



Revista Facultad de Ingeniería  
ISSN: 0717-1072  
facing@uta.cl  
Universidad de Tarapacá  
Chile

Borjas M., Raúl; Quispe C., Nelson  
Instrumentación Virtual para Sistema de Medición y Análisis de la Red Eléctrica  
Revista Facultad de Ingeniería, núm. 6, enero-diciembre, 1999  
Universidad de Tarapacá  
Arica, Chile

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11400608>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en [redalyc.org](http://redalyc.org)

## INSTRUMENTACION VIRTUAL PARA SISTEMA DE MEDICION Y ANALISIS DE LA RED ELECTRICA<sup>1</sup>.

Raúl Borjas M.<sup>2</sup> Nelson Quispe C.<sup>2</sup>

### RESUMEN

Este trabajo muestra los resultados logrados en la implementación, en una red eléctrica, de un sistema de medición y análisis de corrientes, voltajes, distorsión armónica, potencias activas y reactivas, de corto y largo plazo, mediante instrumentos virtuales. Se destaca el desempeño obtenido con el uso de herramientas de instrumentación virtual, en aspectos tales como flexibilidad, eficacia y precisión.

### ABSTRACT

*This work shows the results achieved in the implementation of a measuring and analysis system in an electrical network, for long and short term currents, voltages, harmonic distortion and active and reactive powers, by means of virtual instruments. The performance of the virtual instrumentation system, regarding flexibility, accuracy and efficiency is highlighted.*

### INTRODUCCION

Actualmente y como consecuencia del aumento progresivo del uso de convertidores estáticos (rectificadores, inversores y otros) principalmente en las industrias, la contaminación en las redes eléctricas se ha incrementado, por tal motivo los instrumentos convencionales fundamentados en la medición de señales sinusoidales han quedado obsoletos y surge la necesidad de utilizar sistemas de medición capaces de sensar con mayor precisión las señales de las redes eléctricas. Instrumentos capaces de analizar el porcentaje de contaminación y perturbación que ciertos sectores, o en forma más específica una industria en particular, están inyectando a la red como también analizar la calidad de la señal que esta entregando la empresa generadora a sus consumidores.

La contaminación eléctrica altera el funcionamiento de los procesos en las empresas, ya que, provoca que algunos dispositivos de protección se activen, también produce sobrecalentamiento de los motores, llegando incluso a quemarse, provocando pérdidas significativas irrecuperables.

Un instrumento en el mercado que cumpla características de mediciones tales como gran velocidad de muestreo en tiempo real, almacenamiento y análisis

de datos, “off line”, tiene un costo de inversión alto. Por ello es interesante la implementación de un instrumento de bajo costo que cumpla con los requisitos especificados anteriormente y que además tenga la flexibilidad de ampliar sus posibilidades de análisis para mejorar el estudio de los sistemas medidos.

De acuerdo a requerimientos el instrumento debe tener las siguientes características:

- Gran capacidad de almacenamiento, para análisis en el tiempo, “off line”; debe disponerse de una gran cantidad de muestras y datos en memoria.
- Poseer una gran velocidad de muestreo, para obtener una gran cantidad de muestras y realizar un análisis de precisión, de forma de obtener un buena representación de las señales en estudio.
- Capacidad para análisis en tiempo real, es decir, debe poseer la velocidad para realizar adquisición de datos y análisis simultáneamente, de modo que la señal mostrada por software sea lo más similar y con el menor retardo posible a la señal real.
- Representar en la forma más fidedigna las señales eléctricas. La señal debe ser lo más similar posible a la señal real, empleando técnicas, modelos y fórmulas que permitan superar los problemas de la contaminación eléctrica.

<sup>1</sup> Este trabajo se realizó gracias a los aportes de la Universidad de Tarapacá, Proyecto DIEXA N° 8726-97.

<sup>2</sup> Universidad de Tarapacá, Facultad de Ingeniería, Departamento de Electrónica, e-mail: rborjas@visviri.electa.uta.cl, Arica-Chile

- Permitir una fácil, rápida y clara visualización de las señales en estudio. Las señales mostradas por el software, deben ser fácilmente comprendidas por cualquier usuario.
- Imprimir gráficos de las señales bajo análisis y permitir la emisión de informes.

### ANALISIS TEORICO DE LAS VARIABLES ELECTRICAS

Para realizar el análisis de las variables de la red eléctrica se debe muestrear corrientes y voltajes en el tiempo y a partir de ellos obtener valores RMS, potencias activas, potencias reactivas, factor de potencia, contaminación armónica y otros, valores basados en la propuesta sugerida por Czarnecki que se encuentra detallado en las referencias [1] y [2].

Para lograr esto, se requiere un análisispectral de la señal medida que sea rápido y eficiente.

La Transformada Rápida de Fourier (FFT, Fast Fourier Transform) es simplemente un algoritmo rápido para la evaluación numérica de integrales de Fourier, y su importancia radica en la rapidez de cálculo conseguida. Se usa para obtener el espectro de frecuencia de la señal a partir de la señal temporal de entrada, la que puede ser también obtenida a partir de la integral discreta de Fourier (DFT), sin embargo en este último caso es necesario más tiempo de cálculo.

La diferencia de velocidad de cálculo entre la DFT y la FFT crece con el aumento del número de muestras a analizar, según se puede apreciar en la fig. 1, ya que mientras una aumenta el número de operaciones necesarias para la resolución de forma exponencial, la otra lo hace en forma prácticamente lineal [3].

