

# MONITORIZACIÓN DE UNA ESTRUCTURA CIVIL MEDIANTE SENSORES FOTÓNICOS

C. Jáuregui, A. Quintela, J. Echevarría, F. J. Madruga O. M. Conde, J.M. López-Higuera

Grupo de Ingeniería Fotónica – Dpto. TEISA – Universidad de Cantabria

Tlfn. 942-200877 Ext. 16 Fax : 942-200877

e-mail: jauregui@teisa.unican.es

## ABSTRACT

*Embedded sensors for monitoring civil structures were design, installed in a bridge crossing the Autovía del Cantábrico and compared with traditional measuring techniques*

## 1. INTRODUCCIÓN

Que las estructuras civiles necesitan ser inspeccionadas a lo largo de su vida para comprobar su estado de salud es un hecho que no se le escapa a nadie. Lo que es menos conocido son las técnicas que se emplean para llevar a cabo este cometido. En muchos casos se trata de técnicas clásicas que poco o nada han evolucionado a lo largo de los años. Éstas pueden ser tan diversas como la medida de deformaciones y/o desplazamientos mediante comparadores de aguja, técnicas topográficas, galgas extensiométricas o la simple inspección visual para intentar detectar fisuras en la estructura. Estas técnicas, aunque en muchos casos seguras y fiables, adolecen de serios problemas. De éstos los más graves pueden ser el hecho de que la mayoría de estas no permiten un monitorizado de la estructura continuo en el tiempo ni obtener datos del interior de la misma. Esto si es posible con las galgas extensiométricas, pero sin embargo presentan el gran inconveniente de que su duración en el tiempo apenas sobrepasa el mes siguiente a la prueba de carga.

Las técnicas de sensado fotónico [1], y en concreto aquellas basadas en Redes de Difracción en Fibra Óptica (R.D.F.O.) [2], se erigen como firmes candidatas a solventar los problemas que presentan las técnicas clásicas. Esto se debe a las inherentes ventajas que los sensores derivados de este tipo de tecnologías presentan: bajo tamaño y peso, ser completamente dieléctricos, estar fabricados de un material altamente compatible con aquellos empleados en la construcción, su elevada capacidad de multiplexación, etc. En esta comunicación se presenta un intento exitoso de llevar esta tecnología al mundo real. Varios transductores basados en R.D.F.O. fueron instalados en un paso superior de la *Autovía del Cantábrico* y sus resultados comparados con los obtenidos mediante técnicas convencionales durante la prueba de carga de la estructura.

## 2. TRANSDUCTORES

Como ya se ha comentado en la introducción, los sensores desarrollados se basan en redes de difracción de Bragg. Éstas no son más que perturbaciones periódicas o cuasi-periódicas del índice de refracción del núcleo de la fibra óptica. Pues bien, estas estructuras presentan la propiedad de reflejar una determinada longitud de onda (conocida como longitud de onda de Bragg o  $\lambda_B$ ) siendo transparentes al resto. Por otra parte cabe destacar que esta longitud de onda es sensible a diversos parámetros externos tales como la temperatura o la tensión mecánica, y es precisamente este hecho el que capacita a estos dispositivos para ser empleadas como sensores. Evidentemente al ser las R.D.F.O. inherentemente sensibles a dos magnitudes distintas habrá que buscar estrategias que permitan discernir si la variación de la  $\lambda_B$  se debe a una u otra. De entre las varias que existen, para los transductores desarrollados se decidió emplear dos R.D.F.O., una sensible tanto a las tensiones mecánicas como a la temperatura y otra aislada de esfuerzos mecánicos. De esta manera con la información proporcionada por ambas redes se efectúa la discriminación.

## 3. INSTALACIÓN Y RESULTADOS

Los transductores desarrollados, tras varios procesos de caracterización y ensayo en laboratorio, fueron instalados en el paso superior nº2 del tramo Cabezón de la Sal-Lamadrid perteneciente a la Autovía del Cantábrico. La disposición de los mismos dentro de esta estructura se muestra en la Figura 1. Como puede comprobarse, se instalaron seis sensores de 40 cm. con la intención de medir diferentes parámetros. Así por ejemplo los sensores L y U pretenden dar una idea del comportamiento global de la estructura, mientras que el resto se emplean para conocer el comportamiento local del puente en puntos clave. Asimismo en esta figura se muestra la forma en que los transductores fueron multiplexados: en dos ramales de tres transductores (y por tanto seis R.D.F.O.) cada uno. Es por ello que a la hora de monitorizar la estructura se hace necesario el uso de un conmutador óptico para ir alternativamente interrogando cada uno de los ramales. Como se observa en la figura, la salida del conmutador se conecta a la unidad de interrogación de R.D.F.O., estando todo el conjunto controlado por un ordenador portátil. En una prueba de carga se observa el comportamiento de una estructura cuando se la carga

