

# Power Road ®: Las carreteras como superficie para generar energías limpias

Nuria Uguet Canal,  
nuria.uguet@eurovia-es.com

Teresa Marín Cuenda,  
teresa.marin@eurovia-es.com

Cada vez son mayores las exigencias que se hacen a las carreteras. Actualmente no sólo se exige que mecánicamente funcionen, sino que también tienen que proporcionar una comodidad de rodada y seguridad al usuario. Para seguir dando respuesta a las necesidades de la sociedad, las carreteras del futuro tienen que partir, entre otras cosas, de soluciones más eficientes. Power Road® proporciona a la carretera una nueva función: la producción de energía térmica. Las carreteras son enormes superficies negras que absorben calor. Dicho calor puede ser almacenado largos espacios de tiempo y empleado en calentamiento/enfriamiento de edificios y otras infraestructuras mediante un sistema de bombas de calor. La energía producida puede contribuir a calentar zonas residenciales, comercios, centros comerciales, edificios públicos... La energía almacenada en verano, puede emplearse en invierno para fundir la nieve o el hielo producido en calzadas, disminuyendo el empleo de salmuera. En verano, puede emplearse en el enfriamiento de calzadas, contribuyendo, además de a reducir el estrés térmico, a minimizar el exceso de calor en las ciudades por efecto de la isla de calor. Además de producir energía renovable, los constituyentes de Power Road®, en concreto los tubos que constituyen el intercambiador de calor, están fabricados con materiales reciclados y, con posibilidad de reciclarse en el futuro. Esta comunicación detalla el procedimiento a seguir para instalar Power Road® así como las primeras experiencias de obras.

**Palabras Clave:** Energía, carretera, medio ambiente.

More and more demands are being placed on roads. Nowadays, roads are not only required to function mechanically, but also to be comfortable and safe for users. In order to continue to meet the needs of society, the roads of the future must be based on more efficient solutions, among other things. Power Road® provides the road with a new function: the production of thermal energy. Roads are huge black surfaces that absorb heat. This heat can be stored for long periods of time and used for heating/cooling buildings and other infrastructure by means of a heat pump system. The energy produced can be used to heat residential areas, shops, shopping centres, public buildings, etc. The energy stored in summer can be used in winter to melt snow or ice on roads. In summer, it can be used to cool roadways, contributing not only to reduce heat stress, but also to minimise excess heat in cities due to the heat island effect. In addition to producing renewable energy, the components of Power Road®, the tubes that make up the heat exchanger, are made from recycled materials, with the possibility of recycling in the future. This communication details the procedure to be followed to install Power Road® as well as the first experiences of construction sites.

**Keywords:** Energy, road, environment.

## 1. INTRODUCCIÓN

Tras la cumbre del clima de Glasgow celebrada en noviembre del pasado año 2021, se ha concluido que

los esfuerzos que están previstos para frenar el calentamiento no son suficientes. Por esta razón, en la declaración final se insta a los países a incrementar en 2022 sus objetivos de recorte de emisiones para esta década y a

que se sigan dando pasos hacia las necesarias reducciones de los gases de efecto invernadero que sobrecalientan el planeta.

Dentro de este marco, encaja perfectamente Power Road®, que consiste en dotar a la carretera, además de las funciones habituales, como pueden ser una rodadura segura y confortable, durabilidad en términos mecánicos, etc..., el aprovechamiento como fuente de recuperación de energía.

Las carreteras son enormes superficies negras que absorben calor. Power Road® permite acumular ese calor absorbido por las calzadas y lo almacena para su posterior empleo, reduciendo las emisiones de efecto invernadero.

### 2. OBJETIVOS

Dentro de la perspectiva de ahorro de recursos naturales, reducción de gases de efecto invernadero, potenciación de energías amigables con el medio ambiente, el objetivo de Power Road® es hacer ver que tenemos una fuente de energía en todas las carreteras que nos conectan en todo el mundo con un gran potencial de aprovechamiento.

### 3. DESARROLLO

#### 3.1. Funcionamiento

El aprovechamiento energético de las carreteras se consigue integrando en la calzada un intercambiador de calor que permite captar el calor absorbido por las vías y almacenarlo mediante sistemas conocidos como bombas de calor, en este caso geotérmicas. Esta energía almacenada puede emplearse cuando sea necesaria. Es un sistema reversible, es decir, puede captar calor en verano para “calentar” en invierno o, puede “enfriarse” en invierno para enfriar en verano.

