

## **MONITORIZACIÓN DE ESTRUCTURAS CON FIBRA ÓPTICA**

Sergio Arróniz Prado – Alava Ingenieros

### **1 INTRODUCCIÓN**

Actualmente la evolución e innovación en el diseño de las estructuras civiles, obliga a la utilización e investigación de nuevos materiales y formas de construcción que permitan la realización, de una manera eficiente, de dichas obras de ingeniería. Esto conlleva una continua actualización y “puesta al día” de los métodos de cálculo y diseño tradicionales. Esta modernización en la resolución de cálculos, es también aplicable a las técnicas de monitorización y/o auscultación de estructuras. A tal efecto se está investigando en el campo de los materiales y una línea que está dando muy buenos resultados desde hace ya varios años, es la aplicación de la fibra óptica, y sus propiedades físicas, como sustitución de los sensores eléctricos tradicionales, donde hay dos técnicas bien diferenciadas. Una de ellas está basada en redes de Bragg (*Fiber Bragg Grating, FBG*) básicamente utilizando sensores individuales de gran precisión y repetitividad para la medida de deformación ( $\mu\epsilon$ ). Actualmente, y fundamentados en esta tecnología, se han desarrollado sensores para la obtención de casi cualquier parámetro físico como presión, aceleración, desplazamiento, humedad...

Otra técnica, completamente diferente, tanto en aplicación como en obtención de resultados, es la basada en la estimulación de Brillouin (*Stimulated Brillouin Scattering, SBS*). La utilización de ésta se centra en obras de gran longitud (hasta 50 km) como túneles, oleoductos, viaductos, estabilidad de laderas... donde se utiliza la fibra en toda su longitud como un sensor.

Son varias las ventajas de estas nuevas tecnologías de medida con fibra óptica; inmunidad electromagnética, larga durabilidad, optimización de canales de medida al poder conectarse decenas sensores en un único canal de adquisición...

Todos estos avances en la investigación de técnicas de monitorización, tienen el objetivo común de conseguir, como resultado final, estructuras inteligentes y la posibilidad de realizar un mantenimiento predictivo, lo que prolonga la vida útil de la estructura y facilita su conservación.

### **2 OBJETO**

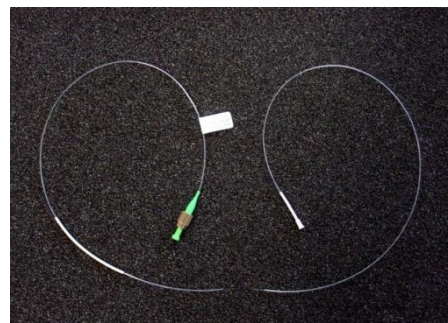
Con el fin de de establecer una comparativa práctica entre sensores tradicionales (bandas extensométricas) y sensores de fibra óptica en estructuras reales, **INECO-TIFSA** y **ÁLAVA INGENIEROS** llevaron a cabo, en el término de Aranjuez (Madrid), una prueba en dos estructuras independientes pertenecientes a la LAV Madrid – Levante.

Estos test se realizaron en dos tipologías de estructuras completamente distintas. La primera es una jácena metálica hiperestática con tres apoyos sin articulaciones y la segunda un puente de dos vanos isostático de vigas “in situ” de hormigón, claramente fisurado.

Para obtener una comparativa lo más coherente posible, se instrumentaron zonas adyacentes y sometidas a las mismas acciones.

