DESARROLLA INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL CON LABVIEW Y REDUCE COSTOS

D. Torres
Departamento de Electrónica e Informática, Universidad Centroamericana José Simeón Cañas El Salvador C.A.
Teléfono (503) 22106600 E-mail: dtorres@uca.edu.sv

Resumen — **En todo proyecto, el mayor obstáculo, casi siempre es el alto costo en la instrumentación necesaria. En este documento se plantean soluciones para obtener equipo necesario para medición a través de la construcción de equipo virtual de una manera sencilla, económica y muy eficiente. Se platean los pasos para su fabricación a la vez que se muestran ejemplos de proyecto realizados en la UCA, se muestran comparaciones económicas, con el fin animar a los desarrolladores de proyectos a construir equipo virtual utilizando la herramienta con que se cuenta para presentar buenos proyectos. Se han presentado trabajos con la herramienta, pero teniendo mucho que dar sigue siendo un potencial no muy utilizado, por que presentan varios logros para que se aproveche la herramienta y disminuyan costos.**

Palabras Clave – **LabVIEW, DAQ, telurómetro, sensor, instrumentación virtual.**

Abstract — **The goal is to present a document that can be used as a base to promote virtual equipment development as a substitute for high cost measurement equipment. To present building guidelines, showcase the development methods using LabVIEW and the scope it can reach.**

Keywords — **LabVIEW, DAQ, telurómetro, sensor, virtual.**

I. Introducción

Este proyecto surge de una necesidad presentada en la universidad, debido a los diferentes problemas presentados que necesitan al menos un equipo que adquirir con un costo elevado. El primer problema que se presentó, con el cual se inician todo este movimiento de la construcción de equipo virtual fue: las nuevas normas de la SIGET sobre calidad de energía. Se busca realización mediciones de manera fácil y confiable. No se cuenta con el equipo necesario y tiene un alto costo en el mercadeo. Pero se cuenta con todo lo necesario para desarrollar un equipo virtual.

Se inicia la elaboración de equipos virtuales en trabajos de graduación y como resultado se obtienen equipos virtuales con excelentes resultados desarrollados en varios trabajos de graduación. Se han presentado muchos proyectos sobre este tema, pero en esta ocasión se busca mostrar la herramienta, hacer conocer el gran potencial y la gran ganancia que se tiene para hacer uso de la misma.

II. Conocimiento del Software

El software utilizado para la elaboración de equipos virtuales, en nuestro caso, es el LabVIEW.

LabVIEW es un lenguaje de programación gráfica con programas virtuales, en lugar de líneas de texto para crear aplicaciones que se nombran VI y presenta apariencia de íconos. En contraste con los lenguajes de programación basados en texto donde las instrucciones determinan el orden de la ejecución del programa, LabVIEW utiliza una programación mediante flujo de datos, donde el flujo de información a través de un nodo hasta un diagrama de bloques determina el orden de ejecución de los programas.
Las partes en las que se divide la solución de un problema se podían identificar como sigue:

- Adquisición de información.
- Acondicionamiento.
- Convertidor análogo digital, para señal análoga.
- Escalamiento.
- Cálculos
- Presentación de información de salida.

Los datos pueden mostrarse en el panel frontal en forma numérica o gráfica como pueden ser guardados en un archivo.

El software presenta dos ventanas: una frontal y otra trasera.

En la trasera se programa con cableado entre gráficos y al final queda sólo la frontal

Ejemplos de panel frontal y trasero (también conocido como diagrama de bloques) se muestran en las Figs. 1, 2 y 3.

En su programación presenta tres tipos de VI que son:

a. VIs Expresos: Son VIs interactivos con página de dialogo configurable.
b. VIs estándar: VIs modulares y personalizables mediante cableado.
c. Funciones: Elementos fundamentales de operación de LabVIEW;

Al final únicamente queda el panel frontal y presenta la apariencia de un instrumento o como el programador ha querido. En la Fig. 1 se tiene un ejemplo.

III. Descripción del Hardware Empleado.

Para el hardware se necesita ver primero cuál es la información que se tiene, si es una señal analógica, digital, datos, video, etc. Luego se debe determinar una adecuada resolución de para las mediciones de las señales involucradas en la medición.

