

## CONCLUSIONES

La implementación del Sistema Automatizado de Adquisición, Medición y Análisis de Vibraciones mediante un controlador CompactRIO, si bien exige un mayor cuidado en el manejo de tiempos y un mayor conocimiento en programación, confiere grandes beneficios a la hora de realizar la adquisición y medición de las señales, así como en la instrumentación y operación del sistema.

El uso de acelerómetros piezoeléctricos IEPE, en sustitución de acelerómetros piezoresistivos, repercute favorablemente en la facilidad de la instrumentación de los trenes, además de tener una mayor resolución, confiabilidad y prácticamente no necesitan recalibración.

El consumo de energía también se ha mejorado, puesto que basta una sola batería para poner en funcionamiento los elementos del sistema.

En cuanto al desempeño del sistema, este desarrollo basado en FPGA permite conseguir altas tasas de muestreo, con las cuales pueden realizarse adquisiciones y análisis confiables de señales del orden de 5000 Hz. Este amplio rango de frecuencias dota de versatilidad al sistema, puesto que puede ser empleado para realizar medición de vibraciones en equipos o máquinas rotativas que se vean afectadas por altas frecuencias.

Además de poder visualizar las señales adquiridas por el sistema en unidades de aceleración, el sistema desarrollado permite el monitoreo en tiempo real del espectro de frecuencias de cada una de las señales medidas. Con este análisis en tiempo real se obtiene una guía para determinar rápidamente la posible causa del fenómeno vibratorio, pues dependiendo del

## Conclusiones

---

rango en el que se encuentre la frecuencia monitoreada, puede determinarse si está asociado a las masas suspendidas o a las no suspendidas.

Cabe mencionar que el análisis efectuado con base en el criterio o método de Sperling, emplea el valor de las aceleraciones medidas en el suelo de la caja del vehículo; es decir, se trata de un análisis de calidad de la marcha con base en los movimientos registrados dentro del vagón. Estos desplazamientos detectados por los acelerómetros son considerablemente menores a nivel del piso del vagón que a nivel de chasis, pues la doble suspensión amortigua, en un orden de 10 veces, los impactos sucedidos en la interacción rueda-carril.

En este sentido, el sistema desarrollado en esta tesis plantea también la adquisición, medición y análisis en frecuencia de las vibraciones ocurridas a nivel del bogie. Se busca con esto obtener información útil para realizar un análisis más directo de las afectaciones ocasionadas en los trenes y en los elementos constitutivos de la vía.

Del trabajo realizado se derivan una serie de observaciones y recomendaciones que a continuación se describen.

Aún cuando el trabajo desarrollado está orientado a cubrir la necesidad de medir las vibraciones a las que están expuestos los trenes de la línea A del Metro de la ciudad de México, el sistema bien puede ser utilizado para medir y registrar las vibraciones de cualquier otra línea del Metro o para realizar estudios de los elementos de máquinas que estén expuestas a vibraciones, como es el caso de los motores.

El código del programa aquí presentado puede ser modificado para adaptarse a cambios que se necesiten en el proceso de análisis, para modificar las tasas de muestreo al máximo permitido por cada módulo, para implementar herramientas que faciliten aún más su manejo en campo, o bien, para simplemente mejorar la manera en cómo se presenta la información en el monitoreo.

Debe tenerse la precaución de siempre conectar un dispositivo USB de almacenamiento, ya que el sistema envía la información al puerto USB independientemente si está o no está conectado el dispositivo de almacenamiento, por lo que puede perderse la información aún cuando el equipo y el monitoreo no indiquen la existencia de problema alguno.

Este inconveniente puede mitigarse si se cambia la configuración del programa principal para que guarde los registros en la memoria interna del controlador. Si se realiza este cambio en la configuración, debe accederse a los registros de las mediciones vía FTP, como se describe en la última sección del Capítulo 3.

Evidentemente, a mayor tasa de muestreo los archivos *Vibraciones.bin* y *Tensiones.bin* serán más grandes, por lo que se recomienda el uso de un dispositivo de almacenamiento que sea capaz de almacenar el registro completo para evitar la pérdida de información.

Resulta importante mencionar que la ausencia de un marco normativo específico para ferrocarriles urbanos ligeros, y la falta de estudios en esta materia, hacen más relevante la implementación de este sistema, pues con él podrían obtenerse datos confiables provenientes de un sistema de transporte real que conlleven a la profundización de estudios en este campo, más aún que se trata de un medio de transporte que se encuentra en constante crecimiento.

Se considera que el Sistema de Adquisición, Medición y Análisis de Vibraciones en Vehículos Ferroviarios Metropolitanos presentado se ha concluido satisfactoriamente, contribuyendo a dar solución a un problema asociado con un medio de transporte masivo de gran impacto social, y por lo tanto se ha cumplido el objetivo de esta tesis.

