



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

“IMPLEMENTACIÓN DE UN ANALIZADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA NI EN EL LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN AUTOMÁTICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO DE LA ESPOCH”

**CALAPUCHA ANDI EDGAR JOSÉ
PÉREZ POZO LUIS OSWALDO**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Para a la obtención de título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

**RIOBAMBA-ECUADOR
2016**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE LA TESIS

2015-10-08

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**CALAPUCHA ANDI EDGAR JOSÉ
PÉREZ POZO LUIS OSWALDO**

Titulado:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN ANALIZADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
NI EN EL LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN
AUTOMÁTICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO
DE LA ESPOCH”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Carlos Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Pablo Montalvo
DIRECTOR

Ing. César Astudillo
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: CALAPUCHA ANDI EDGAR JOSÉ

TRABAJO DE TITULACIÓN: “IMPLEMENTACIÓN DE UN ANALIZADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA NI EN EL LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN AUTOMÁTICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO DE LA ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2016-11-25

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán Gallegos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Pablo Montalvo DIRECTOR			
Ing. César Astudillo ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Santillán Gallegos
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: PÉREZ POZO LUIS OSWALDO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “IMPLEMENTACIÓN DE UN ANALIZADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA NI EN EL LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN AUTOMÁTICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO DE LA ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2016-11-25

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán Gallegos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Pablo Montalvo DIRECTOR			
Ing. César Astudillo ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Santillán Gallegos
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

DERECHOS DE AUTORIA

El presente Trabajo de Titulación, es original y basado en el proceso de investigación y/o propuesta tecnológica establecida en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Calapucha Andi Edgar José

Pérez Pozo Luis Oswaldo

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Calapucha Andi Edgar José y Pérez Pozo Luis Oswaldo, declaramos que el presente Trabajo de Titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente, están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación.

Calapucha Andi Edgar José
Cédula de Identidad: 150090744-7

Pérez Pozo Luis Oswaldo
Cédula de Identidad: 220023536-0

DEDICATORIA

Dedico mi tesis principalmente a Dios, con mucho respeto y amor a mis padres Galo y Fabiola por haberme apoyado en cada momento de mi vida y ser un pilar fundamental para conseguir mis metas universitarias.

A mis abuelos que siempre fueron un ejemplo de lucha y superación, supieron brindar excelentes consejos a mis padres e hicieron que sean personas de bien.

A mis hermanos Ángela, Jazmín, Galo y Nayeli con sus consejos incondicionales fueron de gran ayuda para llegar a culminar mi carrera profesional.

A mis amigos, profesores y todas las personas que han sido testigos de todo este tiempo y me han brindado su apoyo.

Edgar José Calapucha Andi

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño. A Dios por haberme dado salud y vida para lograr mis sueños, por permitirme culminar esta etapa profesional con éxito. A mis padres quienes me apoyaron en todo momento, por brindarme su amor incondicional. A mis abuelos por haberme apoyado siempre, por sus consejos, por los valores que me inculcaron permitiéndome ser una persona de bien. A mi novia quien estuvo durante todo el lapso de mi carrera incondicionalmente apoyándome hasta hoy en día. A mis amigos quienes estuvieron en los momentos que más necesite y ellos marcaron gran parte de mi vida estudiantil. A mis maestros, a mi director y asesor por el apoyo durante el proceso de elaboración de trabajo de graduación.

Luis Oswaldo Pérez Pozo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por todas las bendiciones que se han presentado en mi vida, por brindarme salud, fuerza y carácter para seguir cada día adelante en el transcurso de mi vida estudiantil en la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento. A mis queridos padres Galo Calapucha y Fabiola Andi por confiar en mí, por apoyarme siempre y demostrarme que con perseverancia y dedicación se puede llegar a alcanzar las metas propuestas. A mis hermanos y amigos que siempre me han apoyado en todo momento durante mi carrera y por ser parte importante de mi vida. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica y Escuela de Ingeniería en Mantenimiento, por aceptarme y abrirme las puertas para capacitarme y adquirir conocimientos en cada una de sus aulas por medio de docentes responsables y llenos de buenas virtudes, y así desempeñarme de una óptima manera en el ambiente profesional. Al Director de Trabajo de Titulación Ing. Pablo Montalvo y al Asesor Ing. Cesar Astudillo, quienes mediante su dirección y asesoría se han conseguido desarrollar de manera satisfactoria el trabajo de titulación.

Edgar José Calapucha Andi

Agradezco a Dios por haber estado en todo momento conmigo, por no abandonarme cuando estaba rendido, por darme fuerzas en los momentos de debilidad, por ayudarme a culminar mi carrera. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo que me abrió sus puertas para acogerme e impartir todos los conocimientos de sus profesionales que imparten sus cátedras. A mis queridos padres por su apoyo incondicional, por haberme dado la oportunidad de tener una educación en el transcurso de mi vida y hacer de mí un gran profesional.

Al director de mi tesis Ing. Cesar Astudillo y a mi asesor Ing. Pablo Montalvo por su paciencia y dedicación, quienes con su conocimiento y experiencia han logrado en mí que pueda culminar este trabajo. Agradezco a todas las personas que de una u otra manera me brindaron su apoyo, su amistad, su cariño e hicieron la culminación de esta etapa de mi vida.

Luis Oswaldo Pérez Pozo

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 <i>Objetivo general.</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos.</i>	2
2. MARCO REFERENCIAL	
2.1 Energía eléctrica	4
2.2 Generación de la energía eléctrica	4
2.3 Componentes principales de las instalaciones eléctricas	5
2.3.1 <i>Central eléctrica.</i>	5
2.3.1.1 <i>Tipos de centrales eléctricas.</i>	5
2.3.2 <i>Los transformadores.</i>	6
2.3.3 <i>Líneas de transporte de la electricidad.</i>	7
2.3.4 <i>Subestaciones.</i>	7
2.3.5 <i>Transformadores para el consumidor.</i>	7
2.4 Sistema de transmisión eléctrica.....	8
2.5 Calidad de la energía.....	10
2.6 Origen de la mala calidad de la energía	11
2.6.1 <i>Efectos en la tensión.</i>	11
2.6.2 <i>Disturbios eléctricos.</i>	11
2.6.2.1 <i>Origen de los disturbios eléctricos.</i>	11
2.6.3 <i>Perturbaciones.</i>	12
2.7 Indicadores de la calidad de energía	12
2.7.1 <i>Forma de onda.</i>	12
2.7.2 <i>Estabilidad de tensión.</i>	12
2.7.3 <i>Continuidad en el servicio.</i>	13
2.8 Afectaciones a la forma de onda de tensión	13
2.8.1 <i>Fluctuaciones de tensión.</i>	13
2.8.1.1 <i>Flicker.</i>	13
2.8.1.2 <i>Niveles admisibles flicker según las normas.</i>	14
2.8.1.3 <i>Afectaciones de flicker en el aspecto visual.</i>	14
2.8.2 <i>Distorsión de la forma de onda.</i>	15
2.8.2.1 <i>Distorsión armónica.</i>	15
2.8.2.2 <i>Efectos de las armónicas.</i>	16
2.8.2.3 <i>Límites de distorsión armónica en voltaje en % del voltaje nominal.</i>	17
2.8.2.4 <i>Límites de distorsión armónica en corriente.</i>	17
2.8.2.5 <i>Componentes de VDC (Offset).</i>	19
2.8.2.6 <i>Ruido</i>	19
2.8.2.7 <i>Muestras.</i>	19
2.8.2.8 <i>Variaciones de frecuencia.</i>	19
2.8.3 <i>Distorsiones rápidas de la forma de onda.</i>	19
2.8.3.1 <i>Interrupciones.</i>	19
2.8.3.2 <i>Caídas de tensión (Sag o Dip).</i>	20
2.8.3.3 <i>Elevaciones de tensión (Swell).</i>	20

2.8.4	<i>Desbalance (%)</i>	20
2.8.5	<i>Frecuencia</i>	20
2.8.6	<i>Magnitud de tensión</i>	20
2.9	<i>Eficiencia energética</i>	21
2.9.1	<i>Objetivos de la eficiencia energética</i>	21
2.9.2	<i>Ahorro energético</i>	21
2.9.3	<i>Mejora de la productividad</i>	21
2.9.4	<i>Disponibilidad y fiabilidad</i>	21
2.9.5	<i>Mejora en la eficiencia energética</i>	22
2.10	<i>Analizador de calidad de la energía</i>	24
2.10.1	<i>Componentes de un analizador NI</i>	24
2.10.2	<i>Fuente NI PS 15</i>	24
2.10.3	<i>NI Crio-9074</i>	25
2.10.4	<i>NI chasis para módulos CDAQ</i>	25
2.10.5	<i>Módulo de voltaje NI 9225</i>	25
2.10.6	<i>Módulo de corriente NI 9227</i>	25
2.10.7	<i>Computador portátil</i>	26
2.10.8	<i>Software LabVIEW</i>	26
2.10.9	<i>Proceso</i>	26
2.10.10	<i>Características</i>	26
2.10.11	<i>Beneficios</i>	26

3. MATERIALES Y EQUIPOS

3.1	<i>NI (National Instruments)</i>	27
3.2	<i>Equipo analizador de la calidad de la energía NI</i>	27
3.2.1	<i>Fuente NI PS 15</i>	27
3.2.1.1	<i>Características técnicas fuente NI PS 15</i>	28
3.2.2	<i>Módulo de corriente NI 9227</i>	29
3.2.2.1	<i>Características técnicas NI 9227</i>	29
3.2.2.2	<i>Valores de medida NI 9227</i>	30
3.2.3	<i>Tarjeta de voltaje NI 9225</i>	30
3.2.3.1	<i>Características técnicas NI 9225</i>	31
3.2.3.2	<i>Valores de medida NI 9225</i>	31
3.2.4	<i>Velocidades de muestreo 50 ks/s/ch</i>	31
3.2.5	<i>Resolución de las muestras 24 bits</i>	31
3.2.6	<i>myDAQ</i>	31
3.2.6.1	<i>Valores de medida myDAQ</i>	32
3.2.7	<i>NI cRIO 9074</i>	32
3.2.7.1	<i>Características técnicas NI 9074</i>	32
3.3	<i>Transformadores</i>	33
3.3.1	<i>Transformador SACI TA30P de núcleo abierto</i>	34
3.3.2	<i>Aplicaciones</i>	34
3.3.3	<i>Características del transformador</i>	34
3.4	<i>Lenguaje de Programación LabVIEW</i>	35
3.4.1	<i>Case structure</i>	36
3.4.2	<i>While loop</i>	36
3.4.3	<i>Time delay</i>	36
3.4.4	<i>Input</i>	36
3.4.5	<i>Output</i>	36
3.5	<i>Normas y estándares que respaldan la calidad del producto</i>	37

3.6	Protección IP	37
3.6.1	<i>Primer dígito (IP_X)</i>	37
3.6.2	<i>Segundo dígito (IP X_)</i>	38
3.7	Materiales para un analizador de la calidad de la energía NI	40
3.7.1	<i>Cable multipolar ST-1 4x18</i>	40
3.7.1.1	<i>Especificaciones técnicas</i>	41
3.7.2	<i>Cable bipolar ST-1 2X18</i>	41
3.7.2.1	<i>Especificaciones técnicas</i>	42
3.7.3	<i>Terminal eléctrico en punta</i>	42
3.7.4	<i>Terminal aislado en U</i>	42
4.	IMPLEMENTACIÓN DEL ANALIZADOR DE LA CALIDAD DE LA ENERGIA NI	
4.1	Instalación	44
4.2	Acoplamiento del equipo cRIO-9074	45
4.3	Configuración del Equipo	47
4.4	Pasos para la configuración de tarjetas	51
4.5	Elaboración del programa.....	58
4.5.1	<i>Programación del analizador para voltaje y corriente</i>	58
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1	Conclusiones	64
5.2	Recomendaciones	64

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1. Límites de distorsión armónica en voltaje	17
2. Límites de distorsión armónica en voltaje	17
3. Límites de distorsión armónica en corriente	18
4. Límites de distorsión armónica en corriente	18
5. Características del transformador	34
6. IP_X	37
7. IP X_	38
8. Especificaciones técnicas de cable multipolar	41
9. Especificaciones técnicas de cable multipolar	42

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1. Líneas de distribución y transmisión de la energía eléctrica	8
2. Ciclo de mejora de eficiencia energética	22
3. Analizador de la calidad de la energía	24
4. NI PS15	28
5. Tarjeta de corriente NI 9227	29
6. Tarjeta de voltaje NI 9225	30
7. myDAQ	32
8. Transformador	34
9. Ventana LabVIEW	36
10. Cable multipolar	41
11. Cable bipolar	42
12. Terminal eléctrico en punta	42
13. Terminal aislado en U	43
14. Ventana principal de LabVIEW	44
15. Ventana de inicio	45
16. Elementos de la NI Crio9074	46
17. Conexión de la fuente de poder NI PS 15	46
18. Ubicación de las tarjetas	47
19. Comunicación vía red entre el NI cRIO y el computador	47
20. Configuración de la conexión del área local	48
21. Selección de la versión de protocolo de internet	48
22. Configuración de la dirección IP del computador	49
23. Configuración del remote systems	50
24. Configuración de la dirección IP del NI cRIO	51
25. Empty project	52
26. Configuración de las tarjetas del NI Crio	53
27. Reconocimiento del Real-Time Compact-RIO	53
28. Reconocimiento del Compact RIO en el computador	54
29. Scan interface	54
30. Ventana principal del project explorer	55
31. Identificación de las tarjetas del NI cRIO	56
32. Configuración de las propiedades de las tarjetas NI 9225 y NI 9227	57
33. Selección de un VI dentro del project	58
34. Diagrama de bloques y panel frontal	59
35. Diagrama de bloque del consumo energético y potencias	59
36. Diagrama de bloque	60
37. Panel frontal de voltaje	61
38. Panel frontal de corrientes	61
39. Panel frontal de potencias	62
40. Panel frontal de armónicos	62
41. Panel frontal de consumo energético	63

LISTA DE ABREVIATURAS

NI	National Instruments
IEC	Comisión Electrónica Internacional
PLC	Controlador Lógico Programable
ENRE	Ente Nacional Regulador de la Electricidad
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
RTD	Resistance Temperature
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
FPGA	Fied Programmable Gate Array
LabVIEW	Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbech

ANEXOS

- A** Manual de usuario
- B** Manual de seguridad
- C** Manual de mantenimiento
- D** Guías de Laboratorio

RESUMEN

El presente trabajo de titulación está basado en el desarrollo de un analizador de eficiencia energética que será implementado para el laboratorio de control y manipulación automática de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la Facultad de Mecánica, el cual se encargará de adquirir datos de sistemas o procesos industriales, este análisis se logra con la ayuda de un equipo que es fabricado por National Instruments, designado como Compact-RIO, este se compone de un procesador industrial y obtiene resultados en tiempo real, permitiendo que el analizador tenga un alto nivel de eficiencia, nuestra metodología es la obtención de procedimientos y estándares que especifica National Instruments en cada uno de sus elementos que son necesarios para la implementación de un analizador de eficiencia energética, cada señal adquirida es procesada por el software LabVIEW. Para la comprobación del funcionamiento del módulo de eficiencia energética se utilizará un motor trifásico jaula de ardilla, determinando las variables eléctricas que denotan si el consumo en la red es eficiente o no. Con el uso de las tarjeta NI 9227, NI 9225, Compact-RIO y la implementación del software LabVIEW se estructurará un programa que será capaz de generar históricos de señales analógicas que sirven para el análisis y la toma de decisiones. La conjunción de los elementos, dispositivos, equipos y demás se lo realizará a través de la programación de bloques, esto se lo realiza en el software LabVIEW. Se recomienda el uso de los manuales de operación, mantenimiento y seguridad que garantizará al usuario el manejo y mantención del módulo.

PALABRAS CLAVES: <NATIONAL INSTRUMENTS (NI)>, <COMISIÓN ELECTRÓNICA INTERNACIONAL (IEC)>, <FIELD PROGRAMMABLE GATE ARRAY (FPGA)>, <LABORATORY VIRTUAL INSTRUMENT ENGINEERING WORKBECH (LABVIEW)>, <ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD (ENRE)>, <RESISTANCE TEMPERATURE (RTD)>, <INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN)>, <CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)>.

ABSTRACT

The current graduation work is based on the development of an analyzer of energy efficiency to be implemented in the Laboratory of Control and Automatic handling of the School of Maintenance Engineering of the Mechanics Faculty, which will be in charge of gathering data of systems or industrial processes, the analysis is developed with an equipment manufactured by National Instruments, named as Compact-RIO, it is made up by an industrial processor and obtain results in real time, allowing the analyzer to have a high rate of efficiency, the methodology used is the collection of procedures and standards specified by National Instruments in each of its elements which are necessary for the implementation of an analyzer of energy efficiency, each signal acquired is processed by the software LabVIEW. For the functioning testing of the energy efficiency module, a squirrel cage three-phase motor will be used, determining the electric variables which show if the consumption in the net is either efficient or not. By using the NI 9227, NI 9225, Compact-RIO cards and the implementation of LabVIEW software, a program will be structured which will be able to generate records of analogic signals to be used for the analysis and decision making. The conjunction of elements, devices, equipment and others will be done by means of the programming of the blocks in the LabVIEW software. The use of operation, maintenance and safety manuals is recommended to guarantee the user the use and maintenance of the module.

KEY WORDS: <NATIONAL INSTRUMENTS (NI)>, <INTERNATIONAL ELECTRONIC COMMISSION (IEC)>, <FIELD PROGRAMMABLE GATE ARRAY (FPGA)>, <LABORATORY VIRTUAL INSTRUMENTS ENGINEERING WORKBENCH (LABVIEW)>, <ELECTRICITY REGULATOR NATIONAL ENTITY (ERNE)>, <RESISTANCE TEMPERATURE (RTD)>, <ECUADORIAN INSTITUTE OF NORMALIZATION (INEN)>, <LOGIC PROGRAMMABLE CONTROLLER (LPC)>.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En la actualidad hablar de consumo energético y de su aumento es algo normal debido a las mejoras en tecnología y que son utilizadas en universidades, empresas e instituciones y estos equipos son eléctricos y electrónicos que requieren de una energía eficiente y de calidad para su correcto funcionamiento. Con la ayuda de un nuevo equipo que sea eficiente y moderno podemos verificar en las redes eléctricas de alimentación si existe pérdidas de energía o alteraciones para poder dar una solución antes que provoque problemas en el funcionamiento de cualquier tipo de componente ya sea eléctrico o electrónico.

El aplicar la eficiencia energética como análisis predictivo en componentes eléctricos o electrónicos que posee el laboratorio de control y manipulación automática de la escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la ESPOCH, los cuales pueden provocar perturbaciones en las diferentes líneas de distribución y esto ocasiona inconvenientes a los consumidores que se encuentran conectados a los alrededores de estas líneas, mediante mediciones podemos contrarrestar estas consecuencias para llegar a tiempo a su solución eficaz y para aquello se utilizará un analizador de eficiencia energética.

Este analizador podrá ser implementado en cualquier área del sector eléctrico-electrónico, el mismo que tiene un lazo de comunicación directa modulo - equipo. Por su fácil utilización no se requiere altos conocimientos para la toma de datos y manipulación. Mientras los equipos estén dentro de la capacidad de lectura del módulo no existirán problemas en su respectivo análisis energético.

Mientras la tecnología avanza también los procesos productivos lo hacen, por lo que se debe implementar mejoras acorde a dichos procesos y así mantener sistemas eficientes evitando problemas en la distribución de las principales redes eléctricas dentro de las instalaciones.

1.2 Justificación

El laboratorio de control y manipulación automática de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la ESPOCH, cuenta con varios módulos y equipos de tipo eléctrico y electrónico, los cuales cumplen diferentes finalidades educativas, diariamente son utilizados por los estudiantes de la Facultad de Mecánica. El uso de estos equipos, de forma individual o en conjunto puede provocar perturbaciones en la red, causando inconvenientes a otros usuarios que se encuentren en dicha red. Por lo tanto, es necesario implementar un analizador de eficiencia energética, el cual nos indicara el comportamiento de las cargas dentro de las instalaciones, garantizando el buen funcionamiento de los equipos y una mejor calidad de energía a los diferentes usuarios.

Una perturbación eléctrica puede afectar a la tensión, a la corriente o a la frecuencia y se originan en las instalaciones del usuario, las cargas dentro del mismo o la compañía eléctrica, en caso de no ser detectado puede llevar al daño de algunos componentes de estos equipos o módulos.

Por esto, la implementación de un analizador de eficiencia energética NI (*National Instruments*) en el Laboratorio de control y manipulación automática de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento concederá alcanzar mejoras en éste. Además, el contar con tecnología moderna y eficiente mejorará el proceso de enseñanza a los estudiantes de la Facultad de Mecánica.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Implementar un analizador de eficiencia energética NI en el laboratorio de control y manipulación automática de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la ESPOCH.

