

“Diseño y construcción de un sistema remoto centralizado para el manejo de las prácticas del Laboratorio de Redes Eléctricas de la FIEC, mediante la utilización del software LabVIEW e instrumentación CompactDAQ de National Instruments”

Tanny Chávez Esparza⁽¹⁾ Kevin Lucas Marcillo⁽²⁾ M.Sc. Juan del Pozo⁽³⁾
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
tchavez@espol.edu.ec⁽¹⁾; keveluca@espol.edu.ec⁽²⁾; jdelpozo@espol.edu.ec⁽³⁾

Resumen

En la actualidad el Laboratorio de Redes Eléctricas (LRE) de la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC) representa la base de los conocimientos prácticos para la mayoría de los estudiantes de la facultad, pero el aprovechamiento de los recursos de hardware y software no es óptimo. Es por ello que en el siguiente trabajo se propone la implementación de un nuevo sistema remoto centralizado que sea adaptable a las necesidades actuales y futuras del laboratorio, para un mejor uso, fácil manejo y mantenimiento del mismo. Debido a que es el primer laboratorio que toman los estudiantes a nivel de facultad y la poca experiencia técnica que poseen, los equipos y materiales utilizados son susceptibles a daños y desconfiguraciones, por ello se requiere un sistema que aumente la seguridad de la red y de los equipos que involucren adquisición o generación de datos pero que a la vez permita realizar operaciones de actualización y mantenimiento de una forma rápida.

Palabras Claves: Escritorio remoto, adquisición de múltiples tareas, CompactDAQ.

Abstract

Nowadays, the Laboratory of Electrical Networks at the Faculty of Electrical Engineering and Computer Science is the basis of the practical knowledge for most students at the faculty, but the use of the hardware and software resources is not optimal. That is why in this research we proposed to implement a new centralized remote system which is adaptable to current and future needs of the laboratory, in order to warranty a better use, easy operation and maintenance. Because this is the first laboratory that students take at the faculty level and considering the few technical expertise that they possess, the equipment and materials are susceptible to damage and misconfigurations, for these reasons the laboratory requires a system that increases network security involving data acquisition or generation, but at the same time allowing quick update and maintenance operations.

Keywords: Remote desk, multi-task acquisition, CompactDAQ.

1. Introducción

El LRE es la base fundamental de los conocimientos técnicos para los estudiantes de la FIEC. Por lo tanto, deben comprender y dominar en su totalidad cada uno de los diferentes instrumentos de medición, ya que esto les va ayudar a desenvolverse correctamente en los laboratorios posteriores y durante su vida profesional.

El LRE necesita proporcionar un acceso seguro a los programas que controlan la configuración del hardware que se utiliza, ya que son susceptibles a daños, desconfiguraciones y descalibraciones, dando como resultado datos erróneos al momento de ejecutar la adquisición o generación de datos.

Por ello se implementa un sistema que consta de un computador principal configurado con Windows Server 2012 (WS12), y una Compact DAQ (C-DAQ) de National Instruments (NI), cuyos módulos permiten realizar las tareas de adquisición y generación de datos.

Cada usuario puede acceder a los canales de las diferentes tarjetas de la C-DAQ, mediante la conexión al escritorio remoto del computador principal, ya que éste controla la configuración del hardware y restringe el acceso a información sensible de acuerdo al criterio del administrador.

Dado que el sistema utiliza sesiones independientes para cada usuario, se realizan múltiples tareas simultáneamente, permitiendo que los recursos de la C-DAQ sean compartidos eficientemente.

2. Sistema remoto centralizado de adquisición y generación de datos

Un sistema remoto centralizado es aquel que cuenta con la capacidad de realizar múltiples tareas de adquisición y generación de datos, compartiendo sus recursos con distintos usuarios conectados al mismo de una manera segura.

De esta forma los usuarios pueden utilizar el sistema independientemente, considerando que cada uno de ellos fue previamente asignado a un grupo de canales de entre los cuales se selecciona las entradas y salidas de datos, evitando que dos o más usuarios escojan el mismo canal para la operación que desee realizar.