### **Puente metálico:**

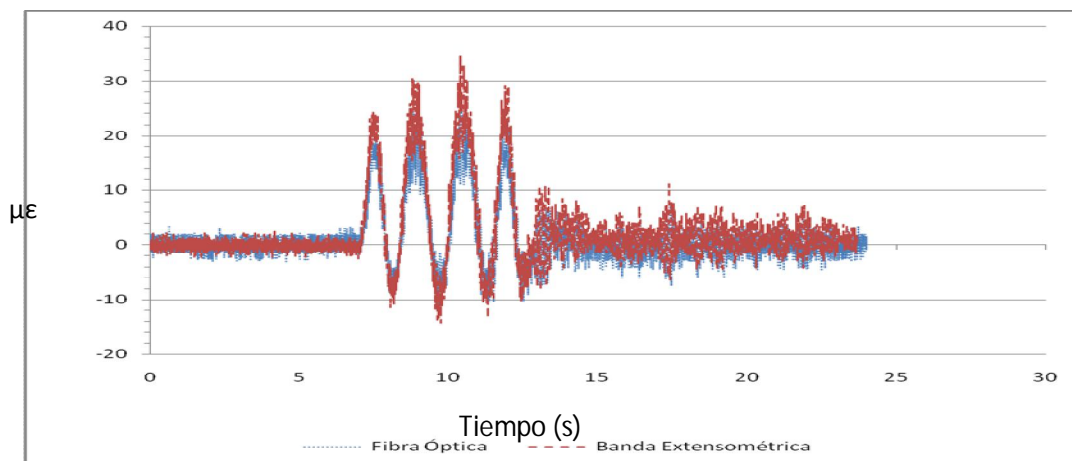
Se instrumentaron dos montantes contiguos trabajando ambos a tracción-compresión al paso del tren a dos alturas distintas. El montante de la izquierda se controló con dos bandas extensométricas y el de la derecha con dos bandas ópticas (*Fig.1*), con sus correspondientes compensaciones térmicas.



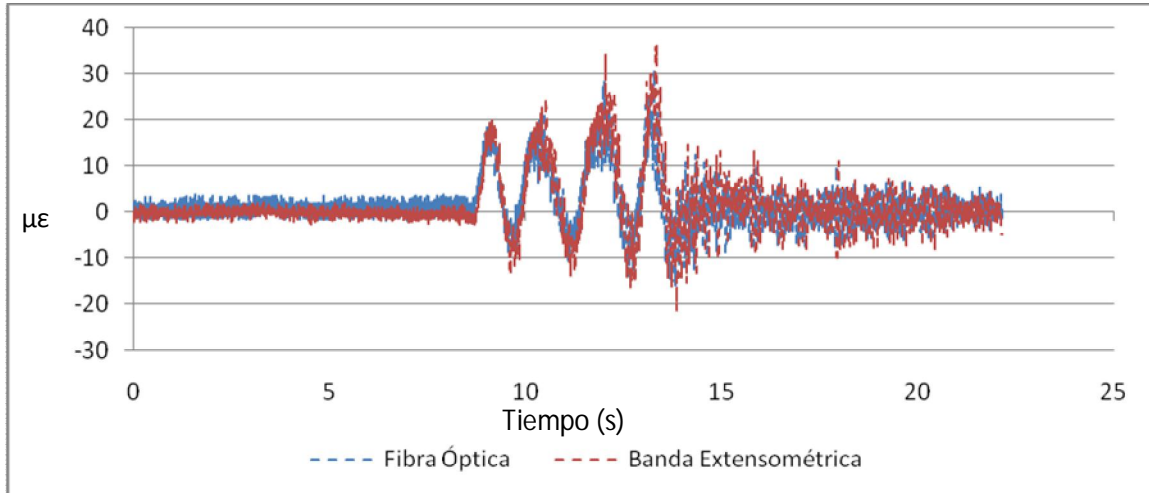
*Figura 1, bandas extensométrica y óptica instaladas*

La velocidad de adquisición de datos fue de 500Hz y durante el tiempo de paso de los distintos trenes (mercancías, cercanías, media distancia, ALARIS, Talgo...). Se tomaron datos del paso de 9 trenes independientes, mostrándose a continuación los resultados de los más significativos (ALARIS, Media Distancia y Cercanías) y la comparativa entre ambas tecnologías de medida, banda extensométrica y fibra óptica.