Los tubos que conforman el intercambiador están fabricados con materiales plásticos reciclados que aseguran una durabilidad de unos 25 años. El fluido refrigerante a emplear es mono-propilenglicol, que es el fluido recomendado en aplicaciones de geotermia. En caso de fuga, es un producto biodegradable al 96%.

Una bomba de calor geotérmica es un aparato cuyo funcionamiento se basa en la termodinámica. Consiste en transportar energía en forma de calor del suelo a otro medio. Este proceso se genera a través del cambio de estado de gas a líquido de un fluido refrigerante (que se calienta cuando se comprime y se enfría cuando se expande), con ayuda de un compresor. Como se trata de bombas de calor reversibles, es necesario acoplar una válvula que permita controlar la dirección del fluido para que se enfríe o caliente.

Supongamos una bomba de calor/aire acondicionado doméstica. En el punto inicial, el fluido refrigerante que circula por el circuito cerrado y que es la base de la bomba, está a baja temperatura y a baja presión, y por tanto en estado líquido. Al conectar la bomba, empieza a aspirar aire del exterior. Ese aire pasa a través del evaporador rodeando el punto donde está el fluido, que absorbe el calor presente en el aire y cambia de estado, evaporándose. El aire es expulsado al exterior de nuevo, más frío que cuando fue absorbido. En el segundo paso, el fluido está en estado gaseoso, pero a baja presión. En el compresor ésta sube, y con ella también la temperatura. En el tercer paso, el fluido ya es vapor muy caliente. Al pasar por el condensador, cede la energía al aire que lo rodea, calentándolo y condensándose, volviendo así al estado líquido. En el último punto, el fluido pasa por la válvula de expansión para recuperar sus características iniciales (baja temperatura y presión) y comenzar de nuevo el ciclo.



Figura 1. Ejemplo de funcionamiento de una bomba de calor geotérmica

Cuanto mayor sea la temperatura exterior, el fluido podrá desprenderse de menos calor en el circuito exterior y, por tanto, el rendimiento de la máquina será peor. Ahí radica la ventaja de la geotermia.

La calefacción geotérmica es también una bomba de

calor, pero en lugar de intercambiar calor con la atmósfera, lo hace con el terreno: En invierno, la bomba de calor absorbe calor del terreno y lo libera en el edificio. En verano, absorbe calor del edificio y lo libera en el terreno.

La ventaja está en que la tierra mantiene una temperatura más o menos constante —entre 7°C y 14°C durante todo el año—, a partir de pocos metros de profundidad. Esto permite un intercambio más eficiente de calor y, por tanto, menor consumo de energía.

Aunque bombear el fluido requiere electricidad, la bomba de calor geotérmica es más eficiente que ninguna otra alternativa de sistema calefactor, ya que los gradientes de temperatura son bajos en comparación con otros sistemas de intercambio de calor. De hecho, los sistemas actuales pueden producir hasta 4 kW de calor por cada 1 kW de electricidad consumida.

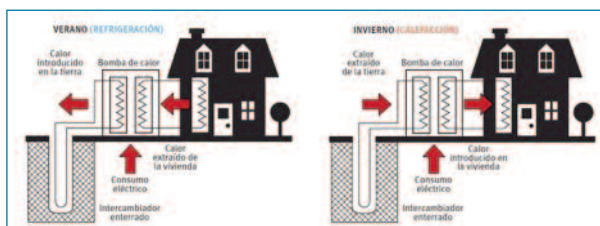


Figura 2. Ejemplo de aplicación de una bomba de calor geotérmica

Mediante este sistema se podría captar la energía solar absorbida por el pavimento y se podría emplear en calentamiento/enfriamiento de la calzada. Por ejemplo, en verano, cuando el sol incide en la carretera, se calienta el fluido que circula por los tubos instalados en la calzada. Este fluido “caliente” transmite el calor a la bomba de calor que lo almacena y se emplea cuando sea necesario, por ejemplo, en deshielo de la vía en invierno. Por el contrario, en invierno, la bomba de calor cede calor al intercambiador (para fundir la nieve, por ejemplo), enfriándose de tal manera que ese “frío” pueda emplearse en verano para por ejemplo disminuir los gradientes térmicos de la vía.

