

Nuevo sensor óptico para la detección de fugas pequeñas en tuberías y contenedores de hidrocarburos

Miguel Orozco Alvarado y Alfredo Márquez Lucero

Centro de Investigación en Materiales Avanzados, Miguel de Cervantes #120, Complejo Industrial Chihuahua, Chihuahua, Chih., 31109, México. alfredo.marquez@cimav.edu.mx.

Abstract: Hydrocarbon leaks are very frequent and represent a latent danger to society. In this work a new distributed optical sensor is described, capable of detecting relatively small leaks in pipes and containers. This design consists of an optical fiber joined to a polymeric filament through a helical wire. When a liquid or gas compatible with the polymeric filament comes into contact with the sensor, the filament absorbs the liquid and swells, causing compression of the optical fiber against the helical wire. The above phenomena produce a sinusoidal bending of the fiber, generating the attenuation of the optical signal that travels through the fiber. The echo of this signal makes it possible to detect the presence of a specific liquid in the vicinity of the sensor and the reflection of the same signal makes it possible to precisely locate this event.

Keywords: distributed leakage sensors, optical fiber bending, polymer swelling.

Resumen: Las fugas de hidrocarburos son muy frecuentes y representan un peligro latente para la sociedad. En este trabajo se describe un nuevo sensor óptico distribuido, capaz de detectar fugas

etc. Así como, se cuenta con refinerías, buques tanque, etc. Desafortunadamente, la mayoría de esta infraestructura está ya en muy mal estado debido a su edad y falta de mantenimiento. Esto hace que las fugas de hidrocarburos sean frecuentes, representando un peligro latente para la sociedad. De hecho, los mayores accidentes, que han cobrado un sinnúmero de vidas, se han debido a fugas de hidrocarburos. Cabe señalar que las pequeñas fugas son altamente peligrosas porque no se detectan oportunamente, ya que los sensores comunes son puntuales y solo controlan el área aledaña a ellos. Asimismo, solo reaccionan con cantidades substanciales de hidrocarburos fugados. A partir de fibras ópticas se han desarrollado diferentes sensores ópticos para la detección de fugas de líquidos orgánicos. Este artículo describe un nuevo diseño de un sensor óptico distribuido, que ha sido objeto de una patente internacional (Marquez Lucero, A. and Fuentes Riquelme, P., "Device for the Detection and Localization of Organic Solvent Leakages and Fabrication Process", United States Patent, No. 5,574,377, 1994).

Objetivos. Desarrollar un producto que tiene como objetivo realizar un monitoreo continuo de fugas pequeñas a lo largo de tuberías y tanques de almacenamiento en una instalación. El producto está constituido por un

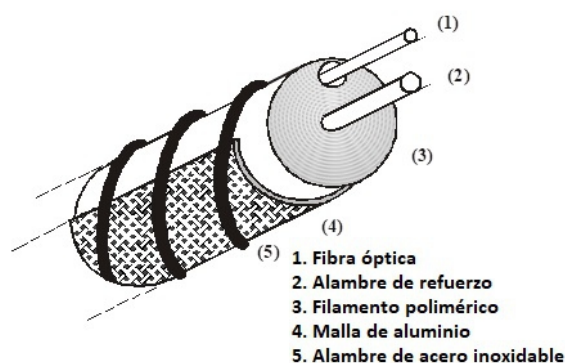


Figura 1. Diseño del sensor óptico distribuido.

relativamente pequeñas en tuberías y contenedores. Este diseño está constituido por una fibra óptica unida a un filamento polimérico a través de un alambre helicoidal. Cuando un líquido o gas compatible con el filamento polimérico entra en contacto con el sensor, el filamento absorbe el líquido y se hincha, provocando la compresión de la fibra óptica contra el alambre helicoidal. Los fenómenos anteriores producen una flexión sinusoidal de la fibra, generando la atenuación de la señal óptica que viaja a través de la fibra. El eco de esta señal permite detectar la presencia de un líquido específico en las proximidades del sensor y la reflexión de la misma señal permite localizar con precisión este evento.

Palabras clave: sensores de fugas distribuidos; flexión de fibra óptica, hinchamiento de polímeros.

Área 7: Ingenierías.

Usuarios: La Secretaría de Energía (SENER), Petróleos Mexicanos (PEMEX). Las empresas de estaciones de servicio (gasolineras), distribuidoras de combustibles (gaseras) usuarias de hidrocarburos (fábricas, panificadoras, acerías, etc.). Asimismo, los buques tanque que transportan hidrocarburos y las refinerías de productos del petróleo.

Introducción: México es un país con una alta densidad de estaciones de servicio (gasolineras), empresas que tienen sus propios tanques de combustibles y tanques estacionarios,

Resultados y Discusión: La Fig. 2 ilustra el comportamiento de hinchamiento del filamento polimérico cuando se sumerge en gasolina. Se observa que el aumento máximo de diámetro es de aproximadamente un 66%, después

de 6 horas de inmersión. Sin embargo, después de tan solo 30 min, el aumento de diámetro alcanza aproximadamente un tercio de este máximo: 33%, y en pocos minutos muestra un aumento del 10%. Sin embargo, este proceso es lento en comparación con los mostrados por otros polímeros. La Fig. 3 muestra el aumento de la atenuación con malla y una separación entre hilos de alambre de 7 mm, en tres momentos diferentes. A los 60 min, se hace presente un paso muy claro en el lugar del evento. La atenuación representada por este paso es de 2.52 dB. A los 90 minutos, la atenuación aumenta a 3.63 dB y se mantiene en este nivel. Es importante mencionar que este rango de atenuación es muy conveniente, ya que permite localizar con precisión el evento, al mismo tiempo que permite examinar el resto de la línea del sensor.