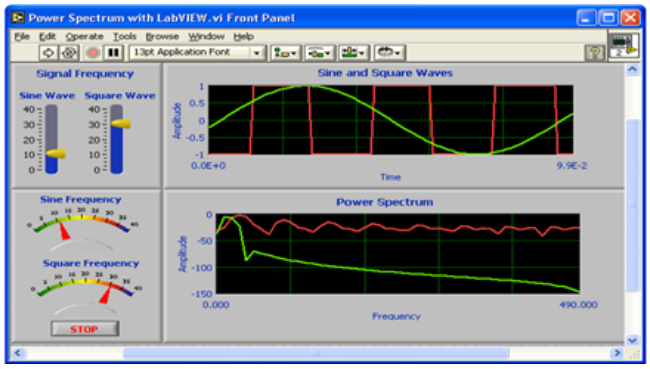

Fig. 1. Panel frontal

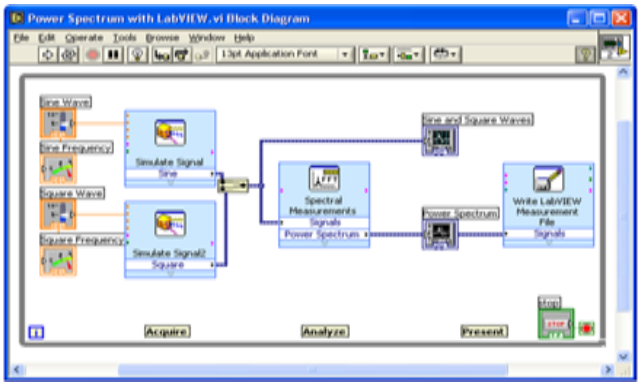

Fig. 2. Panel trasero (diagrama de bloques)

Fig. 3. Interfaz de Usuario generada mediante LabVIEW para un sistema analizador de calidad de energía

Todo esto lleva a seleccionar el dispositivo para transferir la información al computador.

De aquí se puede seleccionar que dispositivo se va a comprar para pasar la información, es decir, según la resolución necesaria se puede buscar un dispositivo de menor costo o mayor costo. Puede ser una DAQ (tarjeta de adquisición de datos, por sus siglas en Inglés) de alto costo, DAQ de menor costo, cámaras de video, Arduino, puerto del micrófono, vía red, etc.

Para tomar la información, se necesita un sensor que puede ser cualquiera. Lo único que se necesita ver como da la lectura el sensor y acondicionarla al dispositivo.

IV. Ejemplos de Aplicaciones Realizadas en la Universidad.

Como ejemplos de todos los problemas que se han presentado en los cuales se ha construido equipo virtual para resolverlos, se tiene:

1 Analizador de calidad de energía.
2 Telurómetro
3 Análisis de Motores.

1. Analizador de calidad de energía.

Para su desarrollo debe cumplir el sistema con ciertas características:

- Nivel máximo de voltaje del sistema bajo medición.
- Para reducir costos, el sistema puede tener módulos de adquisición de datos con un nivel máximo de entrada de ± 10V, por lo que es necesario contar con una etapa de atenuación que reduzca el voltaje de medición hasta un valor tolerable por el módulo.
- El prototipo final debe ser lo suficientemente pequeño para ser fácilmente transportable de un lugar a otro.
- En funcionamiento el sistema debe brindar la posibilidad de visualizar en tiempo real, a través de una PC, los valores y el comportamiento de las señales.

Para la adquisición de datos se utiliza una tarjeta NI USB-6009 de 14 Bits, 48KS/s con las siguientes características:

- 8 entradas analógicas (14 bits, 48 kS/s).
- 2salidas analógicas (12 bits a 150 S/s), 12 E/S digitales; contador de 32 bits.
- Compatible con LabVIEW, LabWindows/CVI y Measurement Studio para Visual Studio .NET.

