

PROYECTO **REPARA**^{2.0}

*Desarrollo de nuevas técnicas y sistemas de información para la
REhabilitación sostenible de PAVimentos y carreteras*

NUEVAS TÉCNICAS PARA REHABILITACIÓN SOSTENIBLE DE PAVIMENTOS

REPARA 2.0 es un proyecto de investigación industrial y desarrollo experimental, llevado a cabo gracias al soporte financiero del CDTI, por las empresas Sacyr Construcción, CHM Obras e Infraestructuras, Repsol, Fractalia, Acciona Infraestructuras, Cemosa, y Solid Forest.

www.proyectorepara.com - email: info@proyectorepara.com - twitter: [@ProyectoREPARA2](https://twitter.com/ProyectoREPARA2)

Informe preparado por Miguel Martín Cano, del proyecto REPARA 2.0 dentro del paquete de trabajo 1, liderado por Sacyr Construcción y del paquete de trabajo 3, liderado por Fractalia, dentro de los trabajos realizados en Hito 1. Diversos entregables.

Madrid, Agosto 2017

© Grupo Sacyr S.A.U 2017

ÍNDICE

1.	Nuevas técnicas de rehabilitación sostenible de pavimentos.	1
1.1	Mezclas sonoreductoras 2.0	1
1.2	Reciclado en frío con ligante alternativo base betún.....	1
2.	Nuevas sistemas de monitorización y detección del estado de los firmes.	2
2.1	Análisis de los sensores existentes en pistas de ensayo experimental y análisis de sensores comerciales en el ámbito del pesaje dinámico.	2
2.2	Estudio de arquitecturas y tipologías de instalación de los sensores previamente indicados.	3
2.3	Análisis de diferentes técnicas de transferencia de potencia de forma inalámbrica a través del asfalto.	3
2.4	Desarrollo del prototipo de transferencia de alimentación inalámbrica.....	3
2.5	Desarrollo del prototipo de transferencia de comunicación inalámbrica.	4
2.6	Desarrollo del prototipo autónomo e inalámbrico.	4

1. Nuevas técnicas de rehabilitación sostenible de pavimentos.

El proyecto REPARA 2.0 tiene como objetivo el desarrollo de nuevas tecnologías y metodologías que apoyen la gestión de infraestructuras y permitan rehabilitar y conservar cualquier tipología de carretera a un menor coste económico y medioambiental, mejorando su adaptación frente al cambio climático. Así, entre otras tecnologías, se desarrollarán nuevos pavimentos sonoreductores, reciclados a tasas de hasta el 100%, mediante el empleo, por primera vez a nivel internacional, de mezclas recicladas fabricadas a menos de 100°C, (mezclas recicladas templadas), que, además de la reducción de ruido, bajo consumo energético y baja generación de emisiones, no presenten los problemas de durabilidad asociados a este tipo de mezclas.

1.1 Mezclas sonoreductoras 2.0

Los trabajos llevados a cabo durante este primer hito de proyecto referente a la técnica de mezclas sonoreductoras se centraron en el estudio del ligante envejecido contenido en las muestras de RAP necesario para la fabricación posterior de las mezclas y el posterior estudio de diferentes aditivos sobre dicho ligante, evaluando el comportamiento de las diferentes mezclas.

Durante los trabajos realizados se llevó a cabo la extracción del ligante del árido reciclado para después caracterizarlo mediante los ensayos de penetración y punto de reblandecimiento. Se realizó también la caracterización reológica de este ligante mediante un barrido de frecuencias a distintas temperaturas (5-80 °C) con un reómetro dinámico de corte (DSR) y se comparó con betunes convencionales de nueva producción y betunes convencionales nuevos envejecidos artificialmente mediante diversos procesos de envejecimiento. Tras ello, se ensayaron en las mismas condiciones muestras de betún envejecido con tres porcentajes distintos de dos aditivos, para mejorar la cohesión interna de las mezclas a las que se incorporará.

En base a los resultados obtenidos se pudo afirmar que el betún recuperado ensayado tenía un comportamiento similar a un betún 50/70 envejecido bajo los ensayos RTFOT+PAV. Se determinó además el porcentaje óptimo de aditivo rejuvenecedor. Los porcentajes óptimos de cada aditivo serán incorporados a la emulsión en la siguiente fase de estudio en la que se analizará la interacción emulsión/aditivos para la fabricación de mezclas recicladas de altas prestaciones.