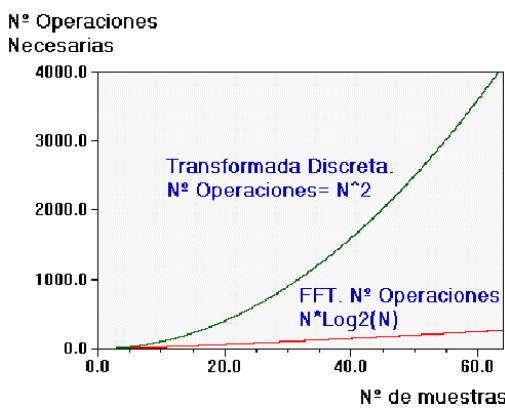


Fig. 1.- Comparación entre el N° de operaciones de la DFT y la FFT.

Algunas consideraciones que deben tomarse en cuenta al momento de utilizar la FFT son:

- Para máxima rapidez, el algoritmo requiere que el número de muestras a evaluar sea potencia de 2.
- Se puede evaluar un número de muestras que no sea potencia de 2, "troceando" el número de muestras en varias partes que sean potencia de 2 y analizándolos por separado, generándose pérdida de tiempo y complicando la programación sin beneficios significativos.
- Aunque se calculan las partes positivas y negativas del espectro, si la señal de entrada tiene solo parte real, es necesario visualizar sólo las frecuencias positivas, demostrándose en este caso que la transformada de Fourier tiene un espectro par, y la información de la parte negativa es redundante.
- El número de operaciones para el cálculo mediante la FFT es  $n * \log_2(n)$  veces, menor que si se efectúa con la DFT, que necesita  $n^2$  operaciones.
- El primer valor del arreglo de resultados de la transformación: RealOut[0] e ImagOut[0] contiene la media de todas las \$muestras de entrada.
- El valor de la frecuencia, en Herz, relativo al índice  $i$  que recorre el array de  $n$  muestras es (para  $i=1$  hasta  $i=n/2$ ):

$$f = \frac{\text{SamplingRate} \times i}{n} \quad (1)$$

- Los valores desde  $n/2$  hasta  $n$ , son los valores correspondientes a las frecuencias negativas (el espectro está invertido).
- El índice  $n/2$  es un caso especial, ya que corresponde a la frecuencia de Nyquist, es decir, la mitad de la frecuencia a la que se está muestreando, y que es la máxima que puede tener la señal para que no exista solapamiento.
- Una vez obtenidos los arreglos con la parte real e imaginaria de la FFT se puede calcular fácilmente el módulo del espectro y su fase. Para ello simplemente se han de realizar las siguientes operaciones:

$$\begin{aligned} \text{Modulo} &= \sqrt{\text{RealOut}[i]^2 + \text{ImagOut}[i]^2} \\ \text{Fase} &= \text{Arc Tg} \frac{\text{ImagOut}[i]}{\text{RealOut}[i]} \end{aligned} \quad (2)$$

En resumen el algoritmo FFT busca resolver de la manera más eficiente posible la expresión:

$$X[n] = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \cdot e^{-jk\Omega n} \quad (3)$$

Donde  $\Omega = 2\pi/N$ .

La evaluación directa de esta sumatoria implica  $N^2$  multiplicaciones. Haciendo una serie de reordenaciones, se consigue con la FFT reducirlo a  $N * \log_2(N)$  operaciones.

### PROGRAMACION DEL INSTRUMENTO VIRTUAL

Un instrumento típico de medición actúa totalmente aislado, presenta capacidades para señales de entrada/salida e interfaces tales como botones, leds, pantallas gráficas y otras características todas fijas. Dentro de su cubierta, circuitería especializada, incluyendo convertidores DAC o ADC, microprocesadores, memorias y buses internos que permiten el acondicionamiento de las señales, analizarlas y presentar los resultados al usuario.

A diferencia de lo anterior, un instrumento virtual básicamente utiliza un computador como la máquina que permite la instrumentación; el cuál provee la memoria, los procesadores y capacidades de despliegue de información; mientras que tarjetas de adquisición de datos (DAQs, algunas bastante económicas) y tarjetas de interfaz (VXI, GPIB) conectadas a un bus estandarizado proveen el vehículo y capacidades para la transferencia de información. Debido a la arquitectura abierta de los PCs, la funcionalidad del instrumento virtual es definida por el usuario.

Resumiendo, el poder de procesamiento de los instrumentos virtuales es mucho mayor que el de los instrumentos típicos, debido a la rápida evolución de la tecnología de los PCs y de las estaciones de trabajo. Los instrumentos virtuales pueden cargar, o guardar datos directamente en la memoria de la computadora o en disco. Incluso, pueden tener capacidades de elaboración automática de reportes, incluyendo mediciones, gráficos, nombre y comentarios, con opción de impresión. De esta forma, el trabajo de análisis del usuario se puede ver simplificado enormemente.

Por medio de la instrumentación virtual se emulan actualmente un sinfín de instrumentos, tales como multímetros, equipo para procesamiento digital de señales, análisis numérico y visualización de datos, entre otros. También como ventaja importante es que el precio a la larga es mucho menor que el de un equipo

tradicional. Tal vez en un principio, el desembolso puede parecer fuerte, por la compra de las DAQs e interfaces, sin embargo, las mismas tarjetas pueden usarse en otras aplicaciones, con un software y transductores adecuados. Otra ventaja es su flexibilidad, a diferencia de los instrumentos tradicionales, que son muy poco flexibles y sólo realizan funciones rígidas. Para desarrollar el instrumento virtual, se eligió un ambiente programador gráfico para aplicaciones de control instrumental y adquisición de datos llamado "Lab-view". El que está compuesto de un lenguaje de programación gráfico (G) y el conjunto completo de las librerías integradas de instrumentación. Este software ha sido usado por más de una década por ingenieros, científicos, y técnicos para crear diversas soluciones, para una variedad de industrias en el mundo. Se puede ejecutar en Windows NT, 95, 3.1, Mac OS (68K, PPC), Sun, HP-UX, y powerMax. Este software entrega flexibilidad e innovadora tecnología de manera amistosa para solucionar problemas de automatización y medición. Algunas de las pantallas que despliega se presentan en la fig. 2.



