

## NUEVO SISTEMA OPTOELECTRÓNICO PARA ACELERÓMETROS DE FIBRA ÓPTICA

*J.Echevarría, F.J. Madruga, J. Vélez, A. Cobo, M.A. Morante, J.L. Arce,  
J.M. López-Higuera  
Grupo de Ingeniería Fotónica - Dpto. TEISA  
E.T.S.I.I. y Telecomunicación  
Universidad de Cantabria  
Avda. Los Castros s/n 39005 Santander  
Tfno. 942-201498 Fax 942-201873 E-mail higuera@teisa.unican.es*

### ABSTRACT

The development of fiber optic transducer heads for measuring accelerations must be accompanied with the design of an optoelectronic system able to take advantage of the head characteristics. The optoelectronic system designed generates the light that will be modulated by the magnitude to be sensed. Furthermore, it detects the light received from the sensor head to produce an electric signal. This signal is processed to produce an output signal proportional to the acceleration experienced by the sensor head.

### 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de cabezas transductoras construidas mediante fibra óptica para la medida de aceleraciones lleva consigo el diseño de un sistema optoelectrónico capaz de aprovechar las características de dichas cabezas.

El sistema optoelectrónico diseñado, por una parte, genera una radiación fotónica para iluminar la cabeza transductora. Por otra parte, detecta la radiación fotónica recogida de dicha cabeza para convertirla en señal eléctrica. Esta señal, convenientemente procesada, se convierte en una salida proporcional a la aceleración que se aplica a la cabeza transductora.

A lo largo de este trabajo, se ha determinado la señal que proporciona la cabeza óptica transductora que está conectada al sistema optoelectrónico a través de un canal óptico. En primer lugar, se ha desarrollado una formulación matemática que permite obtener una señal proporcional a la aceleración medida. Seguidamente, esta formulación matemática se ha implementado en forma de sistema electrónico de forma que proporcione la misma función de transferencia. Finalmente, se han realizado diversos ensayos para caracterizar el sistema completo.

### 2. EL TRANSDUCTOR ÓPTICO.

El transductor óptico consiste básicamente en un dispositivo construido mediante fibra óptica con tres terminales que mediante un canal óptico se conectan a la optoelectrónica de detección. Una las fibras de este canal óptico sirve para iluminarle y las otras dos fibras recogen una señal luminosa que varía según la aceleración a que esté sometido el transductor .

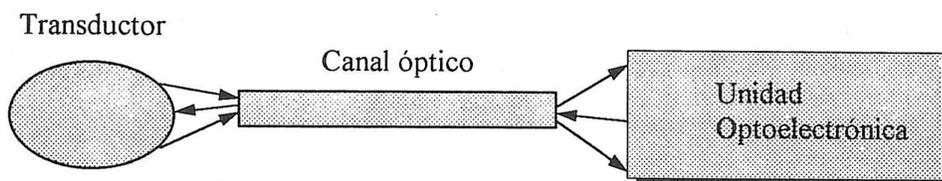


Figura 1. Esquema completo del sensor de aceleraciones.

En esta figura se pueden ver las fibras que conectan la unidad optoelectrónica con el transductor. El sentido de las flechas indica el sentido de la luz al propagarse dentro de las fibras multimodo.

Se puede observar como esta disposición obliga a diseñar dos bloques bien diferenciados en la unidad optoelectrónica. El primero correspondería a la función de generación de luz, y el segundo a la función de detección y procesado de las dos señales luminosas que provienen del transductor.

### 3. DIAGRAMA DE BLOQUES.

#### 3.1. El bloque emisor.

El bloque emisor consta fundamentalmente de un diodo LED excitado a través de una fuente de corriente constante. El diseño de esta fuente de corriente constante es simple y se basa en el circuito típico con un amplificador operacional y un transistor de potencia en zona lineal, donde el operacional controla la corriente de base del transistor a través de una realimentación de forma que se mantenga constante. El valor de esta corriente dependerá de la tensión en un punto, que es controlable en el rango de trabajo del LED.