1.3.2 *Objetivos específicos.*

Analizar las características primordiales del analizador de eficiencia energética NI que será implementado dentro del laboratorio de control y manipulación automática de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la ESPOCH.

Seleccionar los dispositivos, elementos y componentes necesarios para implementar un analizador de eficiencia energética NI.

Programar e instalar los componentes y dispositivos electrónicos para el control de la eficiencia energética.

Verificar y evaluar el funcionamiento del analizador de eficiencia energética NI con referencia a los módulos o equipos analizados.

CAPÍTULO II

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Energía eléctrica

En la actualidad la energía eléctrica es quizá la materia prima más fundamental utilizada por la industria y el comercio, forma parte indispensable para nuestras vidas y para el desarrollo de los pueblos alrededor del mundo. La energía es conducida de un objeto a otro o de un lugar a otro y esto llamamos conducción de la energía. Lo mismo pasa con la corriente eléctrica que a través de un conductor la corriente fluye y llega a los domicilios, empresas, instituciones e industrias, simplemente la corriente eléctrica llega a todos los lugares donde la requieren. En definitiva, la electricidad no es energía en sí misma, sino un medio para transportar la energía. (GONZÁLEZ, 2013)

Debemos tener en cuenta que la energía eléctrica que utilizamos se encuentra sujeta a procesos de generación, transmisión y distribución, en este transcurso la energía eléctrica puede estar sometida a perturbaciones y provocar alteraciones de la onda, finalmente llegando a la etapa de uso/consumo.

2.2 Generación de la energía eléctrica

La generación de energía eléctrica consiste en la transformación de cualquier tipo de energía en energía eléctrica. La electricidad fluye a través de un conductor, cuyo conductor es un cable que generalmente es de cobre o aluminio, hasta llegar a su consumidor final, es conveniente señalar varias fuentes generadoras de electricidad: el movimiento del agua que corre o cae en hidroeléctricas, el calor para producir vapor y mover turbinas, la geotermia que es por medio del calor interior de la tierra, la energía nuclear que es del átomo y entre una de las principales fuentes productoras de energía tenemos las energías renovables: solar, eólica y biomasa que es producida por la leña, carbón, basura y rastrojos del campo. Es importante mencionar que algunos países generan su electricidad utilizando combustibles fósiles en plantas o centrales termoeléctricas que producen calor y vapor para mover los generadores. (Monografías.com)

Las instalaciones eléctricas constan de los siguientes componentes principales:

- La central eléctrica, existe producción centralizada de corriente eléctrica.
- Los transformadores, elevan la tensión de la corriente eléctrica producida para transportarla a larga distancia.
- Las líneas de transporte (alta tensión).
- Las subestaciones, donde la señal baja su voltaje para adecuarse a las líneas de distribución.
- Los transformadores, bajan la tensión de la corriente eléctrica para ponerla a disposición del usuario final.

2.3 Componentes principales de las instalaciones eléctricas

2.3.1 *Central eléctrica.* Una central eléctrica es una instalación capaz de transformar la energía primaria (térmica, nuclear, solar, eólica, hidráulica, etc.) en energía mecánica, que a su vez, mediante una posterior transformación, producirá energía eléctrica apta para el consumo. (MUJAL, 2000).

2.3.1.1 *Tipos de centrales eléctricas.* Cada central es ubicada e instalada dependiendo del tipo de materia prima utilizada para obtener la energía eléctrica y a continuación se identifica las centrales más utilizadas:

- **Hidroeléctricas.** Las hidroeléctricas tienen grandes beneficios al ser implantadas, su materia prima principal es renovable y el agua es quien acciona las turbinas hidráulicas debido a la energía cinética que se desarrolla en el descenso del agua. En la hidroeléctrica el agua es controlada, primero es retenida, encauzada y por último se la libera de acuerdo a la necesidad que se tenga en la central hidroeléctrica. Este tipo de central tiene un costo bajo de generación en comparación a las demás centrales y varía dependiendo de los recursos que se utilice para la producción.
- **Nucleares.** Con la ayuda de un reactor nuclear y el uranio (único elemento en la

naturaleza que puede utilizarse como material fisionable) de combustible se logra obtener la transformación de la energía nuclear. El reactor se encarga de realizar la fisión del uranio, donde se produce la ruptura en cadena de los núcleos de los átomos y desprenden una gran cantidad de energía que origina calor, y de gran utilidad para la obtención del vapor de agua a alta presión. El reactor y todo el sistema debe estar refrigerado debido a las altas temperaturas que se producen, estas centrales son instaladas en lugares donde exista caudales de agua. Estas centrales utilizan como maquinas motrices las turbinas de vapor.

- **Eólicas.** Las centrales eólicas utilizan un recurso de la naturaleza que es el viento para la generación de energía eléctrica mediante aerogeneradores. Un aerogenerador es una máquina que convierte la energía cinética de una masa de aire en movimiento en energía eléctrica, utiliza palas que conforman una hélice que transmite la energía del viento al rotor del generador.
- **Solares o heliotérmicas.** Se aprovecha la energía radiante procedente del Sol y que llega a la superficie de la Tierra (infrarrojo, luz visible y ultravioleta) para transformarla en energía eléctrica mediante el empleo de paneles solares, la obtención de este tipo de energía es variable en función de la hora del día, época del año y situación atmosférica. Aun cuando la energía solar se distribuye por todo el planeta, es superior en las zonas ecuatoriales y tropicales. (Carta González, y otros, 2013)
- **Térmicas.** La central térmica requiere de combustibles como carbón, gas-oil, fuel-oil y gas natural que servirá de alimento. Para la implementación de una central térmica es de gran necesidad tener cerca una refinería, yacimientos, dependiendo del tipo de materia prima que se requiera debido a que el consumo es alto y se requiere un flujo continuo de combustible. La generación de energía eléctrica será producto de la combustión de la energía térmica. Este tipo de centrales utilizan turbinas de vapor que son accionadas por vapor de agua que se generan dentro una caldera.

2.3.2 *Los transformadores.* El transformador es un aparato estático que transfiere por inducción electromagnética tensiones e intensidades en corriente alterna entre 2 o más

arrollamientos, manteniéndose la misma frecuencia y siendo, por lo general, distintos los valores de la tensión y de la intensidad. (GUNTER G., 1989)

2.3.3 *Líneas de transporte de la electricidad.* La línea de transporte de energía eléctrica está formada por los elementos que llevan la electricidad desde los centros de generación hasta puntos cercanos donde se consume.

Para poder transportar la electricidad con las menores pérdidas de energía posibles se tiene que elevar su nivel de tensión. Las líneas de transporte o líneas de alta tensión están constituidas por un elemento conductor (cobre o aluminio) y por los elementos de soporte (torres de alta tensión).

Estas conducen la corriente eléctrica, una vez reducida su tensión hasta la red de distribución. (EDUCA, 2014)

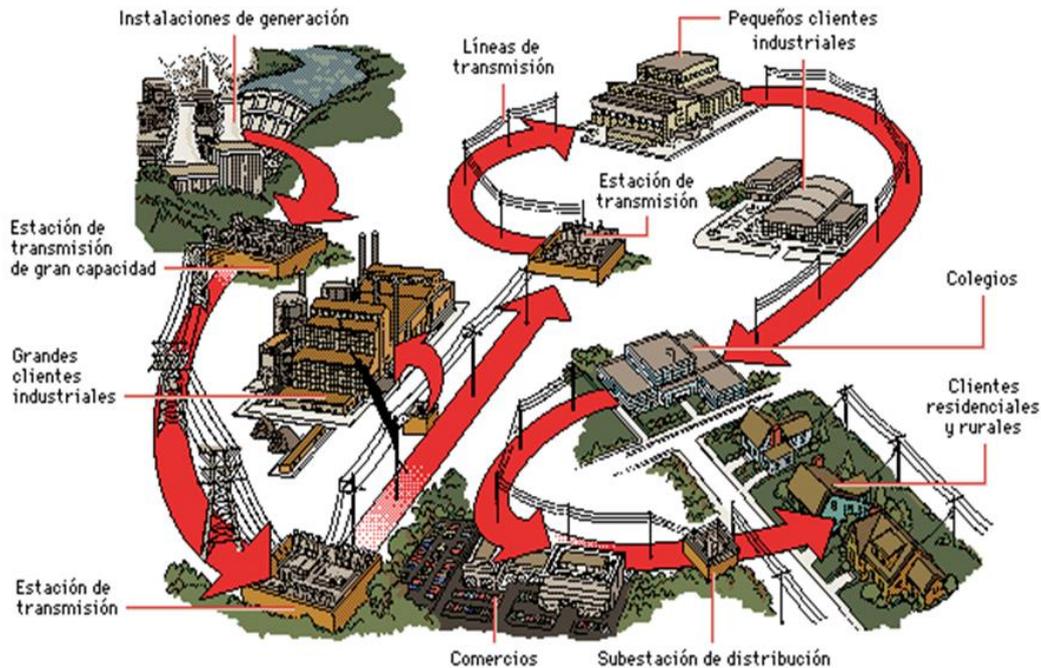
2.3.4 *Subestaciones.* Son instalaciones encargadas de modificar la tensión, frecuencia y derivar circuitos de potencia, con la ayuda de una subestación obtenemos la tensión a un nivel adecuado para mejorar su distribución de energía eléctrica. Se puede encontrar dos tipos de subestaciones:

- Subestaciones de transmisión. Son aquellas encargadas de transformar la energía eléctrica mediante la utilización de transformadores, este tipo de subestaciones pueden ser elevadoras o reductoras.
- Subestaciones de maniobra. Éstas no realizan transformaciones de tensión, solo se encargan de conectar dos o más circuitos y realizar las maniobras correspondientes.

2.3.5 *Transformadores para el consumidor.* Este tipo de transformador se encarga de reducir la tensión a 110VCA y 220VCA, con un voltaje apto para las viviendas e instituciones, que es perfecto para que trabajen correctamente sus dispositivos electrónicos o dependiendo del nivel de voltaje que requieran utilizar.

La energía eléctrica es generada y luego debe pasar por múltiples etapas para llegar a destino final, a continuación se puede distinguir como se encuentra distribuida una planta de generación eléctrica:

Figura 1. Líneas de distribución y transmisión de la energía eléctrica



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos13/genytran/genytran.shtml>

2.4 Sistema de transmisión eléctrica

El sistema de transmisión constituye el conjunto de líneas, subestaciones y equipos destinados a transportar la electricidad desde los puntos de producción hasta los centros de consumo o distribución.

Después de la generación de energía eléctrica, una gran red de cables tendidos e interconectados en todo el país, se encargan de hacer llegar casi instantáneamente a todos los lugares de consumo y un sistema de transmisión está compuesta por los siguientes elementos:

- **Aisladores.** Son aquellos elementos que sujetan los conductores, mantienen separado de otros conductores, debe soportar la carga que circule a condiciones normales y aislar eléctricamente el conductor de la torre. Los aisladores son diseñados para ser utilizados en condiciones atmosféricas y así no perjudique la contaminación al sistema de transmisión.
- **Postes.** Para realizar el transporte o distribución de la electricidad se lo realiza por cables aéreos desnudos los cuales son soportados por torres o postes, en la

actualidad existen postes de hormigón, madera y metálicos.

- Postes de hormigón. Son utilizados para tendidos eléctricos de baja tensión, poseen una gran durabilidad y no requieren mantenimiento, el inconveniente que presenta es el costo debido al transporte.
- Postes de madera. Estos tipos de postes han entrado en desuso, comúnmente se los encuentra en las líneas de baja tensión, son económicos y es fácil de transportar.
- Postes metálicos. Son utilizados en líneas de alta tensión, el más conocido es el acero de perfiles laminados, son fáciles de transportar y no tienen un alto peso.
- Seccionadores. Son dispositivos mecánicos capaces de abrir y cerrar distintas partes de una instalación eléctrica para realizar cualquier tipo de maniobra, principalmente se abre el circuito cuando se necesita realizar actividades de mantenimiento, estos seccionadores aseguran que el tramo donde va a manipular se encuentre libre de corriente.
- Conductores. Para las líneas de transmisión se utilizan conductores que son trenzados y compuestos por capas de alambres alternados y son enrollados en sentidos diferentes, esto ayuda a tener una mejor adherencia de los cables, el trenzado proporciona una mejor flexibilidad del cable, las capas del trenzado pueden ser del mismo material o alternadas pero teniendo en cuenta las características eléctricas que se tenga.

Estos alambres deben poseer una baja resistencia eléctrica, elevada resistencia mecánica y ser resistente a los esfuerzos producidos en la red. Los metales que pueden cumplir con estas especificaciones son el cobre, aluminio, aleación de aluminio y dependiendo de las condiciones donde se vaya a utilizar se deberá realizar las aleaciones entre metales.

- Banco de capacitores. Cumplen un papel importante dentro de los sistemas de transmisión sirven para mejorar el factor de potencia, reducir las pérdidas que se producen en las líneas de transmisión o distribución y mejorar la calidad de la energía. Estos bancos de capacitores son instalados los fijos que son utilizados para

dar compensaciones generales en caso de subestaciones para realizar la distribución de la energía eléctrica.

- **Apartarrayos.** El apartarrayos es un dispositivo que nos permite proteger las instalaciones contra sobretensiones de tipo atmosférico y por fallas del sistema.
- **Hilos de guarda.** Los hilos de guarda se instalan sobre los conductores de fase de la línea de transmisión, para garantizar una protección contra los golpes de rayos directos. Se ubican en la parte superior de la estructura.
- **Red de energía eléctrica.** La mayor parte de la energía eléctrica del mundo se genera en centrales térmicas alimentadas con carbón, aceite, energía nuclear o gas; una pequeña parte se genera en centrales hidroeléctricas, diésel o provistas de otros sistemas de combustión interna. Las centrales hidroeléctricas que tienen una gran capacidad de producción, donde que el agua que cae de una presa hacen mover turbinas que impulsan generadores eléctricos. La electricidad producida se transporta a una estación de transmisión, en el cual un transformador convierte la corriente de baja tensión en una corriente de alta tensión. La energía eléctrica es transportada por cables de alta tensión a las estaciones de distribución, donde se reduce la tensión con transformadores hasta tener niveles adecuados para los consumidores y las líneas principales transmiten tensiones de hasta 500.000 voltios o más y las líneas secundarias que llegan a las viviendas tienen tensiones de 220 o 110 voltios.

La estación central de una instalación eléctrica está constituida de una máquina motriz, como una turbina de combustión, que mueve un generador eléctrico.

2.5 Calidad de la energía

Se define “calidad de energía” como la ausencia de interrupciones, sobretensiones, deformaciones que se producen por armónicas en la red y variaciones de voltaje suministrado al usuario. Además le concierne la estabilidad de voltaje, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico, esto se logra mejorar aplicando analizadores de eficiencia energética. (Madrigal, 2003).

2.6 Origen de la mala calidad de la energía

La mala calidad de la energía tienen dos tipos de orígenes los externos y los internos. Dentro de los orígenes internos se encuentran los siguientes: arranque de motores, variaciones de velocidad, conmutación electrónica PLC's, computadoras y dispositivos de desconexión. Además tenemos orígenes que son propios de la naturaleza, producidas cuando existen descargas eléctricas o atmosféricas o mejor conocidas como los rayos en las líneas eléctricas. La presencia del viento puede ser totalmente perjudicial ya que puede provocar la unión de dos líneas eléctricas y provocar perturbaciones. Actualmente las industrias, empresas, viviendas, etc, con el avance tecnológico las redes eléctricas se encuentran más expuestas a tener una mala calidad de la energía, esta gran variedad de dispositivos tecnológicos se encuentran conectados al suministro eléctrico y provocan alteraciones del suministro.

2.6.1 *Efectos en la tensión.* Una mala calidad de la energía puede ocasionar bajas de tensión o mejor llamadas como huecos o valles de tensión que es la disminución del valor eficaz de la tensión de alimentación. La tensión puede verse afectada por los disturbios que presentan en la red o los más conocidos como perturbaciones.

2.6.2 *Disturbios eléctricos.* Se los puede definir como perturbaciones que se presentan en los sistemas eléctricos, se manifiesta en variaciones en la forma de onda y es perjudicial para los equipos que se encuentran en funcionamiento porque en la actualidad son más sensibles a las variaciones de energía. Los disturbios eléctricos pueden producirse por sobre voltajes o por caídas de tensión.

2.6.2.1 *Origen de los disturbios eléctricos.* Principalmente los disturbios eléctricos pueden presentarse por origen interno o externo:

- Los de origen interno son por la manipulación de dispositivos que provocan disturbios eléctricos; entre estos existen los dispositivos de conexión y desconexión, conmutación electrónica. Además todo conductor que alimenta a los dispositivos es un conductor expuesto a disturbios.
- Los de origen externo son ocasionados por afectaciones en la red que son causadas

por contacto de las líneas entre sí, descargas atmosféricas propias de la naturaleza.

2.6.3 *Perturbaciones.* Actualmente se pone mucho énfasis sobre las perturbaciones que se producen en la red, ya en que en las industrias se ha detectado el aumento de estas perturbaciones. Normalmente la forma de onda debe ser la de una senoide con una frecuencia constante sin que se produzca variaciones en la forma de onda, pero esto no sucede debido a que se encuentra sometido a distintos factores que la afectan como son: ruido eléctrico, impulsos eléctricos, variaciones lentas o rápidas de tensión, flicker (parpadeo), distorsión armónica y variaciones de frecuencia.

Dando como ejemplo si la red se encontrara sin usuarios conectados a la única forma de que se altere la forma de onda sería por falla de la planta generadora.

2.7 Indicadores de la calidad de energía

Con la ayuda de unos indicadores se puede establecer la calidad de la energía que los usuarios reciben en el suministro eléctrico.

2.7.1 *Forma de onda.* La forma de onda es la de una senoide en condiciones ideales, la magnitud y la dirección varían cíclicamente para conseguir una transmisión más eficiente de energía eléctrica, en caso de producirse alteraciones en la onda se deberá buscar la solución e implementar un analizador de la calidad de la energía para establecer parámetros exactos y poder corregirlos.

2.7.2 *Estabilidad de tensión.* Se conoce como estabilidad de tensión a la capacidad de un sistema para mantener estables las tensiones en todos sus nudos luego de haber sido sometido a una perturbación.

En la actualidad existen cantidad de dispositivos estabilizadores de tensión que nos permiten mantener un nivel de tensión constante, para que tengan los usuarios un nivel de tensión apropiado, los estabilizadores deben ser instalados en una subestación o en las líneas de distribución, considerando la presencia de potencia en la línea.

Se verifica todos aquellos eventos que logran ocasionar sobretensiones, baja tensiones, fluctuaciones de tensión, desviación de la frecuencia fundamental para dar solución

aquellos eventos y lograr estabilizar la tensión.

2.7.3 *Continuidad en el servicio.* Podemos nombrar a todas aquellas situaciones que provocan interrupciones momentáneas y temporales para identificar la calidad del servicio que reciben los usuarios, la interrupción del servicio puede acontecerse por una mala planificación de mantenimientos del sistema eléctrico que lleva a tener paralizaciones inesperadas, las líneas de transmisión siempre están expuestas a condiciones atmosféricas y provocan daños materiales hasta tener la suspensión del servicio. Las empresas encargadas de mantener el servicio eléctrico deben establecer planes de conservación de todos los elementos que conforman el sistema eléctrico y en caso de producirse fallos inesperados dar una pronta solución para establecer el suministro.

2.8 Afectaciones a la forma de onda de tensión

Son todos los factores que afecta a la forma de onda y llega a distorsionarla en grandes magnitudes cuando no es detectada y es afectada directamente.

2.8.1 *Fluctuaciones de tensión.* Es un cambio sistemático de la forma de onda o cambios aleatorios de tensión pero en pequeños valores por debajo de los 25 Hz. Cualquier tipo de carga que provoque variaciones pequeñas de corriente son causantes de fluctuaciones.

2.8.1.1 *Flicker.* El flicker o parpadeo de luz se define como “la impresión subjetiva de fluctuación de la luminancia”, de acuerdo con la CEI – 555-1 (Comisión de Electrotecnia Internacional).

Puede ser motivado por perturbaciones que son generadas directamente en la generación, al momento de realizarse la distribución que es por diferentes factores, pero el factor principal es el uso de grandes cargas fluctuantes, esto se refiere a las cargas cuya demanda de potencia activa o reactiva fluctúa rápidamente.

En el caso de cargas fluctuantes de cierta envergadura, la principal causa de tales variaciones de tensión es la variabilidad en el tiempo de la componente reactiva de

la potencia de tales cargas. Entre estas cargas están, por ejemplo, los hornos de arco, los motores de laminadoras, grandes bobinadoras, etc.

Simplemente el arranque de cualquier tipo de motor de inducción puede provocar parpadeo diciendo que se trata de cargas con una elevada relación de cambio de potencia con respecto a la capacidad de cortocircuito en el punto de conexión a la red de suministro. Se ha verificado el aumento de este inconveniente llamado parpadeo en las redes eléctricas por lo que necesario implementar de una alguna manera un método que permita cuantificar y limitar su presencia en cualquier punto de la red.