1.2 Reciclado en frío con ligante alternativo base betún.

En paralelo a los trabajos anteriores, se llevó a cabo un estudio a nivel de laboratorio referente al desarrollo de nuevas mezclas recicladas en frío con ligante alternativo en base betún, que hemos denominado betún para reciclar o BR y alta tasa de RAP de hasta el 100%, cuyo objetivo es conseguir mezclas

que se aproximen técnicamente a las mezclas bituminosas en caliente, aptas para capa de base o intermedia.

Sacyr Construcción centró sus estudios en mezclas fabricadas a partir de RAP envejecido procedente del fresado de mezclas bituminosas en caliente estructuralmente agotadas, al que añadimos BR como ligante, con el objetivo de evaluar su poder rejuvenecedor sobre el betún envejecido y los beneficios que este ligante aporta a la mezcla.

Como complemento a lo indicado anteriormente y teniendo en cuenta que Sacyr Construcción lleva desarrollando desde hace algunos años proyectos de Mezclas Recicladas en Frio de altas prestaciones iniciales basadas en el empleo de emulsión, se elaboró una comparativa entre ambas técnicas con objeto de evaluar cual resulta técnica y económicamente más rentable.

2. Nuevas sistemas de monitorización y detección del estado de los firmes.

Otro de los objetivos del proyecto REPARA 2.0 es el desarrollo de nuevos sistema de información que permitan recopilar información basadas en tecnologías de Internet de las Cosas (IoT) así como el procesado avanzado mediante técnicas BigData que determinen el estado y prediga deterioros y anomalías de firmes. Estos sistemas se basan en nuevas arquitecturas de sensorización para alimentación y comunicación inalámbricas de sensores embebidos en el pavimento, y nuevos sistemas de recogida de información en el ámbito de las carreteras.

Contempla también el desarrollo de nuevos sistemas de información que permitan la recogida de información basadas en tecnologías de Internet de las Cosas (IoT) así como el procesado avanzado mediante técnicas Big Data que determinen el estado y prediga deterioros y anomalías de firmes. Estos sistemas se basarán en nuevas arquitecturas de sensorización para alimentación y comunicación inalámbricas de sensores embebidos en el pavimento, y nuevos sistemas de recogida de información en el ámbito de la carretera. A lo largo de este primer hito de proyecto se han desarrollado las siguientes tareas:

2.1 Análisis de los sensores existentes en pistas de ensayo experimental y análisis de sensores comerciales en el ámbito del pesaje dinámico.

Para comenzar el estudio de los nuevos sistemas de monitorización se elaboró un documento que recoge las principales características de algunas de las pistas de ensayo experimental de degradación de pavimentos más importantes del mundo y los sensores más habituales utilizados. En él se describen también las variables que se suelen medir en este tipo de sensorización, tanto los embebidos en el pavimento como otros externos que

son utilizados principalmente para conocer las condiciones ambientales de la superficie de la carretera.

2.2 Estudio de arquitecturas y tipologías de instalación de los sensores previamente indicados.

Tras el análisis de la instrumentación se abordó el estudio detallado de la arquitectura necesaria para el desarrollo del sensor Repara 2.0, definiendo la instrumentación requerida para la zona experimental, los sensores y sus elementos auxiliares. Detalla también la comunicación inalámbrica que se ha estudiado para el desarrollo de proyecto, buscando las soluciones más actuales disponibles en el mercado, las cuales finalmente se plantearon como posibles soluciones, se detallan también los ensayos llevados a cabo con las distintas tecnologías estudiadas para su análisis.

Se detalla también la tecnología inalámbrica planteada para el desarrollo del sensor Repara 2.0, definiendo la electrónica de transmisión, de recepción y de carga.

2.3 Análisis de diferentes técnicas de transferencia de potencia de forma inalámbrica a través del asfalto.

La alimentación inalámbrica consiste en la transmisión de energía eléctrica de una fuente de alimentación a un dispositivo sin la utilización de cables o conductor eléctrico. En la transmisión inalámbrica de energía, un dispositivo emisor conectado a una fuente de potencia, transmite energía por un campo electromagnético a través de un espacio intermedio a uno o más dispositivos receptores, donde es convertida de vuelta a energía eléctrica y utilizada.

