



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO
DIDÁCTICO DE ADQUISICIÓN DE DATOS DEL SISTEMA DE
ENTRENAMIENTO ELECTROMECAÁNICO PARA EL
LABORATORIO DE CONTROL ELÉCTRICO DE LA ESPE
LATACUNGA**

AUTORES: BYRON EDUARDO CHACÓN QUISTAN

EDISON JAVIER VELASCO TONATO

DIRECTOR: ING. WASHINGTON FREIRE

LATACUNGA

2018



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE ADQUISICIÓN DE DATOS DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO ELECTROMECAÁNICO PARA EL LABORATORIO DE CONTROL ELÉCTRICO DE LA ESPE LATACUNGA**” realizado por los señores **BYRON EDUARDO CHACÓN QUISTAN, EDISON JAVIER VELASCO TONATO**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señores **BYRON EDUARDO CHACÓN QUISTAN, EDISON JAVIER VELASCO TONATO** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 19 de febrero del 2018

ING. WASHINGTON RODRIGO FREIRE LLERENA

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, los señores **BYRON EDUARDO CHACÓN QUISTAN, EDISON JAVIER VELASCO TONATO** con cédula de identidad N° 1803724788 y 0503359259, declaramos que este trabajo de titulación “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE ADQUISIÓN DE DATOS DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO ELECTROMECAÁNICO PARA EL LABORATORIO DE CONTROL ELÉCTRICO DE LA ESPE LATACUNGA**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 19 de febrero del 2018

BYRON EDUARDO CHACON QUISTAN

C.C.:1803724788

EDISON JAVIER VELASCO TONATO

C.C.:0503359259



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

AUTORIZACIÓN

Nosotros, la señorita **BYRON EDUARDO CHACÓN QUISTAN, EDISON JAVIER VELASCO TONATO**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en el repositorio institucional el trabajo de titulación **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE ADQUISICIÓN DE DATOS DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO ELECTROMECAÁNICO PARA EL LABORATORIO DE CONTROL ELÉCTRICO DE LA ESPE LATACUNGA”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 19 de febrero del 2018

BYRON EDUARDO CHACON QUISTAN

C.C.:1803724788

EDISON JAVIER VELASCO TONATO

C.C.:0503359259

DEDICATORIA

A mis padres Byron y Eulalia que con su apoyo incondicional supieron entender las dificultades de mí día a día. Gracias por nunca dejarme solo.

A mi compañera de vida Bertha y mi hijo Logan por entender las noches que no pude pasar con ellos por realizar mi sueño ya que gracias a ellos hoy se ha vuelto realidad y son parte de él. Iremos por nuevas metas juntos

BYRON

A mis padres Fanny y Javier, por haberme dado la vida y apoyarme incondicionalmente, porque me han dado todo lo que soy, inculcarme valores y principios que me formaron como persona, y darme todo el coraje para sobre salir, que pesar de todos los problemas que trae la vida saberse levantar y que en la distancia de mi padre me ha enseñado que los sueños se construye con sacrificio y que la familia es lo más importante, a mi madre que ha tenido el coraje de sacrificarse en incontables ocasiones para cuidarme y ser mi ejemplo de vida.

A mis hermanos, William que siempre ha estado apoyándome en los buenos y malos momentos, que ha estado escuchándome y ha sido un pilar fundamental en mi vida para no decaer y Lenin que es el empuje para ser mejor y ser un ejemplo de vida para él.

EDISON

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la sabiduría que me brindó al recorrer este camino de vida.

A mis amigos que pasamos momentos alegres y tristes juntos a los que están y también se fueron.

A mis docentes que supieron impartir todo su conocimiento sin celo alguno y brindar un lazo de amistad en las aulas.

A mi tutor de tesis y contraparte que nos guiaron para que este proyecto se lleve a cabo.

BYRON

Primeramente agradezco a dios por darme la vida y permitirme llegar a cumplir este sueño.

A mi familia que siempre me han demostrado su afecto y aprecio, lleno de buenos y malos momentos pero demostrando que siempre que la familia no abandona.

A mis amigos que han sido como una familia en todo este camino universitario, gracias por todos esos momentos dichosos junto a ellos y su gran apoyo incondicional.

A mis docentes que supieron inculcarme todos los conocimientos y brindarme su amistad de manera especial al Ing. Washington Freire por su valiosa colaboración en el desarrollo y culminación del trabajo de titulación

EDISON

ÍNDICE DE CONTENIDO	
CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE TABLAS	xviii
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT	xxi
CAPÍTULO I	1
PROBLEMA	1
1.1 Introducción	1
1.2 Definición del problema.....	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
1.4 Justificación e importancia.	2
CAPÍTULO II	4
MARCO TEÓRICO	4
2.1 Antecedentes Investigativos.....	4
2.2 Fundamentación Teórica.....	5
2.2.1 Voltaje	5
2.2.2 Voltajes trifásicos	6

2.2.3	Potencia	11
a.	Potencia Reactiva	12
b.	Potencia Aparente.....	13
c.	Factor de potencia	13
d.	Efectos del bajo factor de potencia	14
e.	Aumento en la corriente	14
f.	Aumento en la caída de tensión	15
2.2.4	Armónico.....	15
a.	Interarmónico	16
2.2.5	Distorsión armónica Total (THD):.....	16
a.	Medidas armónicas de muy corta duración	17
b.	Límites armónicos recomendado	17
c.	Límites de tensión armónica recomendados	18
d.	Límites de distorsión de corriente recomendados	19
2.2.6	Resistencia Shunt para Medición de Corriente.....	20
2.2.7	Divisor de voltaje.....	22
2.3	Voltímetros y Amperímetros	23
2.3.1	Medición	24
a.	Mediciones eléctricas	24
b.	Métodos de mediciones eléctricas:	24
c.	Errores en las mediciones:.....	25
d.	Precisión de una medida.....	26
2.4	Fundamentación conceptual	27
2.4.1	Instrumentación electrónica	27
2.4.2	Instrumentación virtual	28
a.	Transductor.....	29
b.	Sensor	29

c.	Transformador de potencial	29
d.	Transformadores de corriente	29
2.4.3	El acondicionamiento de señales	29
2.4.4	DAQs	30
2.4.5	Tipos de tarjetas	30
a.	Tarjetas A/D	30
b.	Tarjetas D/A	30
c.	Tarjetas I/O	31
2.4.6	Entradas	31
2.4.7	Salidas	32
2.4.8	DAQ NI USB-6341	32
2.4.9	DAQ NI USB-6211	33
2.4.10	DAQ NI PXI-6052E	33
2.4.11	Principales Diferencias Entre los Dispositivos DAQ	34
a.	Ventajas de la Serie X respecto a la Serie M	37
b.	Ventajas de la Serie M respecto a la Serie E	37
c.	Otras Diferencias Entre los Dispositivos.....	38
2.5	El software controlador NI-DAQmx	39
2.5.1	LabView	39
a.	El software de aplicación.....	40
b.	El panel frontal	40
c.	Controles e indicadores.....	42
d.	Diagrama de bloques	43
e.	Terminales	44
f.	Programación En LabView	45
g.	Paquete Power Electrical Suit	46
2.5.2	Hipótesis	47

2.5.3	Cuadro de operacionalización de las variables.	47
CAPÍTULO III		48
METODOLOGÍA.....		48
3.1	Modalidad de la investigación.	48
3.1.1	Bibliográfica	48
3.1.2	De campo.....	48
3.6	Tipo de Investigación.	49
3.6.2	Cuantitativo.	49
3.3	Diseño de la Investigación.	49
3.3.1	Método de hallazgo: Inductivo.....	49
3.3.2	Método de contrastación: Experimental	49
a.	Método de hallazgo deductivo.....	49
3.4	Niveles de la Investigación.....	50
3.4.1	Exploratoria.....	50
3.4.2	Descriptiva	50
3.5	Población y muestra.....	50
3.6	Instrumentos	51
3.7	Validez y Confiabilidad.	51
3.8	Técnicas de análisis de datos	51
3.9	Técnicas de comprobación de hipótesis.....	52
CAPÍTULO IV.....		53
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN		53
4.1	Análisis de los resultados.....	53
4.1.2	Medición de parámetros para motor jaula de ardilla a 125 v.	53
a.	Validación De Datos.....	53

b.	Datos Con Carga Motor Jaula De Ardilla 4 Polos A 125 V	53
c.	Prueba Mann-Whitney para Voltaje.....	55
d.	Prueba Mann-Whitney Corriente	57
e.	Prueba Mann-Whitney Potencia.....	59
4.2	Datos con carga motor jaula de ardilla 4 polos a 50 v	60
a.	Prueba Mann-Whitney voltaje, corriente y potencia.....	60
4.3	Análisis económico del módulo de adquisición de datos.	61
4.4.	Análisis costo-beneficio.....	62
4.5	Discusión de los resultados.....	64
4.5.1	Resultado de mediciones para motor jaula de ardilla a 125 v.....	64
4.5.2	Datos con carga motor jaula de ardilla 4 polos a 50 v	64
4.6	Comprobación de Hipótesis.	65
4.6.1	Hipótesis nula	65
4.6.2	Hipótesis alternativa	66
CAPÍTULO V		67
PROPUESTA		67
5.1	Datos informativos	67
5.2	Antecedentes de la propuesta.....	67
5.3	Justificación	68
5.4	Objetivos.....	68
5.5	Fundamentación propuesta.....	69
5.6	Diseño de la propuesta	69
5.7	Metodología para ejecutar la propuesta	70
5.7.1	Selección de ADC.	70
a.	Casa de la calidad.....	70
b.	Requerimientos de clientes	71

c.	La voz del usuario	71
d.	La voz del ingeniero	71
5.7.2	Criterios de Selección.	72
a.	Criterios de selección de Trimmers y Resistencias	74
b.	Criterios de selección de Transformadores de potencial (Tp).....	76
c.	Criterios de selección de Transformador de corriente (Tc).....	76
d.	Criterios de selección de Relés	77
5.7.3	Sistema acondicionador de señal.....	78
a.	Acondicionamiento De Señal	78
b.	Tipo de señal compatible con (DAQ).....	78
c.	Niveles aceptables por (DAQ)	78
d.	Fidelidad de la señal	79
e.	Mínimo desfasamiento entre señales	79
5.7.4	Cálculos para voltaje	79
a.	Cálculos para AC	79
b.	Cálculos para el lado de DC.....	79
5.7.5	Cálculos de corriente	80
a.	Cálculo para el acondicionamiento de la corriente en DC	80
5.7.6	Esquema eléctrico trifásico implementado para voltaje.	81
a.	Desacoplamiento de Neutro.....	82
b.	Descripción de esquema para voltaje alterno Y continuo	83
c.	Medición en AC.....	83
1.	Medición en DC	83
5.7.7.	Descripción de esquema para Corriente alterno y continua	84
a.	Medición en AC.....	84
b.	Medición en DC	84
5.7.8.	Descripción de esquema para mediciones de corriente continua. .	86

5.7.9.	Diagrama de conexión DAQ 6211 para las señales análogas	86
5.8.	Creación de canal virtual DAQmx	88
5.8.1.	Sincronización DAQmx	88
5.8.2.	Paquete de control DAQmx.....	89
5.8.3.	Nodo de propiedades.....	89
5.8.4.	Leer DAQmx.	89
5.8.5.	Detener DAQmx.....	90
5.9	Bloques de Power Electrical Suit.....	90
5.9.1	Bloque para el cálculo de la frecuencia	90
5.9.2	Bloque para el cálculo de voltaje RMS	91
5.9.3	Bloque para el cálculo de corriente RMS	93
5.9.4	Bloque para el cálculo del Angulo de desfaseamiento	94
5.9.5	Bloque para el cálculo de Potencia	95
5.9.6	Bloque para el cálculo de Energía.....	97
5.9.7	Bloque para el cálculo de los espectros de frecuencia	98
2.1.1	Bloque para el cálculo de la Distorsión Armónica total (THD)	100
5.10.	Programación para lectura de parámetros eléctricos	101
5.10.1.	Programación para la gráfica de armónicos	103
a.	Determinación del Angulo de los Armónicos	104
5.10.2.	HMI implementado para la lectura de parámetros eléctricos.....	106
5.10.3.	Programación de osciloscopio.....	109
5.10.4.	HMI del Osciloscopio	110
5.10.5.	Generación de base de datos de valores RMS.	111
5.10.6.	HMI para la generación de la base de datos	114
	CONCLUSIONES.....	116
	RECOMENDACIONES.....	118

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Voltaje a través de un elemento del circuito	5
Figura 2 (a) Los tres embobinados de un tambor cilíndrico se usan para obtener voltajes trifásicos. (b) Voltajes trifásicos balanceados	6
Figura 3 Generador de seis terminales	7
Figura 4 Representación fasorial de la secuencia de fasores positiva de los tres voltajes trifásicos balanceados	8
Figura 5 La secuencia abc de fase negativa en la conexión Y	9
Figura 6 (a) Fuentes conectadas en Y	10
Figura 7 El voltaje de línea a línea V_{ab} de la fuente conectada a Y	11
Figura 8 Representación vectorial, para cargas.	12
Figura 9 Triángulo de Potencias	14
Figura 10 Resistencia Shunt	21
Figura 11 Diagrama de conexión de la resistencia shunt	22
Figura 12 Circuito cerrado único con una fuente de Voltaje V_s	22
Figura 13 (a) Medidor de lectura directa (análogo). (b) Medidor digital.	23
Figura 14. (a) Amperímetro ideal. (b) Voltímetro ideal	24
Figura 15 Concepto General de un sistema instrumental.	27
Figura 16 Etapa de la adquisición de datos.	28
Figura 17 Transformador de potencial	29
Figura 18 Resolución de un dispositivo DAC	31
Figura 19 DAQ NI USB 6341	32
Figura 20 DAQ NI USB-6211	33
Figura 21 DAQ NI PXI-6052E	34
Figura 22. Software controlador NI-DAQmx	39
Figura 23 Programa LabView	40
Figura 24 Ejemplo de panel Frontal: (1) Ventana de Panel Frontal	41
Figura 25 Paleta de Controles	41
Figura 26 Diagrama de Bloques en LabView	43
Figura 27 Paleta de funciones	44
Figura 28 Casa De la Calidad	70
Figura 29 Divisor de voltaje para AC	79
Figura 30 Divisor de voltaje para DC	79
Figura 31 Resistencia SHUNT	80

Figura 32 Esquema eléctrico trifásico implementado para voltaje	81
Figura 33 Desacoplamiento de neutro	82
Figura 34 Descripción de esquema por fase para voltaje AC y DC	84
Figura 35 Descripción de esquema eléctrico por fase.....	85
Figura 36 Descripción de esquema eléctrico DC	86
Figura 37 Diagrama de conexión DAQ 6211.....	87
Figura 38 DAQmx Create Channel	88
Figura 39 DAQmx Timming	88
Figura 40 DAQmx Control Task.....	89
Figura 41 Property Node.....	89
Figura 42 DAQmx Read.....	89
Figura 43 DAQmx Stop.....	90
Figura 44 Bloque para el cálculo de la Frecuencia VI	90
Figura 45. Diagrama de bloque para el cálculo de la frecuencia VI.....	91
Figura 46. Bloque para cálculo de Voltaje RMS VI.....	92
Figura 47. Diagrama de bloque para el cálculo del Voltaje RMS VI	92
Figura 48 Bloque para cálculo de Corriente RMS VI.....	93
Figura 49 Diagrama de bloque para el cálculo del Corriente RMS VI	93
Figura 50 Bloque para el cálculo del ángulo de desfaseamiento	94
Figura 51 Diagrama de bloque del ángulo de desfaseamiento	95
Figura 52 Bloque para el cálculo Potencia VI.....	96
Figura 53 Diagrama de bloque para el cálculo de Potencia	96
Figura 54 Bloque para el cálculo de Energía VI	98
Figura 55 Diagrama de bloque para el cálculo de Energía VI	98
Figura 56 Bloque para el cálculo de Espectro VI	99
Figura 57 Diagrama de bloque para el cálculo de Espectros VI	100
Figura 58 Bloque para el cálculo de la Distorsión Armónica Total (THD) ...	101
Figura 59 Diagrama de bloque de la distorsión armónica total (THD)	101
Figura 60 Diagrama de bloques (1) Divisor de señales.....	102
Figura 61 Diagrama de bloques (1) Mostrar/Ocultar.	103
Figura 62 Diagrama de bloques para la gráfica de armónico.	104
Figura 63 Programación del ángulo de desfase de cada armónico.....	105
Figura 64 HMI pestaña “Mediciones AC” (1) Botones de DC/AC,,	106
Figura 65 HMI Pestaña “Medición DC”	106

Figura 66 HMI Pestaña “Gráfica”-sub pestaña “Voltaje”	107
Figura 67 HMI Pestaña “Gráfica”-sub pestaña “Corriente”	107
Figura 68 HMI Pestaña “Gráfica”-sub pestaña “Diagrama de Fase”	108
Figura 69 HMI Pestaña “Gráfica”-sub pestaña “Armónicos”	108
Figura 70 HMI Pestaña “Gráfica”-sub pestaña “Armónicos”	109
Figura 71 Diagrama de bloques de la programación de osciloscopio	110
Figura 72 HMI del Osciloscopio con sus componentes y su visualización .	111
Figura 73 Configuraciones de cómo registrar datos.....	112
Figura 74 Diagrama de bloques de la generación de los parámetros	113
Figura 75 Diagrama de bloques de la generación de base de datos.....	114
Figura 76 HMI para la generación de la base de datos Para	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Límites de Distorsión Armónica en Voltaje	18
Tabla 2 Límites de distorsión de corriente para sistemas de tensión	19
Tabla 3 Entradas analógicas	35
Tabla 4 Salida Analógica	35
Tabla 5 Contador	36
Tabla 6 Sistema	36
Tabla 7 Tipos de datos en LabView.	42
Tabla 8 Estructuras de ejecución en LabView.	45
Tabla 9 Operacionalización de variables	47
Tabla 10 Tabla de preguntas	50
Tabla 11 Datos estadísticos para voltaje.	53
Tabla 12 Tendencia Normal de Voltaje.	54
Tabla 13 Datos de la Prueba Mann-Whitney para Voltaje	55
Tabla 14 Prueba Mann-Whitney para Voltaje	55
Tabla 15 Datos estadísticos para corriente	56
Tabla 16 Tendencia Normal de corriente.	56
Tabla 17 Datos de la Prueba Mann-Whitney Corriente	57
Tabla 18 Prueba Mann-Whitney Corriente	57
Tabla 19 Datos estadísticos para Potencia.	58
Tabla 20 Tendencia Normal de Potencia.	59
Tabla 21 Datos para la Prueba Mann-Whitney Potencia	59
Tabla 22 Prueba Mann-Whitney Potencia	60
Tabla 23 Datos para la Prueba Mann-Whitney Voltaje Corriente y Potencia	60
Tabla 24 Prueba Mann-Whitney de Voltaje, Corriente y Potencia	61
Tabla 25 Listado de Materiales	61
Tabla 26 Análisis Cualitativo	62
Tabla 27 Análisis cuantitativo	63
Tabla 28 Características DAQ NI USB-6211	72
Tabla 29 Amplificador de Aislamiento (7840)	73
Tabla 30 Regulador de voltaje DC-DC	74
Tabla 31 Características técnicas del Trimmer 5 K Ω	74

Tabla 32 Características técnicas del Trimmer 20 K Ω	75
Tabla 33 Características técnicas de una resistencia de 220 k Ω	75
Tabla 34 Características técnicas de una resistencia de 220 k Ω	75
Tabla 35 Características técnicas de un Transformador 120 / 12 V.....	76
Tabla 36 Características técnicas de un TC YHDC- SCT013 d.....	77
Tabla 37 Características técnicas del MÓDULO DE 4 RELÉS	77

RESUMEN

El presente trabajo de titulación, abarca principios elementales sobre la medición de parámetros eléctricos en AC o DC mediante transductores y acondicionadores de señales de voltaje y corriente hacia una tarjeta de adquisición de datos DAQ NI USB 6211, para su posterior análisis, replicando una parte del módulo de Adquisición de datos de LabVolt 9063 existente en el Laboratorio de Control Eléctrico de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, y se hace énfasis en sistemas trifásicos balanceados. Por medio de instrumentación virtual (VI) facilitada por el programa LabView que se empleó para la realización de la programación, utilización de los diagramas de bloques para procesar las señales de Voltaje y Corriente en para metros eléctricos como: Frecuencia, Angulo del vector fundamental, Voltaje RMS, Corriente RMS, Potencia Activa, Potencia Reactiva, Potencia Aparente, Parámetros de Energía, Espectro de Frecuencia, Diagramas de Fase y Armónicos. Una vez obtenidos los parámetros se realizó un análisis estadístico de datos no paramétricos debido a que los datos obtenidos no se comportan de manera normal por lo que se empleó el Test de Mann-Whitney dando como resultado una fiabilidad del 0,95.