Cabe recalcar que el diseño realizado para el LRE requería un acceso estrictamente restringido a los estudiantes del laboratorio, por lo que se desarrolló el sistema considerando que los usuarios están conectados a la misma LAN, pero podría ser utilizado posteriormente para la implementación de un laboratorio remoto.

3. Arquitectura del sistema

El diseño e implementación de este sistema fueron desarrollados tomando en cuenta dos aspectos, el software y el hardware. Donde el software controla el acceso y la configuración del hardware acorde a los requerimientos cada usuario y a los permisos otorgados por el administrador.

3.1 Software

El software consta de dos elementos importantes, los cuales son, WS12 y software de NI. Donde el software de NI envuelve dos programas llamados Measurement and Automation Explorer (NI MAX) y LabVIEW, de los cuales el primero controla y configura todos los tipos de hardware de NI, mientras que el segundo es una plataforma de programación gráfica que utilizamos para la creación de aplicaciones que permitan a los usuarios configurar el hardware de NI, en este caso la C-DAQ.

El sistema cuenta con un computador principal que utiliza WS12 y que además tiene habilitada la propiedad de escritorio remoto, ya que es mediante esta propiedad que los clientes (mesas de trabajo) acceden a un escritorio independiente donde pueden configurar y controlar los canales que tienen asignados de la C-DAQ, según los permisos y la lista de usuarios permitidos que el administrador haya preestablecido. Cabe mencionar que la computadora principal se encuentra previamente conectada a la misma red que las mesas de trabajo del LRE.

Al acceder al escritorio remoto se aprovecha al máximo la capacidad de la C-DAQ, debido a que cada canal de entrada y salida (E/S) de la C-DAQ es independiente se pueden hacer tareas simultáneas de adquisición o generación de datos desde varios usuarios que acceden al servidor de forma remota.

Para que no haya conflicto entre canales al momento de ejecutar una tarea, el administrador ha preestablecido un rango limitado de canales para cada usuario, esto se realiza mediante programación en LabVIEW, por lo cual se diseñaron instrumentos virtuales enfocados a las necesidades del laboratorio y desarrollados a través de la librería NI-DAQmx.

3.1.1 Instrumentos de medición virtuales.

Hoy en día los instrumentos de medición virtuales nos ayudan a tener una mejor visualización y análisis de los datos, por ello aprovechando las características técnicas de los módulos de la C-DAQ se crearon los siguientes instrumentos:

- Medidor de voltaje y corriente.- Permite la realizar mediciones de corrientes y voltajes AC o DC.

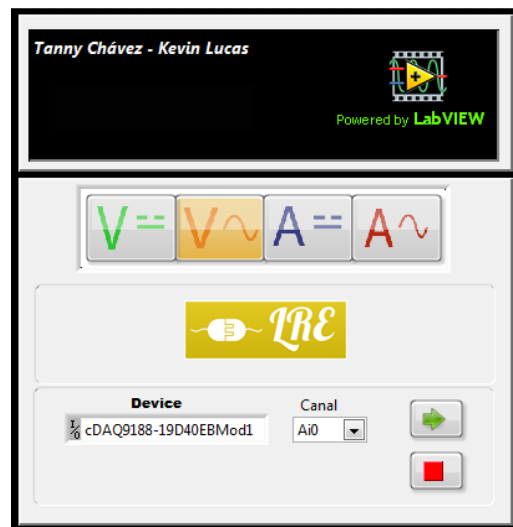


Figura 1. Interfaz del medidor de voltaje y corriente virtual.

Para la medición de los datos se hace uso de los siguientes módulos de adquisición de datos de la C-DAQ:

Tabla 1. Módulos correspondientes al medidor de voltaje y corriente virtual.

VOLTAJE	DC	NI-9220
	AC	NI-9225
CORRIENTE	DC	NI-9227
	AC	

- **Osciloscopio.-** Permite visualizar señales de voltaje, además cuenta con la opción de activar cursores de amplitud y tiempo para realizar un análisis preciso de las gráficas que se muestran.