Fig. 2.- Paneles de monitoreo.

Para realizar una adquisición de datos, se sugiere utilizar el esquema mostrado en la fig. 3.

- Reduce tiempo de desarrollo incrementando la productividad.
- Conserva el capital invertido en el hardware de instrumentación y computación.
- Faculta un grupo más grande de usuarios para desarrollar las soluciones propias.
- Tiene la flexibilidad de completar la aplicación entera sin la adición de herramientas de desarrollo más complejas.
- Simplifica las tareas de desarrollo con poderosas herramientas adicionales para funciones tales como visualización y análisis de datos, generación de informe, conectividad a bases de datos corporativas, y más.

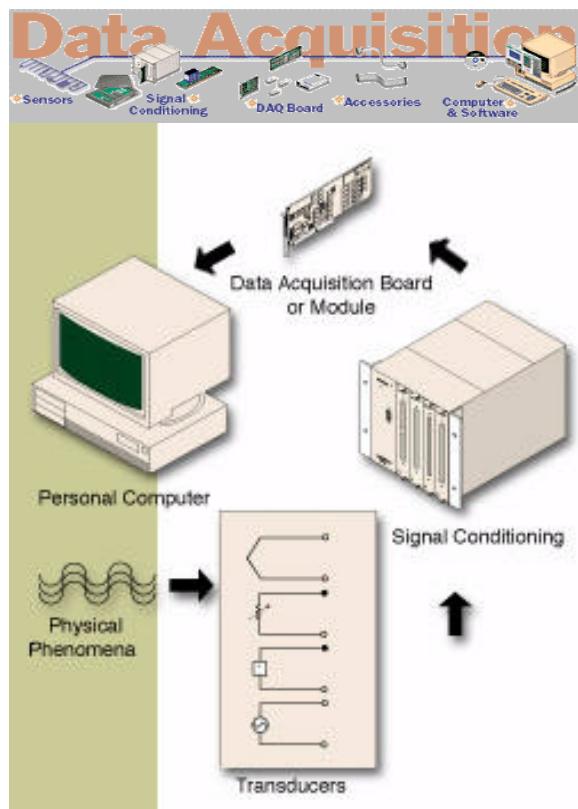


Fig. 3.- Esquema de adquisición de datos utilizando.

Los beneficios de usar el software elegido se pueden clasificar en las siguientes categorías:

### DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE ANALISIS Y MEDICION

Se diseñó el programa para el análisis de las señales eléctricas en el software "Lab-view". Se optó por un método de compresión, con el cual se logró buenos resultados al existir un alto porcentaje de redundancia. Se estudiaron dos posibilidades para realizar la compresión: Diseñarlo en el mismo software o utilizando algún compresor externo, se optó por el segundo. Finalmente los datos comprimidos fueron almacenados en la memoria del computador (disco duro).

Como interfaz se usó la tarjeta de adquisición de datos PC-LPM-16/PnP, la cual provee una buena velocidad de muestreo (50 KS/s). Esta tarjeta se compone de 16 entradas analógicas single-ended con una resolución de 12 bits, un buffer de 256 S y 3 counters/timers.

Las tareas implementadas y herramientas usadas en su

desarrollo son señaladas como bloques en la fig. 4.

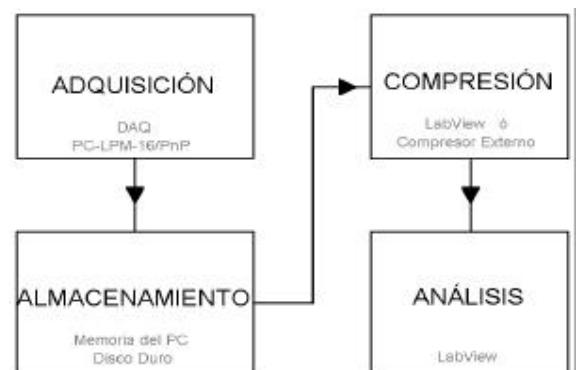


Fig. 4.- Herramientas utilizadas en las funciones principales del proyecto.

A continuación se explican algunas de las funciones desarrolladas en la implementación del software de adquisición. Se realizó primero el seudocódigo que permite identificar la forma en que se ejecuta el programa, luego el programa principal y final en lenguaje G, descomponiendo el algoritmo principal, en funciones parciales complementarias (sub-VIs, sub-instrumento virtual). La rutina principal se resume en el diagrama de flujo de la fig. 5.

El analizador puede trabajar en dos modos de operación (analizador o adquisición):

**Modo analizador.-** En modo analizador se realiza el estudio completo de las variables (voltaje y corriente), es decir, se calculan los armónicos, valores RMS y la distorsión total máxima (THD), en forma independiente para las señales; el factor de potencia (FP), el desfase, y las potencias. Este análisis se realiza en forma continua, es decir, dentro de un loop y se detiene por medio del botón "detener". En este modo, se efectúan los siguientes puntos:

- **Cálculo de la frecuencia inicial:** La medición de la frecuencia es importante para el análisis de los armónicos de las señales ya que la FFT usa como entrada una cantidad de datos igual a una potencia de 2, en el proyecto son 256 datos por ciclo. Por lo tanto con la frecuencia calculada se puede estimar la velocidad de muestreo para que calcen exactamente 256 muestras por ciclo. Esta función es ejecutada por el sub-VI "calcula frecuencia inicial", fig.5.
- **Cálculo de la velocidad de muestreo:** Como se explicó anteriormente, utilizando la frecuencia estimada, se calcula la velocidad de muestreo, ya

que este es un dato de entrada para realizar la adquisición.