Por lo que es necesario algún equipo que permita medir el valor instantáneo de tensión en la entrada y a partir de esos valores obtener un valor numérico para el parpadeo. Según la norma IEC 868 y IEC 868-0 nombra todos los diferentes bloques que componen un medidor analógico de parpadeo, adicionalmente descripciones de las exigencias funcionales.

2.8.1.2 *Niveles admisibles flicker según las normas.*

- Según la norma IEC 61000-3-3:1995. El índice de severidad del parpadeo de la luz de corta duración debe ser $PST \leq 1,0$.

El índice de severidad del parpadeo de la luz de larga duración debe ser $PLT \leq 0,65$.

- Según la norma EN 50160:1999. El índice de severidad del parpadeo de la luz de larga duración debe ser $PLT \leq 1,0$ en el 95 % del periodo de medición (una semana).

El índice de severidad del parpadeo de la luz de corta duración, PST , no se tiene en cuenta. Según la resolución nro. 184/2000 del ENRE (Ente Nacional Regulador de la Electricidad). El índice de severidad del parpadeo de la luz de corta duración debe ser $PST \leq 1.0$ en el 95 % del periodo de medición (una semana).

2.8.1.3 *Afectaciones de flicker en el aspecto visual.* El sistema de iluminación presenta ciertos cambios luminosos que pueden afectar a los observadores. Los equipos de

alumbrado afectan a los usuarios y depende del sistema de iluminación, del tipo de perturbación y del propio observador.

La persona puede adquirir cansancio o distintos problemas al sentirse afectado por estos parpadeos y de acuerdo al grado de sensibilidad del usuario que lo percibe puede generarle cefaleas, migrañas y estrés, por lo que debemos poner énfasis en este tipo de problemas muy común del sistema de alumbrado. El ojo humano es muy frágil a frecuencias de flicker que va desde los 5 a los 42Hz. Los niveles de flicker de 0,3 % a 0,4 % son visibles en este rango de frecuencias. Por arriba y por debajo de estas frecuencias el ojo humano es progresivamente menos sensible. Los valores de caída de tensión relativa producidas por el flicker están estrechamente relacionados con la potencia de corto circuito de la fuente y la potencia de la carga, de ahí que las curvas de percepción sean fundamentales para definir las características eléctricas de la red de alimentación.

En las fuentes de luz cualquier tipo de variación de la tensión de suministro trae como consecuencia alteración de su flujo luminoso.

2.8.2 *Distorsión de la forma de onda.* Existen varias causas que influyen para la distorsión de la forma de onda y estas causas se las describen a continuación:

2.8.2.1 *Distorsión armónica.* Se conoce como distorsión a la deformación de la onda senoidal fundamental a frecuencias que son múltiplos de la fundamental.

- Características de la distorsión armónica. La norma IEEE 519-1992, describe a “Prácticas recomendadas y requerimientos para el control de armónicas en sistemas eléctricos de potencia” agrupa a las fuentes emisoras de armónicas en tres categorías que son las siguientes:
 - $\frac{3}{4}$ Dispositivos electrónicos de potencia
 - $\frac{3}{4}$ Dispositivos productores de arcos eléctricos
 - $\frac{3}{4}$ Dispositivos ferromagnéticos

Los siguientes equipos también son responsables de emitir armónicos y que están

agrupados de la siguiente manera:

- Motores de corriente directa accionados por tiristores.
- Inversores de frecuencia.
- Fuentes ininterrumpidas UPS.
- Computadoras.
- Equipo electrónico.
- Hornos de arco.
- Hornos de inducción.
- Equipos de soldadura.
- Transformadores sobreexcitados.

2.8.2.2 *Efectos de las armónicas.* Se relacionan con las corrientes armónicas de cargas no lineales, se desfasan a noventa grados con respecto al voltaje que las produce, se dan por pulsos de corriente.

Algunos de los efectos nocivos producidos por el flujo de corrientes armónicas son:

- Ampliación en las pérdidas por efecto Joule.
- Sobrecalentamiento en conductores del neutro.
- Sobrecalentamiento en motores, generadores, transformadores y cables, reduciendo su vida.
- Vibración en motores y generadores.
- Falla de bancos de capacitores.
- Falla de transformadores.
- Efectos de resonancia que amplifican los problemas mencionados anteriormente y pueden provocar incidentes eléctricos, mal funcionamiento y fallos destructivos de equipos de potencia y control.

- Inconvenientes de funcionamiento en dispositivos electrónicos sensibles.
- Interferencias en sistemas de telecomunicaciones.

Cada uno de los efectos dependerá de la proporción que exista entre la carga no lineal y la carga total del sistema, se debe mantener la distorsión dentro de los límites determinados por las normas.

2.8.2.3 *Límites de distorsión armónica en voltaje en % del voltaje nominal.* Para mantener la calidad de voltaje es necesario especificar los límites para diferentes niveles de tensión. A continuación se detallan los límites de distorsión armónica en voltaje según Normas. (BARCÓN, y otros, 2012)

Tabla 1. Límites de distorsión armónica en voltaje

Límites de distorsión armónica en voltaje en % del voltaje nominal		
Nivel de tensión en la acometida (Vn)	Distorsión armónica individual	Distorsión armónica total THD Vn
Vn < 69 k	3.0%	5.0%
69 kV < Vn < 161 kV	1.5%	2.5%
Vn > 161 Kv	1.0%	1.5%

Fuente: Norma IEE 519

Tabla 2. Límites de distorsión armónica en voltaje

Límites de distorsión armónica en voltaje en % del voltaje nominal		
Nivel de tensión en la acometida (Vn)	Distorsión armónica individual	Distorsión armónica total THD Vn
Vn < 1 Kv	5.0%	8.0%
1 < Vn < 69 kV	3.0%	5.0%
69 kV < Vn < 138 kV	1.5%	2.5%
Vn > 138 kV	1.0%	1.5%

Fuente: Norma CFE L0000'45

2.8.2.4 *Límites de distorsión armónica en corriente.* Los límites de corrientes armónicas se establecen en base a la relación entre la corriente de cortocircuito y la

demanda máxima de corriente de la carga del usuario. A continuación se muestran los límites de corrientes según las normas.

Tabla 3. Límites de distorsión armónica en corriente

Límites de la distorsión armónica en corriente en la acometida						
I _{cc} /I _L	TDD	h<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	h≥35
V_n ≤ 69 kV						
<20	5.0%	4.0%	2.0%	1.5%	0.6%	0.3%
20-50	8.0%	7.0%	3.5%	2.5%	1.0%	0.5%
50-100	12.0%	10.0%	4.5%	4.0%	1.5%	0.7%
100-1000	15.0%	12.0%	5.5%	5.0%	2.0%	1.0%
>1000	20.0%	15.0%	7.0%	6.0%	2.5%	1.4%
69 kV < V_n ≤ 161 kV						
<20*	2.5%	2.0%	1.0%	0.75%	0.3%	0.15%
20-50	4.0%	3.5%	1.75%	1.25%	0.5%	0.25%
50-100	6.0%	5.0%	2.25%	2.0%	0.75%	0.35%
100-1000	7.5%	6.0%	2.75%	2.5%	1.0%	0.5%
>1000	10.0%	7.5%	3.5%	3.0%	1.25%	0.7%
V_n > 161 kV						
<50	2.5%	2.0%	1.0%	0.75%	0.3%	0.15%
≥50	4.0%	3.5%	1.75%	1.25%	0.5%	0.25%

Fuente: Norma IEEE 519

Tabla 4. Límites de distorsión armónica en corriente

Límites de la distorsión armónica en corriente en la acometida						
I _{cc} /I _L	TDD	h<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	h≥35
V_n ≤ 69 Kv						
I _{cc} /I _L <20	5.0%	4.0%	2.0%	1.5%	0.6%	0.3%
20 ≤ I _{cc} /I _L <50	6.0%	7.0%	3.5%	2.5%	1.0%	0.5%
50 ≤ I _{cc} /I _L <100	12.0%	10.0%	4.5%	4.0%	1.5%	0.7%
100 ≤ I _{cc} /I _L <1000	15.0%	12.0%	5.5%	5.0%	2.0%	1.0%
I _{cc} /I _L ≥ 1000	20.0%	15.0%	7.0%	6.0%	2.5%	1.4%
69 kV < V_n ≤ 161 kV						
I _{cc} /I _L <20	2.5%	2.0%	1.0%	0.75%	0.3%	0.15%
20 ≤ I _{cc} /I _L <50	4.0%	3.5%	1.75%	1.25%	0.5%	0.25%
50 ≤ I _{cc} /I _L <100	6.0%	5.0%	2.25%	2.0%	0.75%	0.35%
100 ≤ I _{cc} /I _L <1000	7.5%	6.0%	2.75%	2.5%	1.0%	0.5%
I _{cc} /I _L ≥ 1000	10.0%	7.5%	3.5%	3.0%	1.25%	0.7%

Tabla 4. (Continuación)

$V_n > 161 \text{ kV}$						
$I_{cc}/I_L < 50$	2.5%	2.0%	1.0%	0.75%	0.3%	0.15%
$I_{cc}/I_L \geq 50$	3.75%	3.0%	1.5%	1.15%	0.45%	0.22%

Fuente: Norma CFE L0000-45

2.8.2.5 *Componentes de VDC (offset).* Es la presencia de componentes DC de la tensión o corriente en un sistema de corriente alterna, se puede dar en rectificadores de media onda, causando saturación parcial en los transformadores y dañar su aislamiento.

2.8.2.6 *Ruido.* Señal eléctrica que produce efectos indeseables en los circuitos de control. Puede ser causado por dispositivos de electrónica, circuitos de control, equipos de arco, generadores de emergencia. Es la presencia de fluctuaciones aleatorias de una magnitud que tiende a enmascarar la señal de interés para los usuarios.

Acarrean energía a altas frecuencias pero con una mayor duración. (Pérez Jiménez , y otros, 2010)

2.8.2.7 *Muecas.* Se denomina muesca al disturbio de la forma de onda de tensión periódico de duración inferior a medio ciclo. Los dispositivos electrónicos de potencia en especial los convertidores son los generadores de muescas.

2.8.2.8 *Variaciones de frecuencia.* Las variaciones de frecuencia se dan por el desequilibrio entre la generación y la carga, esto ocasiona que se pierda el sincronismo entre generadores. Si la carga es inferior la frecuencia aumenta, caso contrario la frecuencia disminuye.

2.8.3 *Distorsiones rápidas de la forma de onda.* Son variaciones que se producen en la red de suministro y puede distorsionar de manera rápida la forma de onda provocando inconvenientes a los usuarios que se encuentran conectados a la red.

2.8.3.1 *Interrupciones.* Es la pérdida total de tensión cuando el valor es menor a 0.1 p.u. durante un tiempo menor a 1 minuto.

Las principales causas son: aperturas de interruptores, operación defectuosa, conductores

rotos.

2.8.3.2 *Caídas de tensión (Sag o Dip)*. Conocida también como "valle o hueco de tensión", es la disminución del valor eficaz (RMS) sea de corriente o tensión a la frecuencia de la red entre el 10 y el 90%. Su origen radica en las descargas atmosféricas, cortocircuitos y sobrecargas bruscas.

Las podemos distinguir por el periodo de duración de la misma:

- Corta duración: por el consumo de motores durante el arranque.
- Larga duración: sobrecarga en la red.

Las dos principales causas de las caídas de voltaje son:

- La puesta en servicio de grandes cargas o componentes (sistemas de aire acondicionado, elevadores, máquinas de soldar, etc.), bien esté en la instalación del propio usuario afectado o en la de otro usuario conectado al mismo circuito.
- Los fallos principales en otras partes de la red de distribución.

2.8.3.3 *Elevaciones de tensión (Swell)*. Se lo conoce como el incremento del valor eficaz de la tensión o corriente (1,1 y el 1,8 p.u.) a la frecuencia de red. La duración va desde medio ciclo a a 1 minuto, se da por cortocircuitos, conexión de capacitores.

2.8.4 *Desbalance (%)*. Se produce cuando las 3 tensiones de un sistema trifásico varían en magnitud o no están desfasadas $2\pi/3$ radianes.

La magnitud del desbalance es la máxima desviación con respecto al valor promedio de las tensiones de línea dividida en tres el promedio de las tensiones de línea y se expresa en porcentaje.

2.8.5 *Frecuencia*. La frecuencia debe ser estable en los sistemas, caso contrario podrían tener consecuencias graves, podrían perder una parte de la generación.

2.8.6 *Magnitud de tensión*. La magnitud de tensión es la síntesis de todos los

aspectos anteriormente mencionados que intervienen en la calidad de la energía (flicker, dip, swells, etc), de forma directa hacen que el nivel de tensión cambie su magnitud durante tiempos cortos o largos según el fenómeno producido.

2.9 Eficiencia energética

La eficiencia energética consiste en reducir el consumo y en el eficiente uso de la energía sin que haya pérdidas ni desperdicios, optimizando los procesos productivos y manteniendo la calidad de bienes y servicios.

El uso eficiente de la energía es el conjunto de acciones que tienen como objetivo el empleo de menores cantidades de energía para la obtención de un servicio energético como por ejemplo calor, transporte, fuerza motriz, conservación de alimentos, iluminación, climatización, etc. (ROMITO, 2015)

2.9.1 *Objetivos de la eficiencia energética.*

- Reducir el consumo de energía.
- Ahorrar energía
- Promover sostenibilidad económica.
- Mejorar productividad.

2.9.2 *Ahorro energético.* Al hablar de ahorro energético no sólo se refiere a la reducción del consumo y de costos, sino también el descenso de las emisiones que perjudican al medio ambiente.

2.9.3 *Mejora de la productividad.* Todas las mejoras en la productividad se centran en mejorar el rendimiento de los equipos y de los procesos, facilitando el correcto mantenimiento de equipos o sistemas productivos.

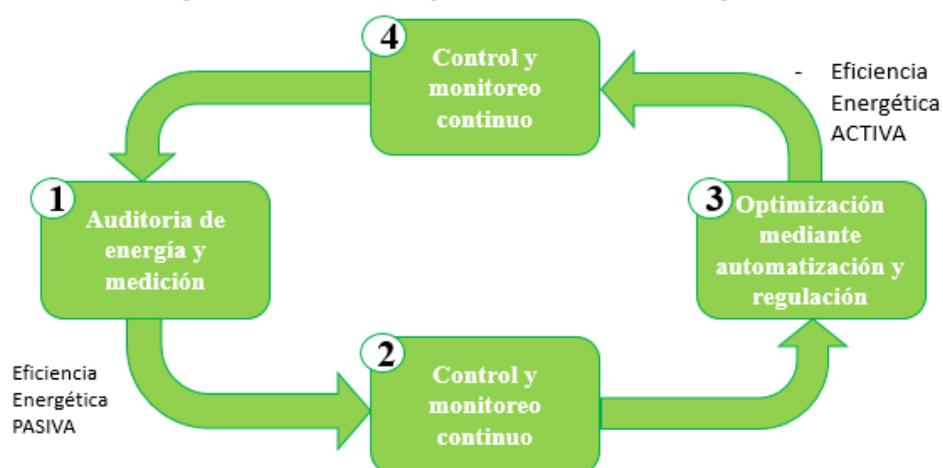
2.9.4 *Disponibilidad y fiabilidad.* La inspección, supervisión y registros energéticos nos permite garantizar la continuidad del suministro eléctrico, maximizar el tiempo operativo de su proceso productivo, y alcanzar y mantener los requerimientos de calidad y tiempos de respuesta.

2.9.5 Mejora en la eficiencia energética. El aplicar un ciclo para realizar mejoras continuas en eficiencia energética es de sentido común y, básicamente todas las mejoras comienzan con una decisión acerca de lo que hay que implementar y mejorar. En la mayoría de los casos, una auditoría energética es un primer paso adecuado para recopilar información sobre las oportunidades de ahorro y obtener el máximo provecho a las medidas que ya están disponibles. Con la información obtenida, se podrán tomar decisiones bien fundamentadas acerca de los siguientes pasos a dar.

Las primeras acciones identificadas serán medidas pasivas para establecer las bases. El reemplazo de dispositivos poco eficientes por dispositivos de bajo consumo, la reparación de las fugas y la colocación de aislamientos suelen ser medidas de bajo costo que resultan rápidamente rentables. El siguiente paso tras las medidas pasivas es la optimización de los sistemas. La automatización de estos sistemas garantiza el cumplimiento de medidas de sentido común como el apagado de las luces durante la noche. Para estar seguros de que las medidas puestas en marcha resultan efectivas y sostenibles, puede ser necesario realizar mediciones y controles adicionales. Si disponemos de datos energéticos más detallados, es probable que podamos ahorrar más energía. Esto nos lleva a comenzar de nuevo el ciclo.

Descripción de los pasos implementados:

Figura 2. Ciclo de mejora de eficiencia energética



Fuente: <http://setia.com.co/>

- Medir y auditar. Se utiliza una serie de elementos para verificar el consumo de energía y en caso de ser necesario se realiza sus respectivas correcciones, es de gran

ayuda la implementación de un analizador de la energía para determinar todos los factores que se requieren saber para ser implementados en una auditoria energética.

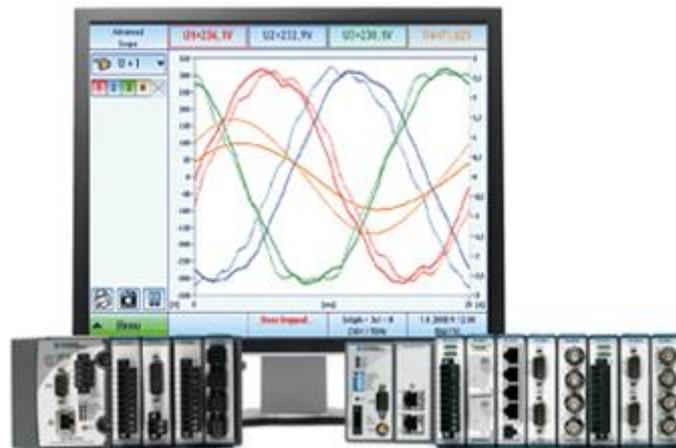
- Auditoria energética. Es una herramienta para realizar un estudio técnico estructurado en el ahorro energético, mediante el estudio se comprueba si una empresa, instituciones, vivienda, edificio, cuarto de máquinas, etc., posee una gestión energética optimizada y con los resultados se comprueba si logramos disminuir los gastos energéticos o no. Para poder obtener todos estos resultados se debe obtener la información, ordenarla, clasificarla y analizarla para luego proponer alternativas y tomar decisiones.
- Establecer bases. Se obtiene información acorde a la calidad de la energía que recibimos del suministro, se determina posibles causas que pueden afectar a la disponibilidad de la energía y con la ayuda de toda esta información se realiza una base de datos para luego ser implementada como mejoras de los sistemas energéticos. Con todas estas implementaciones se pretende mejorar la fiabilidad de la energía y lograr una energía eléctrica de calidad.
- Automatizar y regular. Teniendo sistemas inteligentes totalmente automatizados se logra tener un mejor control de procesos productivos que contemplan, dar soluciones rápidas para la gestión de la energía, soluciones en problemas de iluminación y climatización, soluciones para el control de motores en los procesos industriales, todo esto se logra gracias a la detección rápida de problemas en el sistema y la presencia de alarmas en caso de emergencia que se encuentran enlazadas a todos los sistema, al momento de tener todos estos datos se regula cualquier tipo de estas variables para volverlas a condiciones normales, ahorrando tiempos muertos y recursos económicos.
- Monitoreo continuo. Cuando se realiza la automatización de los sistemas se implementan software para controlar y analizar los factores que se deseen saber, con la ayuda de estos software y sistemas completos de analizadores se logra determinar la eficiencia energética, la calidad de la energía y con estos resultados llevar una mejor supervisión de los sistemas energéticos.

Como se determinó en la gráfica anteriormente se detalla cómo mejorar un sistema productivo, en el control y monitoreo continuo entra directamente un analizador de la calidad de la energía para establecer los parámetros que tiene la energía utilizada en sus procesos y en esta investigación estaremos directamente relacionados en implementarla y verificar sus beneficios.

2.10 Analizador de eficiencia energética

Los analizadores de calidad eléctrica, Sub analizadores trifásicos portátiles ayudan a monitorear y analizar la calidad de la energía eléctrica para poder dar soluciones a inconvenientes presentados con la calidad de la energía de los usuarios. A continuación se puede observar de todo lo que compone un analizador de la calidad de la energía, en este caso tomaremos en cuenta el analizador de calidad de la energía NI (*National Instruments*) y de sus partes que la componen:

Figura 3. Analizador de la calidad de la energía



Fuente:<http://sine.ni.com/nips/cds/pages/image>

2.10.1 *Componentes de un analizador NI.* Para conformar un analizador de eficiencia energética NI (National Instruments) se necesita los siguientes elementos indispensables para la obtención de datos de un sistema eléctrico.