PALABRAS CLAVE:

- **PARÁMETROS ELÉCTRICOS**
- **LABVIEW**
- **INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL**
- **LABVOLT 9063**

ABSTRACT

This titration paper covers basic principles on the measurement of electrical parameters in AC or DC using voltage and current transducers and signal conditioners to a DAQ NI USB 6211 data acquisition card, for further analysis, replicating a part of the LabVolt 9063 Data Acquisition module existing in the Electrical Control Laboratory of the ESPE Armed Forces University, with emphasis on balanced three-phase systems. By means of virtual instrumentation (VI) provided by the LabView program that was used to carry out the programming, use of block diagrams to process Voltage and Current signals in electric meters such as: Frequency, Fundamental Vector Angle, RMS Voltage, RMS Current, Active Power, Reactive Power, Apparent Power, Energy Parameters, Frequency Spectrum, Phase Diagrams and Harmonics. Once the parameters were obtained, a statistical analysis of non-parametric data was performed due to the fact that the data obtained did not behave in a normal way, so the Mann-Whitney Test was used, resulting in a reliability of 0.95.

KEYWORDS:

- **DATA ACQUISITION**
- **ELECTRICAL PARAMETERS**
- **LABVIEW**
- **VIRTUAL INSTRUMENTATION (VI)**
- **LABVOLT 9063**

CAPÍTULO I

PROBLEMA

1.1 Introducción

La tecnología en la adquisición de datos (DAQ), ha evolucionado dentro de la industria, cada vez más desarrollada en diferentes procesos, que requieren medir fenómenos tales como voltaje, corriente, temperatura, presión o sonido, mediante una PC. Un sistema DAQ contiene sensores, un hardware y una PC.

Como la tecnología ha avanzado, estos procesos se han reducido y se han hecho más exactos, adaptables y confiables, a través de equipos electrónicos, el cual lleva instalado un software programable, y comparados con los sistemas de medidas habituales, los sistemas DAQ son más desarrollados aprovechando la potencia de procesamiento de una PC.

Con la adquisición de datos, se pretende procesar y analizar la información recopilada al conectar un motor de inducción trifásico, con el módulo de entrenamiento electromecánico y observar los fenómenos eléctricos que inciden en el funcionamiento del mismo.

El desarrollo de software para la adquisición de datos del presente proyecto se implementará mediante un entorno de programación gráfica que utiliza iconos, terminales y cables en lugar de texto, llamados instrumentos virtuales (VIs), ya que sus funciones simulan a instrumentos físicos.

1.2 Definición del problema.

La tecnología de los módulos de adquisición de datos permite principalmente al usuario tomar decisiones de manera óptima a través del procesamiento de la información obtenida por DAQs.

A nivel mundial se han desarrollado productos a las nuevas necesidades y tendencias industriales como domésticas, en aplicaciones como control de velocidad, iluminación, convertidores de potencia y domótica, su utilidad y la comodidad que nos han supuesto son innegables, No obstante se han

acarreado un gran problema como los son la inyección de armónicos hacia la red de suministro eléctrico. Esta problemática ha sido razón de estudio durante los últimos años ya que puede causar el deterioro de la forma de onda de voltaje y el posterior mal funcionamiento de los equipos.

Mediante la presente problemática, se plantea el diseño y construcción de un módulo didáctico de adquisición de datos que permita la medición de parámetros eléctricos tales como desfasamiento de ondas, armónicos, corriente y voltaje mediante una interfaz amigable al usuario.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo general.

- Diseñar y Construir un módulo didáctico de adquisición de datos del sistema de entrenamiento electromecánico para el análisis de parámetros eléctricos en el laboratorio de control eléctrico de la ESPE Latacunga.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar los componentes que intervienen en el diseño del módulo didáctico de adquisición de datos.
- Investigar y seleccionar los dispositivos electrónicos de medición para la implementación del módulo didáctico de adquisición de datos.
- Demostrar la viabilidad económica y técnica de implementar este módulo didáctico.
- Diseñar e implementar un modelo para la medición de datos que sea válido y coherente.

1.4 Justificación e importancia.

Actualmente el laboratorio de control eléctrico de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Latacunga cuenta con tres sistemas de entrenamiento electromecánico de LabVolt y dos módulos de Adquisición de datos modelo 9063, los cuales son usados de manera simultánea por parte de los alumnos e ingenieros.

Estos sistemas de entrenamiento electromecánico son usadas por los alumnos de varias carreras para el aprendizaje, por lo que existe una alta demanda de los módulos de adquisición de datos, lo que recae en que una estación de trabajo no opere completamente por la falta de este módulo; lo que se refleja en una aglomeración de estudiantes en las otras dos estaciones, afectando de manera directa al proceso enseñanza-aprendizaje.

Por ello, se ha decidido diseñar un módulo de adquisición de datos que realice las funciones similares, con el objetivo de reducir los costos de mejora del laboratorio y la optimización del proceso enseñanza-aprendizaje.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Investigativos

La medición y control de procesos son de vital importancia para la optimización y utilización de recursos, máquinas, protección medioambiental, seguridad, entre otros. Según Omayra Jaqueline Jácome Riera (2014), de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE a través de su tema de investigación titulado: “Diseño y construcción de un sistema de medición inteligente para la gestión de la energía eléctrica y medición de agua potable en los hogares.” menciona lo siguiente “Los procesos de lectura de los medidores involucran gran cantidad de recursos. Además se hace cada vez más evidente la falta de interfaces amigables con el usuario”.

El estudio de Omayra Jaqueline Jácome Riera propone un sistema inteligente de adquisición de datos, que recolecte parámetros eléctricos y de agua potable, mediante medidores inteligentes (Smart) que se vinculen entre las empresas suministradoras y los terminales de los usuarios, dando solución a la problemática de la recolección de datos por parte del personal de las empresas encargadas de la energía eléctrica y agua potable.

La adquisición de datos (DAQ) es el grupo de equipamiento, dispositivos y programas que al ser usados adecuadamente por ingenieros o técnicos pueden dar soluciones de medición, conversión, y registro de variables físicas en un proceso, para su posterior transmisión, evaluación y control es así que David Andrés Enríquez Vásquez (2014) en su proyecto de titulación para la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE con título “Diseño y construcción de un módulo didáctico SVC con HMI incorporado mediante el protocolo Ethernet para el laboratorio de control eléctrico de la universidad de las fuerzas armadas – ESPE extensión Latacunga” menciona lo siguiente “En dicho módulo se puede realizar una corrección del factor de potencia desde un medio local...o por medio de un monitoreo remoto como el protocolo de comunicación Ethernet para poder realizar una medición o corrección del factor de potencia.” En este proyecto el ingeniero Enríquez busca mediante el monitoreo y posterior procesamiento de datos adquiridos por un dispositivo

Arduino compensar los reactivos conectados al módulo inclusive facilita la manera de acondicionar la señal para que el Arduino lea corrientes de hasta 5A mencionando lo siguiente “Típicamente los rangos de corriente del lado del secundario deben ser de aproximadamente de 5A (standard). Los transformadores de corriente (CTs) deben ser usados si los sistemas de medición de corriente son mayores a 5A. La precisión de los transformadores de corriente (CTs) deben ser mejores que 0.5% con un rango superior de 3VA es recomendado en orden para perseverar la precisión del medidor. El cable entre los transformadores de corriente (CTs) y el medidor deberá ser el menor posible.”

En conclusión la adquisición de datos es el proceso de medir un fenómeno físico por medio de sensores para transmitir las señales tomadas a un hardware para luego procesar la información en una PC con software programable.

2.2 Fundamentación Teórica

2.2.1 Voltaje

Las variantes esenciales en un circuito eléctrico son: corriente y voltaje, estas variantes detallan el flujo de carga a través de los componentes de un circuito y la energía necesaria para que exista circulación de corriente. La Figura 1 indica la simbología para detallar el voltaje. Hay dos componentes en esta simbología: un valor (simbolizado por una variante de nombre) y una polaridad fijada. El valor de un voltaje podría ser positivo o negativo. La trayectoria se la dan sus polaridades (+, -). (Dorf & Svoboda, 2011)

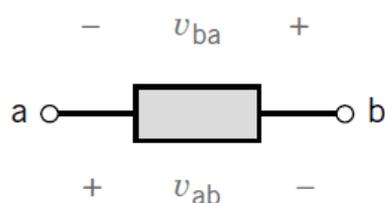


Figura 1 Voltaje a través de un elemento del circuito

Fuente: (Dorf & Svoboda, 2011)

2.2.2 Voltajes trifásicos

En la generación y la transmisión de energía eléctrica, los más eficientes son los sistemas polifásicos que emplean combinaciones de dos, tres o más voltajes sinusoidales. También, los circuitos polifásicos y las máquinas tienen ventajas únicas, ya que los motores trifásicos arrancan de una manera mejor que los monofásicos. La forma más común de un sistema polifásico, es que emplea tres voltajes balanceados. De igual magnitud pero con un desfase de $360^\circ/3 = 120^\circ$. Un generador de CA muy elemental tiene un imán rotativo y un embobinado estacionario. Las vueltas del embobinado se extienden por la periferia de la máquina. El voltaje generado en cada vuelta del embobinado está ligeramente desfasado respecto del voltaje generado en su vecino porque corta la densidad del flujo magnético máximo un instante antes o después. El voltaje producido en la primera bobina es $v_{an'}$. (Dorf & Svoboda, 2011)

Si en el primer embobinado continuara alrededor de la máquina, el voltaje generado en la última vuelta sería de 180° de desfase con respecto de la primera, y se tendría que cancelar, produciendo un efecto inútil. A ello se debe que un embobinado se extienda por lo común a no más de un tercio de la periferia, los otros dos tercios de la periferia pueden contener dos embobinados más que se utilizan para generar otros dos voltajes semejantes. En la Figura 2 a se muestra una versión simplificada. (Dorf & Svoboda, 2011)

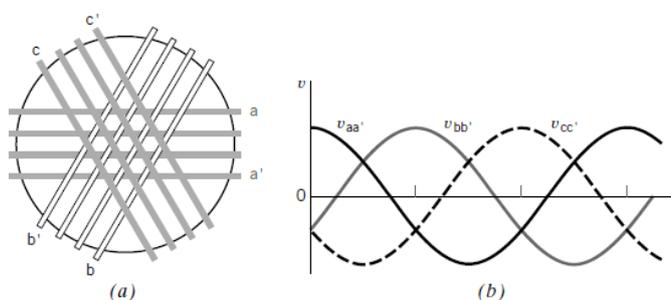


Figura 2 (a) Los tres embobinados de un tambor cilíndrico se usan para obtener voltajes trifásicos. (b) Voltajes trifásicos balanceados

Fuente: (Dorf & Svoboda, 2011)

De los tres embobinados alrededor a la periferia de un tambor cilíndrico. Las tres sinusoides generadas por los tres embobinados semejantes se muestran en la Figura 2 b. Al definir $v_{aa'}$. Como el potencial de la terminal a respecto de la terminal a', describimos los voltajes como. (Dorf & Svoboda, 2011)

$$v_{aa'} = V_m \cos \omega t \quad \text{Ec.(1)}$$

$$v_{bb'} = V_m \cos(\omega t - 120^\circ) \quad \text{Ec.(2)}$$

$$v_{cc'} = V_m \cos(\omega t - 240^\circ) \quad \text{Ec.(3)}$$

Donde V_m es el valor pico

“Un circuito trifásico genera, distribuye, y utiliza energía en forma de tres voltajes iguales en magnitud y simétricos en fases”. (Dorf & Svoboda, 2011, pág. 560)

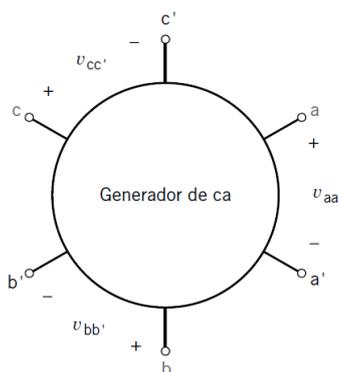


Figura 3 Generador de seis terminales

Fuente: (Dorf & Svoboda, 2011)

Las tres porciones semejantes de un sistema trifásico se denominan *fases*. Como el voltaje en la fase aa' alcanza primero su máximo, seguido por el de la fase bb' y luego por el de la fase cc' , se dice que la rotación de fasor es abc . Está en una convención arbitraria para cualquier generador; la

rotación de fador se puede invertir la dirección de la rotación. (Dorf & Svoboda, 2011)

El generador tiene seis terminales y se puede escribir como

$$v_{aa'} = V_m \angle 0^\circ \quad \text{Ec.(4)}$$

$$v_{bb'} = V_m \angle 120^\circ \quad \text{Ec.(5)}$$

$$v_{cc'} = V_m \angle -240^\circ = V_m \angle 120^\circ \quad \text{Ec.(6)}$$

Se dice que los tres voltajes deben ser *voltajes balanceados* porque tienen amplitud idéntica V_m y frecuencia, w y están desfasados con los demás exactamente 120° . En la figura 4 se muestra en el diagrama de fasores de los voltajes trifásicos balanceados. Al examinar la figura 4 encontramos para el caso de notaciones, se usaran $V_{aa'} = V_a$; $V_{bb'}$, $= V_b$ y $V_{cc'} = V_c$ como los tres voltajes. (Dorf & Svoboda, 2011)

$$v_{aa'} + v_{bb'} + v_{cc'} = 0 \quad \text{Ec.(7)}$$

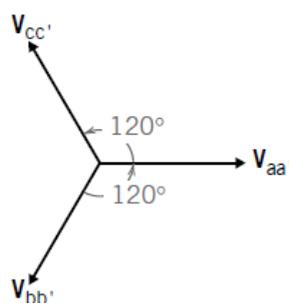


Figura 4 Representación fasorial de la secuencia de fasores positiva de los tres voltajes trifásicos balanceados

Fuente: (Dorf & Svoboda, 2011)

La **secuencia de fase positiva** es abc , se muestra en la figura 4. La secuencia acb se llama secuencia de fase negativa, como se muestra en la figura 5.

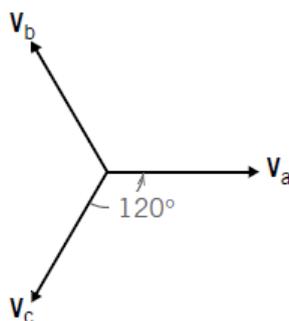


Figura 5 La secuencia abc de fase negativa en la conexión Y

Fuente: (Dorf & Svoboda, 2011)

En ocasiones, el voltaje de fasor en la conexión Y se escribe

$$v_a = V_m \angle 0^\circ \quad \text{Ec. (8)}$$

Donde V_m es la magnitud del voltaje de fasor.

Refiriéndose al generador de la figura 3. Hay seis terminales y tres voltajes, v_a , v_b y v_c .

Utilizando la notación fasorial y suponemos que cada embobinado de fasor proporciona un voltaje de fuente en serie con una impedancia insignificante. Con estos supuestos, hay dos formas de interconectar las tres fases, como se muestra en la figura 6. La terminal común de la conexión Y se denomina *Terminal neutral* y se etiqueta n . La terminal neutral puede estar o no disponible para conexión. (Dorf & Svoboda, 2011)

Las cargas balanceadas no tienen corriente en un cable neutral, y por lo tanto a veces no se necesita.

La conexión que se visualiza en la figura 6a se denomina conexión en Y, y en la figura 6b se muestra la conexión Δ . La conexión Y selecciona las terminales a' , b' y c' y las conecta entre sí como neutrales. Entonces el voltaje, de línea a línea, V_{ab} de las fuentes conectadas en Y es. (Dorf & Svoboda, 2011, pág. 560)

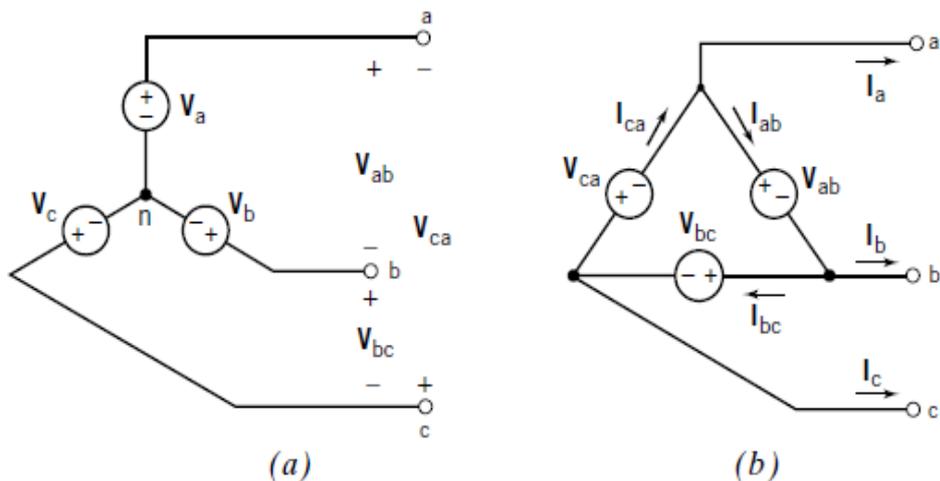


Figura 6 (a) Fuentes conectadas en Y. Los voltajes V_a , V_b y V_c se denomina voltajes de fasor, y los voltajes V_{ab} , V_{bc} y V_{ca} se denomina voltajes de línea a línea; (b) Fuentes conectadas a delta. Las corrientes I_a , I_b e I_c se denomina corrientes de línea.

Fuente: (Dorf & Svoboda, 2011)

$$V_{ab} = V_a - V_b \quad \text{Ec.(9)}$$

Como es evidente por el examen de la figura 6a. Dado que $V_a = V_m \angle 0^\circ$ y $V_b = V_m \angle -120^\circ$ tenemos

$$V_{ab} = V_m - V_m(-0,5 - j0.866) \quad \text{Ec.(10)}$$

$$= V_m(1.5 + j0.866) \quad \text{Ec.(11)}$$

$$= \sqrt{3}V_m \angle 30^\circ \quad \text{Ec.(12)}$$

Esta relación también se demuestra por el diagrama de fasores de la figura 7 del mismo modo

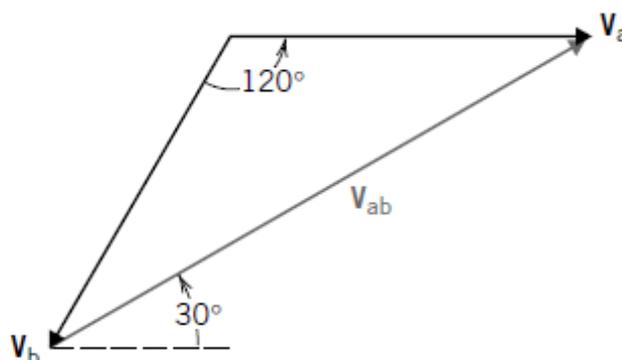


Figura 7 El voltaje de línea a línea V_{ab} de la fuente conectada a Y

Fuente: (Dorf & Svoboda, 2011)

$$V_{bc} = \sqrt{3}V_m \angle -90^\circ \quad \text{Ec.(13)}$$

$$V_{ab} = V_a - V_b \quad \text{Ec.(14)}$$

“Por consiguiente, en una conexión Y el voltaje de línea a línea es $\sqrt{3}$ veces el voltaje de fasor y se desplaza 30° en fase. La corriente es igual a la corriente de fasor”. (Dorf & Svoboda, 2011)

2.2.3 Potencia

La medición de potencia en corriente alterna es más complicada que la de corriente continua debido al efecto de los inductores y capacitores. Por lo que en cualquier circuito de corriente alterna existen estos tres parámetros de inductancia, capacitancia y resistencia en una variedad de combinaciones.