En este modo, dependiendo del tipo de adquisición elegido (externa, interna o archivo), el algoritmo realiza las funciones, que se explican a continuación:

- **Adquisición Externa.**- Adquiere datos utilizando la tarjeta DAQ PC-LPM-16PnP. Simultáneamente guarda y comprime los datos adquiridos en el directorio C:/datos/.... dentro de carpetas generadas e identificadas con la fecha y en archivos cuyo nombre corresponde a la hora en que se efectuó la medición. Esta función es realizada por los sub-VI “adquisición de datos” y “graba archivo”, fig. 5.

Se estudiaron dos formas para la compresión de datos, una implementada utilizando el propio lenguaje gráfico G y el otro utilizando un compresor externo (ARJ), realizando un llamado automático cada vez que se requiera comprimir desde el programa principal. Se seleccionó el método del compresor externo, por su rapidez y buena razón de compresión [4].

En esta opción del compresor externo se utilizó un solo bloque que realiza la compresión y almacenamiento de los datos, en los siguientes pasos: Adquisición de las señales de voltaje y corriente; Creación de una carpeta identifiable por la fecha; Almacenamiento de los datos (sin comprimir) en un archivo creado en la carpeta anterior, cuyo nombre es la hora en que fueron adquiridos dichos datos; Compresión de los datos utilizando un compresor del tipo ARJ y guardándolos en la carpeta con el mismo nombre (hora) pero con extensión arj, y finalmente la Eliminación del archivo original.

- **Adquisición Interna.**- Se generan señales internamente en el computador, a modo de prueba del software. Se pueden generar señales senoidales, diente de sierra, cuadradas y triangulares. En este modo de operación no se guardan, ni comprimen los datos. Esta función es realizada por el sub-VI “generación de señal interna”.
- **Adquisición Archivo.**- Se descomprimen los archivos de almacenamiento y se recuperan los datos que han sido previamente almacenados en el disco duro.

De modo similar a la compresión, se estudiaron dos tipos de descompresión de datos, una implementada usando el lenguaje gráfico G y el otro un descompresor externo (ARJ), se decidió por la segunda opción. Los archivos se identifican por su fecha (directorio) y hora

(nombre de archivo). La descompresión y lectura de archivos se realiza de acuerdo a los siguientes pasos: Descomprimir el archivo elegido, por menú de selección de archivo; Leer el archivo y desplegar los datos en forma gráfica y Eliminar el archivo descomprimido.

**Análisis de datos.**- Una vez que se obtienen los datos a analizar, ya sea en forma externa, interna o archivo, se realiza el análisis de las señales, realizándose una serie de funciones en forma simultánea:

- **Cálculo del desfase:** La medición de fase se realiza detectando el cruce por cero del voltaje, mediante comparaciones sucesivas, identificando el índice del vector y la pendiente del voltaje. Este índice y la pendiente son almacenadas. De modo similar, pero a partir del índice almacenado se realiza la detección del cruce por cero de la corriente, la que además debe ser de pendiente similar a la almacenada, obteniéndose el índice de la corriente a la cual se realiza el cruce por cero.

Una vez obtenido los índices del cruce por cero tanto del voltaje como de la corriente, se multiplica la diferencia entre índices por el período de muestreo obteniéndose el tiempo ó grados entre los dos cruces por cero. La siguiente regla de tres simple permite obtener los datos resultantes en segundos a grados (fase).

ciclo	0,02 segundo
360°	0,02 segundo
X °	(diferencia entre cruces por ceros)

La precisión en el cálculo del desfase, se ve limitado por la velocidad de adquisición de la tarjeta. Por lo tanto se utiliza un método de interpolación para obtener un grado de precisión mayor.

- **Cálculo de potencias:** La potencia aparente es calculada utilizando los valores RMS de las señales de voltaje y corriente en cada período. Utilizando los valores de potencia aparente se puede calcular la potencia activa y reactiva de acuerdo a la proposición de la referencia [1].
- **Cálculo de armónicos:** Se realiza mediante el método de la FFT, usando las herramientas propias de “Lab-view”.
- **Cálculo de la frecuencia:** El método de cálculo de la frecuencia es similar al usado en el sub-VI “calcula frecuencia inicial”. La diferencia radica en que el sub-VI, “calcula frecuencia”, tiene una velocidad de muestreo de 256 muestras/ciclo, en cambio el otro sub-VI emplea una velocidad mayor.