2.10.2 *Fuente NI PS 15.* Las fuentes de alimentación poseen una larga expectativa de vida en especial la NI PS 15 que conserva buenas reservas de potencia y su tamaño compacto le permite tener un mejor traslado. La fuente de 24 V es ideal para energizar sistemas NI Compact RIO que es directamente la que se utilizara en el analizador. La

fuente tiene un sistema de riel DIN y adicional cuenta con terminales de tornillo-abrazadera, permitiendo hacer más fácil y rápida su instalación. La fuente es resistente a los errores de usuario teniendo voltajes de entrada que va de 115/230 VAC de 1 fase, y el voltaje que se entrega es de 24 a 28 VDC con un amperaje 5 A que es lo que maneja la fuente. La extensa variación de temperatura de operación y la inmunidad de interferencia extraordinaria electromagnética (EMI) nos permite una operación sin inconvenientes, hasta en condiciones mucho más ofensivas. (*Instruments, 2016*)

2.10.3 *NI Crio-9074.* National Instruments cuenta con un sistema integrado cRIO-9074 que combina un procesador en tiempo real y arreglos de compuertas programables en campo (FPGAs) reconfigurables en el mismo chasis para aplicaciones embebidas de monitoreo y control de máquinas. Integra un procesador industrial en tiempo real de 400 MHz con un FPGA con compuertas de 2M, y tiene ocho ranuras para módulos de E/S de la Serie C de NI. Para aplicaciones robustas, el cRIO-9074 ofrece un rango de temperatura de operación de -20 a 55 °C junto con un rango de entrada de suministro de potencia de 19 a 30 VDC. Este sistema tiene 128 MB de DRAM para operación embebida y 512 MB de memoria no volátil para registro de datos.

2.10.4 *NI chasis para módulos CDAQ.* Un sistema completo CompactDAQ necesita de un chasis y módulos de la Serie C para realizar cualquier tipo de análisis. El sensor o señal adquirida es digitalizado en el módulo y el chasis se encarga de controlar la temporización y del envío de datos para todo el sistema. El controlador de temporización está situado en el chasis CompactDAQ y nos permite la sincronización de todos los módulos que se encuentran instalados en un solo chasis.

2.10.5 *Módulo de Voltaje NI 9225.* El NI 9225 de la Serie C es un módulo de entrada analógica que posee un rango de medida de 300 Vrms para aplicaciones de alto voltaje. Además puede realizar análisis de transitorios y armónicos con muestreo simultáneo de alta velocidad a 50 kS/s por cada canal. Usted puede evitar lazos a tierra y agregar seguridad a un sistema con el aislamiento que poseen los canales de 600 Vrms.

2.10.6 *Módulo de corriente NI 9227.* El NI 9219 es un módulo de la Serie C de 4 canales diseñado para pruebas de usos múltiples en cualquier chasis CompactDAQ o Compact RIO. Con el NI 9219 usted puede medir varias señales que van desde sensores

de galgas extensiométricas, detectores de resistencia de temperatura (RTDs), termopares, celdas de carga y otros sensores. Se puede realizar cualquier tipo de medida en cada uno de los canales y los canales son seleccionados individualmente por el usuario. La variación de medida difiere de ± 60 V para voltaje y ± 25 mA para corriente.

2.10.7 *Computador portátil.* En el computador portátil será instalado el software labview y toda la programación se realizara mediante

2.10.8 *Software LabVIEW.* Es una herramienta que nos ayuda a resolver más pronto y con mayor eficacia los inconvenientes que se presentan hoy en día con la destreza de evolucionar y resolver problemas con la implementación de elementos modernos y de última tecnología. LabVIEW brinda integración sin precedentes con todo el hardware y el software legado e IP para aprovechar los avances en tecnología de cómputo.

2.10.9 *Proceso.* Un analizador de calidad de energía mide la calidad de la misma, controlando ciertos parámetros o propiedades de tu sistema de energía para asegurar que el flujo de electricidad hacia tus electrodomésticos y aparatos electrónicos funcione sin problemas y sin perturbaciones.

2.10.10 *Características.* Un analizador de calidad de energía se encarga de rastrear y medir varios parámetros de la electricidad. Estos parámetros pueden incluir, la electricidad de corriente alterna, la frecuencia, la demanda, la demanda máxima, la raíz cuadrada de la tensión, la distorsión armónica y el factor de potencia. La calidad medida y analizada puede cambiar de un analizador a otro.

2.10.11 *Beneficios.* Existe una diversidad de beneficios cuando se realiza el control y monitoreo de tu sistema de energía con un analizador de calidad de energía, pero el más importante de estos es la posibilidad de rastrear anomalías y perturbaciones en la calidad de la misma, lo que permitirá aumentar la fiabilidad de tu sistema de energía a través del tiempo.

CAPITULO III

3. MATERIALES Y EQUIPOS

3.1 NI (National Instruments)

NI (*National Instruments*) es una reconocida compañía que brinda una alta gama de elementos dentro de los procesos de automatización, control, y muchas actividades vinculadas a la ingeniería eléctrica y electrónica, también forma parte de grandes proyectos investigativos en ciencia e ingeniería por contar con alta calidad en sus productos que ofrecen al mercado.

Dentro de la serie compact-RIO se encuentran todos los equipos que se van a utilizar para este proyecto que cuentan con muy buenas características técnicas y que nos brinda una excelente precisión al momento de adquirir y procesar datos.

3.2 Equipo analizador de la eficiencia energética NI

Es un sistema completo para monitorear y analizar la calidad de la energía que reciben los usuarios por medio del suministro eléctrico. El analizador de eficiencia energética consta de los siguientes elementos:

3.2.1 Fuente NI PS 15. Las fuentes de alimentación poseen una extensa expectativa de vida, adicionalmente estas fuentes poseen generosas reservas de potencia y tienen un tamaño compacto fácil para su movilidad. Las fuentes de 24 V son perfectas para energizar cualquier sistema NI entre estas están las Compact RIO, NI Compact FieldPoint, NI Single-Board RIO, NI Smart Camera, PC con pantalla táctil (TPC) o NI CompactDAQ y los drives del motor de DC. Estos tipos de fuentes poseen un sistema de riel DIN con terminales de tornillo-abrazadera que no requieren de múltiples herramientas para su instalación. Los voltajes de entrada que permite la fuente resisten los errores del usuario y su extenso rango de temperatura de operación y la inmunidad de la interferencia extraordinaria electromagnética (EMI) permite una operación sin problemas de la fuente y llegar a soportar condiciones agresivas. La fuente de alimentación industrial NI PS-15 asegura una buena reserva de potencia hasta un 20% cuando se tienen cargas fluctuantes.

Esta corriente extra continuamente se la puede utilizar para temperaturas ambiente bajo 45 °C. Con las reservas de potencia, no se necesita excederse en las cargas dinámicas, simplemente seleccionar una unidad que cubra sus requerimientos de operación. Pero adicional se puede seleccionar una unidad menor potencia para ahorrar dinero y espacio.

Figura 4. NI PS15



Fuente:<http://search.ni.com>

3.2.1.1 Características técnicas fuente NI PS 15.

- Los voltajes de referencia a la entrada son de 115 a 230 VAC en la fase 1 , y en el voltaje de salida es 24 a 28 VDC con una intensidad de 5 A.
- Para una buena alimentación es excelente usar una Compact RIO, Compact FieldPoint, NI Single-Board RIO, NI Smart Cameras y NI TPCs,
- Se tiene potencia completas de salida de 120 W entre -25 y +60 °C, (depreciada 3 W/°C desde 60 a 70 °C)
- Para la reserva de potencia tenemos de 20 por ciento para cargas dinámicas el cual se puede usar hasta 45 °C.
- En la fuente se observa terminales tornillo-abrazadera que tienen una fácil conectividad en campo.
- La fuente tiene un sistema de riel DIN incorporado y accesorios que son utilizados para montaje en un panel.

3.2.2 *Módulo de corriente NI 9227.* Este tipo de modulo está compuesto de 4 canales y se usa para ejecutar pruebas de usos múltiples en cualquier de estos chasis CompactDAQ o CompactRIO. Con el modulo NI 9227 se obtienen mediciones de distinta señales que van desde galgas extensiométricas, detectores de temperatura (RTDs), termopares, celdas de carga y otros sensores. En los canales se genera por independiente, y se puede realizar medidas diferentes en cada canal.

El modulo NI 9227 no limita la velocidad total de un sistema NI Compact-RIO cuando se utiliza módulos de muestreo más rápidos.

Adicionalmente posee aislamientos entre los canales de 250 Vrms, modulo NI 9227 cuida el chasis y el sistema de cómputo al que está conectado, en el mismo módulo cuida los canales, y para la mejora de seguridad el aislamiento elimina los problemas asociados con lazos a tierra.

Figura 5. Tarjeta de corriente NI 9227



Fuente:<http://sine.ni.com/nips/cds/>

3.2.2.1 *Características técnicas NI 9227.*

- Se caracteriza por tener 4 canales de entradas simultáneas de 100 S/s por canal, además consta de 50 S/s por cada canal para termopar.
- Bases para medidas de termopares, RTD, resistencia, puente, voltaje y corriente.
- Soporte integrado para cuarto de puente, medio puente y puente completo; para excitar el voltaje y en la corriente integrada.

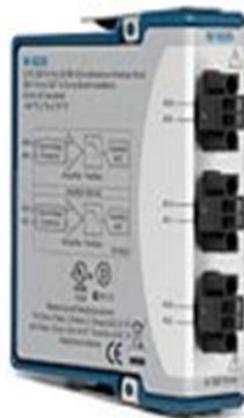
- Los aislamientos deben estar a $250 \times V_{rms}$ CAT II.
- Verificar la conectividad con terminal de resorte.
- Entre los valores por el cual puede operar : $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, 5 g de vibración, 50 g de impacto

3.2.2.2 Valores de medida NI 9227.

- Puede soportar hasta 5 Amperios por canal (que permite operar con TCs que tienen relación 200/5).
- Consta de un aislamiento que tiene hasta para 250 Vrms de canal a canal.
- existen una diferencia de medida entre los rangos $\pm 60\text{ V}$ para voltaje y $\pm 25\text{ mA}$ para corriente.

3.2.3 Tarjeta de voltaje NI 9225. El módulo de entrada analógica NI 9225 de la Serie C tiene un rango de medidas completo de 300 Vrms para aplicarse en medidas de alto voltaje para medidas de potencia, monitoreo de la calidad de la potencia, pruebas de motor, pruebas de baterías y pruebas de celdas de combustible. Con lo cual se logra un análisis transitorio y armónico con muestreo simultáneo de alta velocidad a 50 kS/s en cada canal. También evita lazos a tierra y añade seguridad a un sistema con aislamiento entre canales de 600 Vrms entre los tres canales NI 9225.

Figura 6. Tarjeta de voltaje NI 9225



Fuente: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/208795>

3.2.3.1 Características técnicas NI 9225.

- 600 Vrms de aislamiento de canal a canal
- 50 kS / s / ch entradas simultáneas
- Posee filtros antialias
- 300 Vrms rango de medición
- Incluye Conectores y carcasas de alta tensión.

3.2.3.2 Valores de medida NI 9225.

- Las mediciones van desde 300 Vrms por cada canal, (se puede medir perfectamente en un sistema bifásico de 240V).
- El aislamiento entre canales es 600Vrms.

3.2.4 Velocidades de muestreo 50 ks/s/ch. La frecuencia que se realiza el muestreo es 50000 muestras por segundo, en cada canal al mismo tiempo, esto se puede explicar que en un segundo (60 Ciclos) el equipo tomará 50000 muestras, por tanto en 1 ciclo tomará $50000/60$ muestras es decir 833 muestras en $1/60$ s, o 16.66 ms., con lo que tomara una muestra cada 20 micro segundos.

3.2.5 Resolución de las muestras 24 bits. Con un voltaje RMS de 300V se tendrá:

$$1V \frac{300}{2^24} = 0.00001V = 10\mu V \quad (1)$$

Este dispositivo verificara una variación de 10 microvoltios en el valor de la onda de tensión adecuada para dicho propósito.

3.2.6 myDAQ. NI myDAQ este dispositivo para adquisición de datos (DAQ) de bajo costo nos da la facilidad y la habilidad para medir y analizar señales en cualquier lado, cuando se lo requiera. Es compacto y portátil, con lo que se puede extender el aprendizaje práctico, usando herramientas y métodos estándares en la industria.

Figura 7. myDAQ



Fuente: National Instruments

3.2.6.1 *Valores de medida myDAQ.* El máximo voltaje es de 10V en sus entradas analógicas y hasta 1 Amperio (por lo cual trabaja con un transformador de voltaje 120Vac/12ac-6vac).

3.2.7 *NI cRIO 9074.* Este sistema cRIO-9074 de National Instruments combina un procesador en tiempo real y arreglos de compuertas programables en campo (FPGAs) reconfigurables en el mismo chasis para aplicaciones embebidas de monitoreo y control de máquinas. Posee un procesador industrial en tiempo real de 400 MHz con un FPGA con compuertas de 2M, y tiene ocho ranuras para módulos de E/S de la Serie C de NI. En aplicaciones de gran robustez, el cRIO-9074 que tiene un intervalo de temperatura -20 a 55 °C junto con un rango de entrada de suministro de potencia de 19 a 30 VDC. Este sistema tiene 128 MB de DRAM para operación embebida y 512 MB de memoria no volátil para registro de datos. El cRIO-9074 tiene dos puertos 10/100 Mb/s Ethernet que se usa para llevar a cabo comunicación programática en la red y Web integrada (HTTP) y servidores de archivos (FTP) y añadir expansión y E/S distribuida al sistema. Por ejemplo, se usa un puerto Ethernet para comunicación en red a un servidor o sistema empresarial y el otro puerto para expansión de E/S (conecte fácilmente otro sistema CompactRIO u otro dispositivo basado en Ethernet para E/S adicional).

3.2.7.1 *Características técnicas NI 9074.*

- Robusto y embebido de monitoreo y control
- Procesador industrial en tiempo real de 400 MHz para control, registro de datos y

análisis.

- Chasis FPGA con compuertas de 2M y 8 ranuras, para temporización, control y procesamiento de E/S personalizados
- Dos puertos Ethernet 10/100BASE-T; puerto serial RS232 para conexión a periféricos
- Intervalo de temperatura para operación de -20 a 55 °C; una sola entrada de suministro de potencia de 19 a 30 VDC
- NI no recomienda cRIO-9074 para usos en diseños nuevos - utilice cRIO-9067 en su lugar.

3.3 Transformadores

Para transformadores de National Instruments no ofrece gamma alguna, lo más conveniente es tener en cuenta las características que brinda.

- Nivel de saturación. El coeficiente n de saturación nos indica hasta donde la curva de saturación es lineal, en los transformadores de protección es mayor, para que, aunque tenga 10 o 20 veces la corriente nominal en el primario, como ocurre en el caso de un corto circuito se refleje en el secundario en forma proporcional, es decir un transformador de protección no debe saturarse en el corto. En casos es necesario que el transformador se sature bajo efectos de la sobrecorriente para poder proteger a los elementos que se encuentran alimentados por él.

Los transformadores no deben saturarse y enviar correctamente la corriente, es decir no saturarse con valores de varias veces la corriente nominal, los de medición deben saturarse cuando tenga sobrecorrientes. Se tiene que analizar el para qué sirve la medición, si son necesarias las mediciones en estado permanente, puede ser conveniente la saturación, al ocurrir una falla, la elevada corriente de falla será transferida al secundario limitada por los efectos de la saturación. Es recomendable un transformador con un coeficiente de saturación $n=5$.

3.3.1 *Transformador SACI TA30P de núcleo abierto.* Los Transformadores de núcleo abierto permiten medir la corriente sin ser necesario de cortar el suministro eléctrico. Además no se tiene la necesidad de desmontar la instalación para que sean colocarlos.

Figura 8. Transformador



Fuente: <http://www.rhona.pe/producto/>

3.3.2 *Aplicaciones.* Se logra convertir una corriente nominal elevada a una corriente más baja para que pueda ser medida por un equipo. En muchas instalaciones que son alimentadas por el suministro eléctrico es posible instalar los transformadores brindando un mejor manejo de la corriente.

3.3.3 *Características del transformador*

Tabla 5. Características del transformador

Modelo	TA30P		
Barra (mm)	30x20		
Cable (mm)	Ø 20		
Precisión	0,5	1	3
I_{pn}	VA		
100			3
150			3,75
200		2,5	4
250		3.75	5
300	2,5	4	6
400	3,5	5	10

Fuente: Autores

3.4 Lenguaje de programación LabVIEW

LabVIEW este tipo de lenguaje posee varias aplicaciones para muchas áreas dentro de la ingeniería, aunque es una herramienta compleja, su entendimiento y manejo son relativamente sencillos en comparación con las grandes bondades que nos brinda.

LabVIEW es el acrónimo de *Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*. Es un lenguaje y a la vez un entorno de programación grafica en el que se pueden crear aplicaciones de una forma rápida y sencilla. (Lajara Vizcaíno, y otros, Agosto 2007)

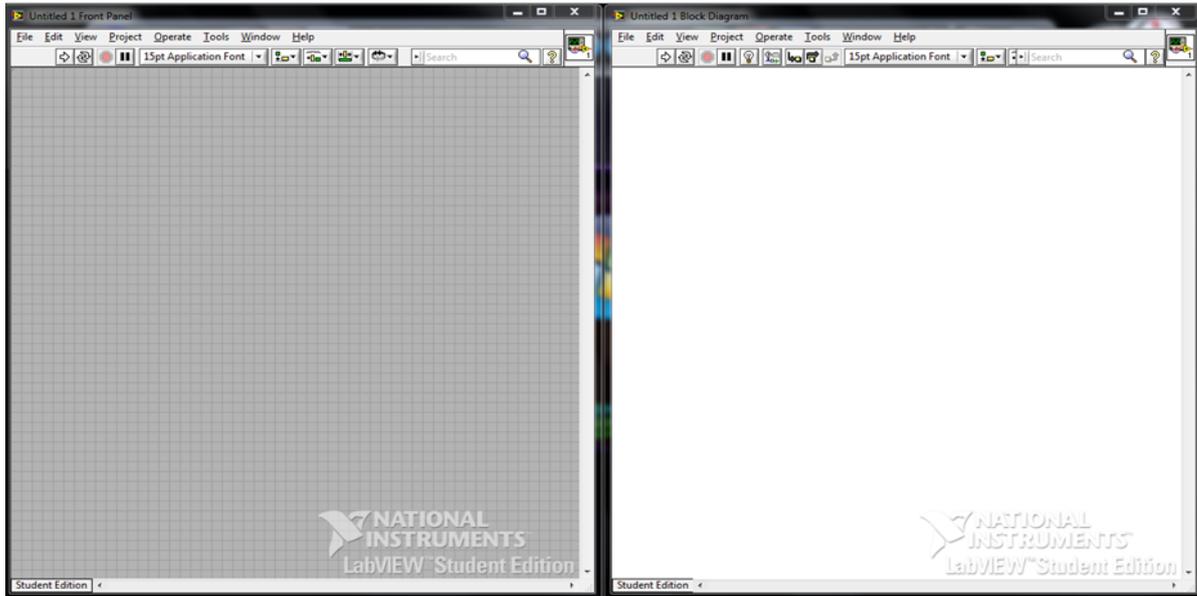
Está compuesta de dos ventanas principales, la primera es la ventana de programación gráfica o panel frontal (izquierda), y la segunda, la ventana de diagrama de bloques y conexiones (derecha).

- La ventana de programación o panel frontal. Es la interfaz con el usuario, se definen los controles (como entradas, pueden ser botones, marcadores etc.) e indicadores (como salidas, pueden ser gráficas.). La utilizamos para interactuar con el usuario cuando el programa se está ejecutando. Los usuarios podrán observar los datos del programa actualizados en tiempo real, en nuestro caso están las ventanas donde se observa la forma de la onda de voltaje de entrada, la sensación instantánea de flicker, la función de probabilidad acumulativa, el fasor de voltaje y los valores de todos los parámetros indicadores de calidad.

Al colocar un gráfico automáticamente se crea su homólogo en la ventana de diagrama de bloques.

- El diagrama de bloques y conexiones. es el programa propiamente dicho, en la cual se enlaza los objetos uno con otro para definir su funcionalidad, (el código que controla el programa --. Suele haber una tercera parte icono/conector que son los medios utilizados para conectar un VI con otros VIs.
- En el panel frontal se logra visualizar de forma gráfica toda la programación arrojando datos y mediciones para lo cual está programado, es fácil de maniobrar y de manipular al momento de obtención de datos.

Figura 9. Ventana LabVIEW



Fuente: Software LabVIEW

Existen herramientas de gran utilidad y que han sido usadas en el desarrollo de este trabajo de tesis que se describen en forma breve a continuación:

3.4.1 *Case structure.* Realiza una operación o acción que se haya establecido en un lazo bajo condiciones de verdadero o falso.