La tarjeta NI USB 6009 se conecta por medio del puerto USB, esto le da la capacidad para trabajar con una computadora de escritorio o bien con una portátil. Tiene 8 entradas referidas a tierra. De estas ocho se puede hace un arreglo para utilizarlas como cuatro en forma diferencial, lo cual concede muchas ventajas técnicas. Las entradas analógicas tienen una resolución de trece bits, un rango de muestreo de 48kS/s y un rango de entrada de 0 a 10 Volts.

La USB-6009 de National Instruments brinda funcionalidad de adquisición de datos básica para aplicaciones como registro de datos simple, medidas portátiles y experimentos académicos de laboratorio. Es

accesible para uso de estudiantes y lo suficientemente poderoso para aplicaciones de medida más sofisticadas.

Si es necesario puede usarse otro tipo de tarjeta. En algunos casos puede usarse cámaras de video, el puerto de sonido, tarjetas Arduino y otros.

Circuito acondicionador de señal para el analizador de calidad de energía.

Dado que las entradas de la USB-6009 tienen un rango máximo de entrada de ± 10V, es necesario implementar una etapa que sea capaz de reducir los voltajes de la red hasta un valor que sea tolerable para los módulos, y que a su vez provea de protección en caso de que se presente una falla. En la fig. 4 se presenta el diagrama de bloques del circuito acondicionador de señal.

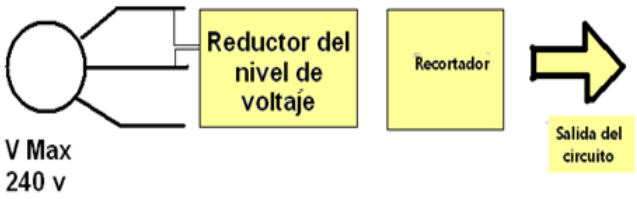

Fig. 4. circuito acondicionador de señal

Esta primera etapa está compuesta por un simple transformador para aplicaciones de electrónica. Luego se realizaron los cálculos necesarios para operación óptima.

Al final el instrumento puede tener información para estudio. Los datos pueden mostrarse en el panel frontal en forma numérica o gráfica como pueden ser guardados en un archivo. En nuestro caso, además de mostrarse datos numéricos y gráficos, se guardan en tabla de Excel. Ver la Tabla 1.

Tabla 1
Variables de distorsión armónica medidas con instrumentación virtual basada en LabVIEW

Fase	Voltaje [V]	Corriente [A]	%THD I	Factor de potencia
Fase 1	120.284374	232.705028	14.034254	0.93978
Fase 2	119.685261	262.603685	11.47944	0.935918
Fase 3	120.980202	199.417893	6.367375	0.884786
Fase 1	120.164696	166.385379	18.499785	0.956176
Fase 2	119.485931	161.166097	17.532175	0.962616
Fase 3	120.877325	126.00209	7.736089	0.973515

Pueden obtenerse gráficas como se muestra en la Fig. 5.

2. Telurómetro.

Para seguir el proceso del diseño y fabricación del hardware y software del Telurómetro se siguió una metodología que partió del marco teórico para el modelaje de los electrodos, de los métodos de medición de resistividad

de los valores de entrada y salida (las analógicas y digitales) para el programa y el funcionamiento de los elementos a utilizar para la construcción del dispositivo dejando los esquemas detallados de los circuitos construidos; para proceder luego a la parte práctica que consistió en la construcción de dos fuentes de alimentación y en el armado del circuito en el que se incluyen filtros, protecciones, actuadores (contactores) que utilizan diferentes componentes entre los que se encuentran: optoacopladores, transistores y amplificadores operacionales. Para proseguir finalmente, luego de ser fabricado, a la prueba de su funcionamiento y evaluación de

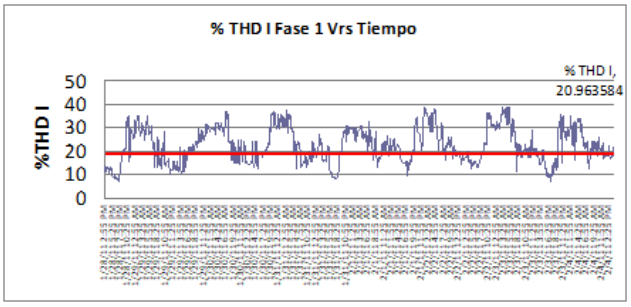

Fig. 5. Grafica con registro de datos realizado por el analizador de calidad de energía basado en instrumentación virtual

los datos obtenidos expresados por gráficas, tablas de datos con su respectivo análisis.