El ajuste del valor de la tensión de control vendrá impuesta por las necesidades de potencia que se precisen en el LED para compensar las pérdidas del sistema óptico (fibra óptica, conectores, soldaduras, sensor, etc. ), así como para tener un buen nivel de señal sin modular en los receptores que permita un procesado posterior de una mayor calidad.

#### 3.2. El bloque de recepción y de procesado.

El bloque de recepción se divide en cuatro bloques fundamentales: la doble detección y preamplificación de la señales luminosas, el procesado, el filtrado y la amplificación final.

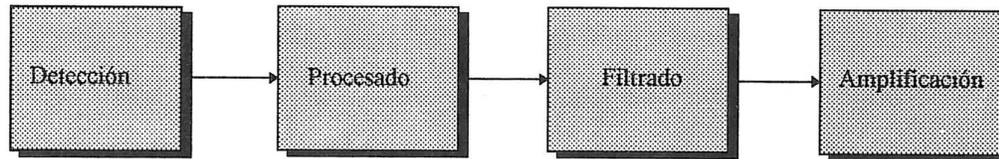


Figura 2. Diagrama de bloques del circuito de recepción.

En primer lugar, se procede a analizar la etapa de recepción. El transductor óptico proporciona dos señales luminosas por lo que es necesario disponer para cada una de las fibras de entrada a la unidad optoelectrónica una etapa de detección y preamplificación de la señal luminosa.

La detección es la etapa clave del sistema puesto que la calidad de la señal que se consiga marcará la calidad de la señal final del sistema. Debido a esto, esta primera etapa debe tener una alta sensibilidad y un bajo ruido. Cada etapa de detección utiliza un fotodiodo PIN de alta sensibilidad y bajo ruido seguido de un preamplificador en configuración de transimpedancia (modo fotovoltaico). El incremento de intensidad en el PIN polarizado en inversa debido a la radiación luminosa que le incide es convertida a una señal de tensión a la salida del circuito. El factor de multiplicación entre la intensidad de entrada y la tensión de salida viene dada por el valor de la resistencia de realimentación "R" del amplificador operacional utilizado.

La amplificación de cada una de las etapas receptoras se ajusta individualmente para permitir corregir desequilibrios de señal entre ambos brazos receptores del sistema. El circuito real asociado al fotodetector introduce también elementos para el ajuste a un valor mínimo de la tensión de *offset* del operacional utilizado y de la corriente de oscuridad del fotodiodo.

Estudios realizados han indicado que la aceleración es función de las dos tensiones  $V_1$  y  $V_2$  que se obtienen a la salida de los detectores. Dicha función se ha implementado en el bloque de procesado.

Según las especificaciones, el sistema ha de permitir el filtrado de la tensión de salida en diferentes bandas sintonizables. Por ello, se ha realizado una etapa de filtrado, en la que es posible seleccionar la banda pasante mediante un conmutador externo.

Los filtros que se han utilizado tienen un factor de calidad suficientemente alto para asegurar las especificaciones en la banda seleccionada y para rechazar el resto de frecuencias de un modo selectivo. Para ello, se han utilizado filtros activos en una configuración de filtro de variables de estado, el cual está compuesto por un circuito sumador y dos circuitos integradores, que introducen dos polos. Este tipo de circuitos se suelen denominar *filtros universales* que disponen de las funciones paso bajo, paso alto y paso banda dependiendo del punto donde se tome la salida.

Una ventaja adicional de este tipo de filtros es que permiten una sintonización sencilla que se reduce a cambiar de valor determinadas resistencias. La realización de un filtrado paso banda se ha realizado utilizando una configuración de un filtros paso bajo y uno paso alto en cascada.

