows and metal work with increased thermal bridge breakage.

The roof of the building is protected by implementing green roofs that achieve improved conditions of energy and comfort, above all in summer.

### Energy efficiency and emissions

The building was finished in early 2017, however it did not enter into service until the end of the year. Real consumption data was taken over the intervening months in order to reach conclusions and analyse the actual energy efficiency. The outcome was positive however, it was considered necessary to continue monitoring for at least one more year to achieve a longer data recording period and more solid conclusions.

The building project took a theoretical primary energy consumption of 70 kWh/m<sup>2</sup>/year. This includes the consumption by equipment, although this does not form part of the energy calculations. It does take into account fixed installations (cooling, heating, DHW, ventilation and lighting), but not additional consumers such as computers, etc. Taking a factor of 2 to convert primary energy into electricity consumed, and a useful surface area of approximately 2,800 m<sup>2</sup>, the result is a theoretical consumption in the region of 98,000 kWh/year.

The efficiency of geothermal heat pumps, which is close to 4.09, can even double the performance of conventional heat pumps.

Based on weekly data of the energy produced by the radiant floor (kWh), by the air conditioning units and the regulation boxes as well as that consumed in the geothermal heat pump room, actual efficiency figures have been obtained. The theoretical consumption of the recirculation heat pumps has been subtracted from the figure for the energy consumed in the heat pump room. There are three recirculation pumps: one 3.6 kW pump operating 24/7 for radiant floors and two pumps that work 12 hours a day, one for the UTAS and the other for the boxes, of 4 and 1.1 kW, respectively. Having collated the data, real efficiencies of over 4 were achieved over several weeks in December, January and February, a period of high climatic severity, thereby confirming the theoretical efficiency of the geothermal heat pumps.

As regards schedules and adjustments: during the night, the system consumes against the radiant systems, depending on the temperature; during the day, the floors stop working and the heat pumps work against the air systems.

The theoretical data on a situation with conventional heat pumps (air convection), would be 129 kWh/m<sup>2</sup> per year, compared to 70 kWh/m<sup>2</sup> with geothermal energy. The building's consumption before refurbishment had a very conservative estimate of at least four times the consumption with geothermal energy.

Using the IDAE, the Institute for Energy Diversification and Saving, conversion factor of 0.29 tCO<sub>2</sub>/MWh (primary energy), the following emissions data is obtained: 56,840 tCO<sub>2</sub>/year given the current situation; 104,750 tCO<sub>2</sub> with conventional temperature control (air convection); and more than 227,360 tCO<sub>2</sub>/year with the situation prior to refurbishment. As such, the building has avoided the emission of some 170,000 tCO<sub>2</sub>/year.