A. Definición del equipo a diseñar

Se desarrolló un equipo cuya operación se haga en conjunto con el software llamado Labview y utiliza una interfaz brindada por el hardware que se desarrolló en laboratorio para captar las señales de los sensores. Para la interconexión con la computadora se utilizó una DAQ USB 6009. Antes de comenzar a diseñar el equipo se debe conocer para lo que es útil esta clase de herramienta en la vida laboral con lo que iniciaremos con una definición de la misma: el Telurómetro es un instrumento que realiza mediciones de la resistividad del suelo y de la resistencia de puestas a tierra según parámetros de voltaje, corriente y resistencia obtenida, quedando la medición de este tipo, ubicada en el tipo de geoeléctricas realizadas en la superficie del terreno siendo de las categorías de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), sondeos magneto telúricos, calicatas eléctricas, etc. Con lo que se puede obtener de esta clase de mediciones, con este aparato, es que se estudia un volumen grande de suelo en su estado natural.

B. Método utilizado para la adquisición de datos

Las investigaciones del subsuelo pueden realizarse en dos direcciones la primera en sentido horizontal que recibe el nombre de calicatas o perfil resistivo en el que el factor K permanece constante para una serie de medidas. La segunda, es en sentido vertical el cual recibe el nombre de Sondeo

Eléctrico Vertical (SEV) definiéndose como una serie de determinaciones de resistividad aparente, los dos estudios son efectuados con el mismo dispositivo, y el segundo su procedimiento de ejecución consiste en aumentar progresivamente la distancia entre los electrodos manteniendo un punto fijo central.

El método de Schlumberger es una modificación del método de Wenner, ya que también emplea 4 electrodos, pero en este caso la separación entre los electrodos centrales o de potencial (a) se mantiene constante, y las mediciones se realizan variando la distancia de los electrodos exteriores a partir de los electrodos interiores, a distancia múltiplos (na) de la separación base de los electrodos internos (a). La configuración, así como la expresión de la resistividad correspondiente a este método de medición se muestra en la Fig. 6.

El método de Schlumberger es de gran utilidad cuando se requieren conocer las resistividades de capas más profundas, sin necesidad de realizar muchas mediciones como con el método Wenner. Se utiliza también cuando los aparatos de medición son poco inteligentes. Solamente se recomienda hacer mediciones a 90 grados para que no resulten afectadas las lecturas por estructuras subterráneas. En el arreglo Schlumberger AMNB con AB>>MN, el sondeo consiste en separar progresivamente los electrodos inyectores A y B dejando los electrodos detectores M y N fijos en torno a un punto central fijo P tal y como se ve en la Figura 6. En este sondeo el efecto de las heterogeneidades irrelevantes es menor pues sólo se mueven el par de electrodos inyectores A y B.

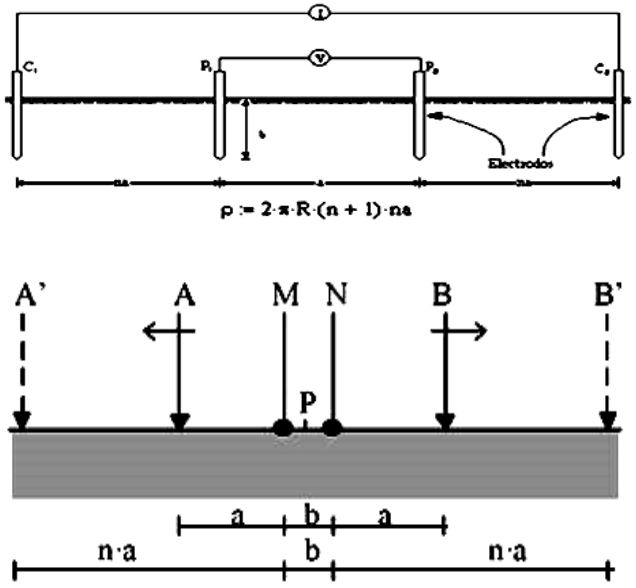

Fig. 6. Configuración del método de Schlumberger.