Este sistema puede acoplarse a un segundo intercambiador de calor de tal manera que la energía almacenada, pueda destinarse a otras aplicaciones, ampliando mucho el abanico de posibilidades de empleo como podría ser, por ejemplo, el acondicionamiento térmico de un cen-



Figura 3. Aplicación de Power Road® en un aparcamiento para fundir la nieve

tro comercial. En este caso, el dimensionamiento del pozo geotérmico deberá tener en cuenta esa energía térmica producida por la calzada.



Figura 4. Ejemplo de aplicación de la energía térmica para calentamiento de piscinas

### 3.2. Etapas

Para el desarrollo de carreteras que recuperen energía, hay que analizar dónde hay una necesidad energética y cuantificar la misma de la manera más precisa posible. Por ejemplo, climatización de un barrio en donde la temperatura media es de 14,4°C:

- Distribución de un barrio:
  - o Superficie de viviendas: 52000 m<sup>2</sup>
  - o Oficinas: 39000 m<sup>2</sup>.
  - o Comercios: 4000 m<sup>2</sup>.
  - o Carreteras: 11000 m<sup>2</sup>.
- Necesidades energéticas:
  - o 2,8 GWh/año de calor.
  - o 0,6 GWh/año de refrigeración.
- Estimar el coste anual, prever un coste a 20 años

## Power Road ®: Las carreteras como superficie para generar energías limpias

con distintos métodos de obtención de energía y, estimación del tiempo necesario para recuperar la inversión.

- o Caldera de gas.
- o Energía geotérmica.
- o Electricidad.

• Equipamiento necesario de Power Road® para cubrir las necesidades energéticas:

- Sondas geotérmicas verticales (13500 metros lineales) + 4000 m<sup>2</sup> de carreteras equipadas con Power Road®.

• También debe hacerse un estudio de mejora medioambiental generada con Power Road®.

### 3.3. Instalación

El intercambiador de calor consiste en una serie de tubos insertados bajo la capa de rodadura sobre los que circula un líquido refrigerante que será el encargado de transmitir el calor generado al sistema de almacenamiento. Existen dos formas de integrar el intercambiador de calor en la calzada:

- Hincado

La integración del intercambiador de calor mediante hincado se realiza durante la extensión y compactación de una capa intermedia. Para ello, se colocan los tubos del intercambiador una vez que se ha producido la extensión de la mezcla, de tal manera que los mismos se hincan en la mezcla tras el paso de los compactadores.



Figuras 5 y 6. Instalación de los tubos por hincado



Figura 7. Aspecto tras la hincado

Este método de instalación permite una implementación de manera rápida, por lo tanto, es particularmente adecuado en vías donde, para su ejecución, es necesario cortar totalmente al tráfico la carretera. Si la instalación se realiza sobre una calzada existente, será necesario fresar la capa de rodadura y la intermedia

- Ranurado

La instalación por ranurado consiste en realizar una serie de ranuras con una fresadora específica sobre la capa intermedia. Tras colocar los tubos se aplica una capa de mezcla para "rellenar" las ranuras y, finalmente, la extensión de la capa de rodadura.





Figuras 8 y 9. Instalación de los tubos mediante ranurado

Si la instalación se realiza sobre una calzada existente, será necesario fresar únicamente la capa de rodadura, procediendo a ranurar directamente la capa intermedia. La extensión y compactación de la capa de rodadura es similar para los dos métodos de instalación de los tubos.

En ambos casos, si en un futuro hay que renovar la capa de rodadura, ésta se puede fresar sin afectar a la instalación (los tubos se incorporan en la capa intermedia).

#### 4. APLICACIONES

Las aplicaciones de este sistema son múltiples. Como se ha comentado anteriormente, es fundamental localizar un entorno donde haya una necesidad energética concreta y una vez localizada ésta, es necesario realizar el correspondiente estudio energético para dimensionar correctamente los pozos geotérmicos. A continuación, detallamos algunos ejemplos:

- Aeropuertos

La eliminación de nieve en aeropuertos, en aparcamientos y carriles taxi puede ser laborioso y requiere una atención al tráfico importante por parte de las máquinas quitanieves. Mediante el sistema Power Road® se conseguiría eliminar la nieve sin producir alteraciones al tráfico y se podría minimizar o eliminar los tratamientos con salmuera o similar para evitar el deshielo, con el consiguiente ahorro económico y ecológico. Este sistema también se podría emplear en la climatización de las terminales del aeropuerto. En verano, el calor absorbido por el pavimento se almacena y emplea en invierno para ca-

lentar la terminal y, viceversa.