En circuitos los cuales son puramente resistivos la tensión (V) está en fase con la corriente (I), Toda la energía la transforma en energía lumínica, energía calorífica o energía mecánica. Mientras que en un circuito inductivo o capacitivo la tensión y la corriente están desfasadas 90° una respecto a la otra, y no existe transformación de energía. En un circuito puramente inductivo la corriente está atrasada 90° respecto de la tensión. Y en un circuito

puramente capacitivo la corriente va adelantada 90 ° respecto de la tensión.
(Asociados M. y., 2010)

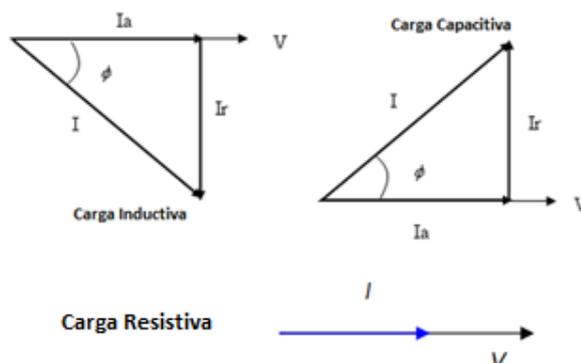


Figura 8 Representación vectorial, para cargas; Resistiva, Inductiva y capacitiva.

Fuente: (Asociados M. y., 2010)

2.2.3.1 Potencia Activa

Los distintos dispositivos eléctricos que transforman energía eléctrica en otras formas de energía como: mecánica, lumínica, térmica, química, entre otras. Esta energía es igual a la energía útil o potencia activa o simplemente potencia, similar a la consumida por una resistencia. Expresada en unidades watts. (Asociados M. y., 2010)

$$P = V * I * \cos \varphi \quad \text{Ec.(15)}$$

a. Potencia Reactiva

Los motores, transformadores y en su mayoría todos los dispositivos eléctricos que hacen uso de un campo electromagnético, requieren potencia activa para efectuar un trabajo útil, mientras tanto que la potencia reactiva es utilizada para la generación del campo magnético, almacenaje de campo eléctrico que en sí, no produce ningún trabajo. La potencia reactiva esta 90 °

desfasada de la potencia activa. Esta potencia es expresada en volts-amperes reactivos. (VAR) (Asociados M. y., 2010)

$$Q = V * I * \text{Sen } \varphi \quad \text{Ec.(16)}$$

b. Potencia Aparente

Es el resultado al considerar la tensión aplicada al consumo de la corriente que éste demanda. Es también es el resultado de la suma de los vectores de la potencia activa y la potencia reactiva. Esta potencia es expresada en volts-amperes (VA) (Asociados M. y., 2010)

$$S = V * I = \sqrt{P^2 + Q^2} \angle \tan^{-1} \left(\frac{Q}{P} \right) \quad \text{Ec.(17)}$$

c. Factor de potencia

Es un índice cualitativo y cuantitativo del correcto uso de la energía eléctrica. También es un término utilizado para describir la cantidad de energía eléctrica que se ha convertido en trabajo. El factor de potencia tiene cambios de acuerdo al consumo y tipo de carga

El factor de potencia (fp) es la relación entre las potencias activa (P) y aparente (S). Si las corrientes y tensiones son señales sinusoidales el factor de potencia será igual al $\cos \varphi$, o bien el coseno del ángulo que forman los fasores de la corriente y la tensión. (Asociados M. y., 2010)

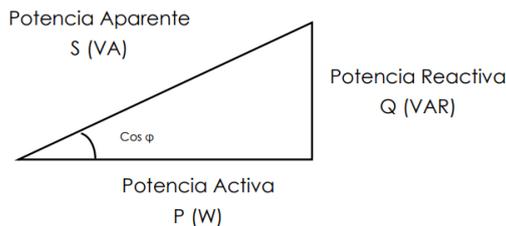


Figura 9 Triángulo de Potencias

Fuente: (Asociados M. y., 2010)

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \quad \text{Ec.(18)}$$

En el triángulo de potencias de la figura 9 se observa el factor de potencia o $\cos \varphi$ y su relación entre las potencias en un circuito de corriente alterna.

$$fp = \frac{\text{Potencia Activa}}{\text{Potencia Aparente}} = \frac{V * I * \cos \varphi}{V * I} = \cos \varphi \quad \text{Ec.(19)}$$

d. Efectos del bajo factor de potencia

La potencia reactiva, es necesaria para producir el flujo electromagnético que pone en funcionamiento elementos como: motores, transformadores, lámparas fluorescentes, equipos de refrigeración, entre otros. Cuando la cantidad de estos equipos es apreciable, un alto consumo de energía reactiva puede producirse como consecuencia. Entre las principales consecuencias de un bajo factor de potencia podemos mencionar los siguientes:

e. Aumento en la corriente

Incrementan las pérdidas por efecto Joule las cuales son una función del cuadrado de la corriente, ejemplo:

- Los cables entre el medidor y el usuario
- Los embobinados de los transformadores de distribución

- Dispositivos de operación y protección

f. Aumento en la caída de tensión

Resultando en un insuficiente suministro de potencia a las cargas, éstas sufren una reducción en su potencia de salida. Esta caída de tensión afecta a:

- Embobinados de transformadores de distribución
- Cables de alimentación
- Sistema de protección y control

El factor de potencia es la relación entre las potencias activa (P) y aparente (S), si la señal es sinusoidales. Si la onda no fuese perfecta por la presencia de cargas no lineales, la potencia aparente (S) no estaría únicamente compuesta por la potencia activa (P) y la potencia reactiva (Q), sino que aparecería una tercera componente suma de todas las potencias que genera la distorsión (D). Si suponemos que en la instalación hay una Tasa de Distorsión Armónica Total (THD) alta y debido a que hay corrientes armónicas junto con la tensión a la que está sometido el conductor por el fluye como resultado una potencia (D). (Asociados M. y., 2010)

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2} \quad \text{Ec.(20)}$$

2.2.4 Armónico

“Es un componente de orden superior a uno de la serie de Fourier de una cantidad periódica. Por ejemplo, en un sistema de 60 Hz, la armónica de orden 3, también conocido como el "tercer armónico", es de 180 Hz.” (IEEE 519, 2014)

Nota: La serie de Fourier debe cumplir con las condiciones de ser periódica y continua en el tiempo.

a. Interarmónico

“Es un componente de frecuencia de una cantidad periódica que no es un múltiplo entero de la frecuencia con la que el sistema de alimentación está en funcionamiento (por ejemplo, 50 Hz o 60 Hz)” (IEEE 519, 2014)

2.2.5 Distorsión armónica Total (THD):

El THD es calculado como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de todos los armónicos dividido por la señal fundamental. Este cálculo da el valor de distorsión como porcentaje de la fundamental. (Arnoux, 2005)

Los armónicos en los sistemas de potencia eléctrica se combinan con la frecuencia fundamental para crear la distorsión. El nivel de distorsión está directamente relacionado a las frecuencias y amplitudes de las corrientes armónicas. La contribución de todas las frecuencias armónicas de corrientes a la frecuencia fundamental es conocida como “Total harmonic Distortion” (THD_i) en español (ANEXO A): Distorsión Armónica Total de corriente. (IEEE 519, 2014)

Matemáticamente, el %THD es la relación de la suma de la raíz media de los cuadrados (RMS) del contenido de armónicos con el valor cuadrático medio (RMS) de la señal fundamental y expresada en porcentaje como se muestra en las siguientes ecuaciones:

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h \neq 1} V_h^2}}{V_1} * 100\% \quad \text{Ec.(21)}$$

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h \neq 1} I_h^2}}{V_1} * 100\% \quad \text{Ec.(22)}$$

Donde

THD_V : Distorsión Armónica Total de Tensión

THD_I : Distorsión Armónica Total de Corriente

V_h : Magnitud de la componente armónica individual

h : orden armónico

V_n : Voltaje nominal fundamental del sistema

a. Medidas armónicas de muy corta duración

Los valores armónicos de muy corta duración se evalúan en un intervalo de 3 segundos basándose en una agregación de 15 ventanas consecutivas de 12 (10) ciclos para sistemas de alimentación de 60 (50) Hz. (IEEE 519, 2014).

b. Límites armónicos recomendado

Debido a que la gestión de armónicos en un sistema eléctrico se considera una responsabilidad conjunta que involucra tanto a los usuarios finales como a los propietarios u operadores del sistema, se recomiendan límites armónicos tanto para tensiones como para corrientes.

Los límites recomendados en esta cláusula se aplican sólo en el punto de acoplamiento común (PCC) y no deben aplicarse a equipos individuales o en ubicaciones dentro de las instalaciones del usuario. En la mayoría de los casos, los voltajes y corrientes armónicas en estos lugares podrían ser significativamente mayores que los límites recomendados en el PCC debido a la falta de diversidad, cancelación y otros fenómenos que tienden a reducir los efectos combinados de múltiples fuentes armónicas a niveles por debajo de su suma algebraica (IEEE 519, 2014)

c. Límites de tensión armónica recomendados

En el punto de acoplamiento común PCC, los propietarios u operadores del sistema deben limitar los armónicos de voltaje de línea a neutro como se indica a continuación:

- Los valores diarios de muy corta duración del percentil 99^o (3 s) deben ser inferiores a 1,5 veces los valores indicados en la Tabla 1.
- Los valores semanales de corta duración del percentil 95^o (10 min) deben ser menores que los valores dados en la Tabla 1.

Todos los valores deben estar en porcentaje del voltaje de frecuencia de potencia nominal en el punto de acoplamiento común (PCC). La Tabla 1 se aplica a los armónicos de voltaje cuyas frecuencias son múltiplos enteros de la frecuencia de potencia. (IEEE 519, 2014)

Tabla 1

Límites de Distorsión Armónica en Voltaje

Nivel de tensión en la acometida (Vn)	Distorsión armónica individual (%)	Distorsión armónica total THD (%) (Vn)
$V \leq 1.0 \text{ kV}$	5.0	8.0
$1.0 \text{ kV} < V \leq 69 \text{ kV}$	3.0	5.0
$69 \text{ kV} < V \leq 161 \text{ kV}$	1.5	2.5
$161 \text{ kV} < V$	1.0	1.5 a

Fuente: (IEEE 519, 2014)

a.- Los sistemas de alta tensión pueden tener hasta un 2,0% THD cuando la causa es una terminación de HVDC cuyos efectos se habrán atenuado en puntos de la red donde los futuros usuarios puedan estar conectados.

d. Límites de distorsión de corriente recomendados para sistemas nominales de 120 V a 69 kV

Los límites de esta subcláusula se aplican a los usuarios conectados a sistemas donde la tensión nominal en el PCC es de 120 V a 69 kV. En el PCC, los usuarios deberían limitar sus corrientes armónicas de la siguiente manera:

- Semanalmente percentil 99 corta duración (10 min) los armónicos de corriente debe ser inferior a 1,5 veces los valores indicados en la Tabla 2.
- Semanalmente percentil 95 corta duración (10 min) los armónicos de corriente debe ser inferior a los valores indicados en la Tabla 2.

Todos los valores deben estar en por ciento de la demanda máxima de corriente, I_L . Este valor actual está establecido en el PCC y debe ser tomado como la suma de las intensidades correspondientes a la demanda máxima durante cada uno de los doce meses anteriores, dividido por 12. La Tabla 2 se aplica a corrientes armónicas cuyas frecuencias son múltiplos enteros de la frecuencia de alimentación. (IEEE 519, 2014)

Tabla 2

Límites de distorsión de corriente para sistemas de tensión nominal 120 V hasta 69 kV

Maximum harmonic current distortion in percent of I_L						
Individual harmonic order (odd harmonics) ^{a, b}						
I_{sc}/I_L	$3 \leq h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h \leq 50$	TDD
< 20 ^c	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20 < 50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50 < 100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100 < 1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
> 1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

Fuente: (IEEE 519, 2014)

Incluso los armónicos están limitadas al 25% de los límites superiores de armónicos impares.

Las actuales distorsiones que provocan un desplazamiento de DC, por ejemplo, convertidores de media onda, no están permitidas.

Todos los equipos de generación de energía están limitadas a estos valores de distorsión de corriente, independientemente de:

$$\frac{I_{sc}}{I_L}$$

Donde

I_{sc} = Corriente de cortocircuito máxima en el CCP

I_L = Corriente de carga de demanda máxima frecuencia fundamental (componente) en el PCC bajo carga normal para las condiciones

Para el funcionamiento de los actuales componentes Interarmónicos con frecuencias que no son múltiplos enteros de la frecuencia de alimentación, los usuarios deben limitar los componentes a niveles suficientemente bajos como para no producir efectos no deseados en el sistema de alimentación y el equipo conectado. La limitación de valores e índices estadísticos apropiados deben desarrollarse teniendo en cuenta las particularidades del sistema de abastecimiento, cargas de usuario conectado, y las disposiciones de otros usuarios. (IEEE 519, 2014)

2.2.6 Resistencia Shunt para Medición de Corriente

Una resistencia shunt es un elemento pasivo de corriente continua es un elemento el cual está diseñado para utilizarlo en la medición de corriente continua. Conocido también como derivador de corriente, resistencia shunt o resistencia de derivación (Asociados M. &., 2009)



Figura 10 Resistencia Shunt

Fuente: (Asociados M. &., 2009)

Está formado como elemento de cuatro terminales, separando las terminales de corriente y de tensión, el cual anula así la influencia de la caída de tensión en los cables de conexión, ya que las amplitudes elevadas de corriente que manejan estos instrumentos, pueden ser de consideración.

El valor del shunt debe calcularse de manera tal que desvíe la corriente que exceda del valor máximo que permite el amperímetro en uso. Generalmente la resistencia de un shunt es conocida con precisión y es utilizada para determinar la corriente eléctrica que fluye a través de esta carga, mediante la medición de la diferencia de tensión a través de ella, valiéndose de ello de la ley de Ohm. (Asociados M. &., 2009)

$$I = \frac{V}{R} \qquad \text{Ec.(23)}$$

Como un shunt de corriente continua es, esencialmente, una resistencia, se puede calibrar por cualquiera de los métodos bien conocidos de calibración de resistencia (puentes de resistencia, método potencio métrico). El método indirecto (I-V), consiste en aplicar una corriente continua conocida y medir la caída de tensión generada a través del shunt. (Asociados M. &., 2009)

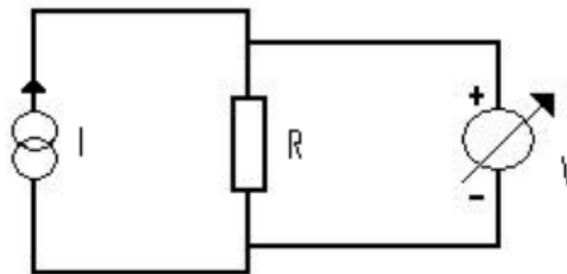


Figura 11 Diagrama de conexión de la resistencia shunt

Fuente: (Asociados M. &, 2009)

2.2.7 Divisor de voltaje

“En una conexión en serie todos los componentes llevan la misma corriente. Para reconocer un par de componentes en serie, buscamos dos componentes conectados a un nodo único que no tenga otros componentes conectados en el circuito”. (Dorf & Svoboda, 2011)

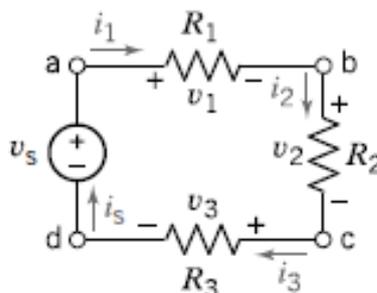


Figura 12 Circuito cerrado único con una fuente de Voltaje Vs

Fuente: (Dorf & Svoboda, 2011)

Para determinar i_1 , nos valemos de la KLV en torno al circuito cerrado para obtener el voltaje a través del resistor R_2 es

$$v_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3} v_s \quad \text{Ec.(24)}$$

Por lo tanto, el voltaje a través de la combinación de resistores en serie se divide entre los resistores individuales de una manera predecible. El circuito

demuestra el principio de la *división de voltaje*, y al circuito se le denomina *divisor de voltaje*. (Dorf & Svoboda, 2011)

En general, podemos representar el principio del divisor de voltaje por la ecuación.

$$v_n = \frac{R_n}{R_1 + R_2 + \dots + R_N} v_s \quad \text{Ec.(25)}$$

Donde v_n es el voltaje a través del *enésimo* resistor de resistores n conectados en serie.

2.3 Voltímetros y Amperímetros

Las mediciones de corriente y voltaje se lo realizan con lectores directos (Análogos) o medidores digitales, como se detallan en la figura 13 a continuación. Un medidor de lectura directa tiene un apuntador cuya desviación angular depende de la magnitud de la variable que está midiendo. Un medidor digital despliega un conjunto de dígitos que indican el valor de la variable a ser medida. (Dorf & Svoboda, 2011)

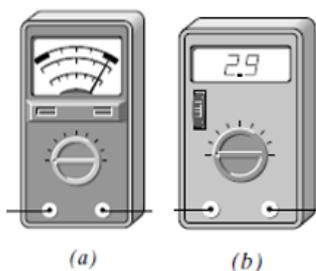


Figura 13 (a) Medidor de lectura directa (análogo). (b) Medidor digital.

Fuente: (Dorf & Svoboda, 2011)

Para realizar la medición de un voltaje o corriente se conecta un medidor o un circuito mediante los terminales probadores. Un amperímetro que sea ideal como el de la figura 14 (a) mide corriente que pasa a través de los terminales y tiene voltaje cero v_m , mediante sus terminales. Un voltímetro ideal como el de la figura 14 (b) mide el voltaje en sus terminales y tiene una corriente terminal i_m , igual a cero. Los elementos de medición útiles solo se

aproximan a las condiciones ideales. Para un amperímetro útil el voltaje a través de sus terminales por lo general suelen ser insignificantes, muy pequeño. De la misma manera, la corriente en un voltímetro suele ser infinita.

“Los Voltímetros ideales actúan como circuitos abiertos, y los amperímetros ideales actúan como cortocircuitos. Por ende, el modelo de un voltímetro ideal es un circuito abierto, y el de un amperímetro ideal es un cortocircuito”. (Dorf & Svoboda, 2011)

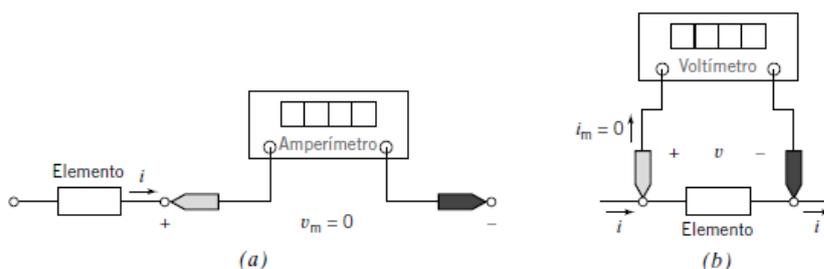


Figura 14. (a) Amperímetro ideal. (b) Voltímetro ideal

Fuente: (Dorf & Svoboda, 2011)

2.3.1 Medición

“Tiene como principio el de comparar una magnitud con cualquiera a otra de las mismas características, la cual es tomada como unidad o patrón de medida.” (Anónimo, s.f.)

a. Mediciones eléctricas

“Tienen por meta el medir magnitudes eléctricas como, voltaje, corriente, resistencia, potencia, etc. Y a su vez por medio de métodos eléctricos (o mediante medición de magnitudes eléctricas) medir magnitudes como la cantidad de calor, intensidad luminosa, potencia mecánica, etc.” (Anónimo, s.f.)

b. Métodos de mediciones eléctricas:

Pueden ser de dos índoles como directos o indirectos.