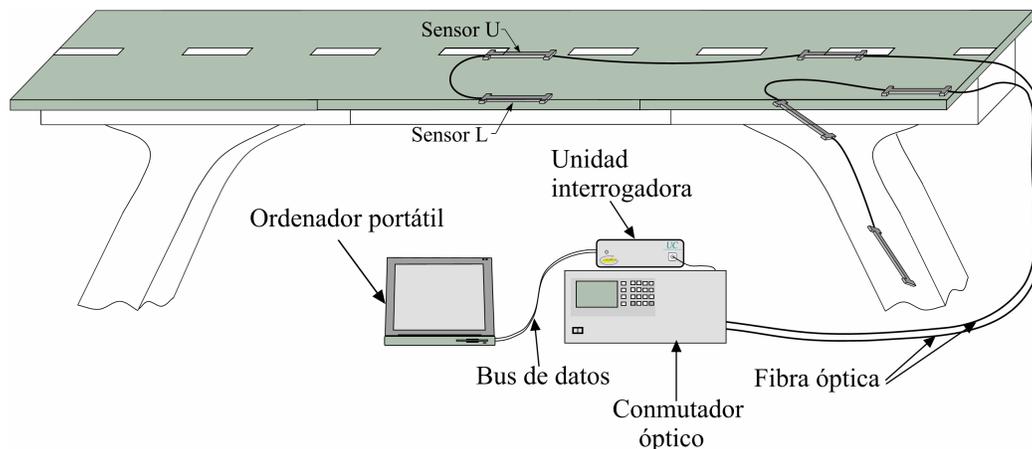


Figura 1. Distribución de los transductores en el interior del puente y esquema de interrogación empleado para recoger los datos de la prueba de carga.

con el 80% de la sobrecarga calculada. Para este paso superior la prueba consistió en situar cuatro camiones cargados (pesando 50 ton. cada uno) en diferentes disposiciones (llamadas hipótesis) encima del puente. Simultáneamente a la medida con los transductores fotónicos, se monitorizó la estructura con técnicas convencionales, en concreto con extensiómetros basados en comparadores de aguja, de manera que se pudiesen comparar los datos obtenidos con ambas tecnologías. En la figura 2 puede verse cuál fue la medida de los sensores U y L durante la hora que aproximadamente duró la primera de las tres hipótesis en que consistió la prueba de carga. La disposición de los camiones, así como sus momentos de entrada y salida puede observarse en la parte superior de la figura. La gráfica da la lectura de tensión mecánica (strain) frente al tiempo que durante la hipótesis recogieron los sensores. Así puede verse que el sensor U se elonga mientras que el L se comprime. Además, como era de esperar, la respuesta de ambos transductores es claramente simétrica en forma aunque, probablemente debido a algún tipo de asimetría en la estructura, no lo sea en valor. Por otro lado también queda recogido el hecho de que, tras la prueba, la estructura no se recuperó completamente. Este efecto, totalmente normal, fue asimismo reflejado por los extensiómetros convencionales. Otro tipo de efectos que estos sensores recogieron fue la entrada y salida de los diferentes camiones. Como fondo de la figura se ha empleado una fotografía de la estructura real con los camiones dispuestos para la hipótesis 1 de la prueba de carga.

#### 4. CONCLUSIONES

En esta comunicación se resume el proceso de diseño, fabricación, instalación y validación en campo de una red de nuevos transductores, basados en redes de difracción óptica de Bragg, aptos para ser instalados en el interior de las estructuras civiles. Los resultados obtenidos fueron exitosamente contrastados.

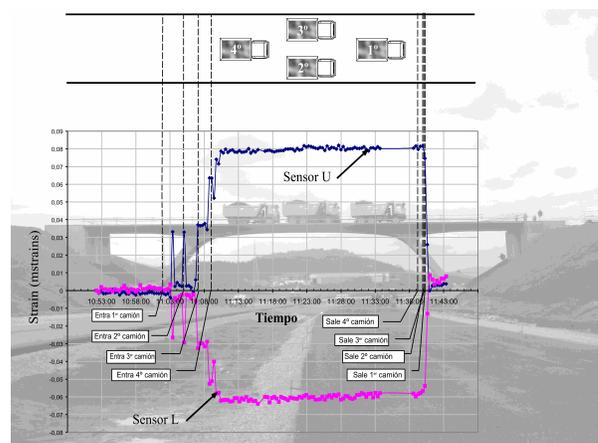


Figura2. Resultados obtenidos durante la prueba de carga.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido cofinanciado por la CICYT a través de su proyecto SuGARUS TIC-2001-0877-C0-01 y por la UE a través de su proyecto FEDER "SISFOCDETIC" 1FD97-0775.

#### 6. REFERENCIAS

- [1] J.M. López-Higuera, Editor, "Handbook of Optical Fiber sensing Technology", Ed. Wiley & Sons, pp. 800. Marzo 2002
- [2] A. D. Kersey, M. A. Davis, H. J. Patrick, M. LeBlanc, K. P. Koo, C. G. Askins, M. A. Putnam and E. J. Frieble, "Fibre grating sensors", Journal of Lightwave Technology, vol. 15, pp. 1442-1463, 1997.