- Barrios

Se sabe que entorno al 70% del consumo energético de una vivienda se destina a la calefacción. Si un barrio se diseña instalando Power Road® en sus calzadas, se puede cubrir la necesidad energética de las viviendas, colegios, comercios... así como reducir el efecto de isla de calor.

- Centros comerciales

Todos los centros comerciales tienen asociados aparcamientos que constituyen enormes superficies. Estas superficies son ideales para instalar el sistema Power Road® de tal manera que:

- Se evite la formación de hielo o el efecto de la nieve en el aparcamiento.
- Se obtenga la energía necesaria para la climatización del propio centro comercial, enfriándolo en verano y calentándolo en invierno.
- Se minimice el efecto isla de calor, así como los fuertes gradientes térmicos en las mezclas bituminosas empleadas, autorregulando la temperatura del aparcamiento, calentándolo en invierno y enfriándolo en verano.

- Saint-Arnoult (Francia)

En Saint-Arnoult, población perteneciente a la región parisina, se llevó a cabo un tramo de prueba de 500 m<sup>2</sup> con diferentes objetivos:

- Deshielo y fundición de nieve.
- Climatización de un edificio anexo al tramo.

La instalación de los tubos que actúan como cambiador de calor se realizó mediante hinca.

- Doubs (Francia)

Doubs es una zona francesa, fronteriza con Suiza. En esta región, concretamente en Pontaerlier, se instaló el sistema Power Road® en un aparcamiento de una estación invernal en una superficie de 3500 m<sup>2</sup> con el objetivo de eliminar la nieve y hielo en invierno. En este aparcamiento los tubos se instalaron por ranurado. La potencia generada es de 400-800 kW.

- Praga (República Checa)

A finales de 2017 en Praga, se instaló Power Road® en una extensión de 300 m<sup>2</sup>, en un aparcamiento para fundir la nieve y hielo en invierno y climatización de la sede central de Eurovia.

## Power Road ®: Las carreteras como superficie para generar energías limpias



Figuras 10 y 11. Instalación de los tubos mediante hincia



Figuras 12 y 13. Aspecto del aparcamiento en enero



Figura 14. Instalación Power Road® en Praga

- Centro de conservación de Olonzac

Esta obra ha consistido en la recuperación energética del calor del pavimento para el acondicionamiento del centro de conservación en Olonzac (entre Perpignan y Montpellier).

Con una superficie de Power Road® de 400 m<sup>2</sup>, un conjunto de siete sondas geotérmicas a 120 metros de profundidad y un intercambiador de calor de 34 kW se ha conseguido aportar la totalidad de las necesidades de climatización del centro de conservación, lo que conlleva una reducción de 6 t de CO<sub>2</sub> anuales con una producción de 21 MWh al año de calentamiento y 2,4 MWh de enfriamiento.



Figura 15. Centro de conservación con Power Road®

- Fleury sur One (Francia)

Este proyecto es parte de un extenso trabajo de renovación en viviendas etiquetadas como edificios de bajo consumo y viviendas para personas mayores. La obra de renovación térmica abarca la residencia de 61 alojamientos que representa una superficie total de 4.725 m<sup>2</sup>. Se quería implantar el proceso Power Road®, un proceso innovador y sostenible de producción de calor para reducir la factura de energía de los inquilinos y reducir la huella de carbono de la obra.

La solución Power Road® fue dimensionada para cubrir el 75 % de las necesidades energéticas para calefacción y agua caliente sanitaria en cuatro de los cinco edificios de la residencia. El complemento lo proporciona una caldera de gas (especialmente en periodos de alto



Figura 16. Instalación de los tubos en el aparcamiento

consumo). La fase de estudio detallado pudo llevarse a cabo en un período de tiempo corto, de octubre a diciembre de 2018. En noviembre de 2018, se hizo una perforación de prueba y la respuesta térmica permitió validar la modelización geotérmica y, por tanto, el tamaño del campo de sondas y el área de Power Road® a instalar.

La instalación de Power Road® consta de 4 dispositivos:

- Una superficie de 1420 m<sup>2</sup> de Power Road® que permite la recarga del subsuelo.
- Almacenamiento de calor entre estaciones de 12 sondas geotérmicas de hasta 140 m de profundidad.
- Dos bombas de calor de 50 kW y sus conjuntos hidráulicos (bomba de circulación, tanque de almacenamiento, etc...).
- Dos calderas de gas de 160 kW.
- Los trabajos de perforación se organizaron en 2 fases.

o La campaña de perforación con integración de sondas verticales en marzo y abril de 2019, incluyendo dos instrumentos para controlar la evolución de su temperatura en el tiempo.

o La conexión horizontal de las sondas verticales al colector y éste a la sala técnica, en mayo de 2019.