3.4.2 *While loop.* Realiza una operación dentro de un lazo en forma repetida hasta esperar condiciones que requiera el programa.

3.4.3 *Time delay.* Con este comando se retarda tiempos para realizar trabajo en forma secuenciada.

3.4.4 *Input.* Aquí en este campo podemos escoger varias forma para crear una interfaz de entrada y adquirir de datos entre el ordenador y un medio físico (dispositivos DAQ) o dentro del mismo ordenador (simulación de señales).

3.4.5 *Output.* Dentro de este campo podemos escoger varias forma para crear una interfaz de salida entre el ordenador y un medio físico (dispositivos DAQ o RIO) o dentro del mismo ordenador (creación de hojas de cálculo, documentos, email, etc.).

Para guardar los programas, estos tendrán la extensión. **.vi**, conocidos como VI o Virtual

Instruments (Instrumentos Virtuales), estos formatos que nos serán de gran utilidad para el desarrollo del software, y luego de la programación conjunta de estos VI (ahora llamados subVI) conformarán un Instrumento Virtual que será el trabajo final de este proyecto.

3.5 Normas y estándares que respaldan la calidad del producto

La plataforma de NI cRIO es para obtener de forma diferente y variedad de mediciones usando un sistema además de automatizar el proceso de prueba. Posee la simplicidad de “plug and play” de USB a los sensores y mediciones eléctricas en la mesa de trabajo y en la línea de producción. NI cRIO entrega una medición rápida y exacta en un sistema pequeño, simple y económico, además avalado por las normas ISO 9001, ISO/IEC 17025. Una muy buena referencia tanto para los equipos de National Instruments y el software LabVIEW es que son usados por la CERN en el proyecto más grande del mundo que es “acelerador de partículas más grande del Mundo” para el despliegue de la plataforma y sus controladores de lógica programable. La razón de su uso se debe a la excelente calidad de sus productos.

3.6 Protección IP

Estos tipos de equipos cRIO cuentan con protección IP, que según el estándar ANSI/IEC 60529-2004 establece para el primer dígito que el equipo a ser certificado debe cumplir con alguna de las siguientes condiciones.

3.6.1 Primer dígito (IP_X).

Tabla 6. IP_X

Nivel	Tamaño del objeto entrante	Efectivo contra
0	—	Sin protección
1	>50 mm	El elemento que debe utilizarse para la prueba (esfera de 50 mm de diámetro) no debe llegar a entrar por completo.
2	>12.5 mm	El elemento que debe utilizarse para la prueba (esfera de 12,5 mm de diámetro) no debe llegar a entrar por completo.

Tabla 6. (Continuación)

3	>2.5 mm	El elemento que debe utilizarse para la prueba (esfera de 2,5 mm de diámetro) no debe entrar en lo más mínimo.
4	>1 mm	El elemento que debe utilizarse para la prueba (esfera de 1 mm de diámetro) no debe entrar en lo más mínimo.
5	Protección contra polvo	La entrada de polvo no puede evitarse, pero el mismo no debe entrar en una cantidad tal que interfiera con el correcto funcionamiento del equipamiento.
6	Protección fuerte contra polvo	El polvo no debe entrar bajo ninguna circunstancia

Fuente: Autores

3.6.2 Segundo dígito (IP X_).

Tabla 7. IP X_

Nivel	Protección frente a	Método de Prueba	Resultados esperados
0	Sin protección.	Ninguno	El agua entrará en el equipamiento.
1	Goteo de agua	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua cuando se la deja caer, desde 200 mm de altura respecto del equipo, durante 10 minutos (a razón de 3-5 mm ³ por minuto).
2	Goteo de agua	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua cuando se la deja caer, durante 10 minutos (a razón de 3-5 mm ³ por minuto). Dicha prueba se realizará cuatro veces a razón de una por cada giro de 15° tanto en sentido vertical como horizontal, partiendo cada vez de la posición normal de trabajo.
3	Agua nebulizada. (spray)	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua nebulizada en un ángulo de hasta 60° a derecha e izquierda de la vertical a un promedio de 10 litros por minuto y a una presión de 80-100kN/m ² durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos.

Tabla 7. (Continuación)

4	Chorros de agua	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua arrojada desde cualquier ángulo a un promedio de 10 litros por minuto y a una presión de 80-100kN/m ² durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos.
5	Chorros de agua.	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua arrojada a chorro (desde cualquier ángulo) por medio de una boquilla de 6,3 mm de diámetro, a un promedio de 12,5 litros por minuto y a una presión de 30kN/m ² durante un tiempo que no sea menor a 3 minutos.
6	Chorros muy potentes de agua.	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua arrojada a chorros (desde cualquier ángulo) por medio de una boquilla de 12,5 mm de diámetro, a un promedio de 100 litros por minuto y a una presión de 100kN/m ² durante no menos de 3 minutos.
7	Inmersión completa en agua.	El objeto debe soportar (sin filtración alguna) la inmersión completa a 1 metro durante 30 minutos.	No debe entrar agua.
8	Inmersión completa y continúa en agua.	El equipamiento eléct./electrón. debe soportar la inmersión completa a la profundidad y durante el tiempo que se especifique el fabricante del producto con el acuerdo del cliente, pero siempre que resulten condiciones más severas que para el valor 7.	No debe entrar agua

Fuente: Autores

A continuación se puede verificar las siguientes características:

Si este equipo tiene protección IP, es apto para que puede trabajar en intemperie, pero, cuando se lo toma en cuenta conjuntamente con un computador portátil, ya no posee dicha aptitud y se convierte en equipo de laboratorio.

National Instruments cuenta con módulos adicionales de almacenamiento como es el NI cRIO-9012 (Controlador en Tiempo Real con 64 MB DRAM, 128 MB de Almacenamiento), que posee las siguientes características:

- Controlador embebido que ejecuta LabVIEW Real-Time para control, análisis y registro de datos determinísticos.
- Procesador de 400 MHz, almacenamiento no volátil de 128 MB mínimo, memoria de 64 MB DRAM.
- Puerto de ethernet 10/100BASE-T con servidores embebidos de Web y archivos con interfaz de usuario de panel remoto.
- Puerto USB de alta velocidad para conexión a USB flash y dispositivos de memoria.
- Puerto serial RS232 para conexión a periféricos; entradas dobles de suministro de 9 a 35 VDC.
- Rango de temperatura de operación de -40 a 70 °C.

El tamaño de archivos generados en un día es 4440 kb, entonces la capacidad de 128 Mb del equipo permitirá guardar datos durante 29.52 días (1 mes).

3.7 Materiales para un analizador de eficiencia energética NI

Para realizar las siguientes conexiones se requiere de varios materiales que son necesarios para la adquisición para el análisis de la calidad de la energía.

3.7.1 *Cable multipolar ST-1 4x18.* El conductor multipolar de cobre tipo ST son usados en alambrados o conexiones de electrodomésticos, cables de control para señal y

comunicación, interconexiones de equipos, además este tipo de conductor previene la transmisión de ruido o directamente por su trabajo la presencia de vibraciones. Este conductor puede ser utilizado en lugares secos y húmedos, su temperatura máxima en que puede ser utilizado en operación es 60 °C y su tensión de servicio a soportar para todas las aplicaciones es 600 V.

Figura 10. Cable multipolar



Fuente: Autores

3.7.1.1 Especificaciones técnicas.

Tabla 8. Especificaciones técnicas de cable multipolar

Calibre AWG	Sección mm^2	Formación No. De hilos por diámetro mm.	Espesor aislamiento mm	Espesor chaqueta	Diámetro exterior	Peso total Kg/km	Cap. De corriente
2x18	0,83	12x0,30	0,76	1,14	7,80	76,10	10

Fuente: Autores

3.7.2 *Cable bipolar ST-1 2X18.* El conductor bipolar de cobre tipo ST es ideal para interconexiones de equipos, además este conductor es resistente para trabajos donde exista presencia de humedad y en lugares secos, es utilizado hasta 60 °C en operación y su tensión a soportar en aplicaciones es de 600 V. Son de gran resistencia y permiten ser utilizados con un rango moderado de temperatura, además sin interferir en el paso de corriente, produce mínimas pérdidas en el conductor, casi pasando por desapercibidas. El conductor no debe ser abollado y debe mantenerse en condiciones normales de utilización para no interferir en su función.

Figura 11. Cable bipolar



Fuente: Autores

3.7.2.1 *Especificaciones técnicas.*

Tabla 9. Especificaciones técnicas de cable multipolar

Calibre AWG	Sección mm^2	Formación No. De hilos por diámetro mm.	Espesor aislamiento mm	Espesor chaqueta	Diámetro exterior	Peso total Kg/km	Cap. De corriente
4x18	0,83	12x0,30	0,76	1,14	9,30	114,70	6

Fuente: Autores

3.7.3 *Terminal eléctrico en punta.* Un terminal es un componente eléctrico donde un conductor llega a su fin y nos proporciona un punto de conexión de circuitos externos. Estos tipos de terminales en punta nos brindan una mejor adherencia para la conexión, donde no existan desprendimientos del conductor al momento de estar conectado.

Figura 12. Terminal eléctrico en punta



Fuente: Autores

3.7.4 *Terminal aislado en U.* Es un componente eléctrico que se ajusta a un tipo de

tornillo y establecer un punto de conexión al final de un conductor. Posee buena adherencia para evitar que se desprenda del punto de conexión.

Figura 13. Terminal aislado en U



Fuente: Autores

CAPÍTULO IV

4. IMPLEMENTACIÓN DEL ANALIZADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA NI

En este proyecto utilizaremos la versión profesional de LabVIEW, por la gama de librería que contiene para las diferentes aplicaciones. A continuación se detallan los pasos a realizarse para la implementación del analizador de la calidad de la energía.

4.1 Instalación

Primero se instala el software LabVIEW 2015, siguiendo las respectivas instrucciones que nos muestra el mismo, una vez finalizada la misma, nos aparecen las siguientes ventanas.

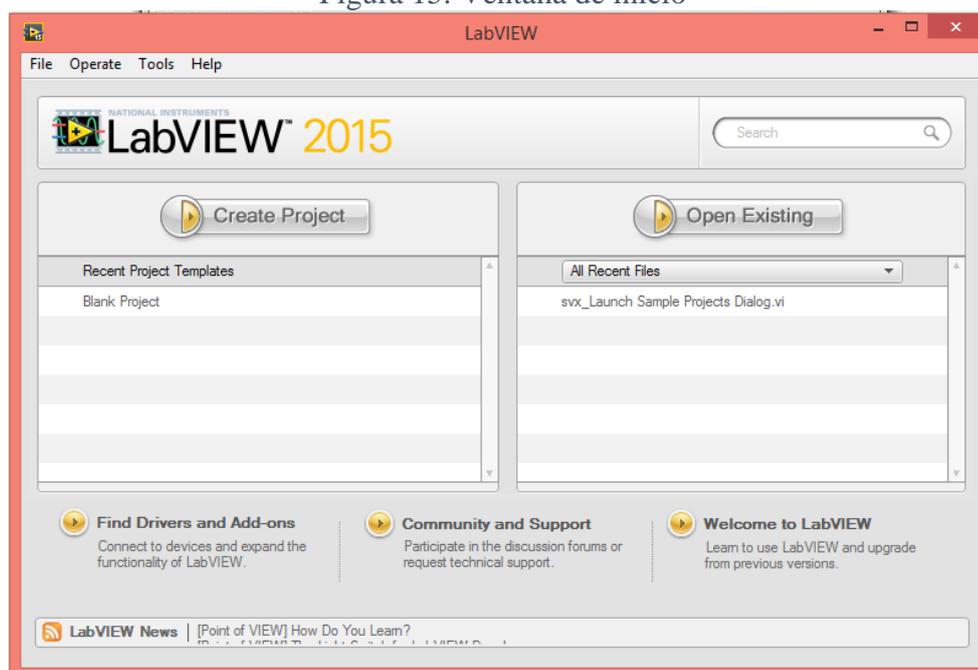
Figura 14. Ventana principal de LabVIEW



Fuente: Software LabVIEW

Una vez instalado el software LabVIEW, deben estar instaladas todas las librerías necesarias para poder programar lo que se requiera, como se puede observar a continuación nos aparece otra ventana que se requiere para crear una nueva hoja de programación y aplicar todo lo necesario para la adquisición de señales, caso contrario no se logra programar todo lo es requerido por el usuario.

Figura 15. Ventana de inicio



Fuente: Ventana LabVIEW

4.2 Acoplamiento del equipo cRIO-9074

Para realizar la adecuación del sistema integrado Compact-RIO NI cRIO-9074 se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

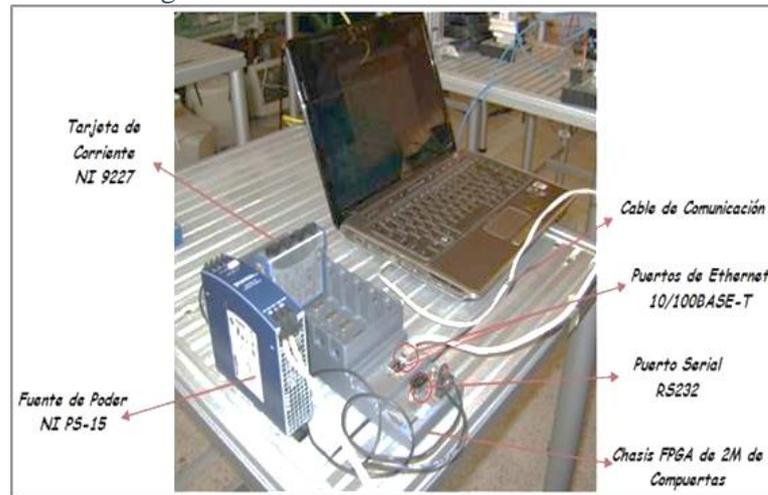
- Tener precaución al momento de manipular el equipo.
- Disponer de un kits de herramientas necesarias para adecuación del analizador.
- Hacer todas las conexiones adecuadamente con los respectivos instrumentos.
- Utilizar procedimientos de seguridad para minimizar riesgos.

Para el armado del analizador se realiza los siguientes procedimientos que son necesarios para su adecuación:

- Establecer los elementos que se necesita para el analizador de la calidad de la energía, módulo de corriente NI 9227, módulo de voltaje NI 9225, chasis NI cRIO 9074, fuente de poder de 24 VDC- 5 A, cable de Comunicación con el computador.
- La fuente de poder debe ser alimentada con un voltaje de entrada de 120 VCA y conectada a sus terminales correspondientes para el ingreso de corriente que tienen

la siguiente designación N (neutro) y L (línea). Cuando se realiza la conexión de la fuente tener cuidado que los cables no tengan contacto directo debido a que puede ocasionar el quemado de la fuente o un cortocircuito. Los cables deben estar en buen estado para que circule correctamente la corriente hasta alimentar a la fuente, deben estar colocados en la posición correcta de alimentación.

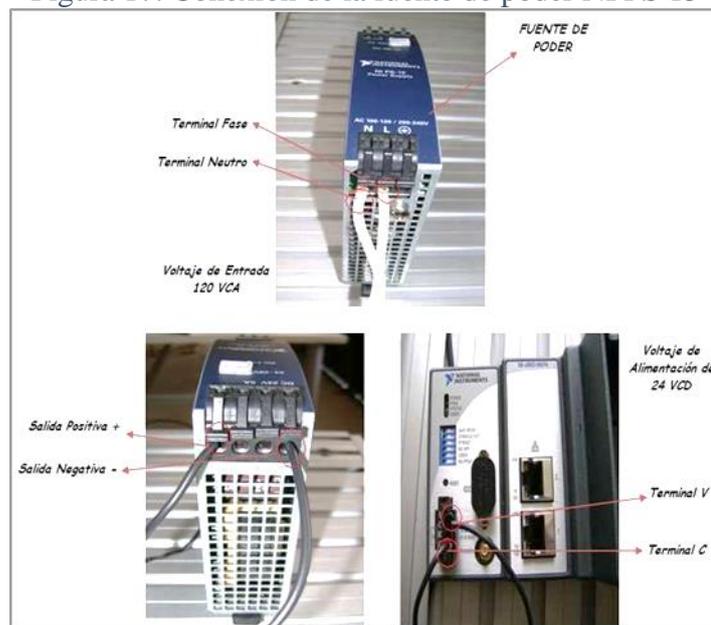
Figura 16. Elementos de la NI Crio9074



Fuente: Autores

- Las salidas de la Fuente poseen la siguiente designación VDC (corriente directa) y negativa (-) y estas salidas estarán conectadas a los bornes V y C del NI cRIO 9074 quedando alimentado con 24 VCD.

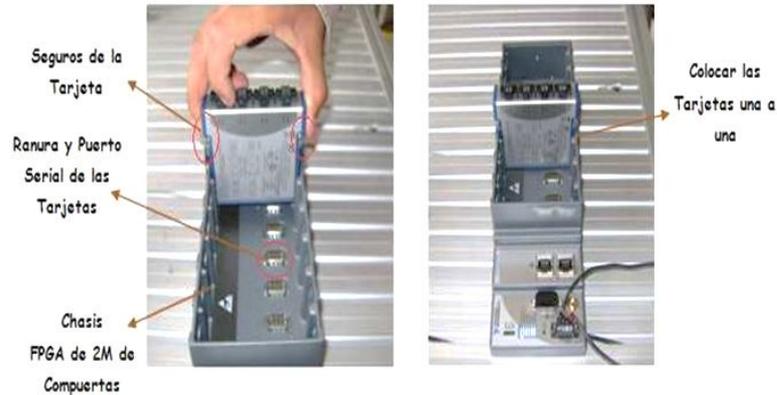
Figura 17. Conexión de la fuente de poder NI PS 15



Fuente: Autores

- Ubicar las tarjetas NI 9225 y la NI 9227 en el chasis del NI cRIO, en la posición adecuada. Es recomendable ir ubicándolos uno por uno y no todas a la misma vez.

Figura 18. Ubicación de las tarjetas



Fuente: Autores

- Una vez ubicadas las tarjetas NI 9225 y NI 9227 en el chasis del equipo NI cRIO 9074 se procede a verificar que esté alimentado con 24 VCD, para luego realizar la comunicación entre el NI cRIO y el computador, mediante un cable de red.

Figura 19. Comunicación vía red entre el NI cRIO y el computador



Fuente: Autores

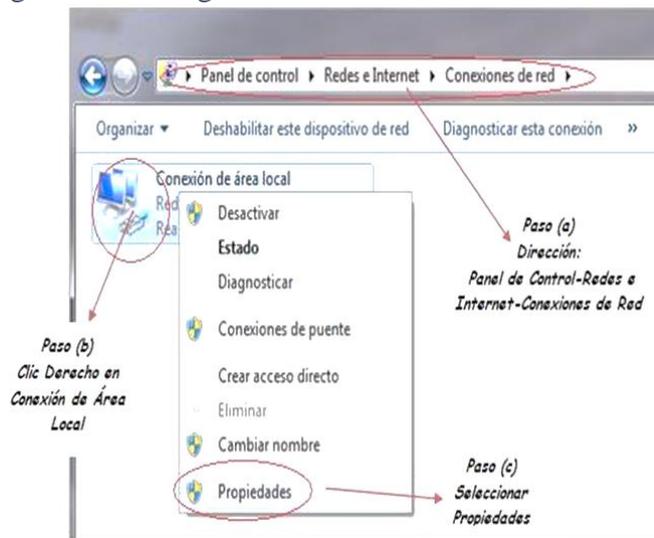
4.3 Configuración del equipo

Para conseguir un vínculo de comunicación entre las dos tarjetas, se deberá realizar toda la configuración IP, esto se lo hace con la ayuda del MAX de National Instrument para configurar con el equipo NI cRIO 9074.

Para realizar la configuración de Red del computador se debe seguir los siguientes pasos:

- Se procede a configurar el IP del computador, para que exista una comunicación con el analizador de la siguiente manera:
- Ingresas a panel de control, seleccionar la opción redes y conexiones de red.
- Clic derecho en conexión de área local.
- Seleccionar propiedades.

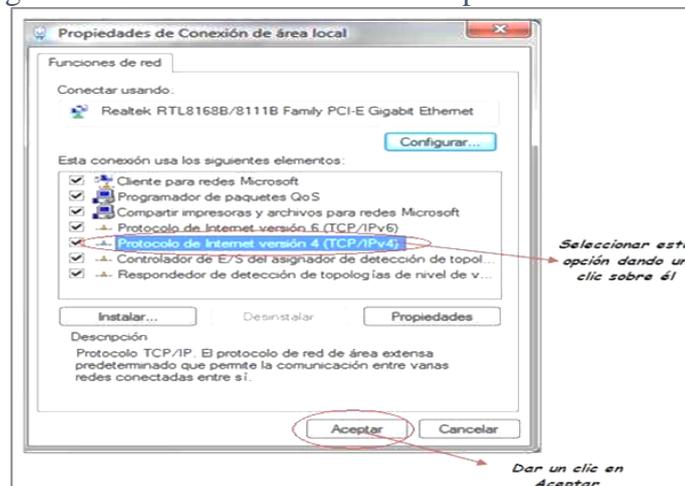
Figura 20. Configuración de la conexión del área local



Fuente: Autores

- Al abrirse la ventana de propiedades de conexión de área local tenemos las funciones de red, de estas opciones se debe seleccionar protocolo de internet versión 4 (TCP/IPv4) y dar clic en el icono Aceptar.