#### 4. CARACTERIZACIÓN DE LA UNIDAD OPTOELECTRÓNICA

La caracterización de la unidad optoelectrónica tiene dos partes bien diferenciadas, la primera correspondiente al emisor y la segunda correspondiente a las etapas de recepción y de procesado. La caracterización de la bloque emisor no tiene excesiva importancia para el resultado final de las prestaciones de la unidad electrónica. El único parámetro que puede resultar interesante es la estabilidad de la potencia emitida. sin embargo, dado que la etapa receptora realiza un procesado inteligente de las señales recibidas cualquier inestabilidad del emisor (siempre que esté dentro de unos ciertos límites) es compensada y no daña la calidad de la señal de salida.

La etapa receptora y de procesado deben cumplir unos criterios de linealidad frente a la frecuencia que es necesario medir adecuadamente. Para obtener la función de transferencia de las etapas detectoras se ha optado por el montaje que se indica en la siguiente figura. Se ha utilizado una fuente de luz modulable a cuya entrada de modulación se le ha introducido la señal de referencia del LOCK-IN. La salida de la etapa receptora se ha introducido en la entrada de señal de LOCK-IN y se han efectuado barridos en frecuencia.

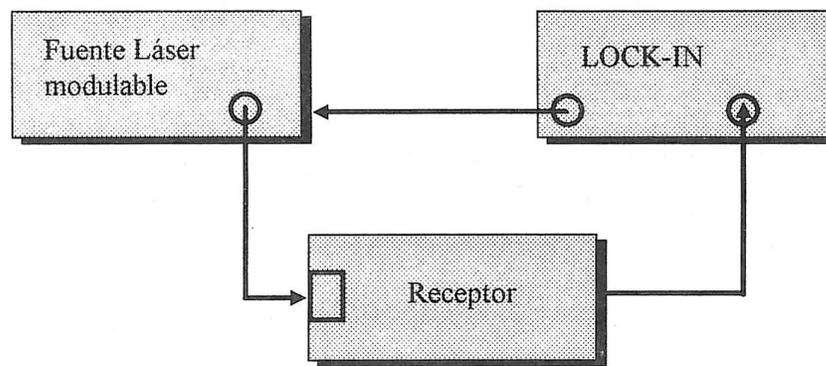


Figura 3. Sistema de medida de la función de transferencia de los receptores.

El resultado obtenido se muestra en la siguiente figura. En ella se puede observar un comportamiento muy lineal con la frecuencia.