Los cuatro electrodos, tipo barra corta, se ubican en línea recta, cada par (potencial y corriente) simétricamente ubicados con respecto al centro de medición elegido. Los electrodos se ubican a distancias relativamente grandes comparadas con la profundidad de enterramiento, de modo de suponerse a éstos como fuentes puntuales de corriente. Esta configuración conduce a la determinación de una «resistividad aparente», ρ_a, que se define como aquélla correspondiente a un terreno homogéneo en el cual, para la disposición dada de electrodos e igual magnitud de corriente inyectada al medio, se produce una misma elevación de potencial medida en el terreno no homogéneo. El comportamiento de ρ_a con la separación de los electrodos proporciona una guía para la determinación de las características de resistividad del terreno. Se incrementan las distancias y se obtiene valores de resistividad a más profundidad. Este método de medición es apoyado por normas europeas.

Interfaz electrónica para la adquisición.

La configuración de los terminales para esta medición se conecta de la manera siguiente:

Terminal A, electrodo de corriente

Terminal B, segundo electrodo de corriente.

Terminal M, electrodo de medición de potencial.

Terminal N, segundo electrodo de medición de potencial.

El panel que se usó como interfaz gráfica en Labview se observa en la Fig. 7.

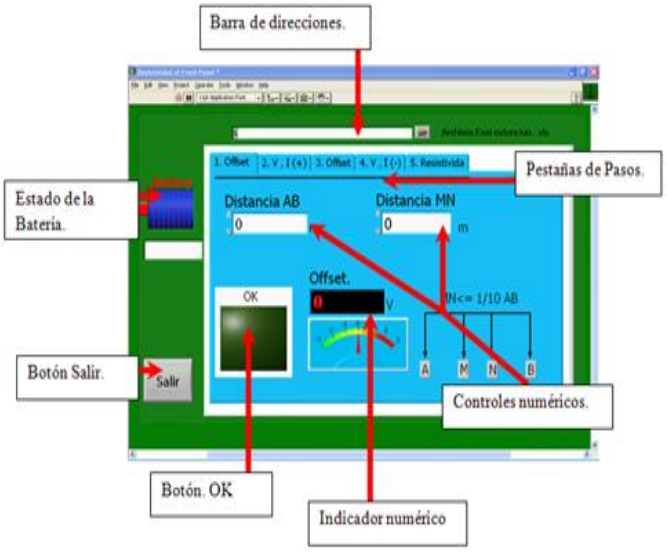

Fig. 7. Panel Frontal con Interfaz de usuario del Telurómetro Virtual

3. Análisis de Motores

El principio del análisis de motores se basa en que la mayoría de partes de la máquina dan algún tipo de aviso antes de fallar, por lo se determina a través de mediciones periódicas o tiempo real el estado o condición del equipo. Este tipo de mantenimiento tiene como objetivos el monitoreo de máquinas, diagnóstico de fallas y estimación

de vida útil, con lo cual se asegura la confiabilidad en el uso de las maquinas.

Los tres pasos en los que consiste el análisis predictivo son:

1. Detección: Se reconoce el problema, se consideran las necesidades de la empresa y la selección prioritaria de las máquinas que están más propensas a dañarse.
2. Análisis: Se procede a desarrollar un programa de medición que incluya los parámetros fundamentales con los cuales se pueda detectar la condición de la máquina, esto mediante un registro histórico de datos del cual se obtiene un valor medio que se analiza de acuerdo con la experiencia, instrucciones del fabricante y gráficas de severidad adecuadas o bien de la propia magnitud de vibración de la máquina.
3. Corrección: Encontrar el momento y forma de solucionar el problema.

Este tipo de mantenimiento manifiesta ciertas ventajas con respecto a otros tales como:

1. Permite detectar problemas en los equipos y tomar medidas preventivas antes de que ocurran fallas.
2. Es una herramienta no invasiva lo cual permite conocer la condición sin necesidad de detener el equipo.

A. Análisis vibratorio

El análisis de vibraciones se refiere al análisis de espectros
de las vibraciones en el que se consideran los componentes armónicos tal como se muestra en la Fig. 8.