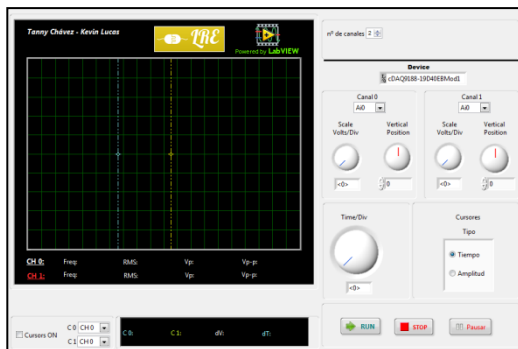


Figura 2. Interfaz del osciloscopio virtual.

Para la adquisición de los datos a graficar se hace uso de los canales del módulo NI-9220, instalado en la C-DAQ.

- **Analizador de potencia.-** Permite visualizar los valores correspondientes al voltaje, corriente, impedancia, factor de potencia, potencia real, reactiva y aparente, además de mostrar el diagrama fasorial y la gráfica sinusoidal del voltaje y la corriente.

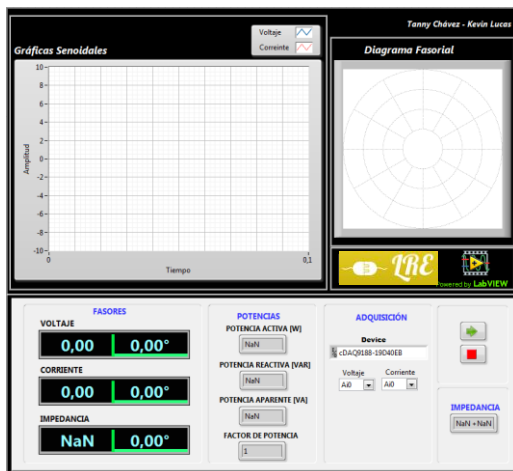


Figura 3. Interfaz del analizador de potencia virtual.

Para la adquisición de los datos se hace uso de los canales del módulo NI-9225 para la medición del voltaje y del módulo NI-9227 para la medición de corriente, que se encuentran previamente instalados en la C-DAQ.

Los instrumentos mencionados anteriormente realizan tareas de adquisición de datos, donde se utilizan los canales de entrada de la C-DAQ, por ello en la programación de los mismos se necesitan definir

los canales de entrada físicos para el bloque de creación de entrada analógica de la librería DAQmx de LabVIEW, ya sea de voltaje o corriente. Luego se establece la tasa de muestreo, se procesan los datos y finalmente se los muestran hasta que el usuario finalice la tarea.

A su vez también se diseñó un generador de funciones de voltaje virtual, como se describe a continuación:

- **Generador de funciones.-** Permite generar señales de voltaje de forma sinusoidal, cuadrada y triangular.

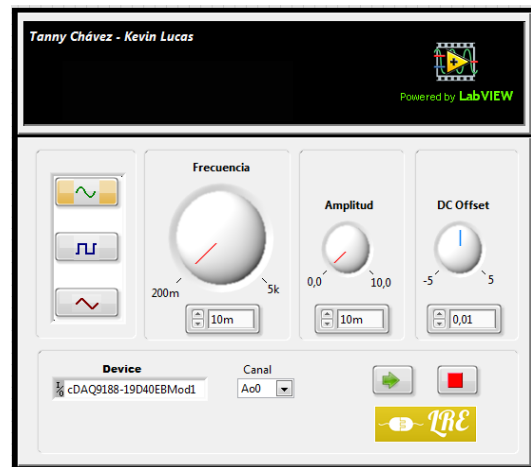


Figura 4. Interfaz del generador de funciones virtual.

Para la generación de los datos se hace uso de los canales del módulo NI-9269, instalado en la C-DAQ.

