

## Certificando la Potencia de Propulsión de un Gran Buque con Tecnología Basada en cRIO

La tarea consistió en la medición inalámbrica de torque, vibraciones torsionales y revoluciones sobre el eje intermedio del sistema de propulsión del buque MALOJA, un granelero de 30.000 TPB terminado en Enero de 2004 por el astillero argentino Astilleros Río Santiago S.A.

Se utilizó en esta tarea la más moderna tecnología de National Instruments basada en FPGA, el CompactRIO, para crear una solución completa en un tiempo récord de sólo dos semanas y proveer no sólo información completa de las vibraciones torsionales y la potencia sino también la posición del buque en tiempo real integrando un sensor GPS en el sistema.

El software de aplicación se realizó bajo LabVIEW 7.1, utilizando el módulo FPGA y el módulo Real-Time.



### Dispositivos de Medición

Se usaron los siguientes dispositivos:

**Extensómetros de precisión** de Vishay Micro Measurements: para medir las deformaciones torsionales del eje a través de las cuales se puede obtener el torque.

**Sensor de proximidad inductivo:** Las revoluciones del eje, necesarias para calcular la potencia, se midieron con un sensor Crouzet M18, de acero inoxidable y 500 Hz.

**Sistema reconfigurable de adquisición de datos NI CompactRIO,** basado en FPGA, conformado por un chasis NI cRIO-9101, un controlador Real-Time, NI cRIO-9002, y un módulo de 4 entradas analógicas de 16 bits, NI cRIO-9215.

**Sistema digital telemétrico de medición de torque:** TorqueTrak 9000 de Binsfeld Engineering Inc. constituido por un transmisor BR9000 con una antena de 2" y batería de 9V de 14 bits de resolución, un receptor RD9000 con antena de base magnética, RA900, y salida analógica.

**Computadora portátil:** Compaq Presario 3400

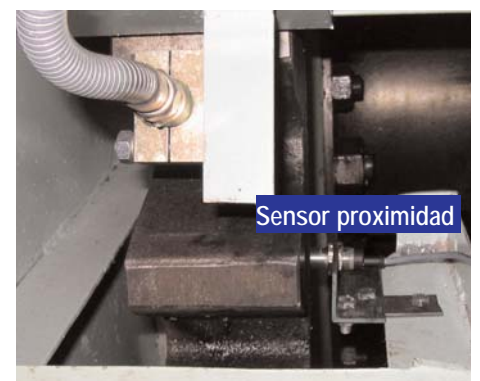
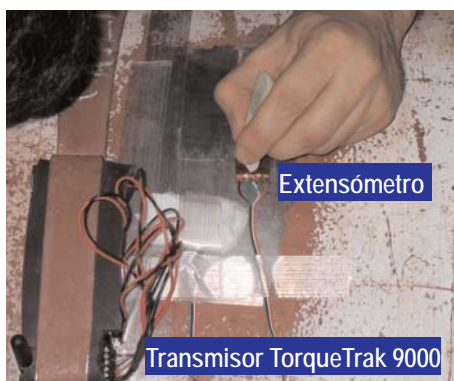
**Receptor GPS:** Leica MX 9400 GPS, de precisión submétrica y 12 canales con una salida de 2 mediciones por segundo.

A fin de prevenir posibles fallas, se pegaron dos extensómetros de alta precisión a la superficie del eje intermedio siguiendo el procedimiento del fabricante. Es útil destacar que, en el área bajo análisis, el eje es sólido y tiene un diámetro de 630 mm. Uno de los extensómetros fue conectado al transmisor Binsfeld BT9000, el cual se amarró al eje junto con un paquete de cinco baterías de 9V. La señal fue enviada al receptor RD9000. Antes de realizar las mediciones se realizó un ensayo a fin de verificar la recepción de la señal, calibrar el torque nulo y ajustar la escala en el receptor.

Las señales provistas por el RD9000 y el sensor inductivo fueron enviadas al módulo de entradas analógicas del sistema NI CompactRIO. Estas señales se procesaron y luego se transmitieron a la computadora via Ethernet donde fueron analizadas y exhibidas en tiempo real para mostrar: torque, RPM, potencia, esfuerzos torsionales y espectro de potencia de la señal.