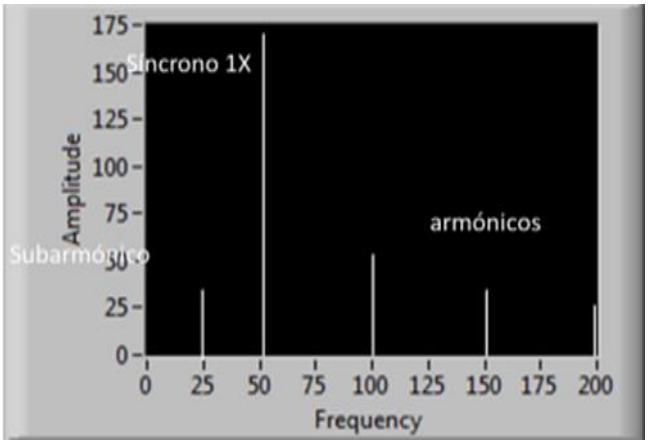

Fig. 8. Componentes del espectro de vibraciones

La fuerza centrífuga radial en los rodamientos causa la vibración a frecuencia fundamental o 1X, lo cual crea en la mayoría de las ocasiones un pico dominante en el espectro de vibración y por lo cual para realizar el análisis de los espectros se deben identificar los múltiplos de esta frecuencia fundamental y su nivel de amplitud.

Un análisis de espectro vibratorio debe relacionar en forma precisa la frecuencia de las vibraciones con la velocidad de rotación de la máquina. En el análisis también es necesario determinar para cada componente vibratoria la causa que las genera. Las vibraciones pueden provenir del funcionamiento normal de la máquina, generadas por condiciones inapropiadas de funcionamiento, provenientes de otras máquinas o generadas por fallas. Debido a lo anterior existen varias técnicas para el análisis de vibraciones entre las cuales se tienen: análisis frecuencial, de forma de onda, de fases de vibraciones, de orbitas y posición del eje en el descanso y por último el análisis de vibraciones durante partidas y paradas. En la realización del prototipo debido a su uso generalizado en la industria se utilizó la técnica de análisis de frecuencias el cual consiste en relacionar la frecuencia de las vibraciones con la velocidad de rotación de la máquina y mediante esto poder generar un diagnóstico de la máquina.

Parámetros para el análisis de vibración Los parámetros de medición básicos para el análisis de vibración son los siguientes:

a. Desplazamiento: Ayuda a reconocer patrones que están a muy baja frecuencia (debajo de las 600 RPM, es decir 10 Hz), los picos de vibración que mejor se resaltan son los que se encuentran al comienzo del espectro. Suele medirse en milímetros.
b. Velocidad: Este permite reconocer la mayoría de los patrones de fallas primarias y de otros componentes cuando están en un estado evidente, tales como: desbalanceo, desalineación, holgura mecánica, fricciones abrasivas, resonancias, pulsaciones, entre otras. Este parámetro es importante para resaltar picos de bajas y medias frecuencias (desde 600 RPM hasta 60,000 rpm, es decir desde 10 Hz hasta 1000 Hz). Se mide en milímetros por segundo.
c. Aceleración: Con este es posible reconocer patrones asociados a contactos metal-metal y fricciones abrasivas, problemas en engranajes, cavitación, entre otros. Este parámetro resalta picos de vibración de medias y altas frecuencias (arriba de 60,000 rpm, es decir 1000 Hz). Se suele medir en veces la gravedad o “g” con un valor por gravedad de 9.81 m/s2.

De estos parámetros la velocidad es el más utilizado en equipos profesionales para el análisis de vibraciones debido al rango amplio de fallas que permite identificar.

Los dispositivos que son utilizados para medir las señales de vibración son: Sensores de proximidad, Sensores de Velocidad y los Acelerómetros

De estos los más utilizados son los acelerómetros debido a que poseen un rango de frecuencias muy ancho desde frecuencias muy bajas hasta decenas de kilohertzios. Las mediciones con acelerómetros de tipo monoaxial se deben realizar en las direcciones del motor tangencial (radial horizontal), radial (radial vertical) y axial posicionando estos a 90° uno con respecto del otro. Existen también acelerómetros triaxiales, como el utilizado en el prototipo, que recopilan los datos de vibración de los tres ejes del motor en un mismo punto. El posicionamiento de acelerómetros monoaxiales se aprecia en la Fig. 9 (a) y (b).