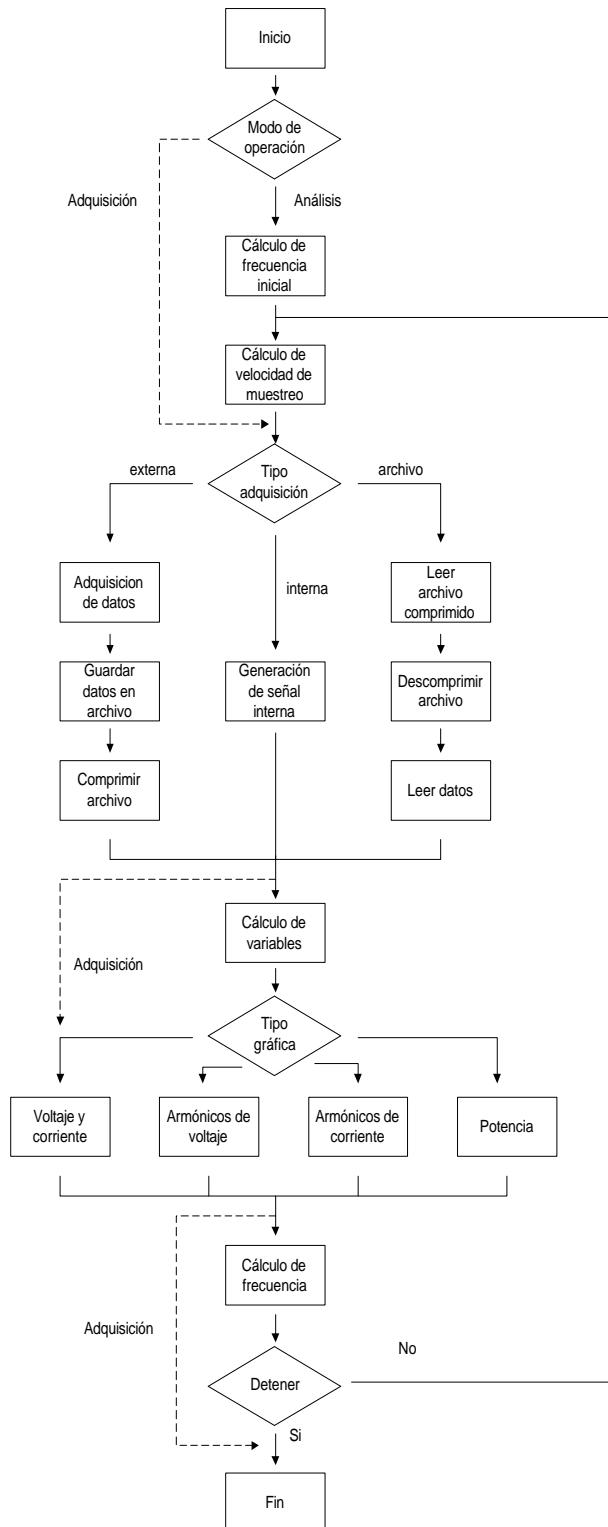


Fig. 5.- Diagrama de flujo de la rutina principal

**Gráfica voltaje y corriente:** En esta etapa se realiza el

escalamiento de las señales de voltaje y corriente, que luego son desplegadas en forma gráfica.

El despliegue gráfico del analizador posee 4 formas de mostrar la información :

- **Voltaje y corriente:** Despliega voltaje y corriente en un mismo gráfico. Muestra los valores máximos y RMS de ambas señales mediante visualizadores digitales.
- **Armónicos de voltaje y de corriente:** Despliega en gráfico armónico de voltaje y corriente en forma de barra. Muestra los valores de distorsión armónica total con y sin ruido mediante visualizadores digitales.
- **Potencia:** Despliega en gráfico la potencia aparente, activa y reactiva. A través de visualizadores digitales, presenta los valores medios de dichas variables.

**Modo adquisición.-** En este modo se realiza un simple muestreo (un solo loop) de la señal sensada sin realizar ningún tipo de análisis, sólo almacena en forma comprimida los datos y despliega en forma gráfica las señales muestreadas (valores instantáneos).

## PRUEBAS Y ENSAYOS, ANALISIS DE ERROR

Con el propósito de detectar la precisión del instrumento virtual diseñado, se realizó la calibración del instrumento y se efectuaron las pruebas finales. También se obtuvieron algunas gráficas para dar a conocer la variedad de información entregada por el analizador. Algunas de las pruebas se resumen a continuación.

**Medición de voltaje y corriente.-** El ensayo consistió en realizar algunas mediciones de voltajes de valor RMS utilizando una fuente regulable con autotransformador, se obtuvieron datos con el instrumento diseñado que permitieron una comparación con los logrados con un instrumento digital tomado como patrón y que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1.- Comparación de medición de valores RMS.

Voltaje (Vrms) Instrum. Patrón	Voltaje (Vrms) Instrum Virtual	Error (%)
226 - 227	226.71	0.31415
200 - 201	200.9	0.45
180.7	180.64	0.0332
149.3 - 149.4	150.28	0.65639
125.6	125.03	0.45382
100.1	100.42	0.31968
75.2	75.23	0.03989
49.9	49.73	0.34068

El error máximo obtenido es de 0.65639 %, que refleja una buena precisión, del instrumento. Este error está asociado principalmente a la precisión del transformador reductor de voltaje de entrada y no a la tarjeta de adquisición que tiene una resolución de 12 bits para digitalizar la señal análoga de entrada. Por otro lado, el instrumento usado como patrón no dispone de un buen rango de cifras decimales.

**Medición del factor de potencia** .-En este ensayo se utilizó un generador de funciones interno. Se generaron dos señales de tipo sinusoidal, fijando un desfase entre las señales, para verificar si el analizador es capaz de recuperar el mismo valor y por consiguiente el mismo factor de potencia. Los resultados se muestran en la tabla 2.

Tabla 2.- Comparación en la medición de desfase.

Desfase interno generador	Desfase Instrum. Virtual	Error (%)
20	20	0
47.46	47.46	0
57.324	57.324	0
65.4565	65.4567	0.0003

El error es prácticamente cero, debido a la utilización de la interpolación. Esta precisión es variable, y los mejores resultados se logran con señales cuyo cruce por cero no es brusco. En el gráfico de la fig. 6 se muestran algunas de las señales con las cuales se realizaron las pruebas.

**Medición de armónicos.**- En esta prueba se usó el generador interno, para observar en forma gráfica y digital si los valores tanto en magnitud como en consecuencia concuerdan con los generados. Primero se realizó el ensayo para una señal senoidal pura, y seguidamente se generó una señal senoidal contaminada con componentes armónicas de orden y magnitud conocida, resumidas en la tabla 3. La señal generada se muestra en la fig. 7. y los resultados del análisis en la fig. 8.

Tabla 3.- Componentes de señal distorsionada.