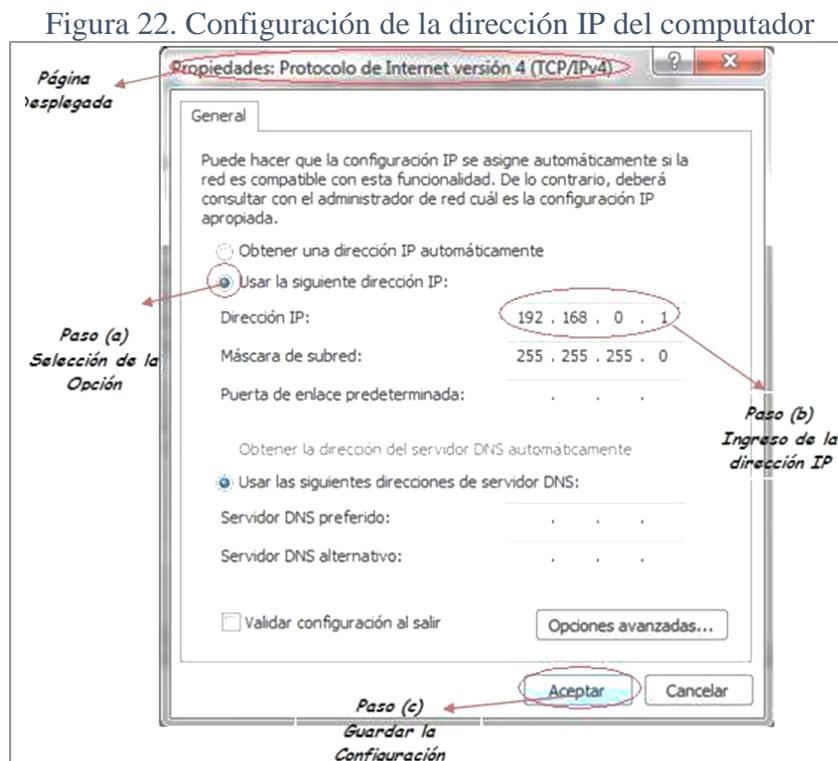
Figura 21. Selección de la versión de protocolo de internet



Fuente: Autores

- Una vez elegida la opción Protocolo de Internet se procede a realizar los siguientes pasos para la configuración del computador:
- Se elige la opción usar la siguiente dirección IP.
- Se registra la dirección IP 192. 168. 0. 1 que permitirá tener comunicación con el analizador.
- Para finalizar se da clic en la opción Aceptar y quedara guardada la configuración de la dirección IP del computador.

NOTA: dependiendo de la configuración del computador se registrara la dirección IP debido a que todos los datos serán guardados y registrados en ese equipo por lo que es necesario mantener el mismo equipo siempre conectado cuando se vaya a realizar cualquier análisis de la calidad de la energía, para no realizar nuevamente el mismo procedimiento ya mencionado anteriormente.

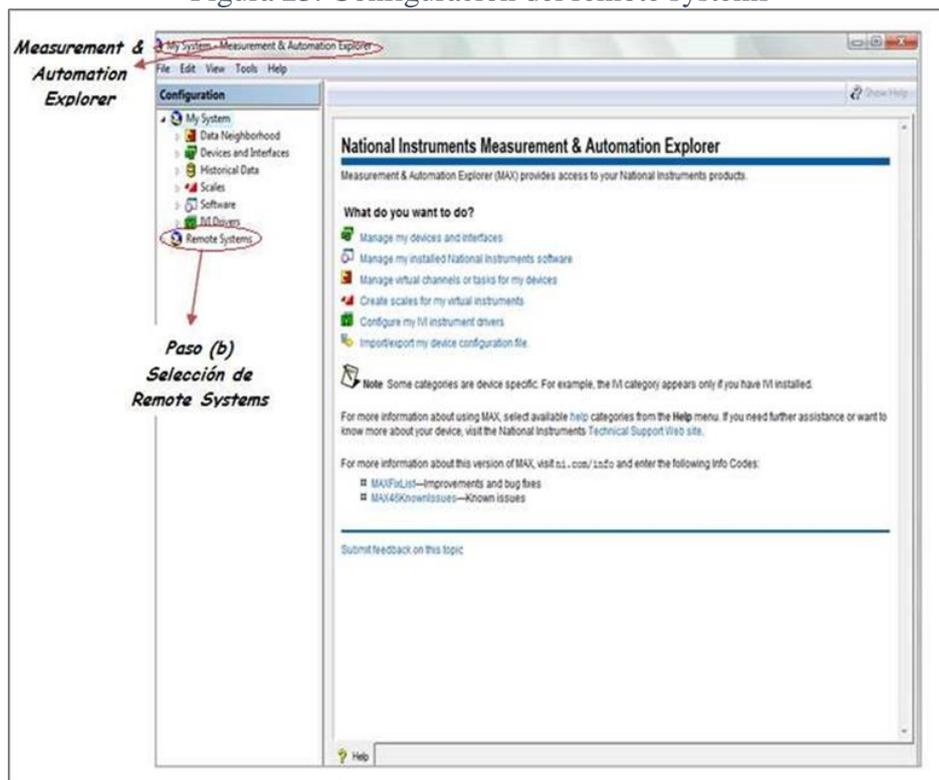


Fuente: Autores

Es indispensable que se configure cada computador a la programación, caso contrario no se produce una conexión entre la Compact-RIO y el computador.

- Una vez terminada la configuración IP del computador, se procede a configurar el IP del equipo NI cRIO 9074 mediante el Measurement & Automation de la National Instrument:
- Buscar la carpeta Measurement & Automation de la National Instrument.
- Observar que todos los elementos se encuentren conectados mediante el cable de red que comunica el computador y el analizador, luego nos ubicamos en Measurement que se encuentra dentro del icono Remote Systems.
- En Remote Systems se apreciara un icono con el nombre NI 9074 donde se elegirá aquella opción NI cRIO 9074-014946EA.

Figura 23. Configuración del remote systems



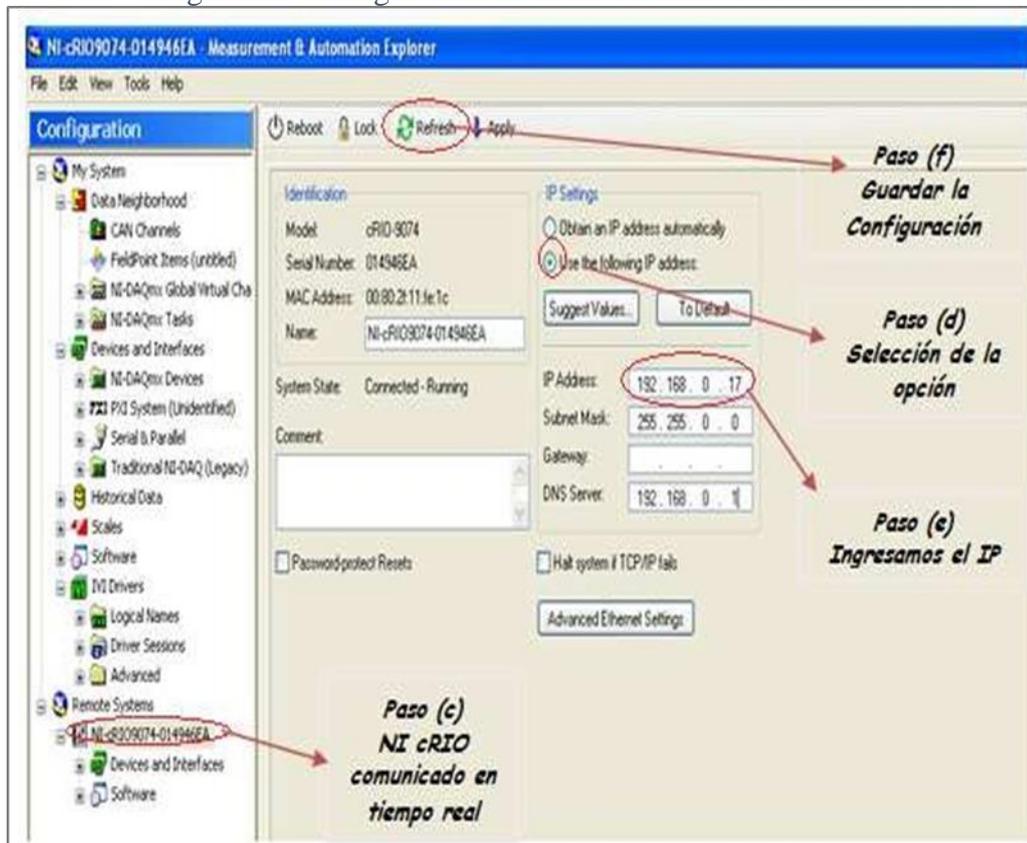
Fuente: Autores

- Seleccionar la opción usar la siguiente dirección IP, con un clic, si fuese necesario, en caso de ser otro computador se debe configuración su dirección IP.
- Se debe ingresar la dirección IP del analizador que es casi similar a la del computador y se digitara la siguiente serie 192 .168. 0. 17 creando así un enlace de

comunicación entre los dos equipos.

- Para terminar se debe dar un clic en Refresh para guardar la configuración realizada.

Figura 24. Configuración de la dirección IP del NI cRIO



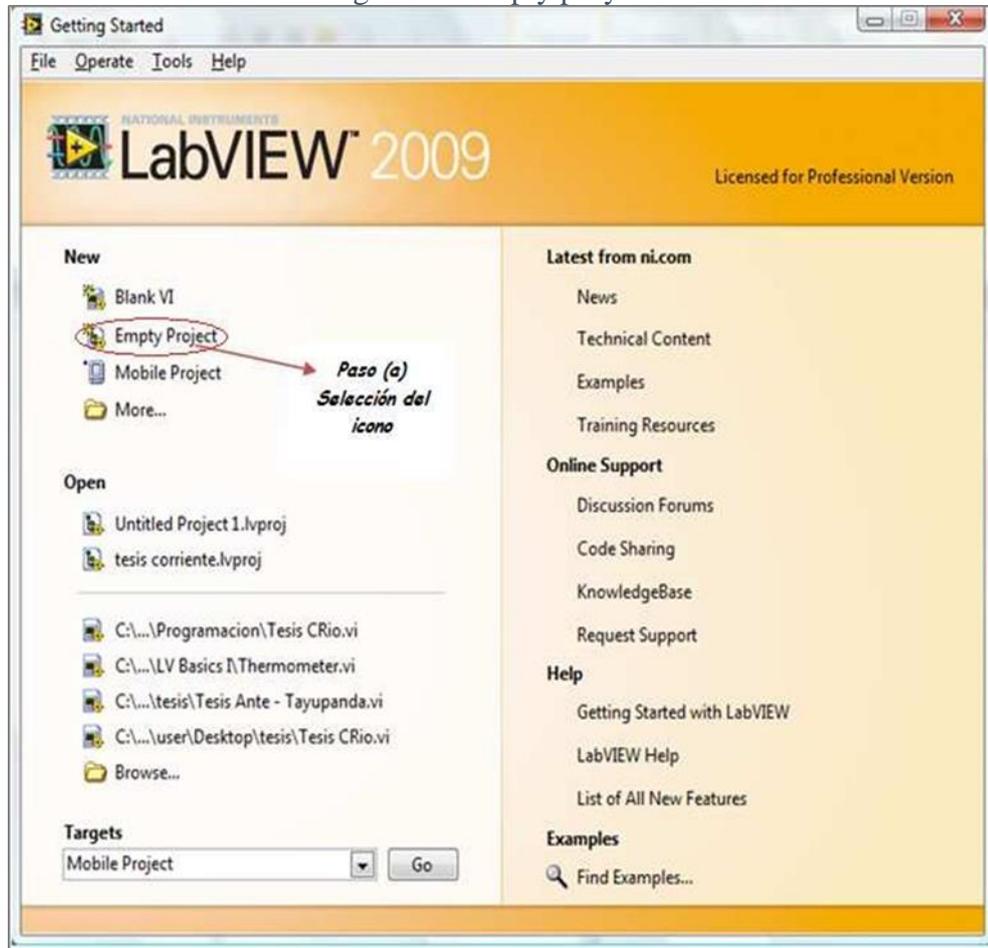
Fuente: Autores

4.4 Pasos para la configuración de tarjetas

- Se debe buscar una carpeta con el nombre de National Instruments, luego abrir el software de LabVIEW, una vez abierto se selecciona el icono Empty Project y dar clic sobre él desplegándose inmediatamente una ventana llamada Project Explorer.
- El Empty Project es una ventana que nos permite reconocer al equipo y trabajar en tiempo real con cada una de las tarjetas del Compact-RIO, es de gran ayuda en tiempo real todas las tarjetas que se encuentren conectadas son detectadas y se las puede configurar en caso de ser necesario. Cada tarjeta tiene una configuración

diferente, antes de realizar cualquier cambio consultar las características de la tarjeta.

Figura 25. Empty project

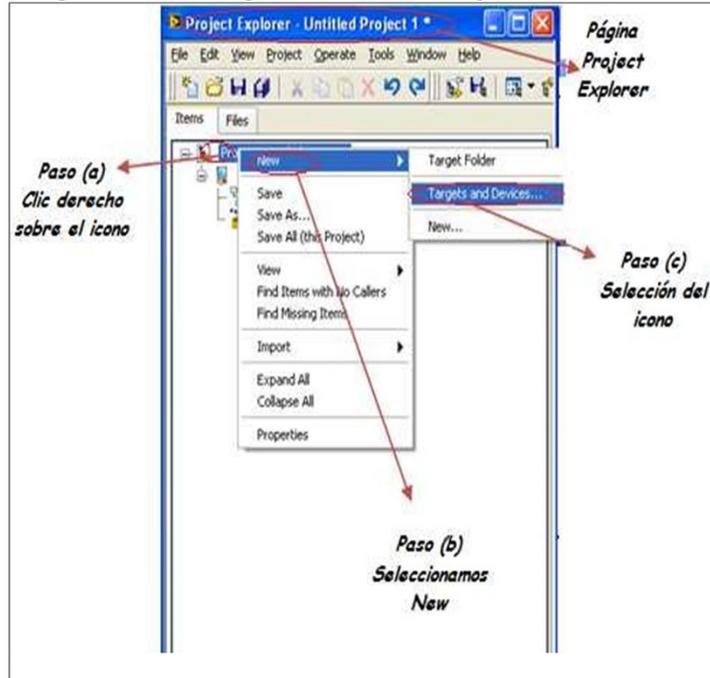


Fuente: Autores

Abierta la ventana del project explorer se procede a:

- Se selecciona la opción project: untitled project 1, clic derecho sobre el icono.
- Desplegado el menú ubicamos el puntero en la opción New.
- Después de haber seleccionado la opción New, se escoge Targets and Devices y se dará un clic sobre la opción seleccionada. Es necesario seguir todos estos pasos para configurar y lograr trabajar con la Compact-RIO que se dispone, caso contrario no se habilita la cRIO y no se produce una comunicación con el computador para empezar a hacer correr la programación.

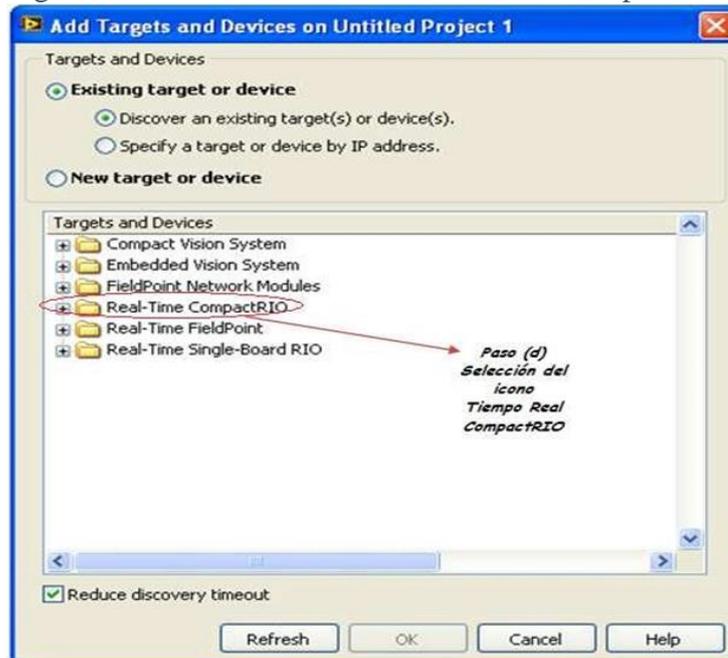
Figura 26. Configuración de las tarjetas del NI Crio



Fuente: Autores

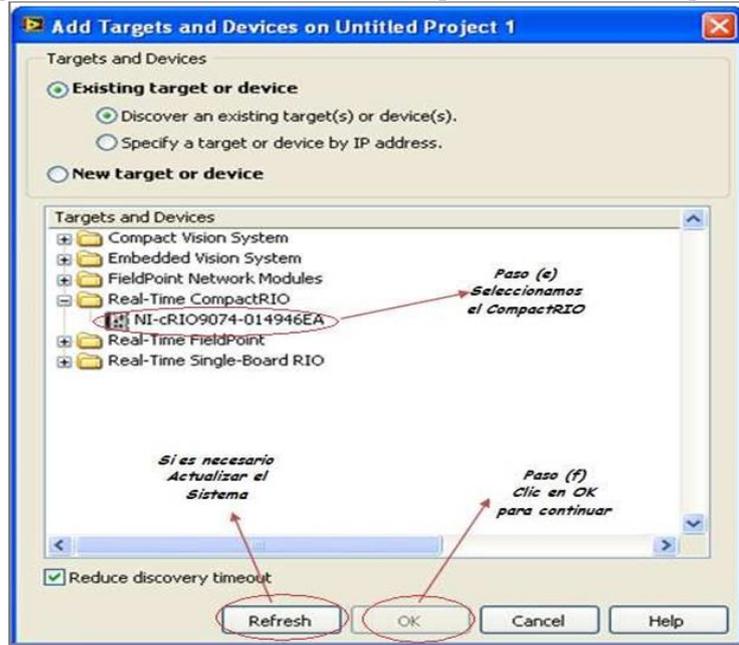
- Rápidamente asomara una ventana con el nombre de Add Targets and Devices, donde se escoge la carpeta Real-Time Compact-RIO.
- Cuando se selecciona la carpeta Real-Time Compact-RIO, aparecerá el equipo NI-cRIO 9074, dar clic en el nombre del equipo.

Figura 27. Reconocimiento del Real-Time Compact-RIO



Fuente: Autores

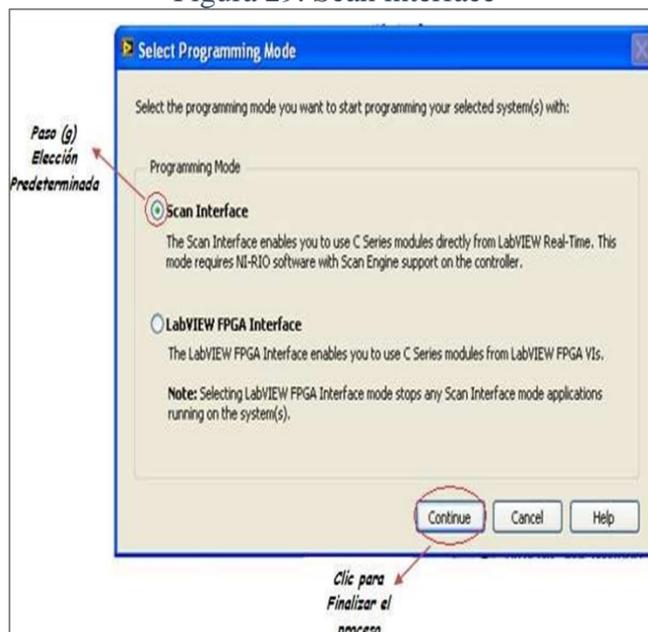
Figura 28. Reconocimiento del Compact RIO en el computador



Fuente: Autores

- Una vez realizado todos los pasos se procede a dar clic en ok para continuar el reconocimiento del analizador en la computadora.
- Aparece una nueva ventana donde se debe seleccionar la opción Scan Interface y a continuación dar clic en Continue, esperar unos segundos para verificar si fue escaneado el analizador.