“En el método directo la lectura de la magnitud se da directamente en el instrumento. El método indirecto se debe usar en alguna ley física o ecuación

matemática para determinar su valor, a partir de otras mediciones obtenidas directamente.” (Anónimo, s.f.)

c. Errores en las mediciones:

Por más cautelosa que sea la fabricación de un instrumento, siempre existirá una graduación defectuosa en su escala y como resultado de alguna alteración del aparato de medida, sus mediciones se desvían algo del valor exacto de la magnitud. La diferencia que existe entre la indicación del dispositivo de medida y el valor real de la magnitud, su representación se da en valor absoluto del error:

$$\text{Error absoluto} \quad \Delta X = X - X_m \quad \text{Ec.(26)}$$

Donde:

ΔX = Error absoluto

X = Valor real

X_m = Valor medido

El error relativo se da en relación entre el valor absoluto y el valor real; expresando tanto por ciento:

$$\text{Error relativo (\%)} = \frac{\Delta X}{X} * 100 \quad \text{Ec.(27)}$$

Donde:

ΔX = Error absoluto

X = Valor real

El error reducido en un instrumento, es indicador claro de la precisión del mismo, y se expresa como: la relación que existe entre el valor absoluto del error y el máximo valor de la escala o alcance (fondo de escala):

$$\text{Error reducido (\%)} = \frac{\Delta X}{\text{Fondo de escala}} * 100 = \frac{\Delta X}{X_{max}} * 100 \quad \text{Ec.(28)}$$

Donde:

ΔX = Error absoluto

X_{max} = Valor maximo

d. Precisión de una medida

Precisión trata de la cualidad que tiene un instrumento de poder repetir, en mayor o menor precisión, los valores a los cuales corresponde a una cierta magnitud medida en las mismas condiciones. La precisión es repetitividad de datos cuando el sistema no tiene ninguna variación. Con respecto a los errores, se encuentra íntimamente ligado a los errores casuales o accidentales y los cuales son inversamente proporcional a ellos, por ende cuando los errores casuales son pequeños en una experiencia, el instrumento, equipo o método de trabajo tiene gran precisión, pero con lo cual no quiere decir que sea exacto o que tiene gran exactitud en la medición. La precisión está relacionada con la dispersión de tal forma que son inversamente proporcional: a una mayor precisión, menor dispersión, menor desvío standard, menor error casual.

La dispersión de los datos que se pueden obtener por un sistema de medición, que mide “n” veces un mismo valor patrón de una magnitud física de una magnitud que sea cualquiera, se la puede cuantificar con el Desvío Standard (DS) de los datos. (Anónimo, s.f.)

La precisión se la puede cuantificar como la inversa del error relativo

$$P = \frac{1}{ER} = \frac{X}{\Delta X} \quad \text{Ec.(29)}$$

Donde:

ΔX = Error absoluto

X = Valor real

2.4 Fundamentación conceptual

2.4.1 Instrumentación electrónica

“La instrumentación electrónica tiene como prioridad mejorar las disposiciones de extracción de información alrededor, de un sistema o proceso por medio de sus variables características del mismo”. (Perez Garcia, 2014)

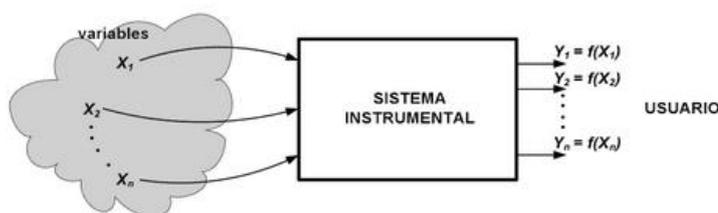


Figura 15 Concepto General de un sistema instrumental.

Fuente: (Perez Garcia, 2014)

Con la llegada de los dispositivos electrónicos, a principios del siglo XX, logra un gran avance en las prestaciones para renovar los sistemas instrumentales y desarrollar una rama científico-técnica llamada INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA. Los sistemas de instrumentación electrónica envían los datos o información como por ejemplo señales eléctricas, para posteriormente ser procesadas por otros sistemas electrónicos, como computadores, micro controlador, microprocesadores. (Perez Garcia, 2014)

“En estos tipos de sistemas un sensor recibe los datos de la variable física que se desea realizar la medida y produce una señal eléctrica (corriente, voltaje o carga). Los sensores requieren una adaptación para tener valores aceptables de corriente o voltaje, por medio de circuitos acondicionados”. (Perez Garcia, 2014)

Dependiendo de la señal que se produce a la salida del sistema instrumental puede ser tratada de la siguiente manera:

- **Sistemas de medida:** en este caso, la información se presentara en un visualizador.
- **Sistema de control:** las señales de los sensores son trasladadas a circuitos de control los cuales toman decisiones en función de valores fijados por el usuario.

“Todas las mejoras anteriormente mencionadas tienden a actualizarse y sustituir elementos físicos “hardware” por elementos virtuales “software” empleando procesadores. Estas nuevas técnicas son llamadas instrumentación virtual”. (Perez Garcia, 2014)

2.4.2 Instrumentación virtual

Es una herramienta de gran utilidad en el progreso y desarrollo de instrumentos virtuales, flexibles y económicos. Su forma física y de operación es similar a los instrumentos físicos y usados ampliamente en la industria. La instrumentación virtual tiene gran relevancia, ya que implica el procesamiento, análisis, despliegue y almacenamiento de información. Gracias a ello se ha desarrollado e industrializado diferentes aplicaciones que necesiten alcanzar mayor productividad y precisión. Es de una arquitectura abierta, con una interfaz flexible, con lo cual se alcanza cambios en los instrumentos virtuales y modificar su diseño pos medio del software utilitarios llamados toolkits con lo cual se puede crear e insertar instrumentos virtuales, botones, animaciones, perrillas, etc. (Rosario, 2010).



Figura 16 Etapa de la adquisición de datos.

Fuente: (Instrument, National Instrument, 2017)

a. Transductor

Es todo dispositivo que transforma señales de física en otra física distinta, es decir un tipo de energía en otro.

b. Sensor

Es un dispositivo que recibe energía del medio donde se halle, da una señal de salida transducible que es función de la variable medida en cuestión.

c. Transformador de potencial

Son equipos que se emplean para cambiar el nivel de voltaje que ingresa en su devanado primario a niveles operables o necesarios por otros equipos.



Figura 17 Transformador de potencial

Fuente: (Ibañez, 2012)

d. Transformadores de corriente

Utilizan el campo magnético que se genera al circular una corriente alterna por un conductor para generar una corriente proporcional al otro extremo del circuito para realizar funciones de medición (Boulianne, 2017).

2.4.3 El acondicionamiento de señales.

“La adquisición de datos (DAQ), se puede definir como un proceso en el cual se realiza una medición con una PC, diferentes fenómenos sean: eléctricos o físicos, como voltaje, corriente, temperatura, presión o sonido. Un sistema DAQ posee sensores, hardware para obtener diferentes medidas con software programable e interactivo" (Instrument, National Instrument, 2017).

En el acondicionamiento de la señal se usan elementos del sistema de medida, mediante la señal de salida de un sensor electrónico ayuda que la

información receptada sea idónea para ser presentada, registrada o permita el procesamiento de los datos mediante un equipo o instrumento estándar. (Areny, 2004)

2.4.4 DAQs.

Es un dispositivo electrónico cuya función es realizar la transformación de la señal analógica en una señal digital, esta señal es representada en datos binarios y tratados posteriormente por el computador para realizar un procesamiento de la señal. La función de convertidor análogo/digital se da mediante una DAQ, y posee un enlace con el computador mediante USB para los fenómenos que van a ser monitoreados.

2.4.5 Tipos de tarjetas

a. Tarjetas A/D

Un conversor A/D es un dispositivo que mapea una tensión análoga en un código o palabra digital de n bits. Para esto ocupa muestras de la señal análoga cada cierto intervalo de tiempo. El valor numérico de esta muestra estará dentro de un rango preestablecido, que depende de, cuantos bits tenga la palabra, y el rango de la señal análoga de entrada. Para todos los valores numéricos que estén dentro de un determinado rango (2^n rangos totales) se los mapeará a un código o palabra digital (Anónimo, Universidad Técnica Federico Santa María, 2004).

b. Tarjetas D/A

“Un DAC (conversor digital analógico) abarca normalmente una red resistiva divisora de tensión, que tiene una tensión de referencia estable y fija como entrada. Se tiene qué tan exacta será la conversión entre la señal analógica y la digital”. (Unicrom, 2016)

$$\text{Resolución} = \frac{\text{VoFS}}{[2^n - 1]} \quad \text{Ec.(30)}$$

Donde:

n = número de bits del convertidor

VoFS = es el voltaje que hay que poner a la entrada del convertidor para obtener una conversión máxima (todas las salidas son “1”)



Figura 18 Resolución de un dispositivo DAC

Fuente. (Unicrom, 2016)

En la figura 18 se representa un convertidor Digital – Analógico de 4 bits. Cada entrada digital puede ser sólo un “0” o un “1”. D0 es el bit menos significativo (LSB) y D3 es el más significativo (MSB). El voltaje de salida analógica tendrá uno de 16 posibles valores dados por una de las 16 combinaciones de la entrada digital (Unicrom, 2016).

c. Tarjetas I/O

Existen diferentes tipos de tarjetas de E / S que ayudan a condicionar un tipo de entrada o salida para la lógica que usa la CPU. Es una manera de seleccionar entradas y salidas que son necesarias y luego direccionando correctamente en el programa de CPUs. (PLCdev, 2017).

2.4.6 Entradas

Los dispositivos de entrada consisten en dispositivos digitales o analógicos. Una tarjeta de entrada digital usa los dispositivos de una manera moderada con una señal que alerta en el instante que este encendido o apagado que cumple la función de botón, interruptor de límite, sensores o interruptores selectores. Una tarjeta de entrada analógica transforma una tensión o corriente (puede ser de 0 a 20mA) en un número digital de manera que puede ser entendido por la CPU. (PLCdev, 2017).

2.4.7 Salidas

Los dispositivos de salida consisten en tipos digitales o analógicos. Una tarjeta de salida digital activa o desactiva un dispositivo. Una tarjeta de salida analógica convertirá un número digital enviado por la CPU a su voltaje o corriente real. Las señales de salida típicas pueden variar entre 0-10 VDC o 4-20mA y se utilizan para controlar controladores de flujo masivo, reguladores de presión y controles de posición (PLCdev, 2017).

2.4.8 DAQ NI USB-6341

Dispositivo USB de E/S Multifunción, serie X, 16 AI (16 Bits, 500 kS/s), 2 AO (900 kS/s), 24 DIO EI USB-6341 ofrece

- 16 Entradas analógicas
- 2 Salidas Analógicas
- 24 Entradas/Salidas digitales
- 4 contadores/temporizadores de 32 bits para PWM

La tecnología de temporización y sincronización NI-STC3 integrada ofrece funcionalidad de temporización avanzada que incluye motores de temporización analógicos y digitales independientes y tareas de medida reactivables. El USB-6341 es ideal para una amplia variedad de aplicaciones, desde registro básico de datos hasta automatización de control y pruebas (Instrument, 2017).



Figura 19 DAQ NI USB 6341

Fuente: (Instrument, 2017)

2.4.9 DAQ NI USB-6211

“DAQ Multifunción de la Serie M de 16 bits, 250 kS/s, Energizado por Bus 16 entradas analógicas (16 bits, 250 kS/s)”. **(Instrument, 2017)**

- 2 salidas analógicas (16 bits a 250 kS/s), 4 entradas digitales, 4 salidas digitales, 2 contadores de 32 bits.
- Energizado por bus USB para una mayor movilidad, conectividad de señal integrada.
- NI signal streaming para transferencia de datos bidireccional a alta velocidad en USB; la versión OEM está disponible.
- Compatible con LabVIEW, LabWindows™/CVI y Measurement Studio para Visual Studio .NET.
- Software controlador NI-DAQmx y software interactivo NI LabVIEW SignalExpress LE para registro de datos. (Instrument, 2017)

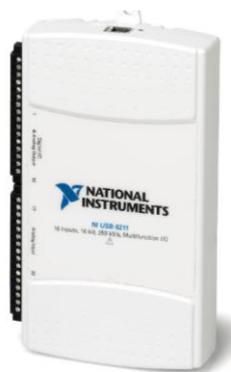


Figura 20 DAQ NI USB-6211

Fuente: (Instrument, 2017)

2.4.10 DAQ NI PXI-6052E

16 Canales, 333 kS/s, 16 Bits, 2 AO, 8 DIO, 2 Contadores de 24 Bits, Serie E **(Instrument., 2017)**

- 1.25 MS / s, resolución de 12 bits, hasta
- 64 entradas analógicas

- Dos salidas analógicas de 12 bits
- (1 MS / s max)
- 8 líneas digitales de E / S (5 V / TTL); dos contadores / temporizadores de 24 bits
- Disparo analógico y digital
- Disponible para PCI, PXI / CompactPCI,
- IEEE 1394 e ISA
- El software de controlador NI DAQ simplifica configuración y medidas
- 1,25 ms / s tasa de flujo a disco



Figura 21 DAQ NI PXI-6052E

Fuente: (Instrument., 2017)

2.4.11 Principales Diferencias Entre los Dispositivos DAQ de la Serie E, M y X.

Las series E, M y X conforman las tres generaciones de los productos Multifunción DAQ. La aparición sucesiva de cada una de estas generaciones brinda nuevas características, las cuales son mencionadas a continuación. Diferencias Funcionales Entre los Dispositivos DAQ de: la Serie X, Serie M y Serie E. **(Instruments, 2014)**

Tabla 3**Entradas analógicas**

Entradas Analógicas	Serie X	Serie M	Serie E
Canales de Entrada Analógica	8, 16, or 32	8,16, 32, or 80	16 or 64
Tasa de muestreo	Hasta 2 MS/s/ch (16-bit)	Hasta 1.25 MS/s (16-bit)	Hasta 1.25 MS/s (12-bit)
Resolución de entrada	16-bit	16 or 18-bit	12 or 16-bit
Método de Calibración	NI-MCal (todos los rangos)	NI-MCal (todos los rangos)	Lineal, 2 puntos (rango específico)
Intervalo de Calibración	1 or 2 años	1 or 2 años	1 año

Fuente (Instruments, 2014)

Tabla 4**Salida Analógica**

Salida Analógica	Serie X	Serie M	Serie E
Canales de Salida Analógica	0,2 or 4	0, 2 or 4	0 or 2
Tasa de Salida Analógica	Hasta 2.8 MS/s, 16-bit	Hasta 2.8 MS/s, 16-bit	Hasta 333 kS/s, 16-bit
Resolución de Salida Analógica	16-bit	16-bit	12 or 16-bit
E/S Digital	Serie X	Serie M	Serie E
Líneas E/S Digital	24 or 48	24 or 48	8 or 32
Tasa de E/S Digital	10 MHz	10 MHz*	Temporizado por Software
Fuente de temporización	Interna, Externa	Interna**, Externa	-
Niveles Digitales	TTL/CMOS	TTL/CMOS or 24V	TTL/CMOS

Continúa



Protección de Línea Digital	Mejora en el rango de protección (± 20 V), protección contra sobre corriente	Mejora en el rango de protección (± 20 V), protección contra sobre corriente	-
-----------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---

Fuente (Instruments, 2014)

Tabla 5
Contador

Contador	Serie X	Serie M	Serie E
Contador/Temporizadores	4, 32-bit	2, 32-bit	2, 24-bit
Contador de Base de Tiempo	100 MHz	80 MHz	20 MHz
Entradas de Encoder de Cuadratura	Sí	Sí	No
Filtros de Supresión de Rebotes Digitales	Disponible en todas las líneas digitales	Sólo para tareas de contadores	No tiene
Máxima Tasa de Referencia Para Tareas de Entrada con Contadores con Búfer	10 MHz en los cuatro contadores (PCIe)	380 kHz (PCI) 1194 kHz - 621x un sólo contador	150 kHz en un sólo contador (PCI)
Salida de Contadores con Búfer?	Sí	No	No

Fuente (Instruments, 2014)

Tabla 6
Sistema

Sistema	Serie X	Serie M	Serie E
Sincronización del Reloj	PLL, RTSI	PLL, RTSI	RTSI
Canales DMA	8	6	1 or 3
Tipo de Conector	VHDCI (alta densidad)	VHDCI (alta densidad)	SCSI II
Aislamiento	-	60 VDC banco continuo de	-

Continúa



aislamiento, 1,400
Vrms/1,950 VDC
aislamiento canal-bus,
durante 5 s*

Fuente (Instruments, 2014)

a. Ventajas de la Serie X respecto a la Serie M

- Sample Clocks dedicados para tareas digitales de E/S.
- Todas las tareas son retriggerable. En la Serie M esto es cierto sólo para tareas de contadores.
- 4 Contadores con características avanzadas (referirse a Product Manuals: X Series User Manual para más información).
- Una base de tiempo de 100 MHz para todas las tareas (La Serie M usa 80 MHz para contadores y 20 MHz para las tareas analógicas).
- Muestreo simultáneo disponible en algunas tarjetas.
- Mejor rendimiento para transmitir por medio de buses PCIe y PXIe. (Instrument., 2017)

b. Ventajas de la Serie M respecto a la Serie E

- Los FIFO búfers para tareas analógicas de entrada y salida de la Serie M son mucho más grandes que los de la Serie E.
- Los dispositivos de la Serie M tienen 4 o 6 canales DMA, lo que aumenta el rendimiento al realizar tareas múltiples.
- La Serie M es compatible con las características de contador de NI-TIO, como encoding de cuadratura y separación de dos bordes.
- La Serie M tiene 16 líneas PFI, mientras que la Serie E sólo tiene 10.
- En la Serie M, señales de temporización como counter output, freqout y sample clocks, pueden ser exportadas por cualquier línea PFI. En un dispositivo de la Serie E, estas señales tienen que ser exportadas por medio de señales dedicadas.
- Las líneas PFI y RTSI en los dispositivos de la Serie M tienen filtros para supresión de rebotes, mientras que esas líneas en la Serie E no tienen estos filtros.

- Las entradas y salidas digitales y las líneas PFI en los dispositivos de la Serie M tienen mejor protección que en los dispositivos de la Serie E.
- Las Accuracy Boards de la Serie M son compatibles con AO offset, mientras que los dispositivos de la Serie E no lo son.
- Los dispositivos de la Serie E sólo tienen una referencia interna para salida analógica AO de 10 V. Para la Serie M, las Value Boards tienen una referencia de 10 V, las Performance Boards tienen referencias de 5 V y 10 V y la Accuracy Board tiene referencias de 1 V, 2 V, 5 V y 10 V.
- Los dispositivos PXI de la Serie M tienen la habilidad de engancharse a un reloj común del plano posterior de un PXI para una sincronización más precisa y sencilla de mediciones entre varios dispositivos. Los dispositivos PXI de la serie E no tienen esta característica. (Instruments, 2014)

c. Otras Diferencias Entre los Dispositivos

- La Serie X y la Serie M sólo son compatibles con el controlador NI-DAQmx, mientras que la Serie E es compatible con ambos, Traditional NI-DAQ y NI-DAQmx.
- Los datos sin escala no son calibrados en la Serie X ni en la Serie M, mientras que los datos sin escala de la Serie E son calibrados.
- Para triggering analógico, la Serie M y la Serie X usan APFI0 y APFI1; Serie E usa PFI0.
- La sincronización es manejada de forma diferente entre dispositivos. La Serie E usa un tiempo de base maestro de 20 MHz (los relojes se derivan de esto). Las Serie M y Serie X usan un reloj de referencia para engancharse (PLL) con sus propios tiempos de base.
- La resistencia interna de las líneas PFI es diferente en la Serie E comparado con la Serie X o la Serie M. Los dispositivos de la Serie E tienen una resistencia ~50 kOhm PULL UP conectada internamente a cada línea PFI, mientras que la Serie X/M tiene una resistencia ~50kOhm PULL DOWN conectada a cada línea PFI. (Instruments, 2014).