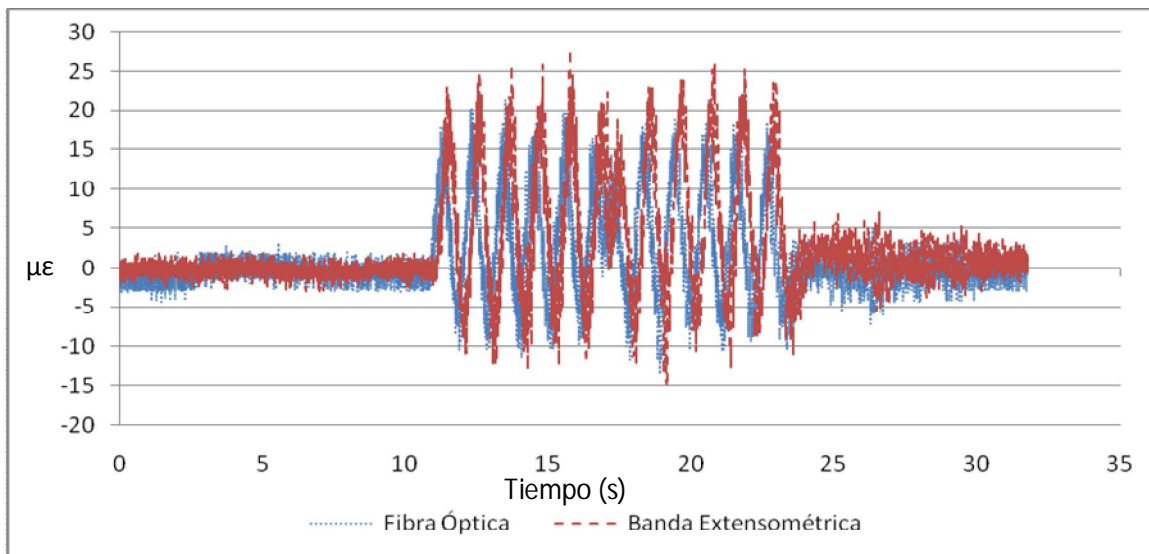
### **ALARIS**



### MEDIA DISTANCIA



### CERCANÍAS



### **Puente de hormigón:**

Aún sabiendo que el comportamiento tensional de un elemento portante de hormigón fisurado sometido a esfuerzos no sigue un patrón definido, se ha instrumentado una fisura claramente generada por efectos cortantes. Para ello se instalaron tres tipos de sensores:

- Banda extensométrica para hormigón
- Banda óptica para anclar (MS-01): mide deformaciones entre los dos puntos de anclaje, en este caso 60 mm