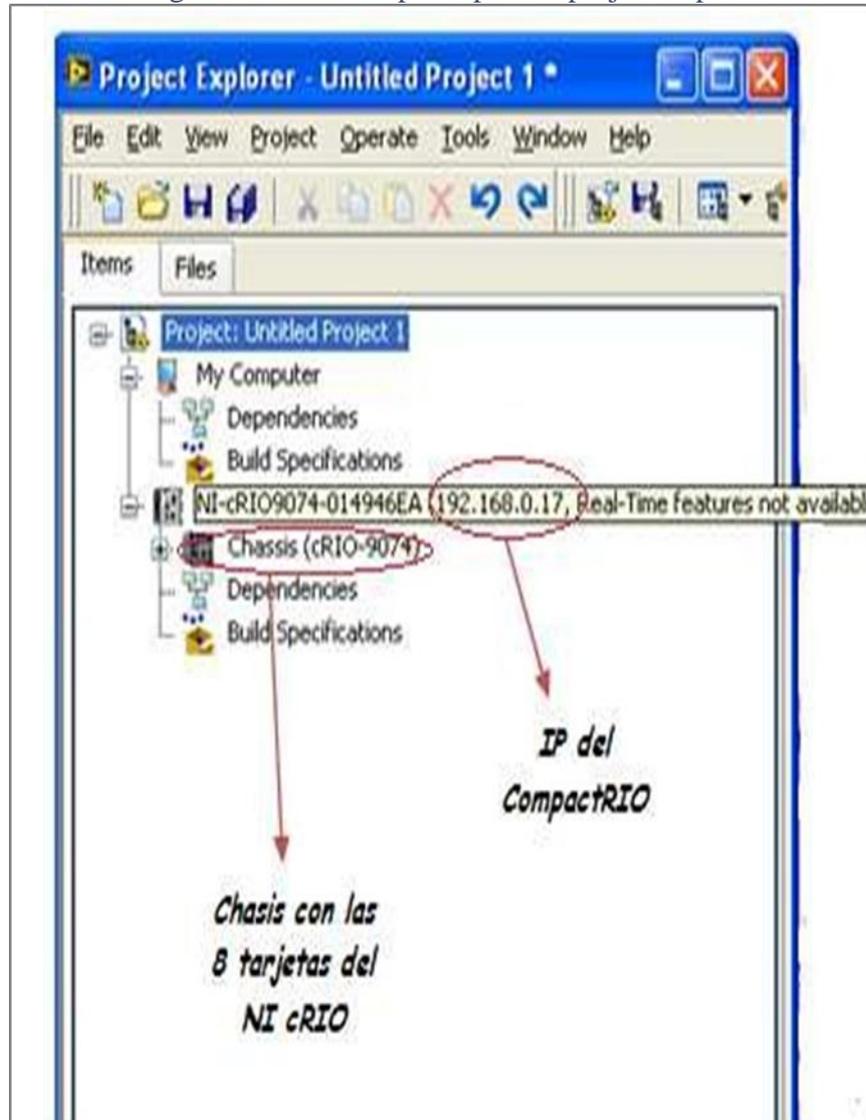
Figura 29. Scan interface



Fuente: Software LabVIEW

- Luego de haberse producido el reconocimiento del cRIO en el computador, se desglosará una ventana del Project Explorer con una carpeta del cRIO NI-cRIO9074, en esta opción indica todas las tarjetas que se encuentran colocadas en el chasis.

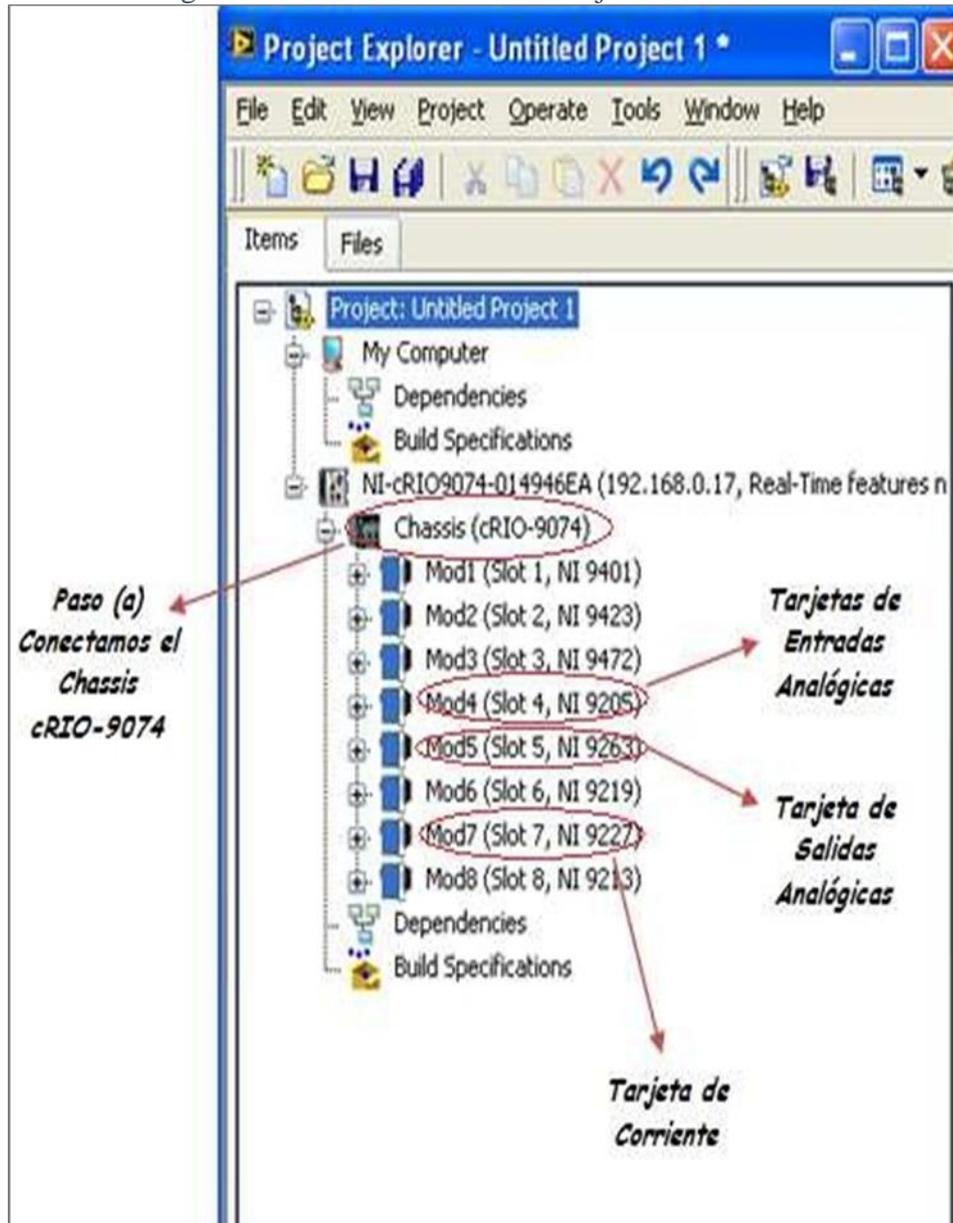
Figura 30. Ventana principal del project explorer



Fuente: Autores

- Dar clic derecho en el Chassis (cRIO-9074) y se seleccionara el icono Connect, para que el equipo este funcionamiento.
- Seleccionar la carpeta chasis NI 9074, y dar clic en la tarjeta de corriente NI 9227.
- Una vez desplegada las opciones se selecciona la tarjeta de voltaje NI 9225.

Figura 31. Identificación de las tarjetas del NI cRIO

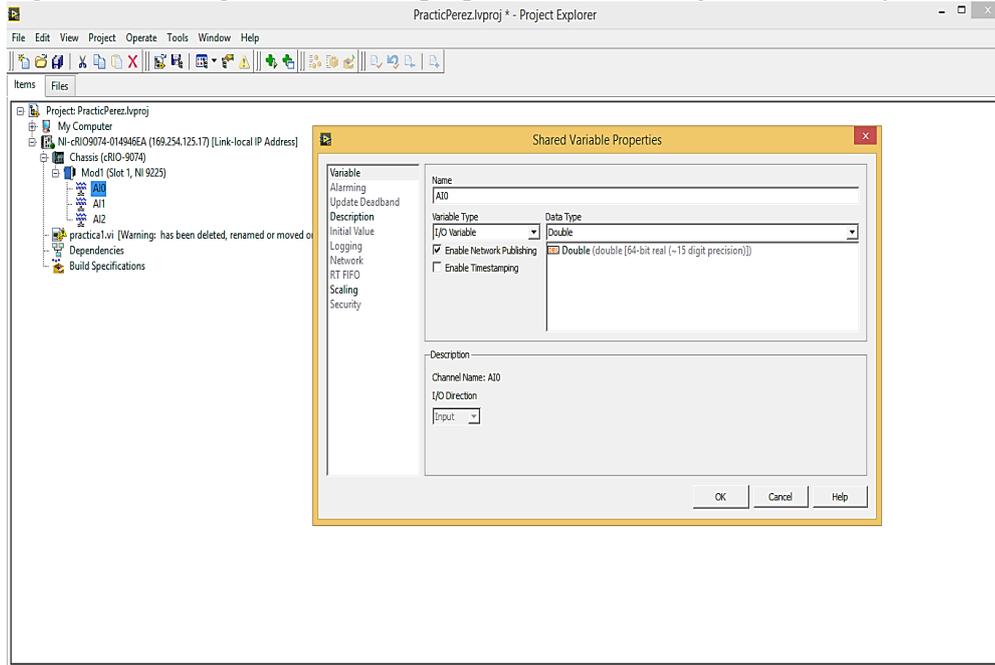


Fuente: Autores

- Puesto en funcionamiento la Crio 9074 se procede a configurar las tarjetas dando un clic derecho en cada una de ellas escogiendo la opción propiedades.

La tarjeta referente a Corriente y de voltaje la **NI 9227**, **NI 9225** las cuales vienen con una configuración predeterminada, es decir no se las puede modificar, cada tarjeta posee características diferentes de acuerdo a la función que es adquirida, estas tarjetas son indispensables para la adquisición de señales, además se alcanza a tener otras variables adicionales a las normales para visualizar de mejor manera las variaciones en la corriente eléctrica.

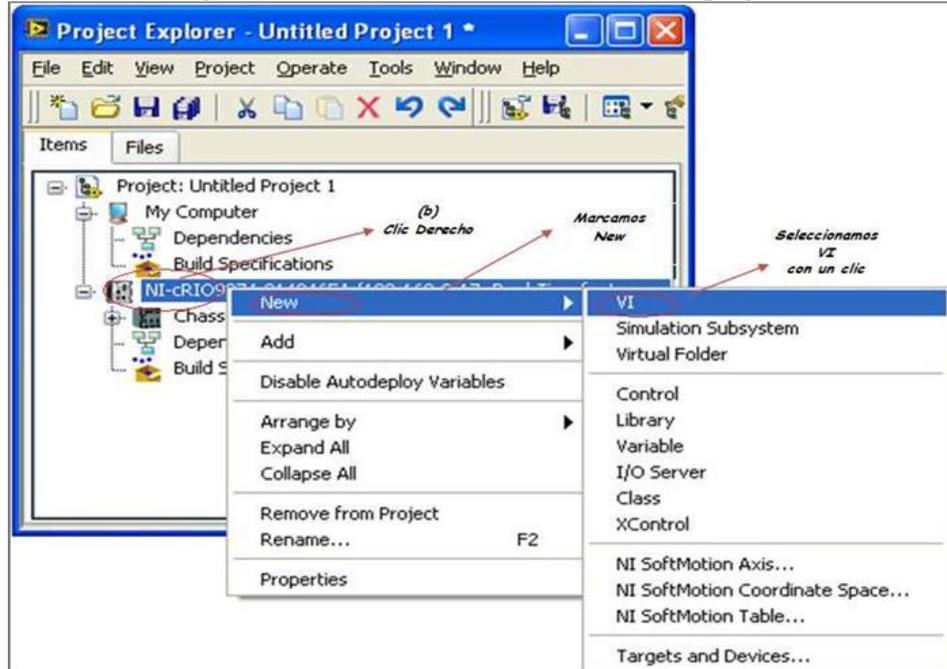
Figura 32. Configuración de las propiedades de las tarjetas NI 9225 y NI 9227



Fuente: Autores

- Para trabajar en tiempo real se utiliza el Empty Project o Project Explorer con el Compact-RIO, ubicar la programación dentro de la función del Empty Project, para que exista algún tipo de cambio se ingresa por esta ruta.
- Para que el chasis trabaje en tiempo real es necesario dar clic derecho en cRIO y escoger la opción connect en ese momento la tarjeta se enlaza con el computador para ser detectado y programado dependiendo de la función que se desee que cumpla.
- Se ingresa a LabVIEW por medio del Project Explorer, luego al icono NI-cRIO9074-014946EA dar clic derecho y seleccionar la opción New y por ultimo dar clic izquierdo en VI, se abre el Diagrama de Bloques y el Panel Frontal en blanco.
- Tener en cuenta que para poder trabajar en tiempo real no se debe dejar de verificar que la Compact-RIO este encendida y conectada, además el computador debe estar configurado a la cRIO para tener interconexión y transferencia de datos, el cable debe estar en perfectas condiciones de funcionamiento, no debe estar con abolladuras.

Figura 33. Selección de un VI dentro del project



Fuente: Autores

NOTA: Cuando el equipo se encuentra conectado en tiempo real se puede verificar si se encuentra trabajando correctamente el equipo.

4.5 Elaboración del programa

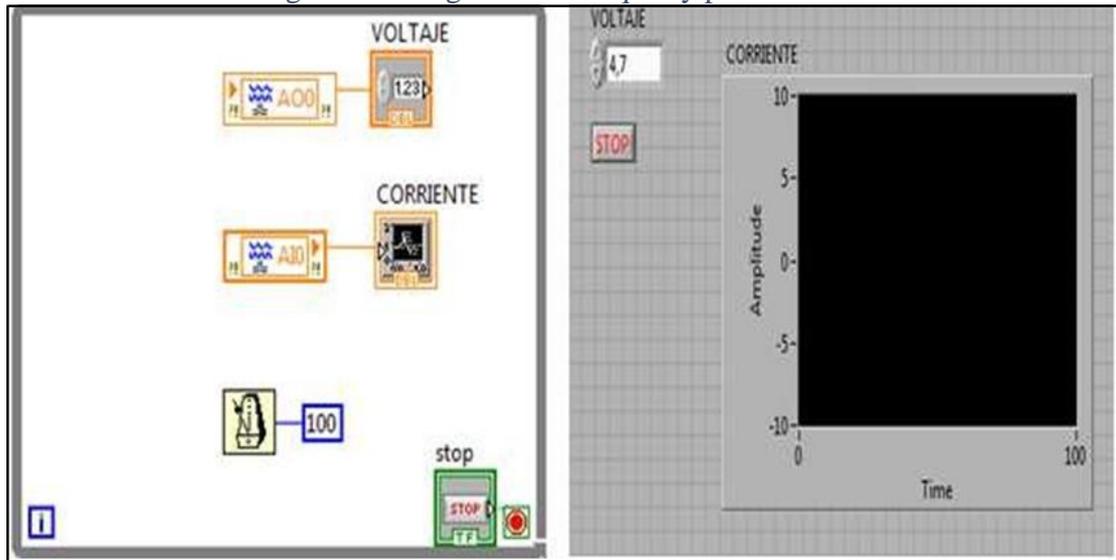
Antes de realizar las pruebas de funcionamiento se debe verificar que todo se encuentre en correcto orden y conexión para que no existan interrupciones al momento de realizar el análisis.

- Se elabora un nuevo VI desde el Project Explorer:
- Se elabora un nuevo VI para poder realizar las pruebas correspondientes y se obtenga todos los datos necesarios al momento de realizar todo el análisis correspondiente.

4.5.1 Programación del analizador para voltaje y corriente. Para la elaboración del programa se habilita el diagrama de bloques y el panel frontal para luego proceder a establecer todas las herramientas que se vayan a utilizar para la programación.

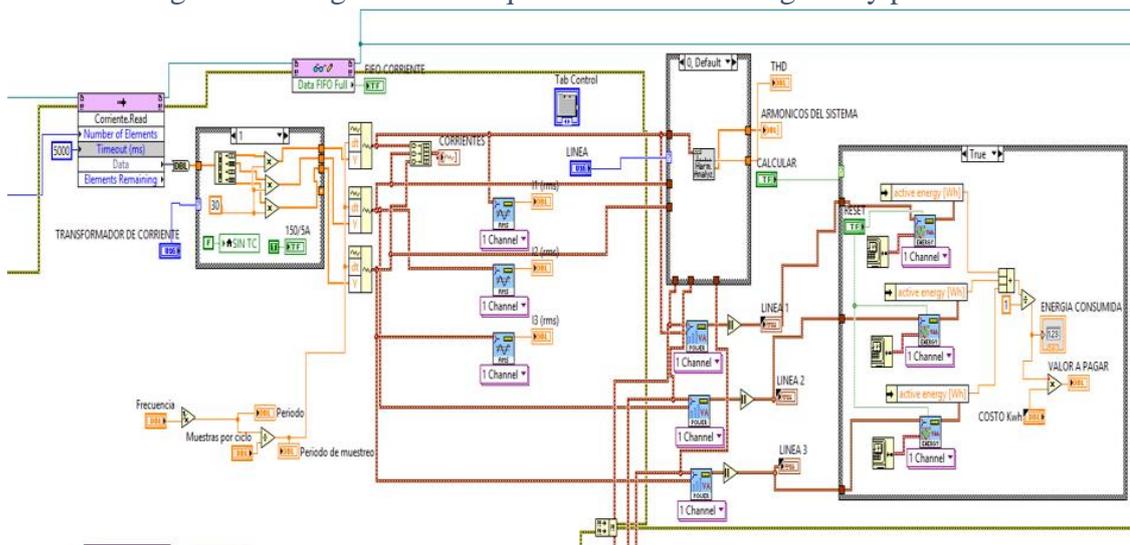
A continuación se presenta la programación básica de voltaje y de corriente.

Figura 34. Diagrama de bloques y panel frontal



Fuente: Programa de medición de voltaje y corriente

Figura 35. Diagrama de bloque del consumo energético y potencias

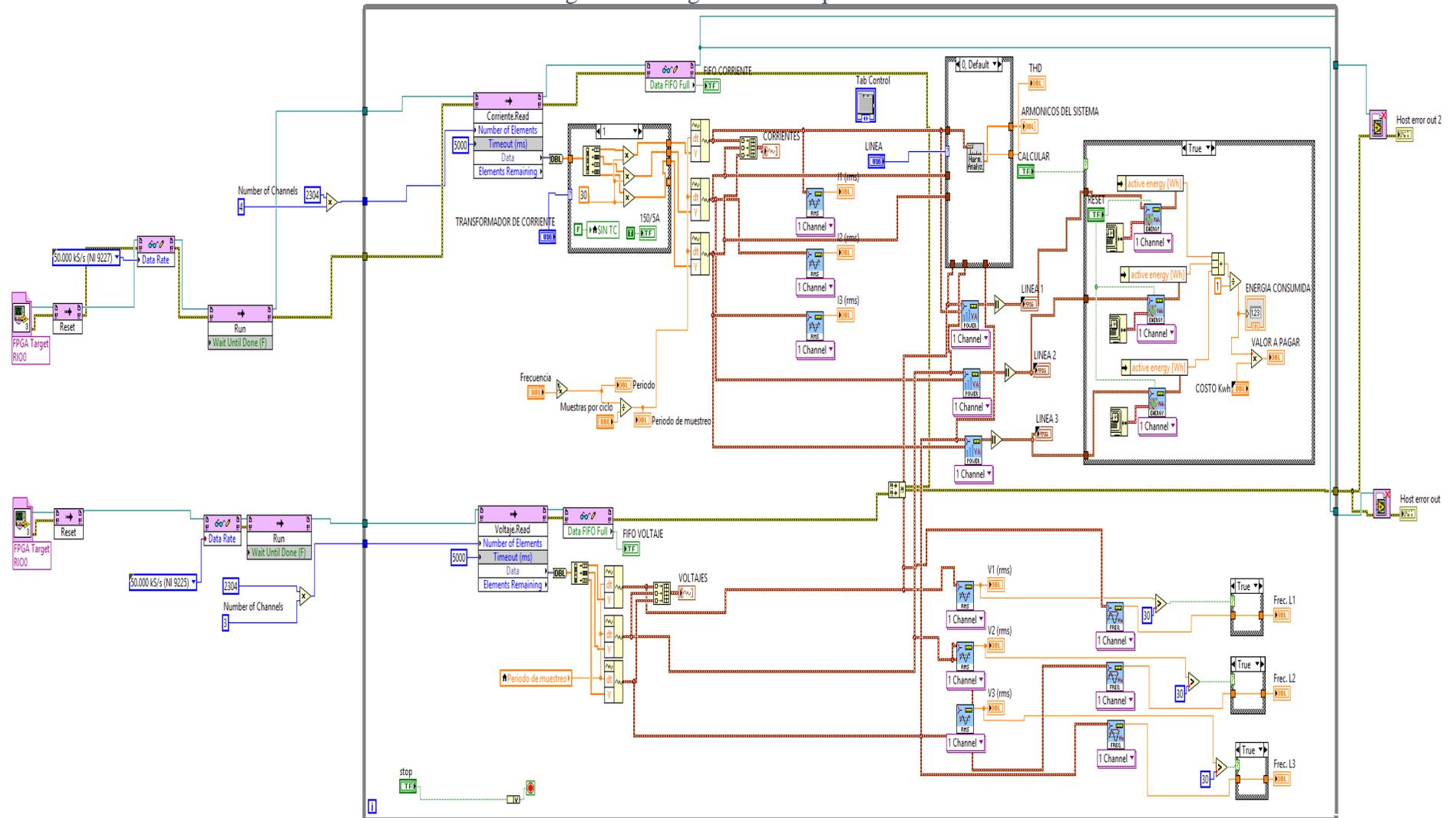


Fuente: Autores

Una vez culminadas todas las partes básicas del programa se procede a la conjunción de las mismas gracias a las diversas herramientas operacionales que ofrece el software. Dando como resultado el siguiente diagrama de bloque perteneciente a este proyecto.