El generador realiza la tarea de generación de datos, donde se utilizan los canales de salidas de los módulos de la C-DAQ, por ello en la programación del mismo se necesitan definir los canales de salida físicos para el bloque de salida analógica de voltaje de la librería DAQmx de LabVIEW. Luego se establece la tasa de muestreo, se configuran los diferentes tipos de datos que se quieren mostrar teniendo en cuenta que los rangos de frecuencia, definidos por el administrador, deben cumplir el criterio de Nyquist; finalmente se transmiten los datos por los canales de salidas hasta que el usuario finalice la tarea.

Estos cuatro instrumentos de medición virtuales operan con sistemas lineales, señales sin distorsión y a una sola frecuencia dentro del rango permitido por cada instrumento. Para señales AC dichas señales deben ser sinusoidales sin distorsión por ello el valor a mostrar es en RMS.

Las especificaciones de cada uno de los instrumentos virtuales están sujetas a las características de cada módulo de la C-DAQ.

3.2 Hardware

El hardware consta de una C-DAQ-9172 con un chasis Ethernet y cuatro tipos de módulos instalados en su interior, como se describen a continuación:

- NI 9220.- Módulo de entrada analógica de voltaje de $\pm 10 V$.
- NI 9225.- Módulo de entrada analógica de voltaje de $300 V_{rms}$.
- NI 9227.- Módulo de entrada analógica de corriente de $5 A_{rms}$.
- NI 9269.- Módulo de salida analógica de voltaje de $\pm 10 V$.

El hardware de NI se encuentra previamente conectado al switch de la red interna del LRE, mediante el puerto Ethernet de su respectivo chasis, para que pueda ser controlado por la computadora principal.

Todas las E/S de los módulos de la C-DAQ están cableados a borneras en las respectivas estaciones de trabajo, utilizando cable de instrumentación para evitar efectos de ruido durante la adquisición o generación de datos, como se muestra en la Figura 5. De esta manera el usuario tiene acceso a los canales que le corresponden desde su estación de trabajo.

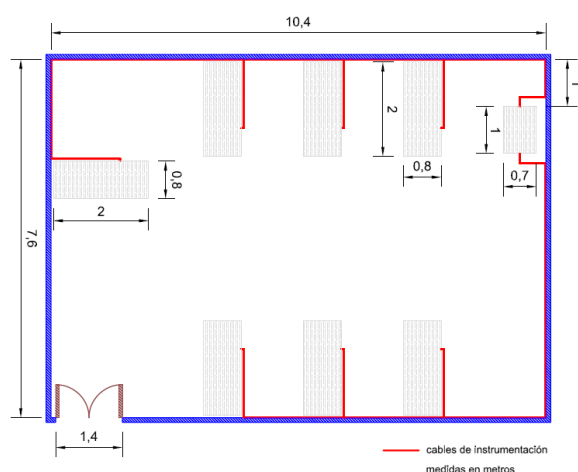


Figura 5. Panel de E/S de cada mesa de trabajo.

La Figura 6 muestra el diseño del panel para cada estación de trabajo del LRE.

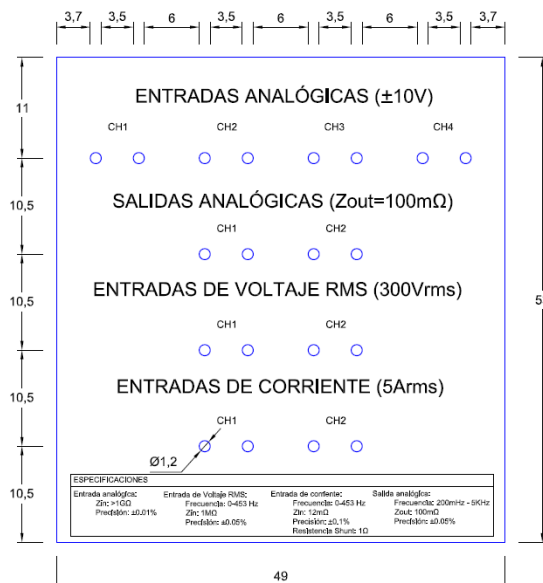


Figura 6. Panel de E/S de cada mesa de trabajo.

Cabe recalcar que la distribución de canales fue realizada considerando que los usuarios deben completar las prácticas definidas en el manual del LRE.

