

## **NUEVOS INSTRUMENTOS DE MEDIDA: SENSORES Y UNIDADES DE LECTURA DE FIBRA ÓPTICA**

Antonio D. Soler\*

---

### **RESUMEN**

Introducción a los principios de Interferometría de Fabry-Perot y su utilización en sensores de FISO Technology. Presentación de sensores y Sistemas de Lectura de FISO Technology

### **Palabras clave**

Fibra Óptica; Fabry Perot; FISO; MESUREX; piezómetro; sensor desplazamiento; galgas de fuerza

### **ABSTRACT**

Introduction of the Fabry-Perot Interferometry and its application in FISO Technology sensors. FISO TECHNOLOGY sensors and dataloggers.

### **Key words**

Fiber Optics; Fabry Perot; FISO; MESUREX; piezometer; displacement sensor; strain gages

## INTRODUCCIÓN

Uno de los más recientes y novedosos desarrollos en el campo de la instrumentación para ingeniería civil, especialmente en la instrumentación geotécnica y estructural, son los sensores de fibra óptica. Este nuevo tipo de sensores crea un fuerte interés en investigación y desarrollo. Varias tecnologías basadas en los diferentes principios, como interferometría de Fabry-Perot, redes Bragg y polarimetría, están bien documentadas en la bibliografía (Udd 1995; Culshaw & Dakin, 1996). En este caso nos centraremos en la interferometría de Fabry-Perot (FPI), principio en el que se basan los sensores de fibra óptica de FISO. Básicamente, la FPI consiste en 2 espejos colocados uno contra el otro; al espacio que los separa se le llama longitud de la cavidad. La luz reflejada en el FPI se modula en longitud de onda en concordancia exacta con la longitud de la cavidad. Como los sensores basados en FPI convierten tensión, temperatura, carga o presión en variaciones de la longitud de la cavidad, el objetivo se reduce a conseguir una manera práctica de alcanzar mediciones lo más precisas posible de la longitud de la cavidad de Fabry-Perot.

El sistema patentado de FISO “white-light cross-correlator” ofrece una manera totalmente fiable de medición de la longitud de la cavidad de Fabry-Perot con una exactitud y repetibilidad asombrosa, ofreciendo consistencia con el paso del tiempo.

## Cable de Fibra óptica

Los cables de fibra óptica están estructurados de manera que permitan que los rayos de luz permanezcan en su interior y puedan viajar a grandes distancias a muy altas velocidades con mínima pérdida de señal. Las partes básicas, núcleo y blindaje, están hechas de sílice, cubierto por un buffer; generalmente hecho de material elástico, ofreciendo refuerzo y protección. Para una mayor protección, suele estar recubierto de una chaqueta protectora de poliuretano y de un refuerzo interno, normalmente de Kevlar, que evita daños durante el manipulado y montaje.

## Sensores e instrumentación Fabry-Perot

Entre los diferentes sensores basados en la Interferometría de Fabry-Perot podemos encontrar los siguientes grupos principales.

### Sensores de presión y Piezómetros

El diseño de los sensores de presión de fibra óptica, a partir de los cuales se fabrican los piezómetros, se basan en la medición sin contacto del desvío del diafragma de acero inoxidable, en contraposición a la medición de la deformación del diafragma, más convencional. La presión aplicada al diafragma de acero inoxidable produce un desvío en su superficie brillante. Este desvío causa una variación en el espacio entre la superficie brillante del diafragma y la punta fija de la fibra óptica. El espacio entre la fibra óptica y el diafragma de acero se convierte en una

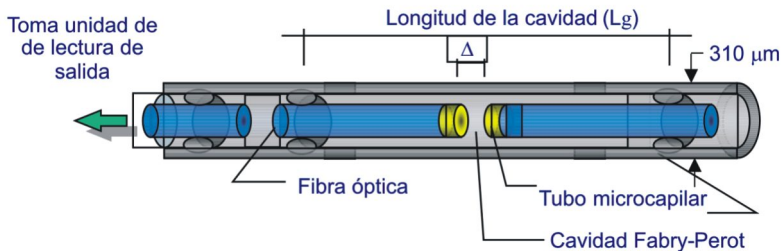
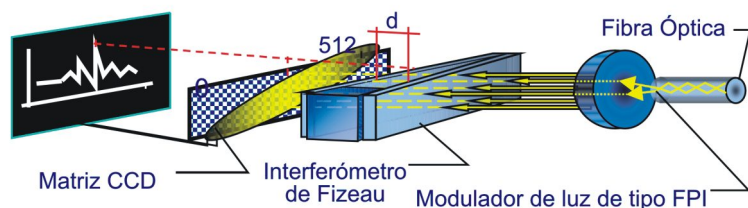


Figura 1. Esquema del sistema de fibra óptica patentado por FISO



**Figura 2.** Esquema de funcionamiento de un interferómetro de Fizeau

cavidad Fabry-Perot. La geometría y el material del transductor se selecciona para obtener una relación lineal entre el desvío del diafragma y la presión aplicada.