Del análisis llevado a cabo en el apartado anterior se constató que uno de los principales escollos para el desarrollo del sensor REPARA 2.0 estaba en las características y requerimientos de los equipos de transferencia de potencia, por lo que se evaluó el estado de la tecnología existente en relación a la sensorización autónoma e inalámbrica del pavimento, centrándose en aspectos referentes a la alimentación eléctrica (recarga inalámbrica) y a las comunicaciones de la información adquirida por los sensores, también de forma inalámbrica.

2.4 Desarrollo del prototipo de transferencia de alimentación inalámbrica.

El procedimiento empleado para generar la transferencia de potencia de forma inalámbrica consiste en generar un campo magnético en una bobina de transmisión que induce a continuación una corriente alterna en la bobina de recepción. Para conseguir la máxima eficiencia sin emplear el material ferromagnético de los transformadores es necesario generar un campo magnético muy fuerte. Esto se consigue produciendo una gran corriente

alterna en un inductor a partir de un voltaje de tensión continua. La forma de lograrlo es diseñando circuitos simples pero muy eficientes que emplean un circuito resonante LC o RLC en serie.

A partir de estas premisas se diseñó el circuito del prototipo 1 el cual está formado por el circuito de transmisión, la bobina de transmisión, la bobina de recepción y el circuito de recepción. Este tipo de carga inalámbrica proporciona un método para alimentar dispositivos en entornos difíciles sin necesidad de costosos conectores propensos a fallos por deterioro debido a las duras condiciones del exterior.

Todo ello permitirá que los dispositivos se carguen mientras están encerrados dentro de recintos sellados y embebidos en la carretera.

2.5 Desarrollo del prototipo de transferencia de comunicación inalámbrica.

Analizado el sistema de transferencia de alimentación el siguiente paso consistió en desarrollar un sistema de transferencia de comunicación inalámbrica apropiado para los fines propuestos.

Se busca una tecnología de comunicación que permita desarrollar un sensor completamente autónomo con capacidad para realizar comunicaciones inalámbricas con el exterior sin la necesidad de emplear cables o conectores, que con el paso del tiempo el exterior deteriora drásticamente.

Se evaluó la respuesta de las distintas tecnologías de comunicación inalámbricas cuando las ondas electromagnéticas tienen que atravesar una capa de asfalto, es decir, cuando el emisor está embebido en el asfalto y el receptor en el exterior.

El sensor Repara 2.0 que pretendemos desarrollar estará formado por varios componentes, de los cuales el sensor, encargado de medir la humedad de la carretera, y el cuerpo estarán bajo la capa de asfalto. La parte que realizará la comunicación inalámbrica con el exterior para pasar la información capturada por el sensor está en el cuerpo.

Para llevar a cabo la captura de la medida por el sensor de humedad, se emplea un microprocesador capaz de interpretar la información recibida del sensor. Este microprocesador será el encargado de realizar la transmisión inalámbrica con el exterior para transmitir la información obtenida del sensor.

2.6 Desarrollo del prototipo autónomo e inalámbrico.

Analizados los sistemas de alimentación y transmisión anteriores, se definió la arquitectura establecida para el sensor repara 2.0. Una arquitectura pensada para conseguir un sensor que se puede embeber en la carretera y que sea completamente autónomo, sin necesidad de cables, tanto para la carga de la batería como para la transmisión de la información obtenida por el mismo.

Esto permitirá monitorizar las variables que puedan afectar a la degradación de la carretera, siendo la entrada de los modelos predictivos.

La arquitectura desarrollada permitirá llevar la transferencia de potencia inalámbrica a la sensorización embebida en la carretera, permitiendo así la carga de la batería empleada por estos dispositivos.

Para realizar la selección de la tecnología de transmisión de energía se ha tenido en cuenta el consumo del sensor seleccionado, considerando la frecuencia de muestreo, el volumen de datos que será necesario enviar, el alcance de estas transmisiones, etc.

De igual modo, se han estudiado las distintas alternativas de comunicación inalámbrica y se ha optado por la que permite obtener los mejores resultados con el menor coste de energía, superando la atenuación producida por el asfalto.

Para más información al respecto puede visitar la página web del mismo, www.proyectorepara.com