4. Resultados

Una vez implementado el sistema en el LRE, procedimos a realizar pruebas de adquisición y generación en distintas estaciones de trabajo simultáneamente, como se describen a continuación:

4.1. Adquisición de señales de voltaje

Inicialmente el chasis de la C-DAQ no permite realizar varias tareas simultáneamente debido a que éste debe ser reservado para ser usado por un único usuario.

Para poder realizar diferentes tareas se debe configurar en LabVIEW la programación del instrumento virtual y no reservar el chasis permitiendo que otros usuarios puedan utilizar distintos canales del mismo módulo al mismo tiempo.

Para esta prueba se utilizó dos sesiones de escritorio remoto de WS12, donde cada una obtuvo una señal diferente de voltaje al mismo tiempo utilizando el osciloscopio virtual diseñado previamente.

- **Sesión 1:** Se generó una señal sinusoidal a partir de una generador de funciones Meterman, con valores arbitrarios de $V_{pp} = (9.36 \pm 0.38)V$ y $f = (924.2 \pm 0.99) Hz$, los cuales fueron medidos a través de un Osciloscopio Tektronix TS1002B. Al

mismo tiempo se adquirió la misma señal utilizando el módulo NI-9220 de la C-DAQ y el osciloscopio virtual diseñado para este proyecto, los valores adquiridos fueron de $V_{pp} = (9.2750 \pm 0.0009)V$ y $f = 927.221 \text{ Hz}$. Como podemos observar en las Figuras 6 y 7 respectivamente.

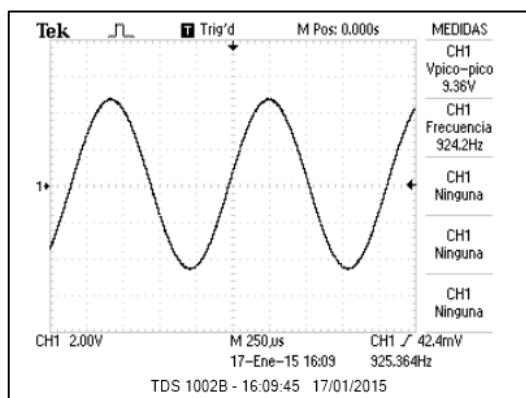


Figura 6. Señal sinusoidal adquirida a través de un osciloscopio Tektronix.



Figura 7. Señal sinusoidal adquirida a través de un osciloscopio virtual.

- **Sesión 2:** Se generó una señal sinusoidal a partir de una generador de funciones Meterman, con valores arbitrarios de $V_{pp} = (5.84 \pm 0.28)V$ y $f = (143.1 \pm 0.99) \text{ Hz}$, los cuales fueron medidos a través de un Osciloscopio Tektronix TS1002B. Al mismo tiempo se adquirió la misma señal utilizando el módulo NI-9220 de la C-DAQ y el osciloscopio virtual diseñado para este proyecto, los valores adquiridos fueron de $V_{pp} = (5.7570 \pm 0.0006)V$ y $f = 143.382 \text{ Hz}$. Como podemos observar en las Figuras 8 y 9 respectivamente.

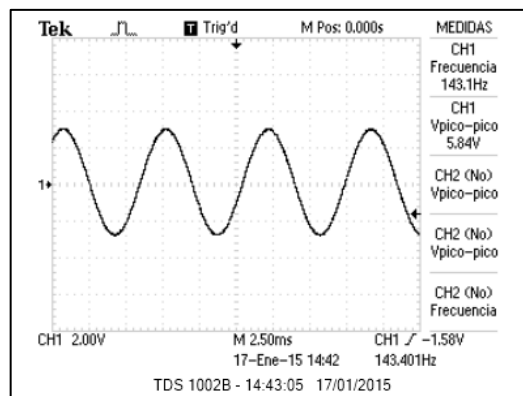


Figura 8. Señal sinusoidal adquirida a través de un osciloscopio Tektronix.