Frecuencia (Hz)	Magnitud (Vrms)
50	225
150	112.5
750	56.25
400	28.125

**Alternativas de medición.**- El analizador puede efectuar

tres tipos de medición: Externa (red), interna (en memoria RAM del PC) y desde archivo(disco duro). La forma de despliegue del modo Interno y Externo es el mostrado en las figuras anteriores, ya que se utilizó en las pruebas realizadas. La medición en modo archivo despliega los datos almacenados en el tiempo, con fecha y hora detallada que fueron adquiridos en modo externo. En el modo archivo y externo se pueden obtener los mismos tipos de gráficos que en el modo interno. Algunas de las gráficas obtenidas en modo archivo se muestran en la fig. 9.

Las gráficas anteriores, fueron señales medidas desde la red eléctrica de 220 volts, y almacenadas en el archivo C:\datos\181009\125114 (fecha: 18/10/99 y hora: 12:51:14). Como se observa, se obtiene información como la frecuencia de 49.8 Hz y el desfase de 40.356° .

## CONCLUSIONES

En el presente trabajo, como resultado se ha logrado el diseño de un instrumento virtual con capacidad de análisis multivariables, usando un software especializado en diseño instrumental con herramientas en programación G. Herramientas de gran potencial, ya que son simples de usar y muy efectivas.

El instrumento implementado dispone de la capacidad de realizar un análisis en el tiempo, “off-line”, para ello se generan archivos de datos que son grabados y almacenados en un directorio definido en el programa, generando carpetas cuyo nombre es la fecha de adquisición y dentro de estos, grabar los archivos con nombres que corresponden al instante en que se realizó la medición. Esto permite una fácil y precisa ubicación de los archivos que se desean analizar.

La velocidad de ejecución del programa y la precisión de las mediciones dependen de las características técnicas de los sensores, la tarjeta de adquisición y del computador utilizado, siendo necesario ajustar parámetros para que la aplicación se ejecute eficientemente.

El panel de control del sistema de medición implementado, presenta como característica el ser amistoso y fácil de usar para el usuario. El instrumento posee una muy buena resolución con capacidad de realizar “zoom” en los gráficos y posibilidad de posicionar cursores sobre las mismas para un mejor análisis.

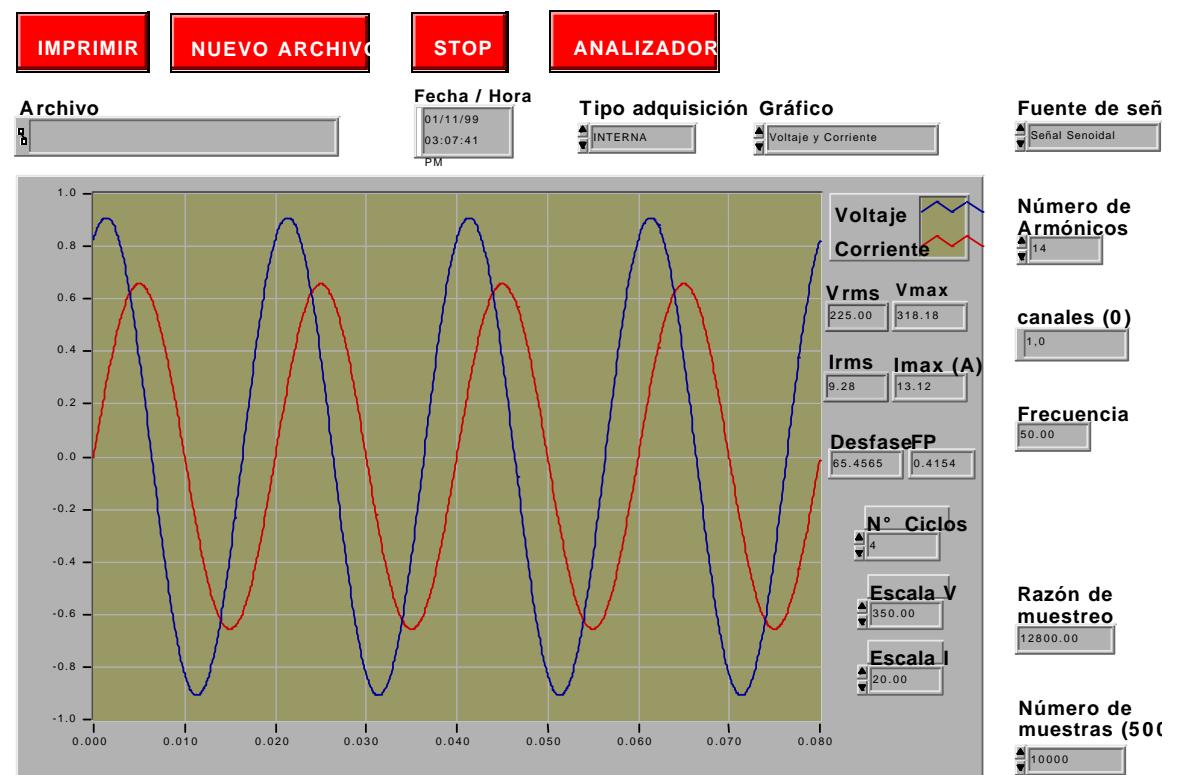


Fig. 6.- Señal de prueba para realizar medición de desfase (desfase = 65.4565).