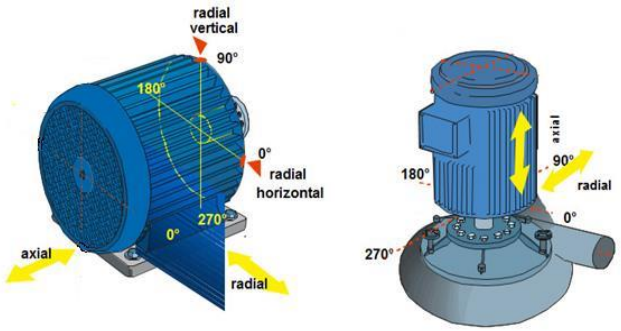

Fig. 9. a) Vibración radial y b) Vibración axial

B Desarrollo del instrumento

El procedimiento para el desarrollo del analizador de motores consistió en la fabricación de una interfaz usando LabVIEW que permite al usuario la interacción con los parámetros fundamentales necesarios para llevar a cabo un análisis de vibraciones en motores y por medio del cual puede realizarse el diagnóstico del estado de un equipo. La elaboración del trabajo requirió lo siguiente:

Capturar las vibraciones con un sensor, luego con LabVIEW obtener los espectros de desplazamiento, velocidad y aceleración.

Compara con las normas ISO 10816-1, la cual consiste en lineamientos sobre las vibraciones mecánicas de máquinas con velocidades de operación entre 10 y 200 HZ (600 a 12,000 RPM). Esta brinda las bases para la especificación de estándares de evaluación y se puede aplicarse a máquinas rotativas con rotores rígidos, con rotores flexibles.

Los resultados de los espectros después de compararse con las normas nos dan un indicativo del estado del motor. Ver fig 10.

V. Análisis de Costos

Comparando los costos de los instrumentos necesarios con los costos de los equipos virtuales desarrollados tenemos:

a) Telurómetro De equipos de alrededor de $ 80,000.00 sin PC a un gasto de aproximadamente $ 300 sin PC.

b) Analizadores de calidad de energía. Sólo las puntas de prueba de equipo existente costaban como $6,000.00 y gasto cercano a $600.00.

c) Análizadores de vibración de Motores. De analizadores cotizados y preguntado a empresas se logra una reducción de 1/5 de precio.

VI. Otros Posibles Desarrollos

Otras construcciones virtuales se pueden realizar. Se necesita tener el sensor o dispositivo de entrada de información. La señal de entrada puede ser ser captada por un Arduino, DAQ, cámara de video, micrófono, teclado, etc. Cuando se conoce claramente el tipo de entrada, es posible determinar el tipo de acondicionamiento que requiere dicha señal, tal como se muestra en la sección IV. Esto puede necesitarse si los valores de la señal son mayores que los que soporta el dispositivo, en un Arduino puede ser que tenga una entrada máxima de voltaje de 5V y tener un valor a introducir mayor.

En este caso habría que reducir el voltaje y luego en software escalarlo para obtener la información correcta. Si la entrada es por un teclado, no se necesita ninguna etapa, pues va directo.

Puede que lo que se necesite sea la construcción de un indicador de rayos ultravioleta. Para eso se necesita un sensor de nivel de ultravioleta, un dispositivo para pasar la información a la PC y con el programa se puede obtener una pantalla que muestre la información, además de obtener