2.5 El software controlador NI-DAQmx

Luego de adquirir las señales físicas estas deben ser acondicionadas y convertidas a digital, se envían a una PC para su procesamiento. Además de poseer el dispositivo de adquisición de datos se debe tener el controlador que permita el reconocimiento y correcto funcionamiento del dispositivo. La DAQ posee su propio controlador que es NI-DAQmx proporcionada junto con el dispositivo de adquisición de datos, este software cuenta con librerías necesarias para la comunicación con el programa de instrumentación digital, este es el caso de la librería DAQ Assistant facilita la interacción al momento de programar el presente proyecto. (Instrument, National Instrument, 2017)

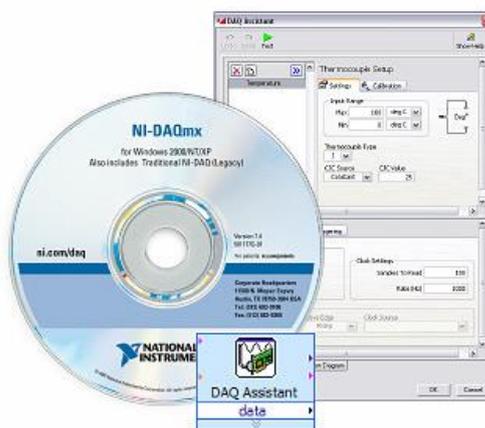


Figura 22. Software controlador NI-DAQmx

Fuente: (Instrument, National Instrument, 2017)

2.5.1 LabView

Es un software para ingeniería, usado para realizar pruebas, medidas y control con acceso rápido a hardware e información. Simplifica la combinación de hardware, así el usuario puede adquirir y visualizar juegos de datos rápidamente desde prácticamente cualquier dispositivo de E/S, ya sea de NI o de terceros. Mezcla una sintaxis de programación gráfica que produce el tiempo de programación. La programación en LabVIEW se basan en instrumentos virtuales o Vis, su apariencia y operación por lo generalmente se basan en la imitación a instrumentos físicos, como osciloscopios y multímetros. LabView tiene un sin número de herramientas para procesar, analizar, visualizar y almacenar información. (Instrument, 2017)

Al crear un nuevo VI se puede visualizar 2 ventanas: la ventana del panel frontal y el diagrama de bloques

a. El software de aplicación.

El entorno de programación por medio del cual se realizan las tareas necesarias que tomarán los datos desde el dispositivo de adquisición de datos para luego mostrarla en una pantalla o entorno virtual. En el presente proyecto se usara el entorno de programación LabVIEW. (Instrument, National Instrument, 2017)

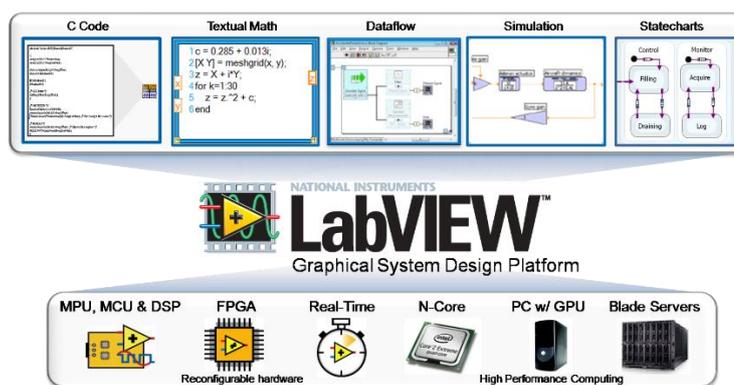


Figura 23 Programa LabVIEW

Fuente: (Instrument, National Instrument, 2017)

b. El panel frontal

Al abrir el software, se visualizan 2 pantallas principales, el panel frontal y el diagrama de bloques. El panel frontal es la interface con el usuario y en donde se sitúan los distintos dispositivos virtuales como; botones, perillas, interruptores, entradas de texto entre diferentes dispositivos, como también se sitúan indicadores gráficos, LEDs, indicadores numéricos y de cadena de caracteres (texto). En el diagrama de bloques contienen los terminales, que son los controles e indicadores del panel frontal. Cuando abre un VI nuevo o existente, aparece la ventana del panel frontal del VI. La ventana del panel frontal es la interfaz de usuario para el VI. (Instrument, National Instrument, 2017)

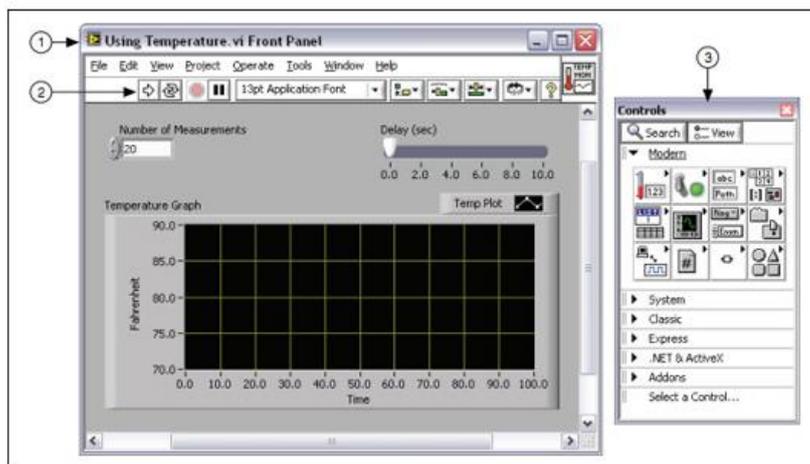


Figura 24 Ejemplo de panel Frontal: (1) Ventana de Panel Frontal (2) Barra de Herramientas (3) Paleta de Controles

Fuente: (Instrument, National Instrument, 2017)

En la paleta de control se puede encontrar los controles e indicadores, los cuales se utilizan para la creación del panel frontal. Para tener acceso a la paleta de controles de la ventana del panel frontal se procede a seleccionar View»Controls Palette o a su vez se procede a dar clic en el botón derecho en un espacio en blanco en la ventana del panel frontal. La paleta de Controles se encuentra dividida en diferentes categorías; se puede exponer diferentes o todas las categorías para cumplir con sus necesidades del usuario. (Instrument, National Instrument, 2017)

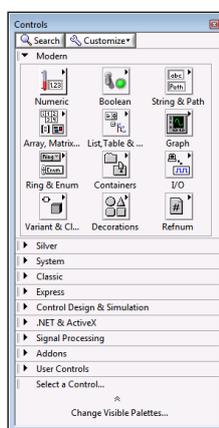


Figura 25 Paleta de Controles

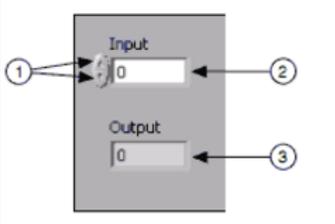
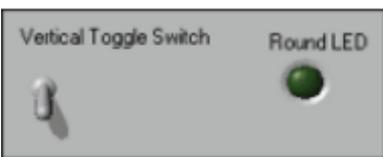
Fuente: (Instrument, National Instrument, 2017)

c. Controles e indicadores

Se encuentra ubicados en el panel frontal, al ser seleccionados de la Paleta de Controles. Los controles son entradas de información que realiza el usuario al computador, los indicadores son las salidas de información al computador después de haber sido procesada la información de los controladores en el diagrama de bloques. (Instrument, National Instrument, 2017)

A continuación en la tabla 7 se detallan los controladores e indicadores.

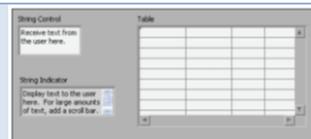
Tabla 7
Tipos de datos en LabView.

Tipo	Descripción	Imagen
Numéricos:	El tipo de datos numérico pueden representar números de varios tipos como un entero o real. Los dos objetos numéricos comunes son el control numérico y el indicador numérico	 <p>(1) Botones de Incremento/Reducción; (2) Control Numérico ; (3) Indicador Numérico</p>
Booleanos	El tipo de datos Booleano representa datos que solamente tienen dos estados posibles, como TRUE y FALSE u ON y OFF. Use los controles e indicadores Booleano para proporcionar y visualizar valores Booleano. Los objetos Booleano simulan interruptores, botones y LEDs. El interruptor de encendido vertical y los objetos LED redondos	 <p>Vertical Toggle Switch Round LED</p>
Cadena de caracteres:	El tipo de datos cadena de caracteres es una secuencia de	

Continúa



caracteres ASCII. Use controles en cadena para recibir texto desde el usuario como una contraseña o nombre de usuario. Use indicadores en cadena para mostrar texto al usuario. Los objetos en cadena más comunes son tablas y cuadros de texto



Fuente: (Instrument, National Instrument, 2017)

d. Diagrama de bloques

La meta de los diagramas de bloques que contienen a los terminales, subVIs, funciones, constantes, estructuras y cables, los cuales transportan información junto a las metas del diagrama de bloques. Una vez creada la ventana del panel frontal, agrega el código usando representaciones gráficas de funciones para dominar las metas del panel frontal. La ventana del diagrama de bloques tiene este código de fuente gráfica. En la figura 26 se resalta la creación de un diagrama de bloques. (Instrument, National Instrument, 2017)

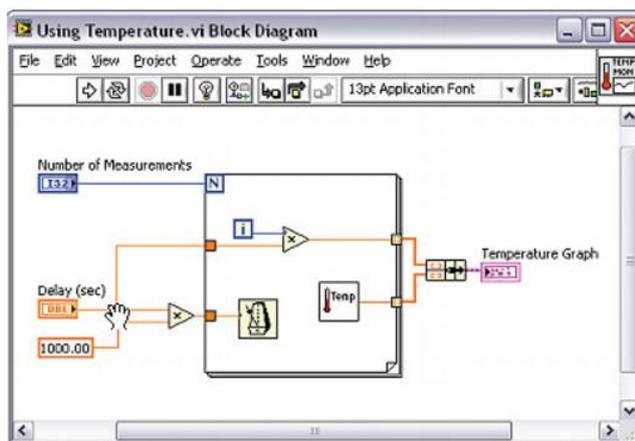


Figura 26 Diagrama de Bloques en LabView

Fuente: (Instrument, National Instrument, 2017)

e. Terminales

Los controles e indicadores en la ventana del panel frontal se muestran como terminales en el diagrama de bloques.

Los terminales son puertos de entrada y salida que intercambian datos entre el panel frontal y diagrama de bloques. Son análogos en diferentes parámetros y constantes en los lenguajes de programación apropiados que son basados en texto. Los tipos de terminales también tienen terminales de control o indicador y terminales de nodo. Las terminales de control e indicador son parte de los controles e indicadores del panel frontal. La información que proporcionan los controles del panel frontal pasa al diagrama de bloques mediante los terminales de control. (Instrument, National Instrument, 2017)

“Estas funciones se encuentran en la paleta de funciones, la cual contiene los VIs, funciones y constantes que se utilizan para la creación del diagrama de bloques, en la siguiente ilustración se detalla la paleta de fundiciones”. (Instrument, National Instrument, 2017)

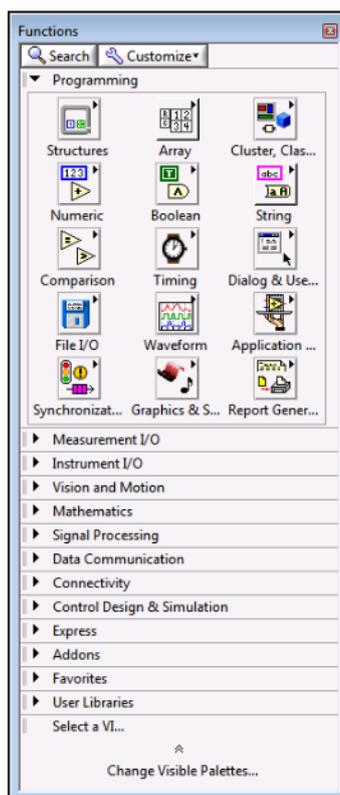


Figura 27 Paleta de funciones

Fuente: (Instrument, National Instrument, 2017)

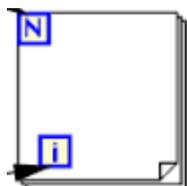
f. Programación En LabView

Para desarrollo de la programación se trabaja en diagramas de bloques con el uso de paletas con funciones para procesar la información que son insertados a través de los controles del panel frontal, en las cuales las funciones pueden ser aritméticas, lógicas, de cálculo. Cuenta con lenguajes de programación, con estructuras de ejecución. (Instrument, National Instrument, 2017)

Las estructuras de ejecución implican tener secciones de código gráfico y controlan el código que se ejecuta. Las estructuras de ejecuciones que se usan más normalmente son ciclos while, ciclos for, y Estructuras en los cuales se requieran ejecutar la misma sección del código algunas veces, en la tabla 8 se visualiza las principales estructuras de ejecución y cuál es el uso en LabView. (Instrument, National Instrument, 2017)

Tabla 8

Estructuras de ejecución en LabView.

Nombre	Descripción	Imagen
Estructura While	Similar a un ciclo Do o un Ciclo Repeat-Until en lenguajes de programación basados en texto. Un Ciclo While, ejecuta el código que contiene hasta que ocurre una condición.	
Estructura For	Un ciclo For ejecuta un sub diagrama un número de veces establecido.	
	Una estructura de Casos tiene dos o más sub diagramas o casos.	

Continúa



Estructura Case	Solamente un sub diagrama es visible a la vez y la estructura ejecuta un caso a la vez. Un valor de entrada determina cual sub diagrama se ejecuta. La estructura de Caso es similar a las instrucciones del interruptor o a las instrucciones si Después en lenguajes de programación basados en texto.
------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: (Instrument, National Instrument, 2017)

Las estructuras se presentan en forma cuadrada debido a que los segmentos de código que deben ejecutar se colocan en su interior. Con las nociones anteriormente detalladas será posible comprender la lógica de la programación y el flujo de datos llevado a cabo en el programa desarrollado. (Instrument, National Instrument, 2017)

g. Paquete Power Electrical Suit

Los recursos de labview con Power Electrical Suit ofrecen información de fondo útil sobre los conceptos generales. Estos recursos se proporcionan solo con fines informativos generales y usan las normas:

EN 50160: 2007, características de voltaje de la electricidad suministrada por redes públicas de distribución

IEC 61000-4-7: 2002, Compatibilidad electromagnética (EMC) - Parte 4-7: Técnicas de prueba y medición - Guía general sobre armónicos e interarmónicos Mediciones e instrumentación, para sistemas de suministro de energía y equipos conectados a ellos

IEC 61000-4-15: 2010, Compatibilidad Electromagnética (EMC) - Parte 4-15: Técnicas de prueba y medición - Medidor de fluctuación de fase - Especificaciones funcionales y de diseño

IEC 61000-4-30: 2008, Compatibilidad Electromagnética (EMC) - Parte 4-30: Técnicas de prueba y medición - Métodos de medición de la calidad de la energía

IEEE Std 1159: 1995, Práctica recomendada de IEEE para monitorear la calidad de la energía eléctrica

IEEE Std C37.111: 1999, formato común estándar IEEE para intercambio de datos transitorios (COMTRADE) para sistemas de potencia

IEEE Std C37.118: 2005, sincrofasores para sistemas de potencia (Instrument, 2017)

2.5.2 Hipótesis.

Con el diseño y construcción de un módulo didáctico de adquisición automática de datos de variables eléctricas en el sistema de entrenamiento electromecánico se monitorea, registra y analiza variables eléctricas del laboratorio de control eléctrico de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

2.5.3 Cuadro de operacionalización de las variables.

Tabla 9 Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e Instrumentos	Ítems
Independiente Construcción de un módulo didáctico de adquisición automática de datos para parámetros eléctricos	Parámetros eléctricos	Voltaje	<ul style="list-style-type: none"> • Tabla de mediciones • Sensor de Voltaje 	V
		Corriente	<ul style="list-style-type: none"> • Tabla de mediciones • Sensor de Corriente 	A
		Energía	Ecuaciones	Kw-h
Dependiente Análisis eléctrico de cargas R, L con un error menor al 10%.	Indicadores eléctricos	Potencia Activa	Ecuaciones	W
		Potencia Reactiva	Ecuaciones	VAR
		Factor de Potencia	Ecuaciones	%
		THD	Ecuaciones	%

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

El proyecto en mención tiene como finalidad la medición de parámetros eléctricos, para su análisis en el laboratorio de control eléctrico, empleando datos de corriente y voltaje tanto en alterna como continua. Para medir el voltaje alterno se emplea transformadores de potencial junto con divisores de tensión, para la medición de voltaje continuo se emplea divisores de tensión para la obtención de datos y posteriormente con estos datos tener un análisis en contraste con los datos del módulo LabVolt 9063.

3.1 Modalidad de la investigación.

En la modalidad de la investigación se denota el tipo o tipos de investigación que se emplearán en el presente proyecto además de las técnicas y procedimientos a emplearse.

Los aspectos metodológicos dirigen el proceso de investigación del estudio elaborado, ya que dichos procedimientos orientan cualquier proyecto para su elaboración. Por esta razón se adopta la investigación bibliográfica y de campo

3.1.1 Bibliográfica

Basada en la revisión de conceptos a través de un análisis de documentos y libros referente al diseño y construcción de modulo para la adquisición de datos y parámetros eléctricos basados en fuentes fiables siendo una mejor guía por su fiabilidad.

3.1.2 De campo

El proyecto pretende identificar datos o parámetros en este caso eléctricos, para su posterior síntesis teniendo como meta la resolución de problemas de adquisición de parámetros eléctricos presentes en el laboratorio de control eléctrico de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Latacunga.

3.6 Tipo de Investigación.

3.6.2 Cuantitativo.

La obtención de datos de los parámetros eléctricos de voltaje y corriente se los realizó mediante los sensores de corriente (TCs) y sensores de voltaje (TPs) luego se procedió al acondicionamiento de señales y su posterior validación teniendo en cuenta la normativa **INEN OIMLR-46-1/-2** la cual consta de dos partes que se detallan en el ANEXO B páginas (32-38).

3.3 Diseño de la Investigación.

El proyecto tiene como finalidad la medición de voltaje, corriente, factor de potencia, armónicos, desfase entre voltajes y corrientes, presentes en diferentes tipos de cargas de ensayo, mediante la utilización de sensores para corriente además de transformadores de potencial y divisores de tensión para el voltaje, el procesamiento se lo realizara mediante la DAQ y su interfaz mediante el software LabView.

El enfoque a emplearse es Empírico-Inductivo.

3.3.1 Método de hallazgo: Inductivo

Busca el análisis posterior a la adquisición de los voltajes y corrientes mediante los sensores, para obtener los parámetros de diseño para los acondicionadores de señal que ingresarán a la DAQ.

3.3.2 Método de contrastación: Experimental

En la determinación de los parámetros de diseño, se realizó ensayos experimentales para obtener tablas de medidas como son, voltaje y corriente con los cuales se procede al respectivo diseño del módulo de adquisición de datos, el cual permita satisfacer las necesidades del laboratorio de control eléctrico, para lo cual se tiene un enfoque Racionalista

a. Método de hallazgo deductivo

Debido a la necesidad de un módulo de adquisición de datos de variables eléctricas, se procede a su diseño y posterior construcción, este módulo contiene sensores diseñados para parámetros como voltaje, corriente; dichos

parámetros permitirán mediante el uso de ecuaciones y cálculos respectivos encontrar otros parámetros como factor de potencia, armónicos, sub armónicos y desfase.

3.4 Niveles de la Investigación.

3.4.1 Exploratoria

En la universidad de las Fuerzas Armadas ESPE de la ciudad de Latacunga no se dispone de un tercer módulo didáctico de adquisición de datos para el tercer sistema de entrenamiento electromecánico necesario en la adquisición de variables eléctricas en el laboratorio de control eléctrico.

3.4.2 Descriptiva

En la investigación se procede a recopilar información como, medidas y datos correlacionados a voltaje y corriente que satisfacen a la problemática estudiada de una forma tal que sea independiente.

3.5 Población y muestra

El presente proyecto se considera a la población un módulo de adquisición de datos LabVolt 9063 y cuya muestra se considera a los datos arrojados por dicho módulo.

Tabla 10
Tabla de preguntas

Preguntas básicas	Explicación
1. ¿Para qué?	Para la adquisición automática de datos y parámetros eléctricos
2. ¿De qué personas u objetos?	Proporcionado por sensores de voltaje y corriente
3. ¿Sobre qué aspecto?	El estudio y procesamiento de los datos
4. ¿Quién? ¿Quiénes?	Investigador
5. ¿Cuándo?	2017
6. ¿Dónde?	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE



7. ¿Cuántas veces?	Una vez
8. ¿Qué Técnicas?	Mediciones
9. ¿Con que?	DAQ NI USB 6211
10. ¿En qué situación?	Condiciones normales

3.6 Instrumentos

Para la obtención de datos de los parámetros eléctricos se utiliza tablas de mediciones, gráficas y curvas de voltaje y corriente proporcionado por los sensores de corriente y los divisores de tensión junto con los TPs en base a programación.