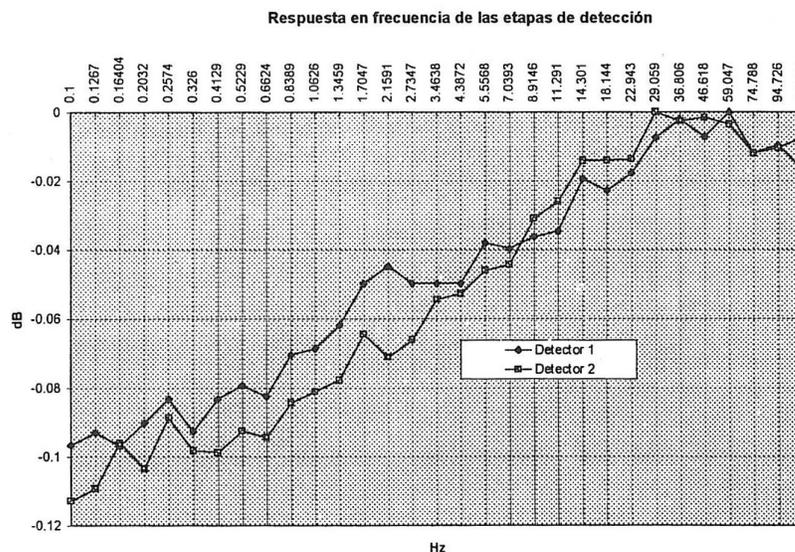
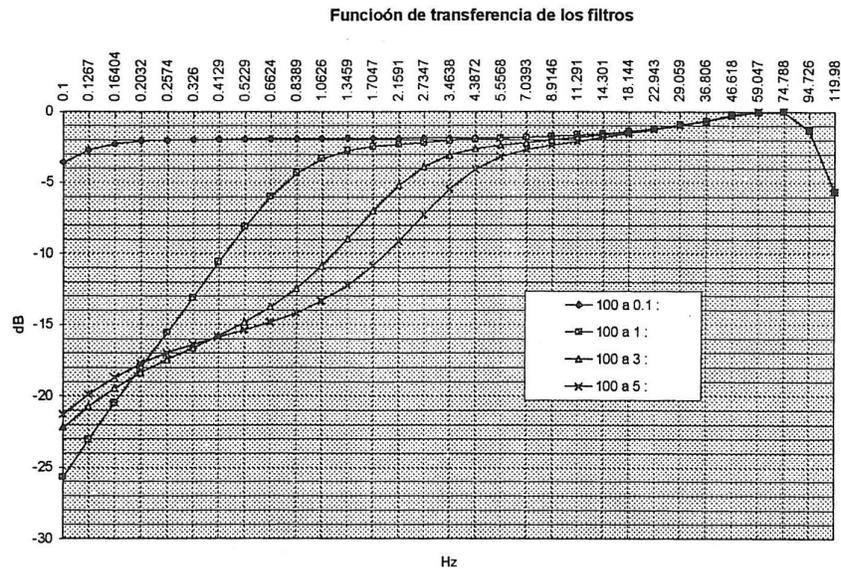


Figura 4. Respuesta de amplitud frente a la frecuencia de las etapas receptoras..

Para la obtención de la función de transferencia de las siguientes etapas ya no se hace necesario utilizar la fuente de luz modulable puesto que la señal del LOCK-IN se puede insertar en la entrada de cada etapa de forma eléctrica. De este modo, se ha comprobado que la característica frecuencial de la etapa de procesado muestra una linealidad similar a la de las etapas receptoras.

La siguiente gráfica muestra la función de transferencia de la etapa de filtrado seleccionada para diferentes banda pasantes. Como se puede observar, esta es la etapa más conflictiva en cuanto a linealidad puesto que es donde se producen las mayores variaciones de amplitud con la frecuencia.



**Figura 5.** Respuesta de amplitud frente a la frecuencia de la etapa de filtrado.

Dado que las funciones de transferencia de las etapas de recepción y de procesado tienen unas alinealidades despreciables frente a la etapa de filtrado la función de transferencia de todo el sistema tendrá una característica casi idéntica a la etapa de filtrado.

En una cámara climática se han realizado medidas de comportamiento de la unidad optoelectrónica con respecto a la temperatura midiéndose una variación máxima del 0,03 %/°C.

## 5. CONCLUSIONES

Se ha realizado el diseño de una unidad optoelectrónica para su utilización con un transductor óptico para la medida de aceleraciones. En este diseño se ha tenido en cuenta una serie de especificaciones de linealidad frente a la frecuencia de la señal de entrada. Se han diseñado una serie de sistemas de medida de las distintas etapas de que consta el sistema completo. Finalmente, debe destacarse que los resultados de las caracterizaciones han mostrado una adecuada concordancia con las especificaciones técnicas requeridas.

## 6. REFERENCIAS

- [1] Cobo García, A. ; Morante Rábago, M.A. ; Echevarría Cuenca, J. ; López-Higuera, J. M., *Viabilidad de la utilización de tallos de fibra óptica para detección y medición de vibraciones*, X Symposium Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio, Septiembre 1995.

RECONOCIMIENTO : Los autores muestran su agradecimiento al programa BRITE-EURAM que ha participado a través del proyecto 7289 en la cofinanciación de este trabajo, junto con la CICYT a través del proyecto nº TIC95-0631-C04-01