Se instalaron tubos en casi la mitad del aparcamiento para residentes (1420 m<sup>2</sup>) durante su reparación/ampliación entre junio y septiembre de 2019:

- Instalación de colectores y accesorios en trampillas de inspección.
- Implementación de una base de un material granular procedente de escorias de incineración.
- Instalación de 8 cm de base de MBC, ranurado y

barrido.

- Instalación de tuberías, conexión a colectores y pruebas de presurización, capa de relleno con una mezcla antirremonte de fisuras.
- Rodadura con 5 cm de mezcla especial con un determinado porcentaje de partículas de vidrio y espejo para mejorar la visibilidad de noche.

Para la puesta en servicio y mantenimiento se instalaron la bomba de calor, la caldera de gas y sus equipos. La sala de calderas de gas se puso en servicio en septiembre de 2019, antes del otoño. La bomba de calor está operativa desde enero de 2020 y la instalación ha sido mantenida desde octubre de 2019. Esta operación permitirá a los inquilinos reducir sus costes energéticos (de 140 a 350 € anuales según el tipo de vivienda).

- Egletons (Francia)

Inaugurado el 14 de enero de 2021, el proyecto Power Road® en la calle Martial Bergeal en Egletons es parte de la realización de las llamadas carreteras innovadoras de 5ª generación. Se adjudicó a Eurovia la seguridad vial de 120 metros (660 m<sup>2</sup>) de una calle ubicada en el corazón universitaria de obras públicas.

Power Road® está conectado al retorno de una red de calefacción (70°C): permite beneficiarse de una energía renovable baja en carbono y reutilizar el calor de retorno de la red necesario para calentar los edificios del municipio. La producción de calor es proporcionada por una sala de calderas de biomasa y una planta de valorización de residuos en energía.

La instalación del intercambiador se llevó a cabo por hinca: el proceso consiste en instalar el intercambiador Power Road® en el aglomerado caliente que, en este caso, consta de 48 líneas de tubos prefabricados. La primera capa de aglomerado es una mezcla bituminosa en caliente 0/10 puesta en obra sobre una capa intermedia.

Los tubos se conectaron a 200 m de red secundaria de HDPE a través de 96 conexiones; estos tubos han sido especialmente diseñados para la obra. Posteriormente se extendió una capa de rodadura de 6 cm de mezcla tipo S.

Finalmente, Power Road® se conectó a la red de calefacción urbana por un subcontratista especializado en

fontanería y electricidad, en las inmediaciones de la obra. Una cabina de control permite el control y regulación de los intercambios de calor con la red de calefacción comunitaria.



Figura 17. Aspecto de la calle en invierno

En términos de mantenimiento, se planifica una visita de verificación anual durante los 3 años siguientes. La carretera, dotada de sensores de temperatura, una cámara y un sensor de nieve, permite derretir automáticamente la nieve y se puede controlar de forma remota. La proximidad de las escuelas de obras públicas proporcionará a los estudiantes y profesores un apoyo concreto e innovador al estudio.

Este tipo de operación en tramos concretos se puede utilizar para garantizar la seguridad de los usuarios y una mejor calidad de servicio en puntos singulares como el acceso hospitalario, estaciones, aeropuertos...

### 5. CONCLUSIONES

Las carreteras son enormes superficies negras que ahora, pueden emplearse para la producción de energía térmica. Esta energía renovable puede almacenarse y emplearse cuando sea necesario, ayudando en la lucha contra el cambio climático.

Esta energía almacenada puede utilizarse para acondicionar todas aquellas zonas donde haya una necesidad energética en forma de climatización o agua caliente, como pueden ser zonas residenciales, edificios públicos, piscinas municipales, aeropuertos, etc...

### 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] <http://www.idi.mineco.gob.es/portal/site/MICINN>.
- [2] 20180329 - Power Road® - présentation Forum innovation IDFN (002).
- [3] POWER ROAD® - FR - Journée Référents n°2 (02/2018).
- [4] Technoroute 509. Vivienda social con calefacción Power Road®.
- [5] Technroute 515. Power Road® en Egletons.