



## **SISTEMAS DE CONTROL AVANZADO PARA LA MONITORIZACIÓN DE TALUDES EN CARRETERAS**

**(Innovación para la resiliencia en carreteras frente al cambio climático)**

**Cristina Ávila Freire**

CHM Obras e Infraestructuras, S.A.

Avda. Jean Claude Combaldieu, s/n. 03008 Alicante

965145205

[cavila@chm.es](mailto:cavila@chm.es)



CHM Obras e Infraestructuras, S.A.



**PALABRAS CLAVE:** seguridad vial, carreteras, monitorización, taludes, cambio climático

## TEXTO DE LA COMUNICACIÓN

### 1. RESUMEN DE LA INNOVACIÓN EN SEGURIDAD

La finalidad de esta comunicación es presentar la línea de investigación desarrollada en el proyecto de investigación REPARA 2.0, apoyado por CDTI y Fondos FEDER, donde participa CHM Obras e Infraestructuras, S.A., siendo uno de sus objetivos el desarrollo de un nuevo sistema de control en las carreteras frente a los riesgos del cambio climático, esto es, el estudio y desarrollo de este nuevo sistema de monitorización de taludes.

Esta línea de investigación y desarrollo se centra en analizar y definir un nuevo sistema de control frente el impacto del cambio climático en las infraestructuras de carreteras, con el objeto de optimizar las necesidades relativas al mantenimiento y rehabilitación de carreteras, principalmente.

En particular, se busca un sistema de monitorización de los movimientos de taludes para detectar de forma temprana posibles desplazamientos que pueda afectar a la vialidad de las carreteras. La metodología del sistema de instrumentación y aviso temprano es lo suficientemente flexible para permitir la detección prematura de amenazas, mediante el análisis de los datos tomados por sensores, desarrollando protocolos abiertos para la gestión de cambios.



Figura 1 – Afección a carretera por movimiento de taludes (Fuente: CHM)

Con este nuevo sistema en las infraestructuras de carreteras y en particular en todo lo relativo al mantenimiento y rehabilitación de carreteras, se pretende realizar la recogida de información procedente de la carretera con el equipamiento necesario, con el fin de definir las medidas de adaptación necesarias que permita una toma de decisiones más eficiente y objetiva ante actuaciones de conservación, y que consiga minimizar sus efectos de forma que se garantice la seguridad y funcionalidad de las carreteras, dado que entre los peligros latentes identificados susceptibles de aparecer en la carretera, especialmente asociados al cambio climático, sería aquello relacionado con los taludes y sus condiciones de estabilidad y estética.

Las consideraciones particulares de CHM en relación a la puesta en marcha de esta línea de investigación son:

- Mediante la colocación de sensores se puede recoger dinámicamente la información del comportamiento estructural de los firmes y transmitirla a un sistema de Big Data que permitirá sacar las conclusiones sobre el estado de las carreteras.
- Una rápida detección de los posibles movimientos que puedan presentar taludes en riesgo de deslizamiento, puede reducir enormemente riesgos sobre personas y bienes materiales.

Es por ello que CHM, con la colaboración de una Universidad pública, estudia un sistema de instrumentación y aviso temprano frente a los posibles movimientos de taludes, centrado en las principales vías de comunicación entre los municipios, como son las carreteras.



## 2. METODOLOGÍA

La metodología de este sistema inteligente consiste en la toma de datos iniciales que permita validar las mejoras obtenidas posteriormente, realizar un diagnóstico final y prevenir riesgos tanto para la infraestructura como para los usuarios de la misma, optimizando las necesidades de actuación en operaciones de conservación de carreteras, entre otros.

Como parte de la investigación referida al propio estudio de resiliencia de las carreteras frente al cambio climático, CHM lleva a cabo los siguientes trabajos:

- Realizar un estudio de los distintos tipos de sensores existentes en el mercado y seleccionar el más adecuado al entorno de la carretera mediante un análisis multicriterio que tenga en cuenta la disponibilidad, coste, compatibilidad, mantenimiento y potencial de la información suministrada, entre otros parámetros de toma de decisión.
- Identificar las posibles localizaciones de este sistema avanzado en carreteras donde se produzca movimiento de taludes, estableciendo finalmente una zona de actuación concreta para la monitorización temporal.
- Analizar el procedimiento de instalación para una adecuada monitorización.
- Adecuar y calibrar el sistema en laboratorio antes de su instalación en campo.
- Adaptar el proceso de recogida de datos y procesado de los mismos en el software correspondiente.
- Llevar a cabo trabajos de campo: campañas de medición y análisis de datos.



- Validar el sistema y tratamiento de datos para realizar diagnóstico final y prevenir riesgo tanto para las infraestructuras como para los usuarios de la misma.

### **3. DESARROLLO**

#### **3.1. Definición del tramo de prueba**

La zona elegida para realizar la experimentación ha sido un tramo de carretera de la provincia de Granada, en la que la Administración de Carreteras de la Junta de Andalucía había detectado tendencia a deformaciones en los taludes, con el consecuente daño a la vía.

Dicho tramo de carretera cruza una ladera en la cual se está produciendo un desplazamiento siguiendo una trayectoria rotacional (rotura en "concha").

Tras visitar la zona se pudo constatar que el borde de la ruptura es visible en la parte superior de la ladera, y se manifiesta en la carretera con la aparición de un bache que se va haciendo cada vez más pronunciado con el tiempo. Por tanto, se confirma que hay zonas especialmente sensibles que están afectando al estado de la carretera y es donde se decide monitorizar.