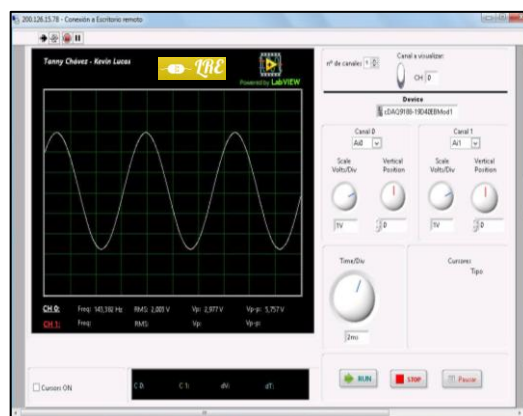


Figura 9. Señal sinusoidal adquirida a través de un osciloscopio virtual.

El porcentaje de error entre los valores de voltaje medidos a partir de los instrumentos de medición real y virtual es de 0.91% para la sesión 1 y 1.42% para la sesión 2.

4.2. Generación de señales de voltaje

Para generar los datos se utilizó dos C-DAQ, tomando un canal de cada módulo NI-9269 instalado en el chasis correspondiente, con esto pudimos comprobar que se puede generar como máximo dos señales de voltaje simultáneamente utilizando un canal de cada módulo; debido a que los módulos tienen una tasa de muestreo establecida antes de iniciar una tarea y esto no permite interactuar con los demás canales de forma independiente, ya que una vez empezada la tarea, la tasa de muestreo es la misma para todos los canales y no permitiría en este caso a 3 o más usuarios generar señales a diferentes frecuencias, ya que la frecuencia de muestreo tiene relación con la frecuencia de la señal a graficar de acuerdo al teorema de Nyquist.

Se podría establecer una tasa de muestreo para un rango de operación donde las señales puedan variar sus frecuencias y que a su vez no causen problemas a la frecuencia de muestreo establecida al inicio de la tarea; sin embargo el chasis de la C-DAQ no permite realizar más de una tarea simultánea para el módulo NI-9269 entonces solo nos permite trabajar con un canal a la vez, por ello para poder generar muchas señales de voltaje se necesitaría más de un chasis que controlen esta tarea.

Para esta prueba se utilizó dos sesiones de escritorio remoto de WS12, donde cada una generó una señal diferente de voltaje al mismo tiempo utilizando el generador de funciones virtual diseñado previamente.

- Sesión 1: Se generó una señal sinusoidal a partir de un generador de funciones virtual, utilizando el módulo NI-9220 de la C-DAQ con número de serie 19D40EB, con valores arbitrarios de $V_p = (4.000 \pm 0.002)V$ y $f = 50$ Hz. Al mismo tiempo se graficó esta señal a través de un Osciloscopio Tektronix TS1002B, que presentó los siguientes valores $V_p = (4.08 \pm 0.17)V$ y $f = (49.90 \pm 1.00)$ Hz. Como podemos observar en las Figuras 10 y 11 respectivamente.

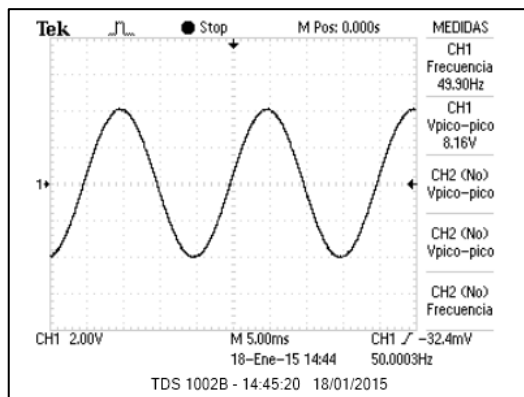


Figura 10. Señal sinusoidal a la salida del generador de funciones virtual.