Otro sensor inductivo se instaló en la zona de la corona del motor solidaria con el eje a fin de usarla como tacómetro. Utilizando un transductor de bajo costo y aprovechando la potencia del módulo de entradas analógicas NI cRIO 9215, se pudo obtener una reconstrucción casi perfecta de la señal de pulso del sensor. Así, un sensor de bajo costo permite que los ingenieros obtengan un tacómetro de alta calidad mediante instrumentación virtual instalada directamente en el cRIO.

El sensor GPS se conectó directamente al puerto serial de la computadora donde se leyó y decodificó una sentencia propietaria de Leica que proveyó latitud, longitud, curso sobre tierra, velocidad sobre tierra y tiempo UTC. De este modo se pudieron registrar y mostrar las trayectorias del buque en tiempo real durante los ensayos.





## Software de Aplicación

El software de aplicación se desarrolló bajo LabVIEW 7.1 usando los módulos LabVIEW FPGA y Real-Time. Este software se diseñó con las siguientes características:

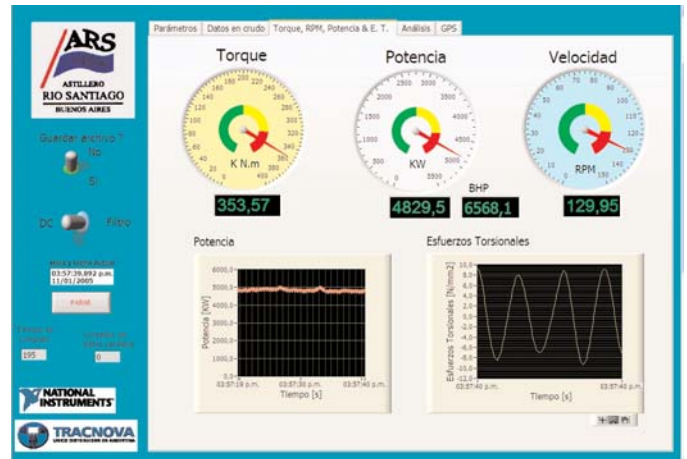
*Una pantalla de configuración* que permite que el usuario fije los parámetros geométricos del eje y la grabación de archivos.

*Una pantalla de datos crudos* para visualizar los datos entrantes en tiempo real que provienen del extensómetro y del tacómetro mediante gráficos de faja (chart).

*Una pantalla con indicadores analógicos* que muestran el torque y la potencia del buque y su velocidad junto con dos gráficos de faja que muestran la potencia y los esfuerzos torsionales en función del tiempo.

*Una pantalla de análisis de datos* para mostrar el espectro de potencia de la señal de torque y los esfuerzos inducidos sobre el eje por el movimiento rotacional. Posteriormente se preparó un análisis fuera de línea para obtener los esfuerzos adicionales para diferentes revoluciones del motor.

*Una pantalla GPS* para mostrar la trayectoria del buque en tiempo real.



## Conclusiones

El objetivo de los ensayos llevados a cabo con sensores de terceros y software y hardware de National Instruments fue obtener la potencia media del buque bajo diversas condiciones de navegación, torque y potencia a través del tiempo durante un crash-stop y esfuerzos adicionales sobre el eje de propulsión del buque inducidas por vibraciones cuyas frecuencias se hallan cerca de su frecuencia de resonancia.

Un producto con tecnología reconfigurable de National Instruments, el CompactRIO, probó ser una herramienta poderosa en la cual confiar para realizar ensayos que involucran numerosos y diferentes tipos de sensores que demanden altas velocidades de adquisición de datos y portabilidad mecánica. Sensores de bajo costo pueden convertirse en instrumentos de alta calidad haciendo uso de la capacidad embebida del CompactRIO para realizar cálculos de alta velocidad basados en el módulo LabVIEW Real-Time.

El tiempo de desarrollo puede ser muy breve, dependiendo de la habilidad del usuario para manejar los módulos LabVIEW FPGA y Real-Time. Aún para aquellos usuarios no familiarizados con la tecnología FPGA, el módulo LabVIEW FPGA es fácil de usar y provee herramientas para solucionar problemas reales.