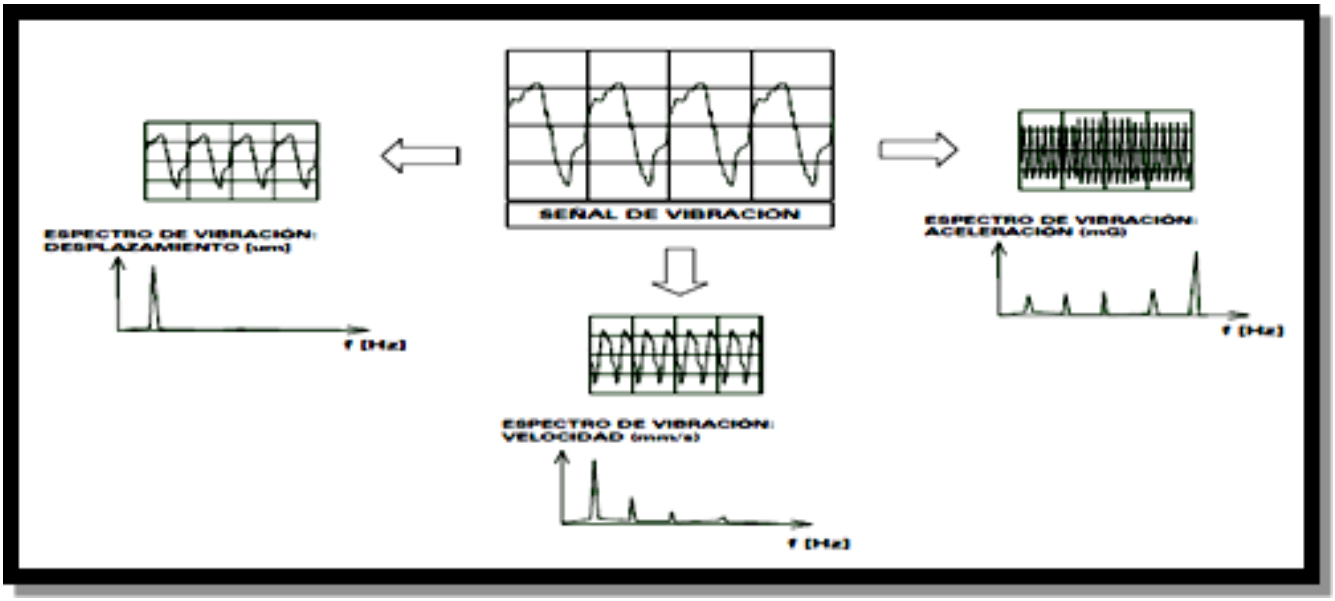

Fig. 10. Espectros y estado del Motor

tablas en Excel que estén guardando información y más.

Podría ser que lo que se necesite sea obtener una información de valores de PH, habría que buscar el sensor y luego definir el hardware y medios de transmisión que puedan llevar la información. Haciendo uso de LabVIEW y hardware de adquisición de datos de National Instruments se podría implementar un sistema económico que realice la medición deseada.

Podría ser que se busque información con cámaras para llevar el control de calidad en medicinas empacadas. Puede que se necesite vigilancia a través de cámaras con poco espacio a guardar. Se trabajaría con entrada de video, con programas eficientes y adecuados para que el sistema actualice cambios en el patrón deseado y realice el análisis que ayude en toma de decisiones.

VII. CONCLUSIONES

Los instrumentos desarrollados fueron comparados con equipo la operación de equipos reales, se consultó con usuarios de instrumentos reales, se han comparados precios como se muestra en la sección V.

Todo esto da una buena aceptación a la construcción de los equipos virtuales.

Evita el depender de la importación de equipo la importación de equipo especial.

Hace posible desarrollar proyectos de calidad dentro los presupuestos presentes.

VIII. RECOMENDACIONES

Los instrumentos desarrollados fueron comparados con equipo la operación de equipos reales, se consultó con usuarios de instrumentos reales, se han comparados precios como se muestra en la sección V.

Todo esto da una buena aceptación a la construcción de los equipos virtuales.

Evita el depender de la importación de equipo la importación de equipo especial.

Hace posible desarrollar proyectos de calidad dentro los presupuestos presentes.

REFERENCIAS

[1] Normativa sobre Vibraciones. Introducción al Fenómeno de las Vibraciones Mecánicas. Navarra: Universidad de Navarra, 2001

[2] Gasca O., Martínez J.R. (1997). Puesta a tierra en edificios y en instalaciones eléctricas. México D.F.

[3] SIGET. Normas de calidad de servicio de los sistemas de distribución, acuerdo 192-E-2004, 2004.