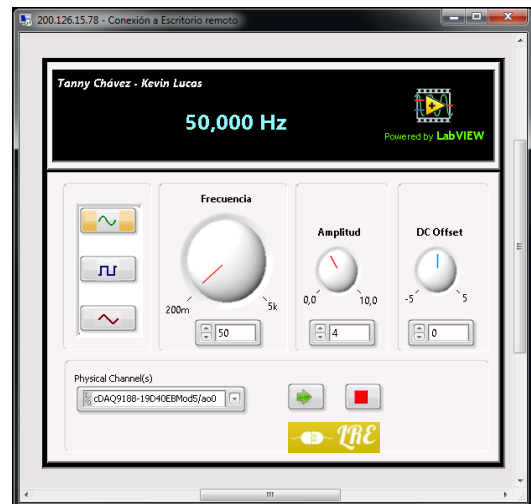


Figura 11. Parámetros de la señal en el generador de funciones virtual.

- Sesión 2: Se generó una señal cuadrada a partir de una generador de funciones virtual, utilizando el módulo NI-9220 de la C-DAQ con número de serie 19D961, con valores arbitrarios de $V_p = (2.000 \pm 0.001)V$, $V_{DC} = (1.0000 \pm 0.0005)V$ y $f = 2$ kHz. Al mismo tiempo se graficó esta señal a través de un Osciloscopio Tektronix TS1002B, que presentó los siguientes valores $V_p = (2.06 \pm 0.08)V$, $V_{DC} = (1.02 \pm 0.08)V$ y $f = (2000 \pm 1)$ Hz. Como podemos observar en las Figuras 12 y 13 respectivamente.

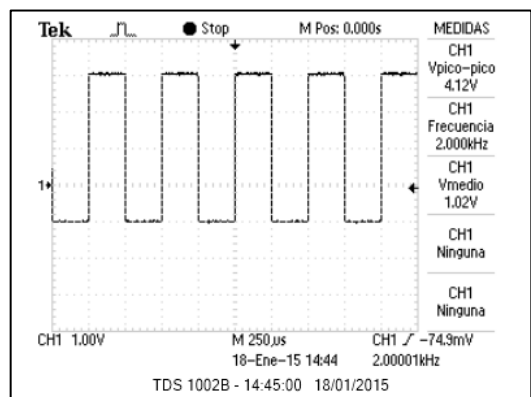


Figura 12. Señal sinusoidal a la salida del generador de funciones virtual.

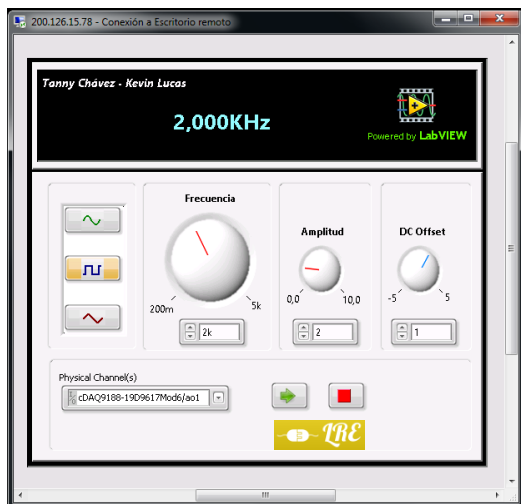


Figura 13. Parámetros de la señal en el generador de funciones virtual.

El porcentaje de error entre los valores de voltaje medidos a partir de los instrumentos de medición real y virtual es de 2% para la sesión 1 y 3% para la sesión 2.

5. Conclusiones

De los resultados obtenidos para la adquisición y generación de datos utilizando un sistema remoto centralizado en el LRE se concluye que:

- El sistema implementado permite a los usuarios a acceder de manera remota a los programas instalados en la computadora principal, asegurando que la configuración de los mismos no pueda ser modificada por los usuarios, pero al mismo tiempo ofreciendo una interfaz amigable donde pueden aprender a configurar equipos de adquisición y generación de datos.
- El sistema facilita las tareas de calibración, actualización, revisión de hardware y software en general que se encuentre vinculado con la computadora principal.
- Los instrumentos virtuales son compatibles con cualquier sistema de adquisición y/o generación de datos de NI, por lo que el sistema es escalable tanto en el número de usuarios que pueden utilizarlo, como en la diversidad de equipos que pueden utilizarse.
- Las señales adquiridas y generadas presentan un muy bajo porcentaje de error con respecto a las señales reales, por lo que podemos concluir que el sistema ha sido configurado correctamente y que es lo suficientemente preciso para llevar a cabo las prácticas del LRE.