3.7 Validez y Confiabilidad.

Para el procesamiento de los datos recopilados, se procede mediante los siguientes criterios:

- Inspección de información recopilada, que los datos tomados en cuenta se encuentren dentro de los límites establecidos
- Manejo de información, utilizando gráficas y datos de los parámetros involucrados, mediante herramientas computacionales
- Presentación de resultados
- Contraste de resultados

3.8 Técnicas de análisis de datos

Para el procesamiento de los datos recopilados, se procede mediante los siguientes criterios:

- Observación de los elementos muestrales y pruebas piloto
- Recolección o captura de datos
- Crítica de datos
- Análisis de datos
- Calculo de parámetros

- Estimación de varianzas
- Interpretación y reporte

3.9 Técnicas de comprobación de hipótesis

- Interpretación de datos resultantes

CAPÍTULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Análisis de los resultados.

4.1.1 Mediciones de parámetros eléctricos.

El ensayo consiste en realizar las mediciones de la fuente de alimentación a diferentes valores de voltaje hasta alcanzar el valor nominal de la fuente, para compararlos con el modulo implementado y el módulo de adquisición de datos de LabVolt 9063.

4.1.2 Medición de parámetros eléctricos para motor jaula de ardilla trifásica a 125 v.

a. Validación De Datos

Para la validación de los datos obtenidos se emplea como herramienta informática el software SPSS de IBM con un número de muestras de 500 por cada módulo a analizar en las variables de Voltaje, Corriente, Potencia con un porcentaje de error $\alpha=0,05$.

b. Datos Con Carga Motor Jaula De Ardilla 4 Polos A 125 V

VOLTAJE Primero se realiza un análisis para determinar si los datos tomados tanto del módulo de LabVolt como el modulo implementado se rigen a un test de normalidad, este proceso se determina para voltaje, corriente y potencia.

Tabla 11

Datos estadísticos para voltaje.

Descriptives				
	CASO	Statistic	Std. Error	
voltaje R	MODULO	Mean	127,248841423904550	,025481751197852
		Median	127,208231360088860	
		Variance	,325	
		Std.	,569789278641341	
		Deviation		

Continúa 

	Minimum	121,81812539526500	
	Maximum	129,07902956639242	
	Range	7,26090417112742	
	Interquartile	,58253121803503	
	Range		
	Skewness	-1,459	,109
	Kurtosis	17,332	,218
LABVOL	Mean	127,284800000000020	,029970224368486
	Median	127,400000000000000	
	Variance	,449	
	Std.	,670154589888555	
	Deviation		
	Minimum	122,300000000000000	
	Maximum	128,400000000000000	
	Range	6,100000000000001	
	Interquartile	1,200000000000000	
	Range		
	Skewness	-1,009	,109
	Kurtosis	4,540	,218

Tabla 12
Tendencia Normal de Voltaje.

Tests of Normality							
	CASO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Voltaje	MODULO	,084	500	,000	,876	500	,000
	LABVOLT	,172	500	,000	,896	500	,000

En la Tabla 12 se toma en cuenta el test de normalidad por el método de Kolmogorov-Smirnov ya que supera las 30 muestras. El índice de medida Significativa muestra que los datos no se rigen a un test de normalidad por lo que se procede a realizar un test NO PARAMÉTRICO para dos muestras independientes.

c. Prueba Mann-Whitney para Voltaje

En la presente prueba se toma en cuenta la suma de los rangos.

Una vez determinado el comportamiento de los datos se procede a plantear las hipótesis estadísticas.

H_0 = No hay diferencia significativa entre las medianas de los datos tomados de los módulos en estudio.

H_1 = Hay diferencia significativa entre las medianas de los datos tomados de los módulos en estudio.

Después de planteadas las hipótesis se procede a la prueba.

P-valor \geq 0,05 se acepta H_0 .

P-valor $<$ 0,05 se acepta H_1

Tabla 13
Datos de la Prueba Mann-Whitney para Voltaje

Ranks				
	CASO	N	Mean Rank	Sum of Ranks
voltaje R	MODULO	500	485,67	242837,00
	LABVOL	500	515,33	257663,00
	Total	1000		

Tabla 14
Prueba Mann-Whitney para Voltaje

Test Statistics ^a	
	voltaje R modulo
Mann-Whitney U	117587,000
Wilcoxon W	242837,000
Z	-1,624
Asymp. Sig. (2-tailed)	,104

corriente R	MODULO	,115	500	,000	,943	500	,000
	LABVOL	,253	500	,000	,771	500	,000

El índice de medida Significativa muestra que los datos no se rigen a un test de normalidad por lo que se procede a realizar un test de NO PARAMÉTRICO para dos muestras independientes.

d. Prueba Mann-Whitney Corriente

En la presente prueba se toma en cuenta la suma de los rangos.

Una vez determinado el comportamiento de los datos se procede a plantear las hipótesis estadísticas.

Ho= No hay diferencia significativa entre las medianas de los datos tomados de los módulos en estudio.

H1= Hay diferencia significativa entre las medianas de los datos tomados de los módulos en estudio.

Después de planteadas las hipótesis se procede a la prueba.

P-valor \geq 0,05 se acepta Ho.

P-valor $<$ 0,05 se acepta H1

Tabla 17

Datos de la Prueba Mann-Whitney Corriente

Ranks				
	CASO	N	Mean Rank	Sum of Ranks
corriente R	MODULO	500	489,89	244947,00
	LABVOL	500	511,11	255553,00
	Total	1000		

Tabla 18

Prueba Mann-Whitney Corriente

Test Statistics ^a	
	corriente R modulo
Mann-Whitney U	119697,000
Wilcoxon W	244947,000

Z	-1,161
Asymp. Sig. (2-tailed)	,246

POTENCIA

Tabla 19

Datos estadísticos para Potencia.

Descriptives					
	CASO		Statistic	Std. Error	
watts R	MODULO	Mean	31,907854465120000	,139329215342072	
		Median	31,253328175000000		
		Variance	9,706		
		Std. Deviation	3,115495967565786		
		Minimum	6,391921520000000		
		Maximum	38,948928540000000		
		Range	32,557007020000000		
		Interquartile Range	3,428879862499997		
		Skewness	-,543	,109	
		Kurtosis	8,583	,218	
		LABVOL	Mean	27,158660000000005	,150081880153137
			Median	28,759999999999998	
	Variance		11,262		
	Std. Deviation		3,355932862133912		
	Minimum		19,870000000000000		
	Maximum		31,690000000000000		
	Range		11,820000000000000		
	Interquartile Range		6,919999999999998		
	Skewness		-,309	,109	
	Kurtosis		-1,540	,218	

Tabla 20**Tendencia Normal de Potencia.**

Tests of Normality							
	CASO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
watts R	MODULO	,096	500	,000	,890	500	,000
	LABVOL	,198	500	,000	,845	500	,000

El índice de medida Significativa muestra que los datos no se rigen a un test de normalidad por lo que se procede a realizar un test de NO PARAMÉTRICO para dos muestras independientes.

e. Prueba Mann-Whitney Potencia

En la presente prueba se toma en cuenta la suma de los rangos.

Una vez determinado el comportamiento de los datos se procede a plantear las hipótesis estadísticas.

Ho= No hay diferencia significativa entre las medianas de los datos tomados de los módulos en estudio.

H1= Hay diferencia significativa entre las medianas de los datos tomados de los módulos en estudio.

Después de planteadas las hipótesis se procede a la prueba.

P-valor \geq 0,05 se acepta Ho.

P-valor $<$ 0,05 se acepta H1

Tabla 21**Datos para la Prueba Mann-Whitney Potencia.**

Ranks				
	CASO	N	Mean Rank	Sum of Ranks
watts R	MODULO	500	673,78	336888,00
	LABVOL	500	327,22	163612,00
	Total	1000		

Tabla 22**Prueba Mann-Whitney Potencia**

Test Statistics ^a	
	watts R modulo
Mann-Whitney U	38362,000
Wilcoxon W	163612,000
Z	-18,972
Asymp. Sig. (2-tailed)	,063

4.2 Datos con carga motor jaula de ardilla 4 polos a 50 v**VOLTAJE, CORRIENTE Y POTENCIA****a. Prueba Mann-Whitney voltaje, corriente y potencia.**

En la presente prueba se toma en cuenta la suma de los rangos.

Una vez determinado el comportamiento de los datos se procede a plantear las hipótesis estadísticas.

Ho= No hay diferencia significativa entre las medianas de los datos tomados de los módulos en estudio.

H1= Hay diferencia significativa entre las medianas de los datos tomados de los módulos en estudio.

Después de planteadas las hipótesis se procede a la prueba.

P-valor \geq 0,05 se acepta Ho.

P-valor $<$ 0,05 se acepta H1

Tabla 23**Datos para la Prueba Mann-Whitney Voltaje Corriente y Potencia**

Ranks				
	CASO	N	Mean Rank	Sum of Ranks
voltaje R	MODULO	500	563,98	281990,00
	LABVOL	500	437,02	218510,00
	Total	1000		
corriente R	MODULO	500	406,76	203379,00

	LABVOL	500	594,24	297121,00
	Total	1000		
watts R	MODULO	500	749,51	374753,00
	LABVOL	500	251,49	125747,00
	Total	1000		

Tabla 24

Prueba Mann-Whitney de Voltaje, Corriente y Potencia.

Test Statistics ^a			
	voltaje R	corriente R	watts R
Mann-Whitney U	93260,000	78129,000	497,000
Wilcoxon W	218510,000	203379,000	125747,000
Z	-6,951	-10,271	-27,265
Asymp. Sig. (2-tailed)	,134	,212	,060

4.3 Análisis económico del módulo de adquisición de datos.

A continuación en la Tabla 25, se presenta un listado de materiales y actividades con sus respectivos precios; para establecer un análisis económico en cuanto se requiere para la construcción del módulo de adquisición de datos.

Tabla 25

Listado de Materiales

Cantidad	Material	Valor unitario	Valor total
1	DAQ NI USB 6211	1300	1300
3	TC YHDC	20	60
5	Transformadores de Potencial	6	30
2	Impresión de placas	18	36
10	Optoacopladores	10	100
6	Relevadores	4	24
6	Trimmers	0,5	3
6	Resistencias	0,05	0,3
6	Capacitores	0,5	3
10	Cable #20	0,5	5
5	Cable # 16	0,5	2,5
25	Jacks	0,25	6,25

6	Socket 6 pines	0,20	1,20
50	Borneras	0,25	12,5
1	Impresión 3D	25	25
3	Trasistores 2n222	0,1	0,3
2	Puente de diodos	1,25	2,5
5	LM7805	1	5
1	Caja metálica	100	100
	Costo de construcción y montaje	200	200
	otros	300	300
			2216,55

El costo total es de 2216,55 dólares, en base a los módulos de Adquisición de datos de LabVolt que se encuentran en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Latacunga, se tiene como base un costo que bordea los 15000 dólares.

4.4. Análisis costo-beneficio

En la actualidad se nota que en la universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Latacunga existen dos módulos de Adquisición de datos de LabVolt modelo 9063 para las tres estaciones de entrenamiento electromecánico. Por ende es beneficioso realizar un análisis financiero donde va a permitir observar el ahorro que va a existir a futuro con la implementación de un tercer módulo para la estación de entrenamiento Electromecánico.

En la siguiente Tabla 26, se presenta un análisis cuantitativo con los beneficios que se tiene al tener funcionando el módulo de Adquisición de datos en el laboratorio de control eléctrico.

Tabla 26

Análisis Cualitativo

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO CUALITATIVO		
RECURSOS	GRUPO AFECTADO	
	Estudiantes	Docentes
Nuevas oportunidades de aprendizaje	Positivo	
Mayor número de usuarios		Positivo
Monitoreo en tiempo real	Positivo	
Satisfacción de usuarios	Positivo	
Mejora del Laboratorio		Positivo

Disminución aglomeración de estudiantes.	Positivo
-------------------------------------------------	----------

Como resultado se tiene aspectos positivos que permiten una mejora completa en cuanto se refiere a una mejor enseñanza de catedra y un acorde aprendizaje por parte de los estudiantes.

En la tabla 27 se presenta el análisis cuantitativo en lo que se refiere a utilidad del módulo de adquisición de datos, permitiendo denotar que va existir un beneficio con una cantidad aproximada de 1,771 dólares mensuales.

Tabla 27

Análisis cuantitativo

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO CUANTITATIVO POR MODULO DE ADQUISICIÓN DE DATOS			
Detalle de costos	Costos	Detalle de beneficios	Beneficios económicos
Módulo De Adquisición	\$2.216,55	Mayor cantidad de estudiantes por estación.	\$800
Repuestos básicos	\$100	Menor contratación del personal	\$1000
Salario mensual	\$800	Personal operativo calificado	\$800
Capacitación al personal encargado	\$1000	Información disponible a todo el personal	\$50
Transporte del modulo	\$200		
Personal encargado de capacitación	\$300		
		Total de beneficios económicos por módulo de adquisición de datos	\$2.650
Total costos por modulo	\$4.616,55		
RESUMEN ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO TOTAL			
Asumiendo 3 módulos			
Costo inicial Total			\$13.849,55
Costos regulares mensuales Totales			\$300
Costos totales			\$14.149,55
Beneficio Total			\$6.199,55
Recuperación de la inversión			3 meses

Como resultado en este análisis se obtiene que existiera un beneficio total de 6.199,55 dólares si se obtuvieran la cantidad de 3 módulos de adquisición de datos, demostrando que la inversión es recuperable a corto plazo para luego observar los beneficios.

4.5 Discusión de los resultados.

4.5.1 Resultado de mediciones de parámetros eléctricos para motor jaula de ardilla trifásico a 125 v

Las pruebas realizadas en vacío al motor jaula de ardilla de 4 polos a 125 V arrojo los siguientes valores estadísticos para el parámetro de **voltaje**.

En la Tabla 11 se observa el valor Significante de $P\text{-valor}=0,104$ entonces

Se cumple la ecuación $P\text{-valor} \geq \alpha$ donde; $0,104 \geq 0,05$.

Por lo tanto se toma la Hipótesis nula como verdadera.

Conclusión: No hay diferencia significativa entre las medianas de los datos tomados de los módulos en estudio.

Las pruebas realizadas en vacío al motor jaula de ardilla de 4 polos a 125 V arrojo los siguientes valores estadísticos para el parámetro de **corriente**.

En la Tabla 18 se observa el valor Significante de $P\text{-valor}=0,246$ entonces

Se cumple la ecuación $P\text{-valor} \geq \alpha$ donde; $0,246 \geq 0,05$.

Por lo tanto se toma la Hipótesis nula como verdadera.

Conclusión: No hay diferencia significativa entre las medianas de los datos tomados de los módulos en estudio.

Las pruebas realizadas en vacío al motor jaula de ardilla de 4 polos a 125 V arrojo los siguientes valores estadísticos para el parámetro de **potencia**.

En la Tabla 22 se observa el valor Significante de $P\text{-valor}=0,063$ entonces

Se cumple la ecuación $P\text{-valor} \geq \alpha$ donde; $0,063 \geq 0,05$.

Por lo tanto se toma la Hipótesis nula como verdadera.

Conclusión: No hay diferencia significativa entre las medianas de los datos tomados de los módulos en estudio.

4.5.2 Datos con carga motor jaula de ardilla 4 polos a 50 v

Las pruebas realizadas en vacío al motor jaula de ardilla de 4 polos a 125 V arrojo los siguientes valores estadísticos para los parámetros de **voltaje, corriente y potencia**.

En la Tabla 24 se observa los valores Significantes de:

VOLTAJE

P-valor=0,134 entonces

$0,134 \geq 0,05$ se toma la Hipótesis nula como verdadera.

Conclusión: No hay diferencia significativa entre las medianas de los datos tomados de los módulos en estudio.

CORRIENTE

P-valor=0,212 entonces

$0,212 \geq 0,05$ se toma la Hipótesis nula como verdadera.

Conclusión: No hay diferencia significativa entre las medianas de los datos tomados de los módulos en estudio.

POTENCIA

P-valor=0,060 entonces

$0,060 \geq 0,05$ se toma la Hipótesis nula como verdadera.

Conclusión: No hay diferencia significativa entre las medianas de los datos tomados de los módulos en estudio.

4.6 Comprobación de Hipótesis.

Para la comprobación de la hipótesis se la presente investigación se aplica el método estadístico de una prueba Mann-Whitney para datos no paramétrico para dos muestras independientes, prueba que se realiza para comprobar si la hipótesis es nula o cierta. Los datos que se tomaran en cuenta son voltaje, corriente y potencia del motor jaula de ardilla de 4 polos.

4.6.1 Hipótesis nula

Se puede adquirir automáticamente datos de variables eléctricas en el sistema de entrenamiento electromecánico para monitorear, registrar y analizar variables eléctricas del laboratorio de control eléctrico de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

4.6.2 Hipótesis alternativa

No se puede adquirir automáticamente datos de variables eléctricas en el sistema de entrenamiento electromecánico para monitorear, registrar y analizar variables eléctricas del laboratorio de control eléctrico de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Según las Tablas 14, 18, 22 y 24 los valores estadísticos supera el valor de 95% de confianza por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa por lo que es posible adquirir automáticamente datos de variables eléctricas en el sistema de entrenamiento electromecánico para monitorear, registrar y analizar variables eléctricas del laboratorio de control eléctrico de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

CAPÍTULO V

PROPUESTA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE ADQUISICIÓN DE DATOS DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO ELECTROMECAÁNICO PARA EL LABORATORIO DE CONTROL ELÉCTRICO DE LA ESPE LATACUNGA.

5.1 Datos informativos

Nombre de la empresa: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.

Dirección: Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Calle Quijano y Ordoñez y Hermanas Páez, Laboratorio de Control Eléctrico.

Tipo de Empresa: Educación

Tamaño de Empresa: Grande

5.2 Antecedentes de la propuesta

La universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga tiene como visión “Líder en la gestión del conocimiento y de la tecnología en el Sistema de Educación Superior, con reconocimiento internacional y referente de práctica de valores éticos, cívicos y de servicios a la sociedad” (**ESPE, 2017**), tomando en cuenta esta visión se resolvió la implementación de un módulo didáctico de adquisición de datos del sistema de entrenamiento electromecánico para el laboratorio de control eléctrico de la ESPE Latacunga, logrando fortalecer los conocimientos adquiridos por estudiantes de las diferentes carreras técnicas ofertadas por la Universidad como Electrónica, Mecatrónica, Electromecánica.

La propuesta pretende la construcción de un módulo didáctico de adquisición de datos que permita observar parámetros eléctricos del sistema de entrenamiento electromecánico, logrando obtener las curvas de corriente y voltaje, parámetros de energía y potencia e incluso armónicos. Se

determinara mediante análisis de resultados entre el módulo de Adquisición de datos marca LabVolt modelo 9063.

5.3 Justificación

Los antecedentes mencionados denotan la necesidad de agregar al sistema de entrenamiento electromecánico un módulo de adquisición de datos para la toma de parámetros eléctricos y visualización de curvas en cargas balanceadas.

Con el módulo de adquisición de datos se fortalecerá los conocimientos adquiridos por los estudiantes de las carreras de Electrónica, Mecatrónica, Electromecánica, ya que, podrán visualizar mediante un computador conectado al módulo de adquisición de datos los distintos parámetros eléctricos que se generan como corriente, voltaje, armónicos, factor de potencia, energía, potencia de esta manera los estudiantes lograrán un análisis comparativo de los datos obtenidos técnicamente versus datos obtenidos analíticamente.

Además se describirá el mantenimiento del equipo de adquisición de datos que está encaminado a garantizar la disponibilidad y eficacia en la estación de entrenamiento electromecánico, asegurando la duración de su vida útil y minimizando los costos de mantenimiento, dentro del marco de la seguridad y el medio ambiente.

5.4 Objetivos

- Identificar los componentes que intervienen en el diseño del módulo didáctico de adquisición de datos.
- Demostrar la viabilidad económica y técnica de implementar este módulo didáctico.
- Diseñar e implementar un modelo para la medición de datos que sea válido y coherente.

- Investigar y seleccionar los dispositivos electrónicos de medición para la implementación del módulo didáctico de adquisición de datos.