### Sensores de desplazamiento

Se ha desarrollado un sensor de desplazamiento basado en la Interferometría de Fabry-Perot y Fizeau (Fig. 2). En la imagen (Fig. 3), se puede ver el sensor de desplazamiento usado como medidor de juntas, una sus numerosas aplicaciones, en una estructura de hormigón para monitorizar los desplazamientos.

### Galgas de fuerza

Diferentes tipos de galgas de fuerza de fibra óptica están disponibles para diferentes aplicaciones. Soldables a superficie, embebidos en hormigón o de montaje en superficie en materiales compuestos, estas galgas han sido muy usadas en campo y en el laboratorio.

Los sensores de Fibra Óptica de FISO (Fig. 4), se caracterizan por su pequeño tamaño, alta exactitud, inmunidad a Interferencias Electromagnéticas (EMI),



**Figura 3.** Sensor de desplazamiento (FPI) como medidor de juntas

resistencia a ambientes corrosivos y un amplio rango de temperatura.

Entre los modelos, podemos encontrar los siguientes:

- EFO: Sensor de esfuerzo para colocar incrustado en cemento u hormigón.
- FOD: Trasductor de desplazamiento.
- FOP: Piezómetros de fibra óptica
- FOS: Sensor de esfuerzo
- FOS-R y FOS-B: Sensores de esfuerzo
- FOS encapsulados en material composite
- FO-SSG: Sensor de asentamiento de terreno.
- FOT-F y FOT-N: Sensores de temperatura.
- FO-TPC y FO-EPC: Células de presión total de fibra óptica.
- SFO-W: Sensor de esfuerzo soldable por puntos.



**Figura 4.** Distintos modelos de sensores de FO de FISO



Figura 5. Unidades de lectura FISO

### Unidades de lectura

Todas las unidades de lectura para sensores de Fabry-Perot tienen la luz blanca como fuente de luz.

Todos los anteriores sensores de fibra óptica, son completamente compatibles con las unidades de lectura de FISO:

- Modelo BUS: Sistema multicanal, 1-8 canales simultáneos. Frecuencia de muestreo de más de 1.000 hercios.
- Modelo DMI: Sistema multicanal “de campo”. 16-32 canales, datalogger programable de 50.000 muestras.
- Modelo VELOCE: Sistema multicanal, 1-8 canales simultáneos. Frecuencia de muestreo de más de 200.000 hercios.
- Modelo FTI-10: Sistema monocanal portátil. Salida RS-232, voltaje o 4-20 MA.
- Modelo UMI: Sistema multicanal 4 u 8 canales. Frecuencia de muestreo de más de 20 Hz. Salida voltaje o RS-232.

### BIBLIOGRAFÍA

Belleville, C., Duplain, G. 1993. White-light interferometric multimode fiber-optic strain sensor, *Optics Letters*, vol. 18, no. 1, pp.78-80.

Benmokrane, B. & al. 1999. Design, Construction and Monitoring of FRP Monitoring of Reinforced Concrete Bridge Deck, *Proceeding of the Fourth International Symposium on Fiber Reinforced Plastic Reinforcement for Concrete Structures (FRPRCS 4)*, Baltimore, November 1999.

Choquet, P., Juneau, F., Dadoun, F. 1999. New Generation of Fiber-Optic Sensors for Dam Monitoring, *Proceedings of the 1999 International Conference on Dam Safety and Monitoring*, 19-22 October 1999, Three Gorge Project Site, Yichang, Hubei, China, pp 713-721.

Choquet, P., Leroux, R., Juneau, F. 1997. New Fabry-Perot Fiber Optic Sensors for Structural and Geotechnical Monitoring Applications, *Transportation Research Record*, no 1596, pp.39-44.

Culshaw, B., Dakin, J. 1996. *Optical Fiber Sensors Components and Subsystems*. vol. 3, Artech House, Boston, 308 p.

Duplain, G., Belleville, C., Bussièrre, S., Bélanger, P.A. 1997. Absolute Fiber-Optic Linear Position and Displacement Sensor, *12th International Conference on Optical Fiber Sensor*, Williamsburg, VA.

Idriss, R.L., Kersey, A.D., Davis, M. 1997. Highway Bridge Monitoring Using Optical Fiber Sensors, *Geotechnical News*, Vol. 15, no. 1, pp 43-45.

Quirion, M., Ballivy, G., Choquet, P. and Nguyen, D. 1998. Behaviour of embedded fiber optic strain gauge in concrete: Experimental and numerical simulations, *International Symposium on High Performance and Reactive Powder Concretes*, Sherbrooke, Quebec, Canada, Vol. 4, p.297-313.

Tsang, C.M. and England, G.L. 1995. Potential of Fibre Optic Sensing in Geotechnical Applications, *Geotechnical News*, Vol. 13, no. 4, pp 36-39.

Udd, E. 1995. *Fiber Optic Smart Structures*, John Wiley & Sons, New York, 671 p.