Este nuevo sensor óptico para la detección de fugas, presenta las siguientes ventajas: a). el hinchamiento del filamento polimérico se realiza en una dirección preferencial permitiendo concentrar la presión osmótica hacia la fibra óptica, mejorando su velocidad de respuesta. b). Además, la fibra está ubicada en un canal capilar ubicado excéntricamente dentro del filamento polimérico; así, la fibra óptica está protegida del entorno haciendo innecesaria una capa de recubrimiento externa y, lo que es más importante, c). la fibra está libre de tensiones y deformaciones producidas por el contacto con otras partes del sensor (particularmente con el cable helicoidal). Las características anteriores disminuyen las pérdidas iniciales y permiten tener una menor atenuación de la señal y un mayor rango de autonomía. Este sensor utiliza una fibra óptica multimodo, que está conectada a un OTDR y a una computadora (PC) con un sistema de adquisición de datos.

Finalmente, para evaluar el beneficio de absorber la fibra en el filamento, los prototipos de sensores se probaron en dos formas: con la fibra embebida dentro del filamento y con la fibra colocada en su exterior. La primera prueba muestra una atenuación de 0.004 dB por metro, mientras que la segunda presenta una atenuación de 0.174 dB por metro. Estos resultados no son concluyentes ya que es necesario probar el sensor a una distancia mayor; pero dan una idea de la ventaja de absorber la fibra en el filamento elastomérico.

Conclusiones

Se concibió y probó experimentalmente un nuevo diseño de un sensor químico distribuido basado en los efectos de flexión de la fibra óptica. El diseño fue constituido por una fibra óptica unida a un filamento polimérico a través de un alambre helicoidal. Si un líquido o gas, compatible con el filamento polimérico, entra en contacto con el sensor, el filamento absorbe el líquido y se hincha,

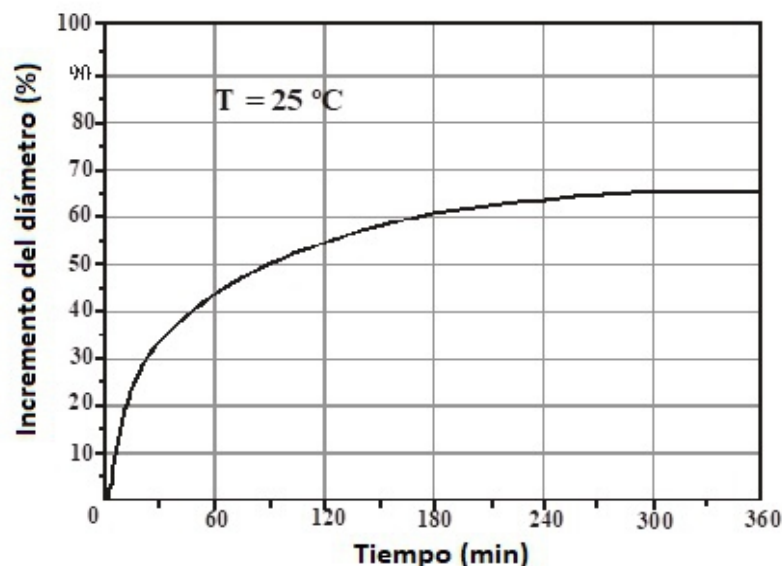


Figura 2. Incremento en el diámetro del sensor con el tiempo de inmersión de este en hidrocarburos

provocando la compresión de la fibra óptica contra el alambre helicoidal. Lo anterior produce una flexión sinusoidal de la fibra, generando la atenuación de la señal óptica que viaja a través de ella, lo que permite detectar la presencia de un líquido. El sensor óptico distribuido es capaz de detectar microfugas en tuberías y contenedores de hidrocarburos específico en las proximidades del sensor y la reflexión de la misma señal permite localizar con precisión este evento.

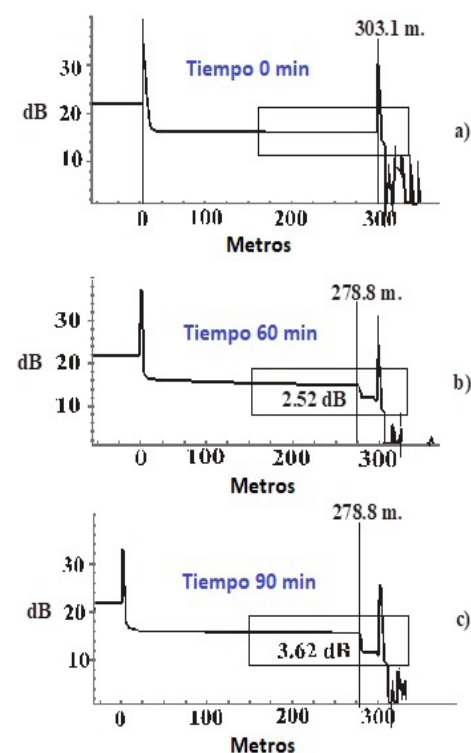


Figure 3. Evolución de la gráfica de un refractómetro de dominio de tiempo óptico, conforme a una fuga provocada a 279 metros del punto de monitoreo.

Impacto socioeconómico: Uno de los problemas más críticos en México han sido las fugas de hidrocarburos, que además de producir pérdidas económicas sustanciales, también han provocado grandes pérdidas humanas. Este nuevo dispositivo contribuirá a la minimización de accidentes muy peligrosos, reduciendo las pérdidas económicas y especialmente de vidas humanas producidas por derrames de petróleo.

Contacto PCTI:
hnolasco2008@hotmail.com