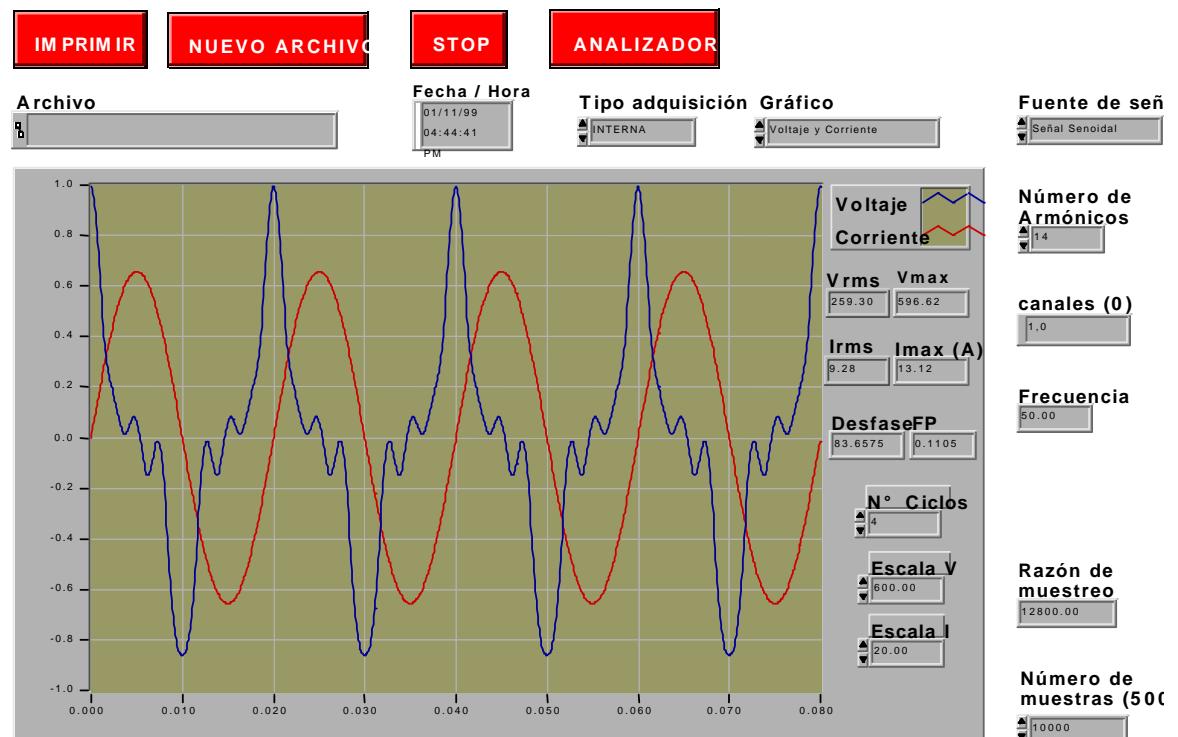


Fig. 7.- Gráfica de la señal distorsionada generada.

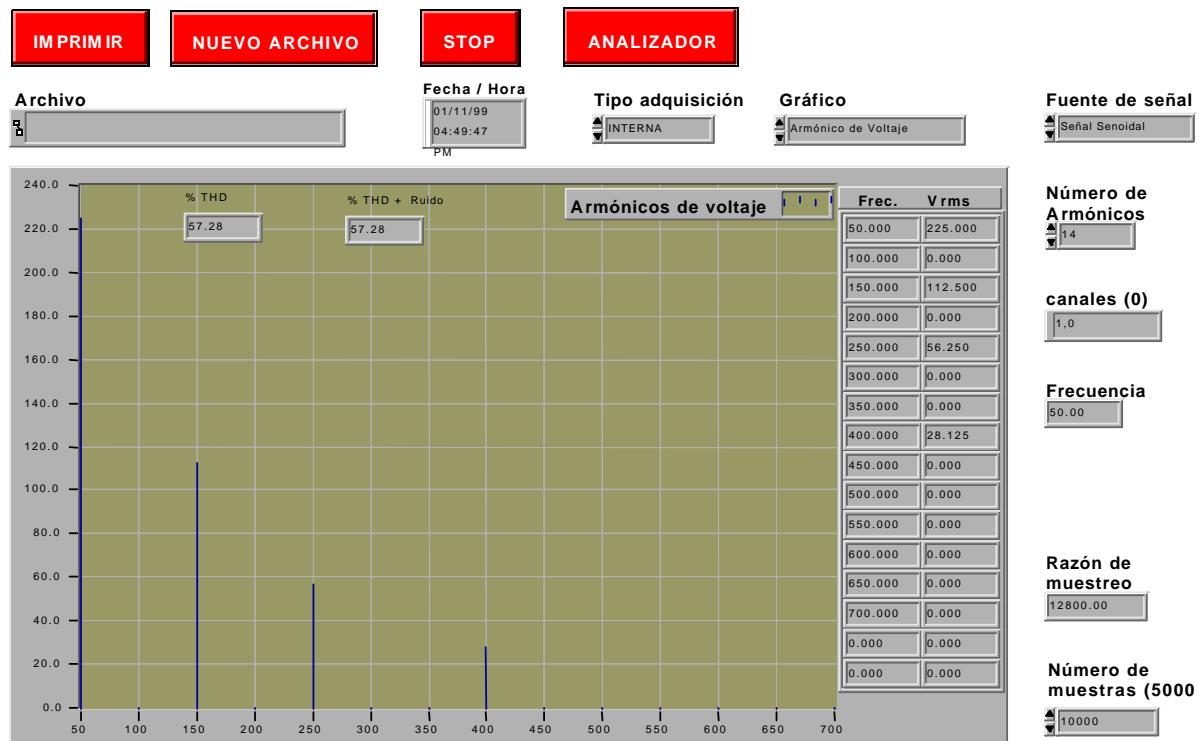


Fig. 8.- Gráfica del análisis de armónicos obtenida.