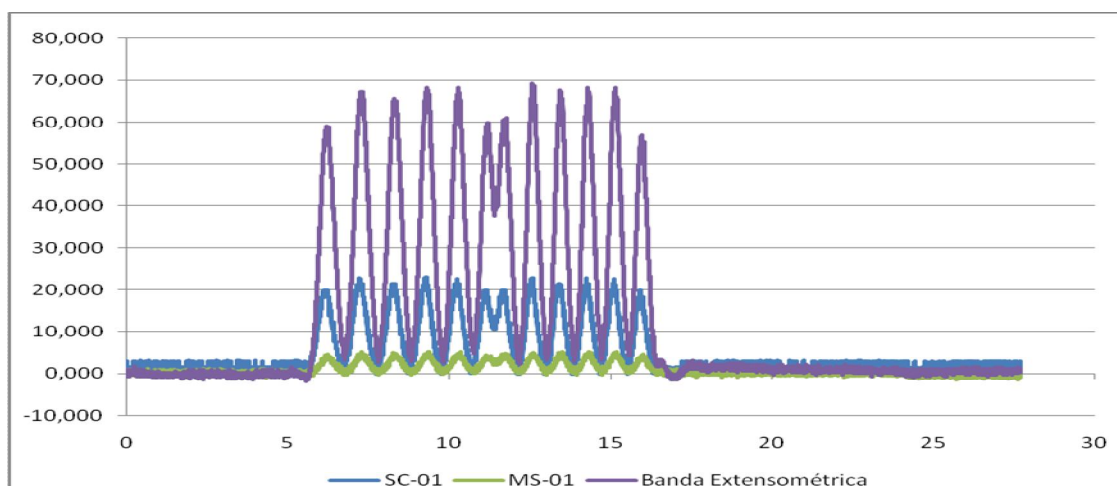


- Cable de esfuerzo óptico de 1 metro (SC-01).

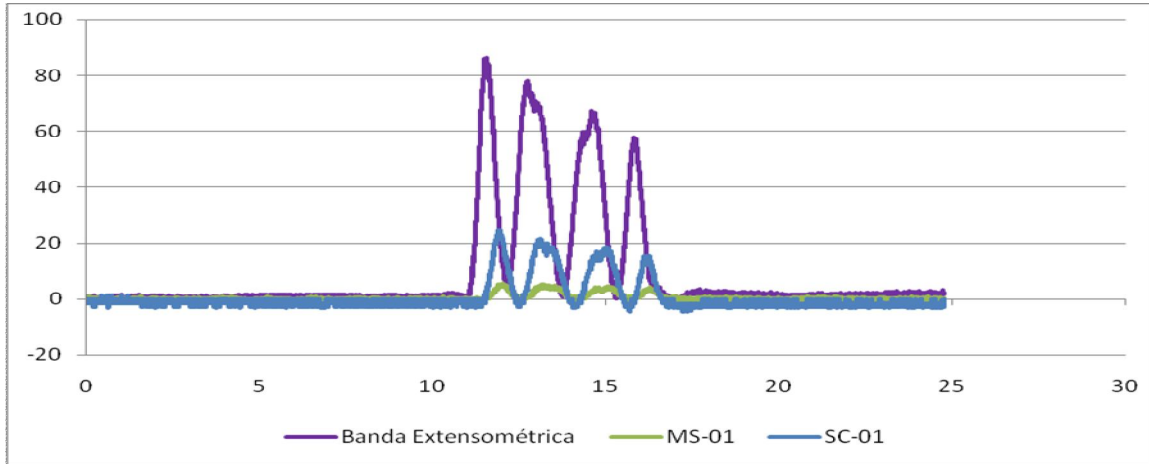


A continuación se muestran los resultados:

### **CERCANÍAS**



## MEDIA DISTANCIA

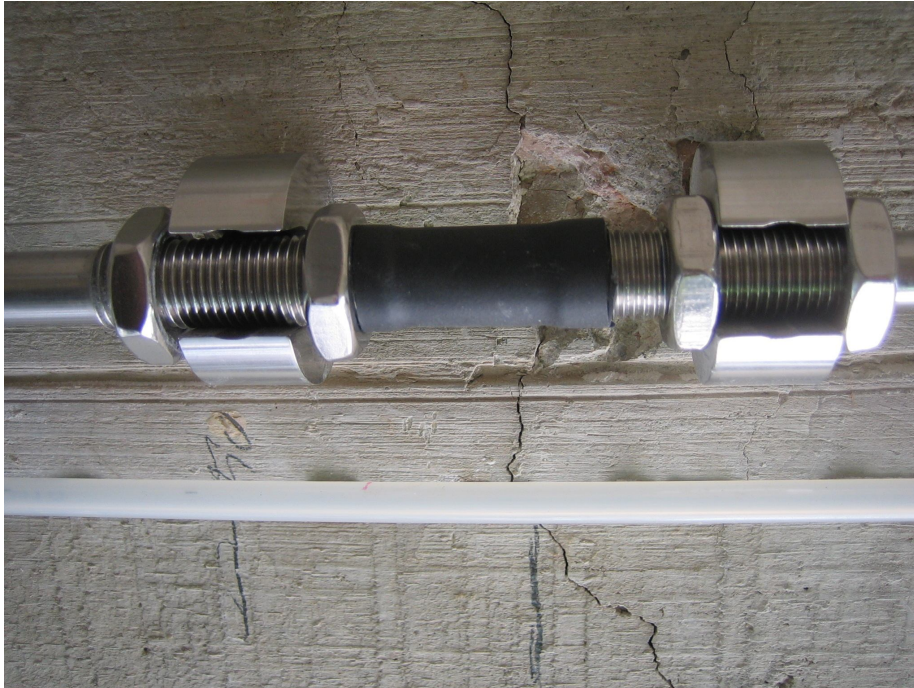


Se observan claras diferencias en cuanto a la amplitud de la señal, debido a la longitud de medida utilizada en los 3 sensores, pero principalmente a la disposición de ellos en la viga.



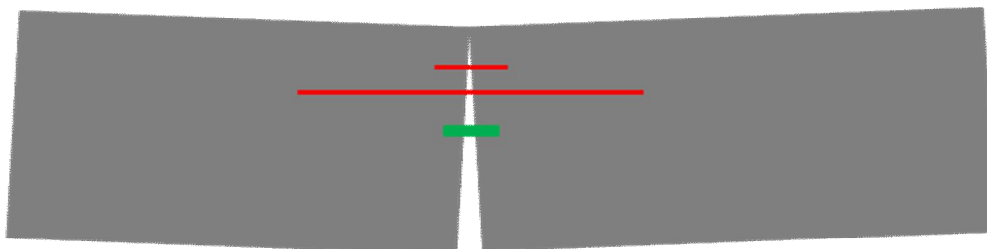
*Disposición de los sensores*



Como se puede observar en la siguiente figura, los tres sensores se han instalado en una fisura en el elemento portante de hormigón (viga).



*Instalación de sensores en la fisura*

Al no medir puramente deformaciones de la estructura, sino, debido a la fisura, apertura de ésta, el efecto recogido por los equipos (fibra óptica y banda extensométrica) registraron un "efecto bisagra" de la fisura. A continuación se puede ver dicho efecto de una manera magnificada



-  Fibra óptica
-  Banda extensométrica

### 3 CONCLUSIONES

#### PUENTE METÁLICO

Respecto a las pruebas realizadas en el puente metálico, los resultados son bastante claros en cuanto a señal y magnitud de la medida. Al no haber un trigger externo para sincronizar las medidas (inicio-fin) en el tiempo, se puede observar un mínimo desfase, que en cualquier caso no es significativo ni objeto de las pruebas.

#### PUENTE DE HORMIGÓN

La extensometría en estructuras, o elementos, de hormigón siempre ha tenido su problemática, tanto a la hora de la medida como de la interpretación de los datos.

Esta problemática viene dada, principalmente, por la falta de homogeneidad en el material, es decir, en acero la extensometría es puntal y precisa ya que este material es completamente homogéneo, en toda la superficie y profundidad. Sin embargo en el hormigón, como es el caso, pueden aparecer fisuras / grietas superficiales, en este caso se evitan esas zonas, pero lo más dudoso de estas medidas es que también puede haber fisuración interna del material, con lo que las medidas no son realmente de extensometría, y los cálculos para obtener tensiones tampoco son fiables. Debido a esto, los sensores para medida de extensometría en hormigón, tienen una longitud mayor a lo habitual. El fin que se persigue es poder promediar las deformaciones existentes y sacar un valor de deformación lo más realista posible.

El caso que nos ocupa, es un puente que será sometido a rehabilitación próximamente, por lo que tanto la fisuración superficial como interna es más que aparente.

La conclusión que se pueden extraer de esta prueba, es la lógica distribución de "apertura" de fisura a medida que te alejas del hipotético punto de giro de la viga y que la relación entre longitudes de sensores parece razonable.