5.5 Fundamentación propuesta

La propuesta aquí mencionada se realiza en referencia a la implementación de un módulo de adquisición de variables eléctricas, nacida por la necesidad de los estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE para adquirir parámetros reales de variables eléctricas y mediante la visualización de gráficas en LabView, de corriente, voltaje, energía, potencia, factor de potencia, armónicos, desfasaje, inclusive la toma de datos similar a los de un analizador de energía para su posterior análisis de las diferencias entre los datos generados analíticamente y datos obtenidos de una manera real, relacionando los conceptos teóricos con la práctica en el Laboratorio de Control Eléctrico.

Los inicios del proyecto estarán basados en el dimensionamiento y selección del ADC, seguido por un diseño de los acondicionadores de señal, selección de protecciones del ADC, programación de interfaz en LabView.

5.6 Diseño de la propuesta

5.6.1 Pasos de Diseño del módulo de adquisición de datos.

- Selección de ADC.
- Sistema acondicionador de señal.
- Sistema de protección de ADC.
- Interfaz.

Para el módulo en mención se emplearon equipos, elementos eléctricos y electrónicos nombrados en el Capítulo II de este documento, como son los sensores de voltaje, corriente, relés, trimmers, ADC se detalla las conexiones en la figura 34 allí se puede identificar con gran claridad los elementos que intervienen y esquema eléctrico empleado, para lograr el proceso de adquirir, validar, y visualizar los datos.

En la figura 37 se detalla los pines del ADC (NI USB-6211) usados para leer las señales análogas y controlar los relés que se emplean como

selectores de medición en AC o DC; además de que en la Figura 63 se muestra la programación implementada en el software LabView para lograr la interfaz con el usuario.

5.7 Metodología para ejecutar la propuesta

5.7.1 Selección de ADC.

Para la selección del convertor ADC se empleó el esquema QFD (VER ANEXO C) partiendo por los requerimientos solicitados y terminando en los criterios de selección ingenieriles.

a. Casa de la calidad

La casa de la calidad es una representación, con la cual se busca cubrir requerimientos o necesidades de los usuarios cumpliendo con el diseño que tiene gran importancia, por tanto, fundamental para el éxito. Este diseño debe traducir las demandas, expresadas y latentes del cliente, a las especificaciones del producto/servicio y satisfacer estas necesidades de manera innovadora. (Aiteco, 2013)

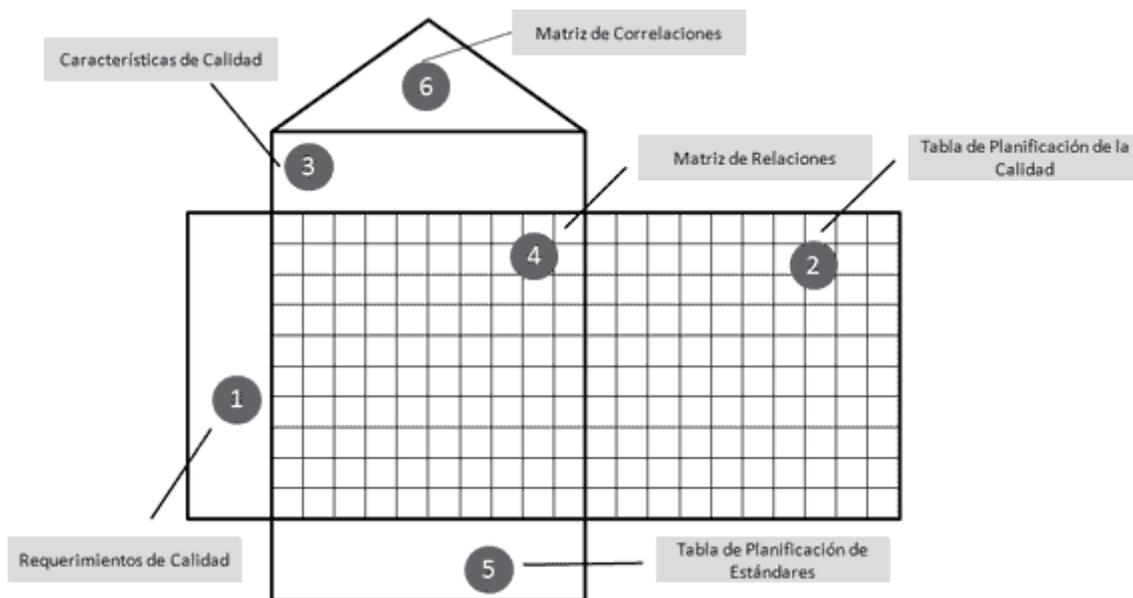


Figura 28 Casa De la Calidad

Fuente: (Aiteco, 2013)

b. Requerimientos de clientes

Los requerimientos deben ser de una manera objetiva de una manera en la cual se priorice la identificación de las necesidades del cliente.

c. La voz del usuario

Determina un criterio y necesidad por parte del cliente, para llenar o satisfacer sus necesidades al instante de construir el modulo didáctico, el cual esta detallado a continuación:

- Debe tener un proceso de manipulación y registro de datos confiables y de fácil manipulación
- El uso de protecciones electricas.
- El modulo didáctico debe permitir la manipulación de sus elementos y a la realización de las practica.

d. La voz del ingeniero

Cuando se finaliza el análisis de los requerimientos del usuario, se procede a la determinación de los requerimientos técnicos que deben cumplir con la demanda de la voz del usuario:

- Dimensionamiento.
- Exactitud y precisión de los dispositivos utilizados.
- Voltajes y corrientes de operación.
- Rango de error del módulo.

Conclusiones de la casa de la Calidad

En la ANEXO C se puede detallar el diagrama que determina la casa de la calidad del módulo didáctico para la selección de la tarjeta DAQ, este determina las características técnicas. A continuación, se detalla los requerimientos más destacados

- Selección de ADC
- Dimensionamiento de elementos
- Selección de materiales

5.7.2 Criterios de Selección.

5.7.2.1 Criterio de selección de la DAQ

Se basa de acuerdo a los requerimientos planteados en el esquema QFD.

Tabla 28

Características DAQ NI USB-6211

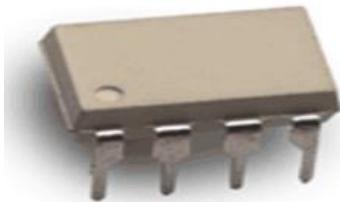
DAQ NI USB-6211	
Características	Descripción
<p>“DAQ Multifunción de la Serie M de 16 bits, 250 kS/s, Energizado por Bus 16 entradas analógicas (16 bits, 250 kS/s)”.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 salidas analógicas (16 bits a 250 kS/s), 4 entradas digitales, 4 salidas digitales, 2 contadores de 32 bits. • Energizado por bus USB para una mayor movilidad, conectividad de señal integrada. • NI signal streaming para transferencia de datos bidireccional a alta velocidad en USB; la versión OEM está disponible. • Compatible con LabVIEW, LabWindows™/CVI y Measurement Studio para Visual Studio .NET. • Software controlador NI-DAQmx y software interactivo NI LabVIEW SignalExpress LE para registro de datos. 	

Fuente: (Instrument, National Instrument, 2017)

De acuerdo a las especificaciones del usuario se requiere protección para la DAQ por lo que se opta por optoacopladores analógicos que trabajen en un rango permisible para la DAQ USB 6211. A continuación se detalla las características técnicas del optoacoplador empleado.

Tabla 29

Amplificador de Aislamiento (7840)

HCPL-7840 Amplificador de aislamiento	
Características	Descripción
<ul style="list-style-type: none"> • Rechazo de modo común de 15 kV / μs en VCM = 1000 V. • Paquete DIP estándar de 8 pines, compacto, auto-insertable. • Deriva de ganancia de 0.00025 V / V / ° C vs. Temperatura. • Voltaje de compensación de entrada de 0.3 mV • Ancho de banda de 100 kHz. • 0.004% de no linealidad. • Aprobación de seguridad en todo el mundo: UL 1577 (3750 Vrms / 1 min.) Y CSA, IEC / EN / DIN EN 60747-5-2 (opción # 060 solamente). • Tecnología avanzada de convertidor A / D Sigma-Delta (Σ-Δ). • Topología de circuito totalmente diferencial. • Tecnología CMOS CM de 0,8 μm 	

Fuente: (HCPL, 2017)

Como los optoacopladores funcionan con fuentes desacopladas se emplea dos fuentes DC para polarización de +5 V en DC, las especificaciones de la fuente se detallan en la Tabla 29.

Tabla 30

Regulador de voltaje DC-DC

Fuente DC- DC LM2596	
Características	Descripción
<ul style="list-style-type: none"> • Modulo:LM2596 tipo Buck + Voltímetro • Medidas: 66mm x 35mm • Voltaje de entrada: DC 4.0~40V • Output Voltaje: 1.25V~37V (ajustable, la tensión de entrada debe ser superior a 3V respecto de la tensión de entrada) • Corriente máxima: 2A (normal y estable), 3A Max. • Ripple: 150Khz • Ripple Peak: 100mV • Color del display: Rojo • Error del medidos de voltaje: $\pm 0.1V$ • Rango de medición: 4~40V (Para mediciones precisas la tensión de entrada debe ser de 4V o más) • IN+: Entrada Positiva • IN-: Entrada Negativa • Out+: Salida Positiva • Out-: Salida Negativa 	

Fuente: (Patagonia, 2017)

a. Criterios de selección de Trimmers y Resistencias

Los criterios de selección de los trimmer y resistencias se basan en cálculos y rangos de tolerancias aceptables, como sus potencias y sus linealidades, las especificaciones se detallan a continuación el las tablas (31-34).

Tabla 31

Características técnicas del Trimmer 5 K Ω

TRIMMER 5 K Ω	
Características	Descripción
<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia: 5KΩ • Potencia: 1/4 Watt • Tolerancia: $\pm 10\%$ • Ajuste vertical 	

Fuente: (Jameco, 2017)

Tabla 32

Características técnicas del Trimmer 20 K Ω

TRIMMER 20 K Ω	
Características	Descripción
<ul style="list-style-type: none"> Resistencia: 20 KΩ Potencia: 1/2 Watt Tolerancia: $\pm 10\%$ Ajuste vertical 	

Fuente: (Jameco, 2017)

Tabla 33

Características técnicas de una resistencia de 220 k Ω

Resistencia de 220 K Ω	
Características	Descripción
<ul style="list-style-type: none"> Valor: 220 KΩ Potencia: 1/4 Watt Tolerancia: $\pm 5\%$ Voltaje: 300V max. 	

Fuente: (Fenix, 2013)

Tabla 34

Características técnicas de una resistencia de 220 k Ω

Resistencia de 1 M Ω	
Características	Descripción
<ul style="list-style-type: none"> Valor: 1 MΩ Potencia: 1/4 Watt Tolerancia: $\pm 5\%$ Voltaje: 300V max. 	

Fuente: (Sparkfun, 2017)

b. Criterios de selección de Transformadores de potencial (Tp).

Para la selección del Tp se tomó en cuenta el rango del voltaje de fase de las fuentes del laboratorio de control eléctrico de la ESPE Latacunga. Las especificaciones se detallan en la Tabla 35.

Tabla 35

Características técnicas de un Transformador 120 / 12 V

Transformador 120 / 12 V	
Características	Descripción
<ul style="list-style-type: none"> • Entrada : 120 v • Salida: 12 v • Corriente: 500 mA 	

Fuente: (Jameco, 2017)

c. Criterios de selección de Transformador de corriente (Tc).

Para la selección del Tc se tomó en cuenta los rangos de corriente con la que trabaja el motor jaula ardilla de 4 polos. A continuación se detalla las características técnicas del Tc.

Tabla 36

Características técnicas de un TC YHDC- SCT013 de 30 Amperios

TC YHDC- SCT013 de 30 Amperios	
Características	Descripción
<ul style="list-style-type: none"> • Corriente de entrada: 0 ~ 30A AC/1V • Modo de salida: 0 ~ 1V • No linealidad: $\pm 1\%$ • Resistencia Grado: Grado B • Temperatura de trabajo: $-25^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$ • Rigidez dieléctrica (entre la cáscara y la salida): 1000 V AC / 1min 5 mA • Longitud del cable: 1m • Tamaño: 13mm x 13mm 	

Fuente: (Diverteka, 2014)

d. Criterios de selección de Relés

Para la selección del tipo de medición AC o DC se emplean relevadores, a continuación se detalla las especificaciones técnicas.

Tabla 37

Características técnicas del MÓDULO DE 4 RELÉS (1 CANAL) 5VDC

MÓDULO DE 4 RELÉS (1 CANAL) 5VDC	
Características	Descripción
<ul style="list-style-type: none"> • 1 canal independiente protegido con optoacoplador • 1 Relevador (Relés) de 1 polo 2 tiros • El voltaje de la bobina del relé es de 5 VDC • Led indicador para cada canal (enciende cuando la bobina del relé esta activa) • Activado mediante corriente: el circuito de control debe proveer una corriente de 15 a 20 mA • Puede controlado directamente por circuito lógicos 	

Continúa



- Terminales de conexión de tornillo (clemas)
- Terminales de entrada de señal lógica con headers macho de 0.1
- Voltaje entrada: 5 V
- Voltaje de control: 3.3 ~ 9 V
- Voltaje de salida: 250 VCA o 30 VDC
- Corriente a la salida: 10 A

Fuente: (Tbem, 2017)

5.7.3 Sistema acondicionador de señal.

“La adquisición de señales de voltajes trifásicos son mediante la tarjeta de adquisición de datos NI USB 6211, es un convertidor analógico/ digital, se conecta vía USB al computador, para que los datos adquiridos sean procesados a conveniencia del usuario”. (Instrument, National Instrument, 2017)

La tarjeta de adquisición de datos está diseñada para trabajar con variables de voltaje o corrientes con niveles que acepten los elementos en estado sólido y para protección contra descargas. La tarjeta de adquisición de datos NI USB 6211 tiene en sus entradas analógicas que aceptan señales de voltajes, que tiene un rango $\pm 10 V_{ac}$. (Instrument, National Instrument, 2017)

a. Acondicionamiento De Señal

Todas las etapas de acondicionamiento de señal debe ser compatibles con los voltajes que trabaja la tarjeta de adquisición de datos NI USB 6211, para este proceso debe cumplir los requerimientos siguientes:

b. Tipo de señal compatible con (DAQ)

La señal de salida en la etapa de acondicionamiento debe ser voltaje.

c. Niveles aceptables por (DAQ)

La señal en la fase final tiene que ser menor a $\pm 10 V_{ac}$, no debe ser mayores o iguales por normas técnicas de fábrica y tienen que ser también lo suficientemente pequeñas para probables aumentos en el nivel de voltajes por perturbaciones por agentes externos y debe tener un margen de seguridad.

d. Fidelidad de la señal

La forma de onda en la fase final debe ser en lo posible lo más parecida posible a la señal original.

e. Mínimo desfaseamiento entre señales

No tiene que tener un desfaseamiento considerable entre las señales originales y las señales finales de acondicionamiento debido a que esta es la condición que puede generar errores al procesar la información y se podría obtener información totalmente errados (Instrument, National Instrument, 2017).

5.7.4 Cálculos para voltaje

a. Cálculos para AC

Datos:

$$V_{in} = 127 \text{ V}$$

$$R = 220 \text{ k}\Omega$$

$$Pot = 0,3 \text{ k}\Omega$$

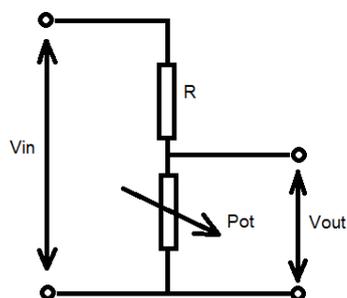


Figura 29 Divisor de voltaje para AC

$$V_{out} = \left(\frac{Pot}{R + Pot} \right) * V_{in}$$

$$V_{out} = \left(\frac{0,3 \text{ k}\Omega}{220\text{k}\Omega + 0,3\text{k}\Omega} \right) * (127 \text{ V})$$

$$V_{out} = 0,172 \text{ mV}$$

b. Cálculos para el lado de DC

Datos:

$$V_{in} = 120 \text{ V}$$

$$R = 1 \text{ M}\Omega$$

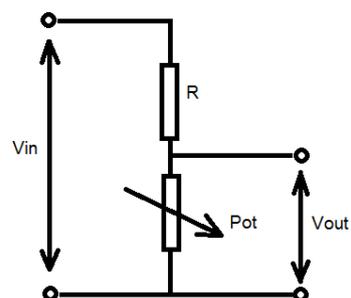


Figura 30 Divisor de voltaje para DC

Pot= 20 K Ω

$$V_{out} = \left(\frac{Pot}{R + Pot} \right) * V_{in}$$

$$V_{out} = \left(\frac{1M\Omega}{1M\Omega + 20K\Omega} \right) * (120 V)$$

$$V_{out} = 0,172 mV$$

5.7.5 Cálculos de corriente

a. Cálculo para el acondicionamiento de la corriente en DC

Resistencia shunt

Datos:

$R_s = 10 m\Omega$

$I = 8 A$

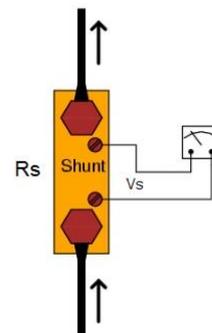


Figura 31 Resistencia SHUNT

$$V_s = I * R_s$$

$$V_s = (8 A) * (10 m\Omega)$$

$$V_s = 8mV$$

5.7.6 Esquema eléctrico trifásico implementado para voltaje.

La entrada del sistema trifásico esta un rango de 127V/120V para AC/DC, como se detalla en la figura 32.

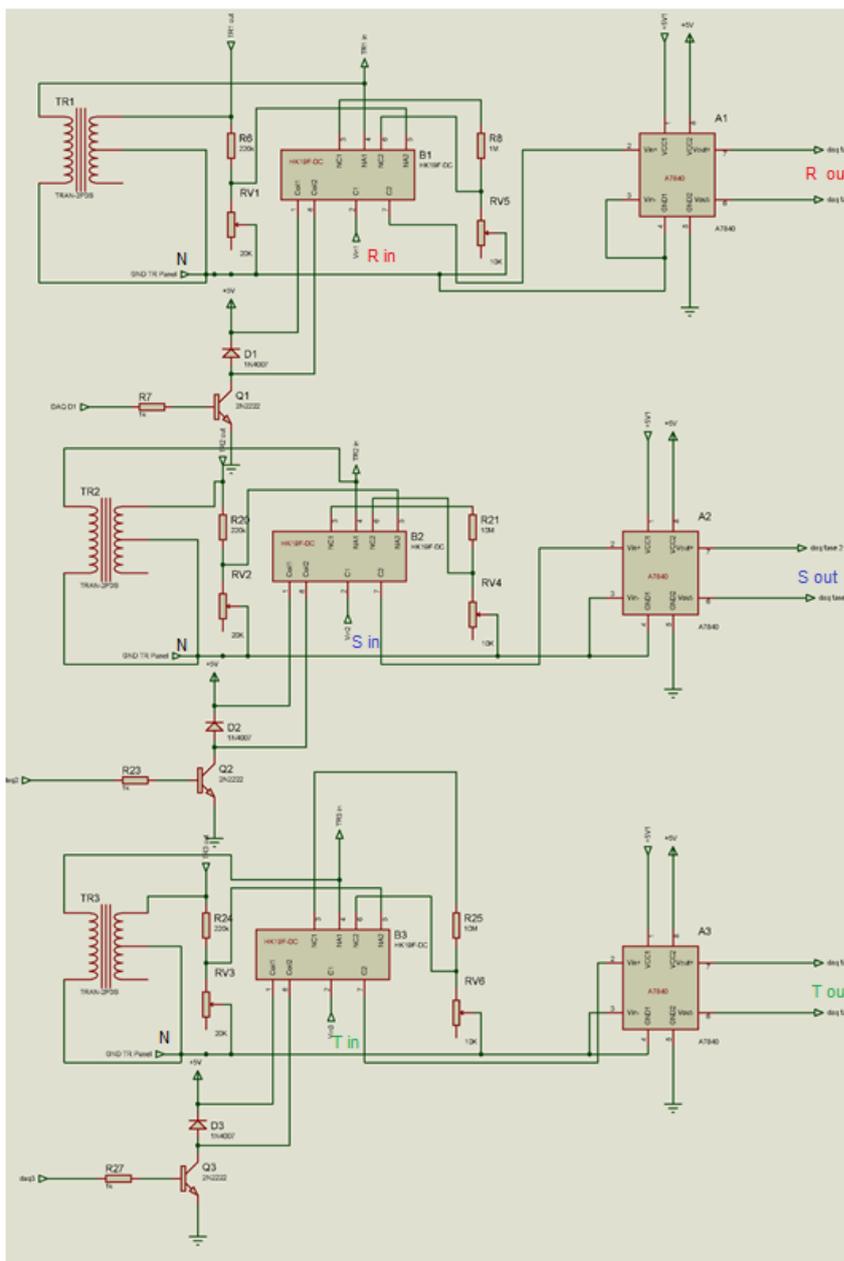


Figura 32 Esquema eléctrico trifásico implementado para voltaje

- El esquema de conexión esta dada para cada una de las 3 fases como son: **R in**, **S in** y **T in** con su neutro **N**, se resalta que el neutro es comun para las 3 fases.