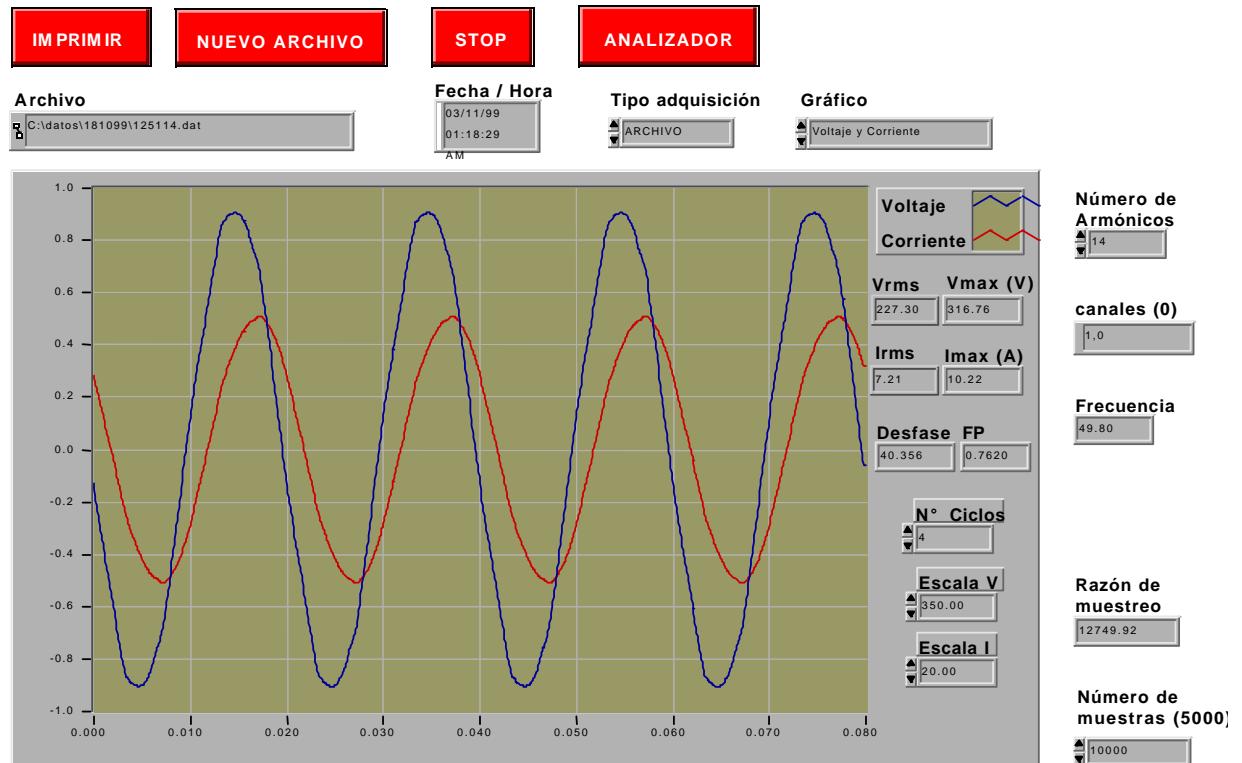


Fig. 9.- Gráfica de voltaje y corriente en modo archivo.

Otras de las ventajas detectadas, es que la medición no muestra problemas de aliasing, lo que permite afirmar que el proceso de medición posee un buen filtrado de la señal. Además presenta gran flexibilidad, al instrumento virtual diseñado se le pueden ir incorporando nuevas funciones programadas sin deteriorar, ni influir sobre las características generales de operación del sistema de adquisición y análisis, en tiempo real, aumentando notablemente sus capacidades. Debido a ello, el costo asociado al instrumento es menor que el de otros de características similares. En la medición de voltaje RMS, la precisión es buena, pero tiene un cierto grado de error debido a la etapa de acondicionamiento de la señal, es decir los sensores poseen un cierto grado de error. Además los instrumentos patrones no eran de gran precisión, presentando valores de un dígito decimal, e incluso para valores grandes la medición es representada por valores enteros.

- En las mediciones de desfase se obtuvieron buenos resultados, entregando valores con una precisión de  $0.0001^\circ$ , en señales que no presentan cambios bruscos en el cruce por cero. Esta precisión puede ser ajustada, debido a que se utiliza un método de interpolación. En el caso de señales cuadradas y dientes de sierra, los resultados se ven limitados por la velocidad de la tarjeta DAQ.
- La medición de armónicos entrega datos con una exactitud impresionante, como se pudo verificar en las pruebas realizadas. Los errores obtenidos son prácticamente nulos.
- Entrega una variedad de datos en forma gráfica y digital. Con capacidades de realizar un análisis punto a punto, debido a las poderosas herramientas que posee los despliegues gráficos, como zoom utilización de cursores, y otras características.

## REFERENCIAS

- [1] Benavides J., Borjas R., Deckmann S., "Medición Digital de Flicker y Armónicos en Redes Eléctricas", Revista de la Facultad de Ingeniería, Vol 2, 1995, pp 39-51.
- [2] Montaño J., "Measurement of Aparent Components in the Frecuency Domain", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol 39, Nº4, August 1990, pp 583-587.
- [3] Quispe N., "Sistema de Medición y Análisis de una Red Eléctrica Mediante Instrumentación Virtual", Memoria para optar al Título de Ingeniería Civil

Electrónica, Universidad de Tarapacá, 1999, Arica.

- [4] Manual de usuario de la tarjeta PC - LPM-16PnP.
- [5] Instrumentation. Newsletter. Vol 6, Nº4, Technical News from National Instruments. Directorio de Productos. Winter 1996/spring 1997.
- [6] User Manual. Lab-View 5.0.,January, 1998.
- [7] Data Adquisition. Lab - View 5.0.,January, 1998.
- [8] G Programming Reference Manual. Lab - View 5.0, January, 1998.
- [9] Function and VI Reference Manual. Lab - View 5.0 . January, 1998.
- [10] <http://www.arrakis.es/~ppriego/fourier/fourier.htm>.
- [11] <http://www.semapi.com.ar/dsplogg.htm>.
- [12] <http://www.dcpmicro.com/soft.htm>.