En la siguiente figura se muestra la interacción de los operadores lógicos dentro del diagrama de bloques de la programación del analizador. Cada diagrama tanto el frontal como el de bloques se encuentran enlazados para la adquisición de señales, para luego ser analizados y dar como resultados un valor analógico de la variable eléctrica medida, por lo tanto se presenta sus resultados finales.

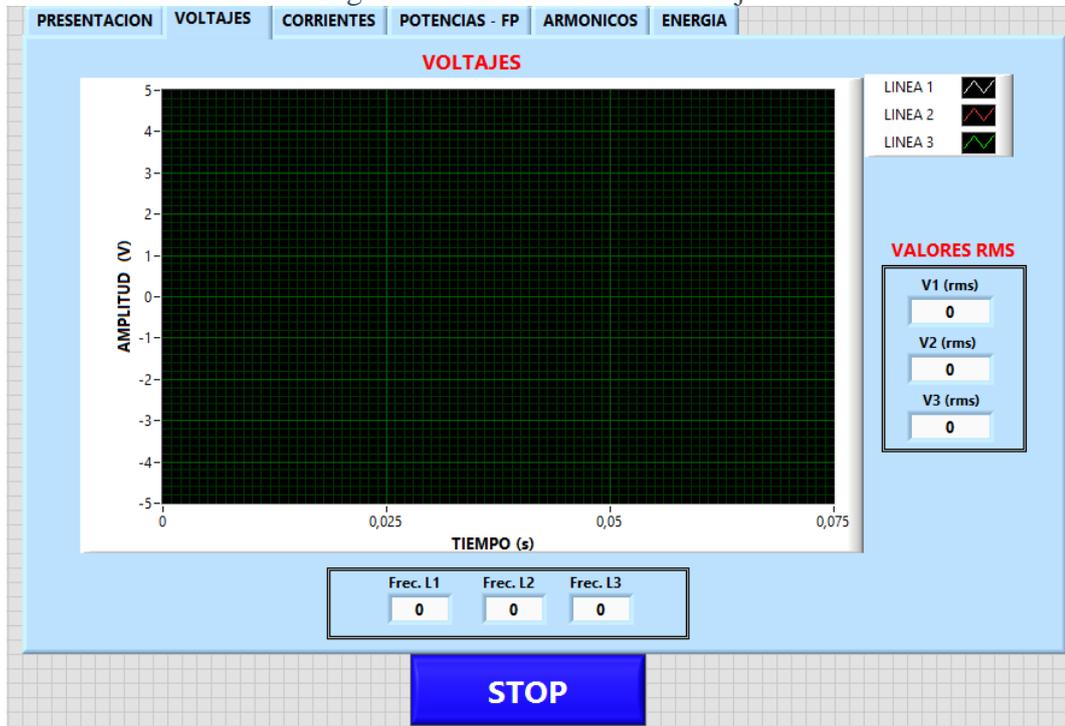
Figura 36. Diagrama de bloque



Fuente: Autores

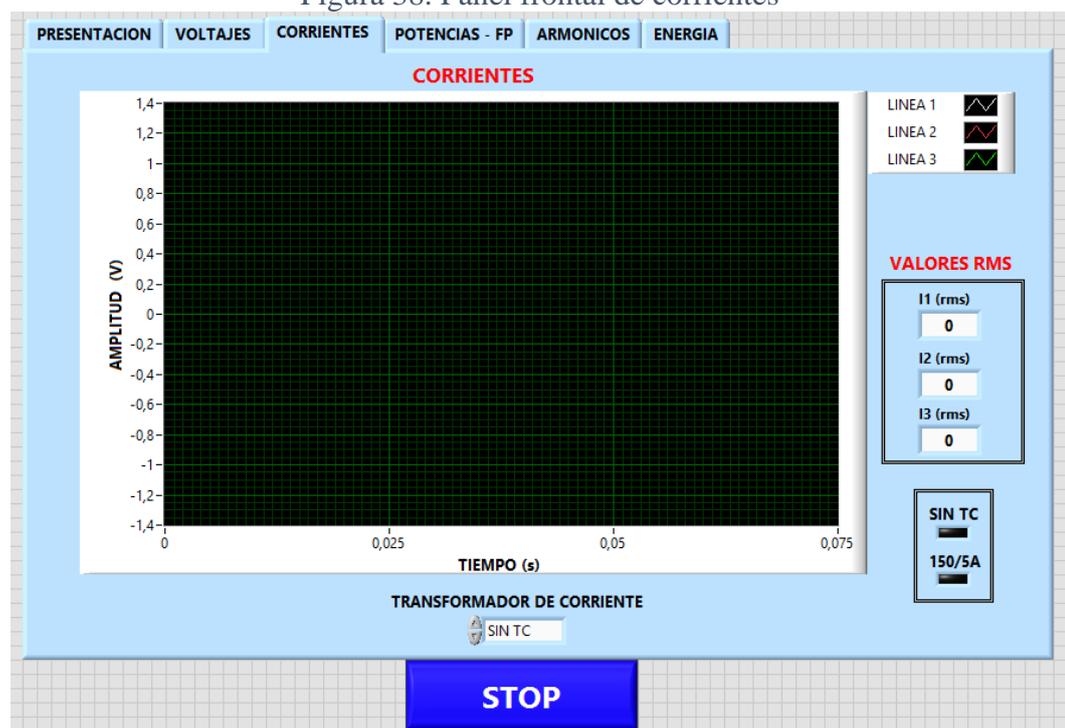
Este diagrama de bloque da el funcionamiento adecuado del programa y permite obtener las diversas propiedades eléctricas que ayudarán a entender si un proceso está consumiendo energía de forma eficiente.

Figura 37. Panel frontal de voltaje



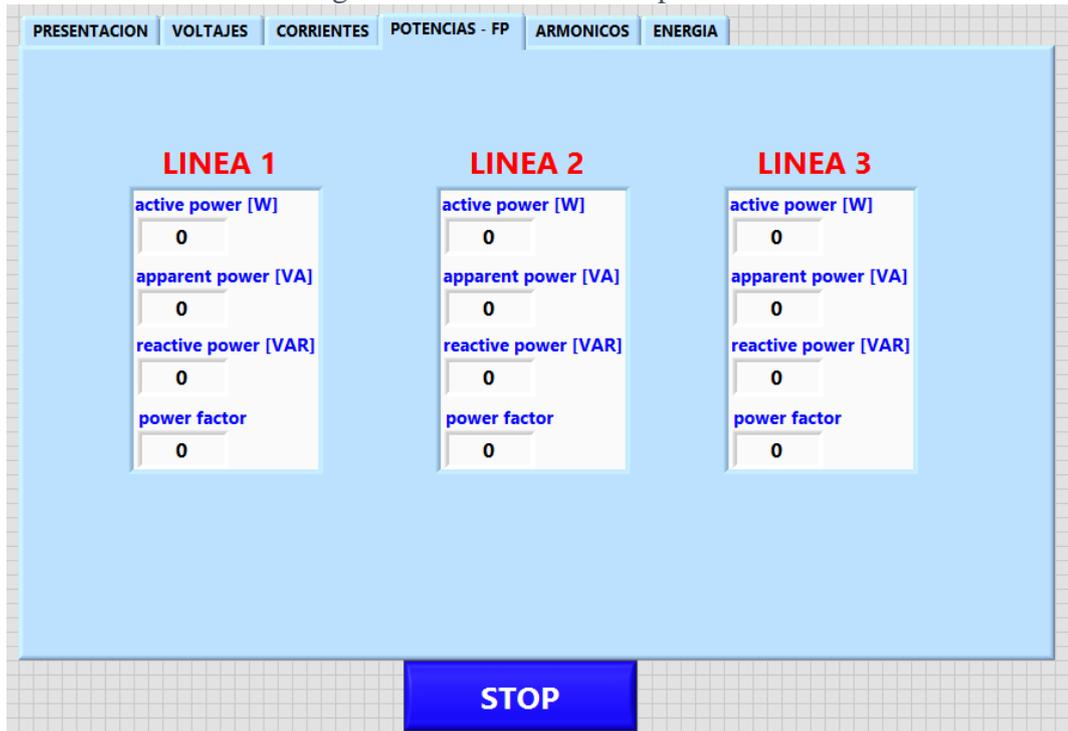
Fuente: Autores

Figura 38. Panel frontal de corrientes



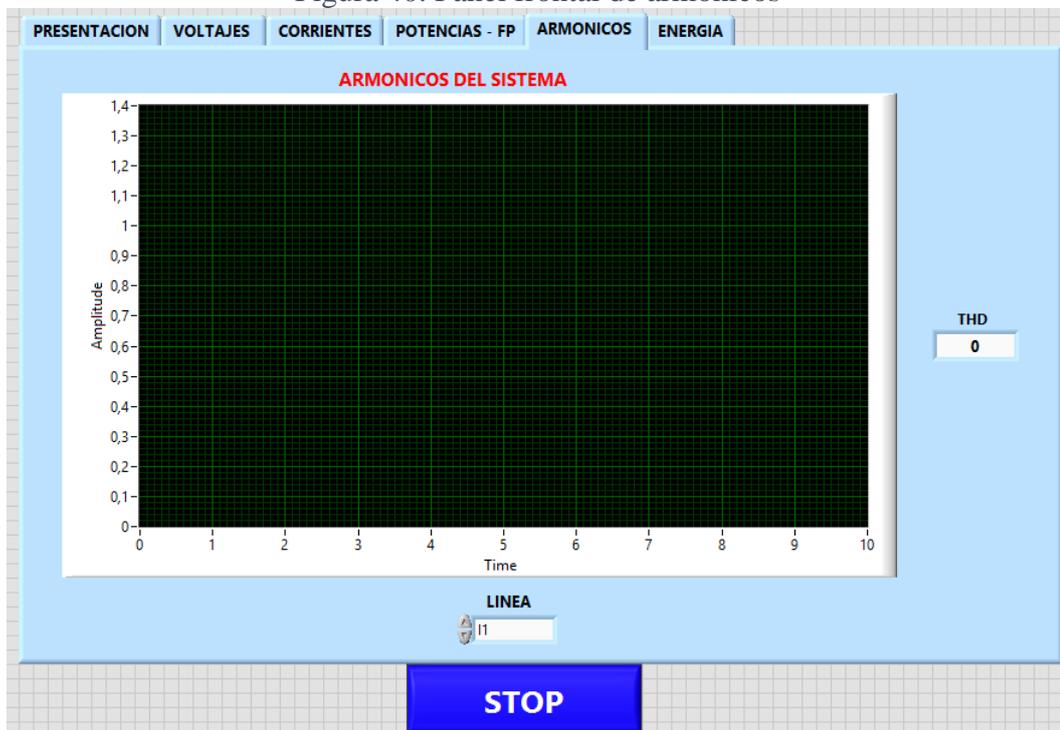
Fuente: Autores

Figura 39. Panel frontal de potencias



Fuente: Autores

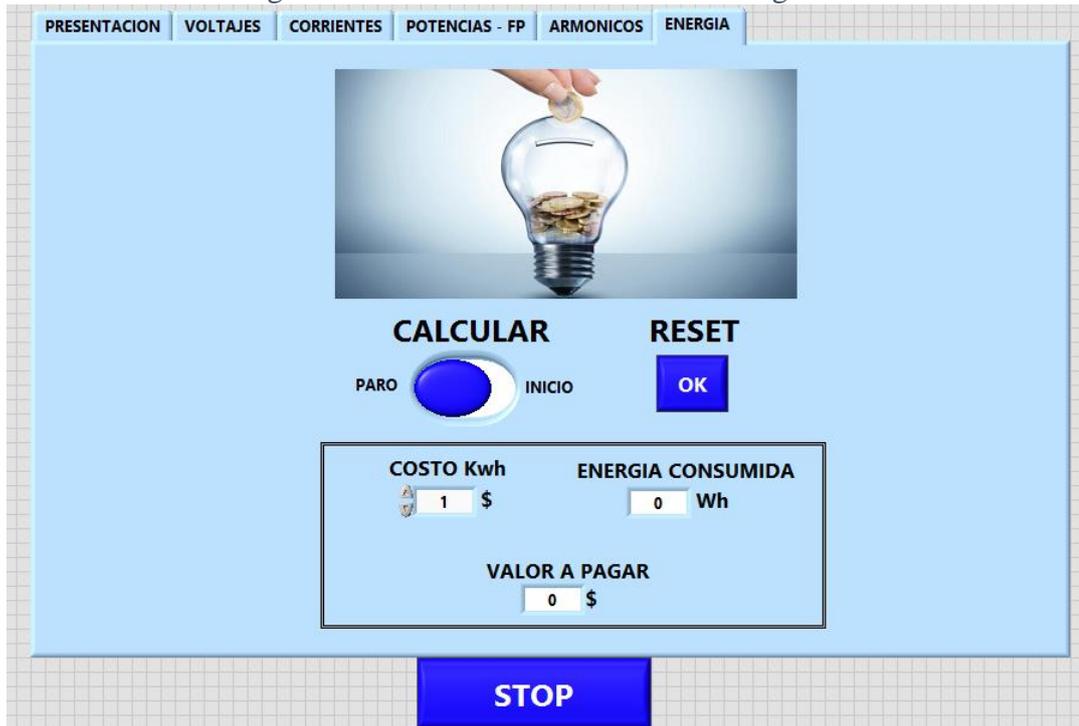
Figura 40. Panel frontal de armónicos



Fuente: Autores

Cada panel muestra las diversas características eléctricas que presenta una red al momento de encender un consumidor, cada una de estas cuentan con su respectivo diagrama de bloque.

Figura 41. Panel frontal de consumo energético



Fuente: Autores

Los datos obtenidos en estos diversos paneles frontales permitirán una mejor comprensión del estado de consumo, potencias, voltajes, corrientes y armónicos presentes en una red eléctrica, sea en una industria, un hogar, etc. Facilitando al usuario la comprensión de la eficiencia energética dentro de su industria u hogar.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Las variables eléctricas primordiales para la comprensión de la eficiencia energética son: voltaje, corriente, potencia, armónicos y consumo. Estas variables están presentes dentro del laboratorio de control y manipulación automática de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la ESPOCH, así como también en una industria u hogar.

Entre los dispositivos elementos y componentes principales para la elaboración de dicho analizador tenemos: tarjetas electrónicas de volteje y corriente, Compact-RIO, fuente de alimentación, transformadores de corriente, conductores, base de aluminio, todo esto seleccionado bajo normativa eléctrica y electrónica para la debida seguridad en el laboratorio al momento de su respectiva utilización.

El analizador de eficiencia energética se la realizó a través del lenguaje de programación de bloques, es un lenguaje práctico y concreto fácil de entender y manipular.

Por medio de los diversos consumidores en las redes de laboratorio y domésticas se determinaron las diferentes características eléctricas que conjugan a la eficiencia energética denotando varias soluciones para cualquier anomalía registrada dentro del programa.

5.2 Recomendaciones

El usuario sea natural o estudiante debe contar los conocimientos suficientes en el tema, para lograr manipular el programa, caso contrario leer detenidamente los manuales adjuntos en este proyecto, evitando así cualquier posible daño grave en los dispositivos electrónicos.

El usuario o estudiante debe ser responsable con el manejo del módulo al conectar los diversos cables de forma segura y adecuada, paso a paso según los diversos manuales.

Las guías son una base de lo que se puede analizar para las diversas prácticas en el laboratorio, sin embargo pueden ser modificadas por el docente o los estudiantes con la finalidad de ampliar el campo de utilización del módulo.

El manual de mantenimiento especifica las diversas actividades a realizar para mantener la vida útil de los dispositivos, teniendo en cuenta que al ser electrónicos solo se puede inspeccionar y limpiar, pero en caso de modificar el diseño del módulo, también se debe modificar el plan de mantenimiento, usuario y seguridad.

BIBLIOGRAFÍA

- ÅSTROM, J. KARL.** *Control PID Avanzado*. Madrid: Prentice Hall, 2009. pág. 501.
- BARCÓN, S; et al,** *Calidad de la Energía. Factor de potencia y filtrado de armónicas*. México: McGRAW-HILL, 2012. pág 978.
- BISHOP, R. DORF, R.** *Modern Control System*. 9ª ed. New Jersey : Prentice Hall, 2010. pág. 1082.
- OLTON, W.** *Ingeniería de Control*. 2ª Ed. México: Alfaomega Grupo Editor, 2001. pág. 411.
- CARTA GONZÁLEZ & JOSÉ ANTONIO.** *Centrales de energías renovables: generación eléctrica con energías renovables*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S.A, 2013. pág 978.
- COCERA, A. RODRIGUEZ, J.** *Desarrollo de Sistemas Secuenciales*. Madrid : Ediciones Paraninfo S.A, 2000. pág. 208.
- CREAU ANTONIO.** *Instrumentación Industrial*. 8ª ed. México : Alfaomega Grupo Editor, 2010. pág. 792.
- DORANTES, D.** *Automatización y control: prácticas y laboratorio*. 2ª ed. México : McGraw-Hill, 2004. pág. 268.
- EDUCA ENDESA.** Transmisión eléctrica [En línea]. [Consulta: 15 de 05 de 2016]. Disponible en: http://www.endesaeduca.com/Endesa_educarecursos-interactivos/el-transporte-de-electricidad/xv.-la-red-electrica.
- GONZÁLEZ, C.** *Centrales de energías renovables: generación eléctrica con energías renovables*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S.A., 2013. pág 978.
- GUNTER G, SEIP.** *Instalaciones Eléctricas: abastecimiento y distribución de energía*. Berlin; Munich : Siemens-Aktiengesellschaft, 1989. pág 578.
- HERNÁNDEZ, RICARDO.** *Introducción a los Sistemas de Control*. 2ª ed. México: Pearson Educación, 2010. pág. 528.
- INSTRUMENTS, NATIONAL.** *National Instruments Corporation Web site* [En línea]. [Consultado: 17 de 05 de 2016]. Disponible en: <http://www.ni.com/es-cr.html>.
- LAJARA VIZCAÍNO.** *LabVIEW. Entorno gráfico de programación*. España : Alfaomega, Agosto 2007. pág 970.
- MALONEY & TIMOTHY J.** *Electrónica Industrial Moderna*. 5ª ed. México : Tipografía Barsa S.A, 1993. pág. 586.
- MANDADO ENRIQUE.** *Autómatas Programables: entorno y aplicaciones*. 2ª ed. Madrid: Editorial Paraninfo, 2011. pág 670.
- MARTÍNEZ UCEDA.** *Guía básica de calderas industriales eficientes*. México: Hall, 2000. pág 890.
- J. ROMERA.** *Automatización Problemas Resueltos con Autómatas Programables*. 2ª ed. España : Editorial Paraninfo, 1994. pág. 302.

PÉREZ JIMÉNEZ. *Cómo ser un buen profesional eléctrico. Metodología del mantenimiento eléctrico y solución de averías.* Madrid: Ra-Ma, 2010. pág 946.

PIEDRAFITA RAMÓN. *Ingeniería de la Automatización Industrial.* 3ª ed. Madrid: RA - MA, 2004. pág. 712.

RODRÍGUEZ AQUILINO. *Sistemas SCADA - Guía Práctica.* España: Marcombo, 2007. pág. 256.

ROMERAL, J. *Autómatas Programables.* España: Marcombo S.A., 1997. pág. 456.

SÁNCHEZ & JOSÉ ACEDO. *Control Avanzado de Procesos: Teoría y Práctica.* Madrid: Editorial Diaz de Santos S.A., 2003. pág. 579.

VV.AA. *Ingeniería de los procesos aplicada a la industria.* México: Acribia Editorial, 2005. pág. 202.