- El chasis de la C-DAQ es configurable mediante software para que permita realizar diversas tareas de adquisición de datos de manera simultánea, mientras que, para la generación de datos sólo permite la utilización de un canal a la vez.
- Cabe recalcar que el sistema puede ser utilizado para crear un laboratorio remoto, siempre y cuando la computadora principal sea reemplazada por un servidor y este pueda ser accesible a los usuarios desde sus hogares.

6. Referencias

- [1] National Instruments Corporation, "Getting started with LabVIEW Virtual Instruments," www.ni.com/pdf/labview/us/getting_started_820 Fecha de consulta: 25-Mar-2014, Pág. 1.
- [2] National Instruments Corporation, "Getting started with LabVIEW Virtual Instruments," www.ni.com/pdf/labview/us/getting_started_820 Fecha de consulta: 25-Mar-2014, Pág. 2.
- [3] National Instruments, "NI PCI-6024E (Legado) - National Instruments," <http://sine.ni.com/nips/cds/print/p/lang/es/nid/10968> Fecha de consulta: 25-Mar-2014.
- [4] National Instruments, "NI Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite (NI ELVIS) - National Instruments," <http://www.ni.com/white-paper/3711/en/> Fecha de consulta: 25-Mar-2014.
- [5] National Instruments, "Acondicionamiento de Señales NI SCXI - National Instruments," <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/1604> Fecha Consulta: 29-Mar-2014.
- [6] Anchundia, V., "Introducción Windows Server 2012," <http://www.slideshare.net/vicmanflores/introduccion-windows-server-2008>. Fecha Consulta: 29-Mar-2014.
- [7] National Instruments Corporation, "Using Measurement & Automation Explorer (MAX)," <http://www.ni.com/pdf/manuals/370341a> Fecha de consulta: 31-Mar-2014, Págs. 1-2.
- [8] Travis, J., Kring, J., "Introduction to Graphical Programming with LabVIEW," <http://www.informit.com/articles/article.aspx?p=662895&seqNum=3>. Fecha de consulta: 1-Abr-2014.
- [9] National Instruments Corporation, "Software de Servicios de Medida NI-DAQmx - National Instruments," <http://www.ni.com/dataacquisition/esa/nidaqmx.htm> Fecha de consulta: 01-abr-2014.

- [10] Tektronix, "Tektronix TDS1000 and TDS2000 Series Digital Storage Oscilloscope user manual," <http://courses.washington.edu/phys334/datasheets/Tek2kUserManual>
Fecha de consulta: 15-Feb-2015.
- [11] Fluke Corporation, "Manual de usuario de Multímetro Fluke 111," http://assets.fluke.com/manuals/11x_____umeng0200
Fecha de Consulta: 10-Ene-2015.
- [12] National Instruments, "User guide and specifications NI cDAQ-9172," <http://www.ni.com/pdf/manuals/371747f>
Fecha de Consulta: 28-Ene-2015.
- [13] National Instruments, "User guide and specifications NI 9220," <http://www.ni.com/pdf/manuals/373920d>
Fecha de Consulta: 28-Ene-2015.
- [14] National Instruments, "Operating instructions and specifications NI 9225", <http://www.ni.com/pdf/manuals/374707e>
Fecha de Consulta: 28-Ene-2015.
- [15] National Instruments, "Operating instructions and specifications NI 9227," <http://www.ni.com/pdf/manuals/375101e>.
Fecha de Consulta: 28-Ene-2015
- [16] National Instruments, «Operating instructions and specifications NI 9269. <http://www.ni.com/pdf/manuals/375099b>
Fecha de Consulta: 28-Ene-2015.
- [17] Raza Verónica, "Adaptación de la tecnología de control abierto de procesos (opc) al laboratorio de control automático de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación (FIEC) para la administración remota de sus plantas de trabajo", ESPOL, 2011.