En la imagen siguiente se identifica el talud en el que se ha realizado parte de la monitorización.



Figura 2 – Taludes seleccionados para instalar el sistema de control avanzado (*Fuente: CHM*)

### 3.2. Elección del sistema e instalación necesaria para la monitorización

El sistema de monitorización instalado proporciona información acerca de la deformación relativa obtenida en todos los puntos de medida a lo largo del trazado monitorizado, pudiendo monitorizar varias zonas de manera simultánea con un único equipo.

La información obtenida es la relativa a deformaciones que experimenta el sistema instalado como consecuencia de los desplazamientos del terreno en el que está emplazada. Con estos datos y puntos considerados de refería es posible estimar desplazamientos relativos del terreno, al menos de los puntos cubiertos por el sensor.

Para seleccionar los elementos instalados se ha llevado a cabo un análisis de las distintas opciones existentes en el mercado, potencialmente adecuadas para realizar las medidas requeridas. Entre todas las opciones se ha seleccionado una, tanto por sus prestaciones como por la viabilidad que tendría la instalación en el emplazamiento seleccionado, como por su



precio. La solución elegida dispone de una configuración con gran robustez frente a problemas de instalación y/o deterioro de los materiales, debido a que permite monitorizar de forma tanto aislada como conjunta todos los tramos de la instalación, habiendo rutas redundantes en cualquier caso de rotura.

En cuanto a la instalación, se ha realizado tanto en la zona aguas arriba y aguas abajo (talud de la base) de la carretera. En ambos casos, por la dificultad de la instalación, se decide la colocación del sistema de medición de deformaciones paralelo a la carretera y un cable soterrado normal de comunicaciones en paralelo para prevenir una situación de bloqueo en caso de cualquier eventual rotura de cualquiera de los dos elementos anteriores.



Figura 3.- Vista a los taludes seleccionados, para instalación y posterior toma de medidas (Fuente: CHM).

Además, se ha previsto adaptar el conexionado de la instalación como se desee, permitiendo una reconfiguración manual flexible de la instalación robusta ante cualquier problema de rotura.

Una vez instalado el sistema de control, se está realizando toma de medidas de deformación de forma periódica, detectándose coincidencia entre los puntos con mayor deformación y las zonas que se ven visiblemente afectadas en el tramo de prueba.



Figura 4.- Afección a la carretera coincidente con la medición de deformación (*Fuente: CHM*).

### 3.3. Calibración del sistema en laboratorio

Previa a su instalación en campo, se procedió a realizar una calibración del sistema adquirido con el fin de comprobar los datos suministro. Para ello, se eligió una sección que fue sometida a distintas deformaciones, utilizando desplazadores controlados con tornillos micrométricos.

De ello se observó que la sensibilidad de sistema es ligeramente superior a la indicada por el fabricante y que se pueden observar ciertas fluctuaciones que pueden ser debidas a variaciones de la temperatura del laboratorio a lo largo de la realización de las medidas, así como a inhomogeneidades del sistema. En cualquier caso, estas variaciones no se espera que sean relevantes, teniendo en cuenta el rango de deformaciones que se espera medir en campo.

Las variaciones de temperatura, en el caso de las medidas de campo, son corregidas con medidas simultáneas de este parámetro sobre un cable seleccionado estándar.





### 3.4. Software para medida

Inicialmente se disponía de un software diseñado para la medida de variaciones de temperatura a lo largo del sistema instalado, con resoluciones espaciales en el entorno del metro o pocos metros. Para poder utilizarlo en la monitorización de desplazamientos de terreno, es necesario realizar una adaptación del software de medida al registro de deformaciones relativas del sistema que se emplea como elemento transductor.

Las actuaciones que se han llevado a cabo están relacionadas con la adaptación del proceso de recogida de datos y procesado de los mismos. En el caso de las medidas de deformación hay que adaptar los tiempos de la dinámica de las variaciones a registrar y, por otra parte, es necesario adaptar la tasa de muestreo a las condiciones particulares de estas medidas.



Figura 5.- Trabajos de campo (Fuente: CHM).



## CONCLUSIONES

Este sistema se plantea como una herramienta para optimizar la toma de decisiones ante las necesarias actuaciones planificadas de mantenimiento y rehabilitación en conservación de carreteras, considerando la seguridad de los usuarios y bienes materiales como principio fundamental a garantizar.

Por tanto, con el desarrollo y verificación llevada a cabo hasta el momento, las ventajas esperadas que se va a tener con la implantación de este sistema de instrumentación para el control de taludes en carreteras serán fundamentalmente las siguientes:

- Evitar afección y molestias a los usuarios de la vía. Seguridad vial.
- Planificar de forma más eficiente y objetiva las actuaciones necesarias para evitar el detrimento de las infraestructuras viarias, pudiendo actuar con suficiente antelación para garantizar la vialidad de las carreteras, a partir del control de los taludes (condiciones de estabilidad y estética).
- Sistema a instalar con reducida afección a las infraestructuras, siendo un sistema flexible y robusto, con posibilidad de adaptación y reparación relativamente sencilla.

En lo que se refiere al coste, varía en función de las características del lugar en el que se vaya a instalar, descomponiéndose en la adquisición propiamente dicha del sistema y la obra civil asociada.