La salida despues del acondicionamiento esta dado por : **R out**, **S out** y **T out**

- Las salidas acondicionadas se encuentran en diferencial para conexión de los pines de la DAQ NI 6211, este acondicionamiento esta en el rango máximo de 200 mV para cada una de las salidas del acondicionamiento.

a. Desacoplamiento de Neutro.

En la figura 33 se detalla la solución a la problemática encontrada en la fase de diseño, la cual era poseer una sola línea de referencia a neutro conjunta para mediciones AC y DC, lo que provocaría un cortocircuito por conexión inversa en DC al unirse el polo positivo de DC con el Neutro de la alimentación del módulo de Adquisición de datos, que es en AC.

En la figura 33 se puede detallar los terminales R1, RN, R2, que pertenecen al bobinado secundario del transformador de potencial Tp siendo R1=12V AC, RN=0V, R2=12V AC. El voltaje del bobinado secundario pasa por los diodos D6,D7 que realizan la función de rectificar el voltaje AC, conjuntamente con el capacitor C5 de 1nF y el regulador de voltaje 7805 forman una fuente de +5V DC que alimentan el lado de alta del optoacoplador A7805.

El desacoplamiento del neutro ocurre en primera instancia en el Tp al estar separado la bobina del primario y secundario pero existe referencia de neutro en el secundario, esta referencia es empleada como referencia del optoacoplador.

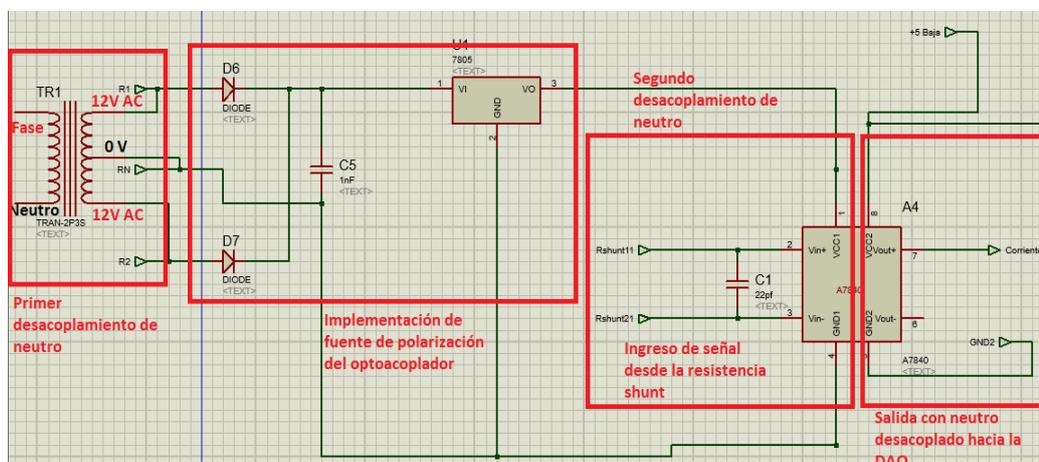


Figura 33 Desacoplamiento de neutro

b. Descripción de esquema eléctrico por fase para mediciones de voltaje alterno Y continuo

Las señales tomadas son acondicionadas según un orden jerárquico, como se muestra en la figura 34.

c. Medición en AC

El Relé de doble posición se activa mediante el circuito de disparo para seleccionar la disposición de medida DC o AC mediante el programa LabView, en este caso la selección es AC y sigue la siguiente jerarquía una vez seleccionada, como se muestra en la figura 34.

1. El transformador de potencial acondiciona la señal de 127 V a 12 V
2. En el divisor de tensión para corriente alterna acondiciona la señal de 12 V a 200 mv, que es el orden de trabajo del optoacoplador A7840
3. En la entrada del optoacoplador A7840 recepta la señal y a la salida sale la señal de 200 mV, pero con neutro desacoplado

1. Medición en DC

El Relé de doble posición se activa mediante el circuito de disparo para seleccionar la disposición de medida DC o AC mediante el programa LabView, en este caso la selección es DC y sigue la siguiente jerarquía una vez seleccionada, como se muestra en la figura 34.

1. El divisor de tensión conformado por resistencias de $1M\Omega$ y un trimmer de $5K\Omega$, este circuito acondiciona el voltaje de 120 V a 200 mV, que es el orden de trabajo del opto acoplador A7840
2. En la entrada del opto acoplador A7840 recepta la señal y a la salida se obtiene la señal de 200 mV pero con neutro desacoplado.

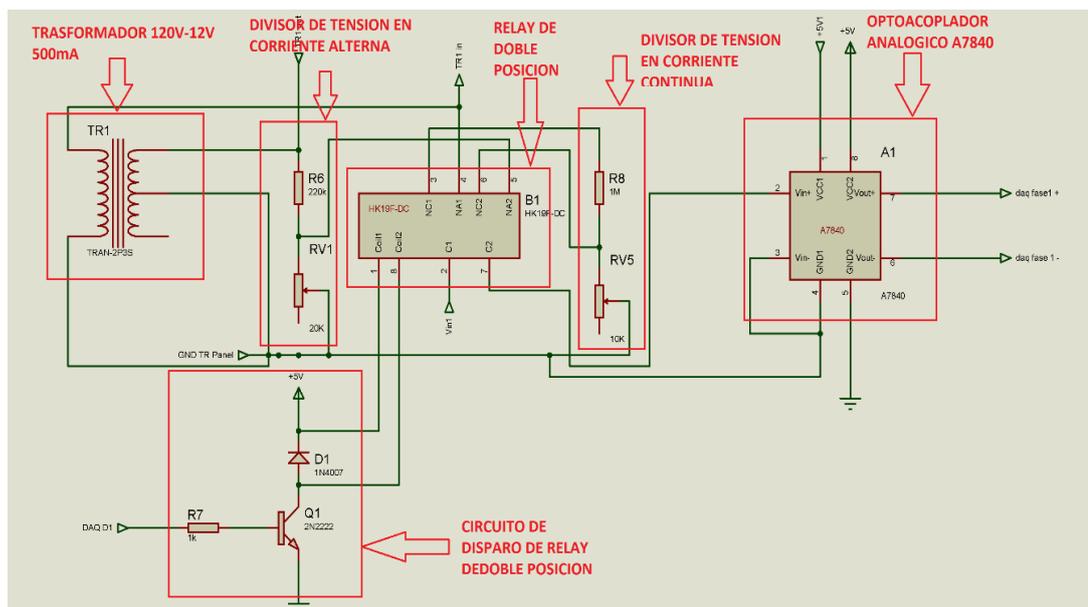


Figura 34 Descripción de esquema eléctrico por fase para mediciones de voltaje AC y DC

5.7.7. Descripción de esquema eléctrico por fase para mediciones de Corriente alterno y continúa

a. Medición en AC

Mediante 3 salidas digitales de la DAQ se controla los Relés de cada una de las fases, para realizar la medición AC y se selecciona mediante el programa LabView.

En la medición de corriente Alterna (AC) se emplea un módulo de acondicionamiento TC YHDC SCT013 (transformador de corriente).

b. Medición en DC

La adquisición de la señal esta basada en Resistencia SHUNT que se encarga de medir la diferencia de potencial generada por el paso del flujo de corriente por esta carga. Como se muestra en la figura 35.

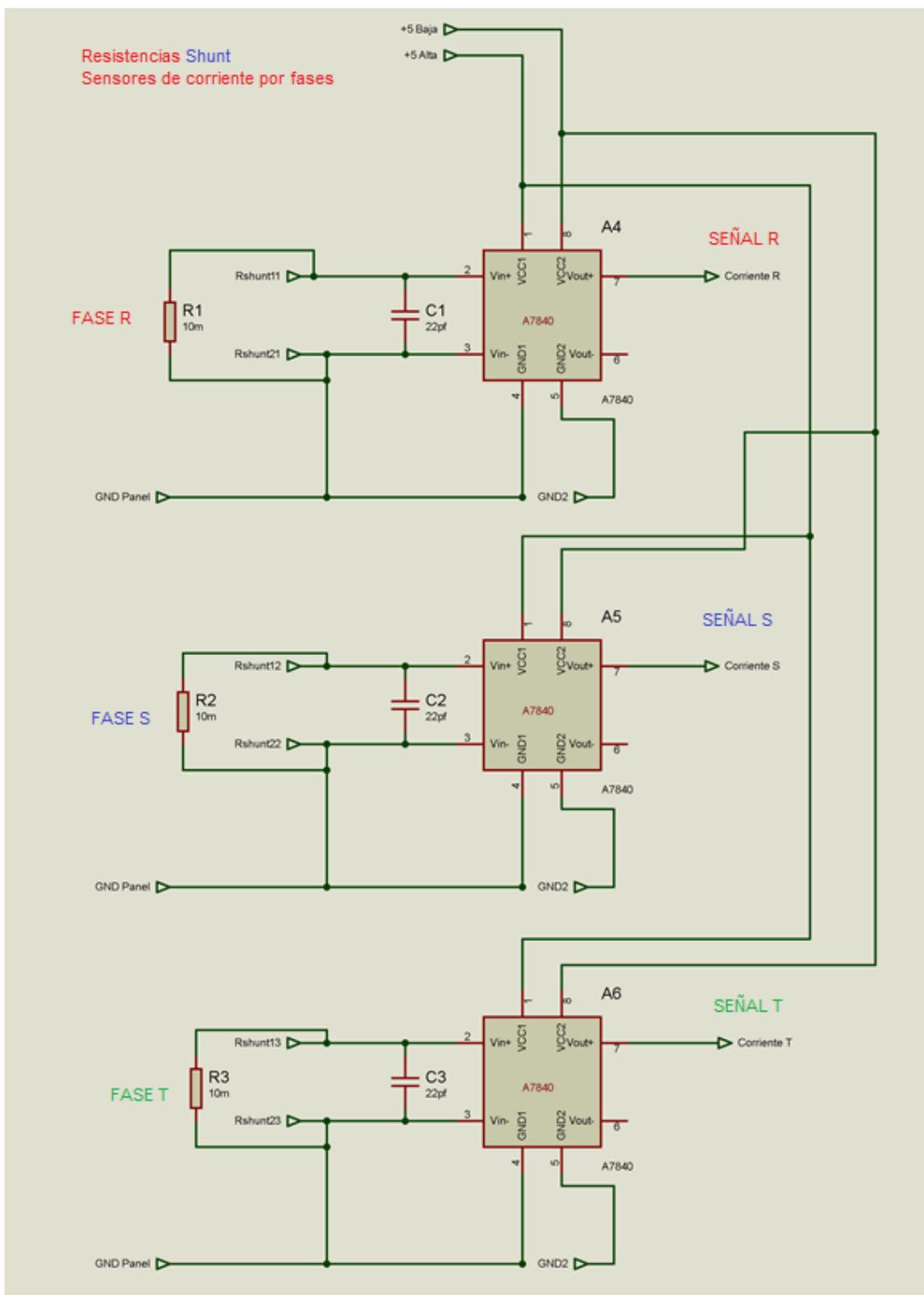


Figura 35 Descripción de esquema eléctrico por fase para mediciones AC/DC

5.7.8. Descripción de esquema eléctrico por fase para mediciones de corriente continua.

En el esquema eléctrico se detalla cómo se realiza la adquisición de la señal para la respectiva medición del TC en DC. Como se muestra en la figura 36.

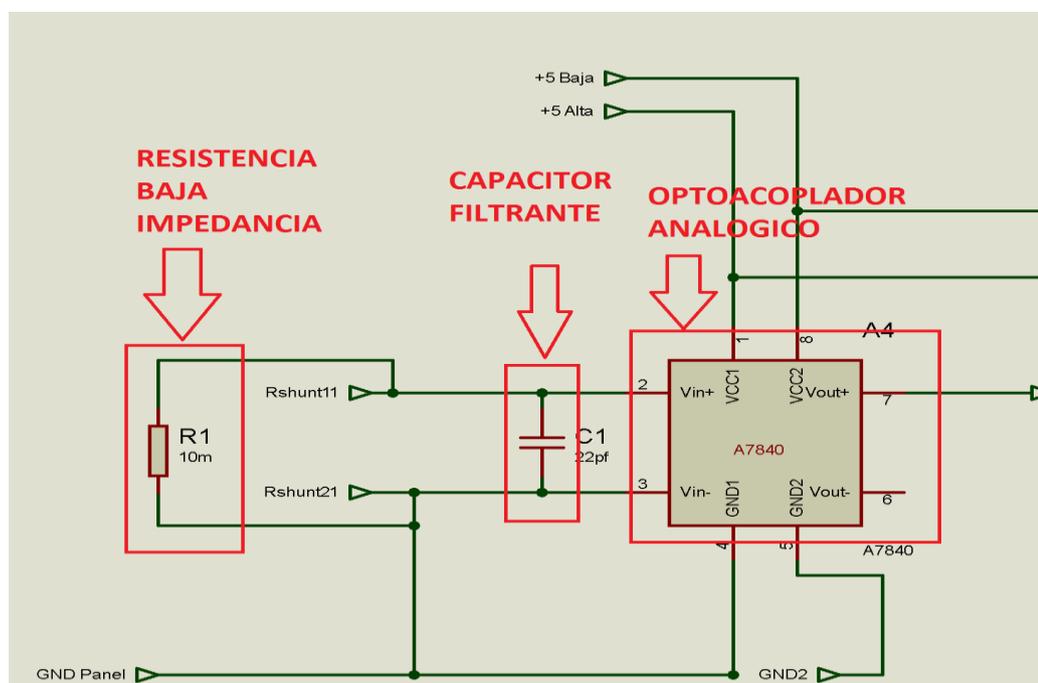


Figura 36 Descripción de esquema eléctrico DC

5.7.9. Diagrama de conexión DAQ 6211 para las señales análogas de voltaje y corriente.

Para las señales de voltaje los pines se encuentran en diferencial y los pines para corriente se encuentran en RSE (con referencia a tierra), se resalta que el voltaje de trabajo está en el orden de $\pm 10 V_{ac}$ para cada pin de entrada de la DAQ, como se muestra en la figura 37.

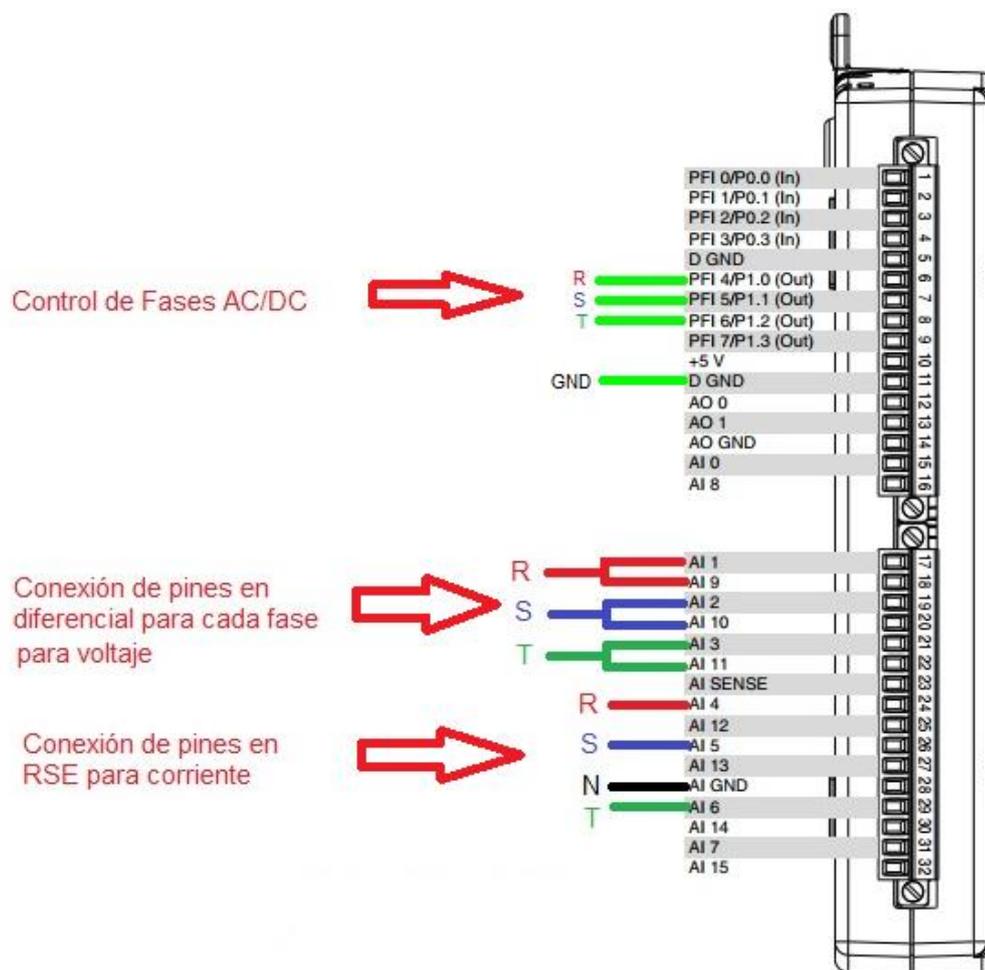


Figura 37 Diagrama de conexión DAQ 6211

5.7.10. Sistema de protección de ADC.

El sistema de protección del ADC (DAQ NI USB 6211) está basado en separar la parte de potencia, hacia la parte analógica mediante un opto acoplador que funcione en el rango de linealidad, esto se logró gracias al amplificador de aislamiento analógico A7840 que funciona mediante dos fuentes de alimentación desacopladas, la primera fuente esta referenciada al neutro mientras que la segunda es una fuente flotante (pines 1 y 8 (+5) pines 4 y 5 (GND)) mientras que la señal analógica ingresa como voltaje en los pines 2 y 3 (diferencial) este valor de voltaje no debe ser mayor a ± 200 mV, la señal sale por los pines 6 y 7 (ya separada de la parte de alto voltaje) VER ANEXO D.

5.7.11. Interfaz.

A continuación se detalla la programación implementada en Labview, la descripción está dada por fase, para la implementación de la interfaz en el presente proyecto.

5.8. Creación de canal virtual DAQmx

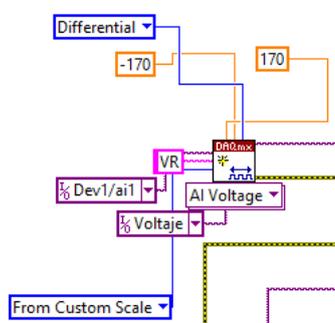


Figura 38 DAQmx Create Channel

Esta librería permite la habilitación de un canal virtual mediante la selección del dispositivo a emplearse en nuestro caso NI USB 6211 como se muestra en la figura 38 es el Dev1/ai1, también se selecciona el rango de funcionamiento (para las entradas destinadas la medición de voltaje es ± 165 y para las entradas destinadas medir corriente es ± 10), el modo de empleo del canal es en RSE (con referencia a tierra), NRE (sin referencia a tierra) o Diferencial en nuestro caso el modo a emplear es Diferencial, además se selecciona la escala a emplear desde una escala personalizada como lo es la escala Voltaje.

5.8.1. Sincronización DAQmx

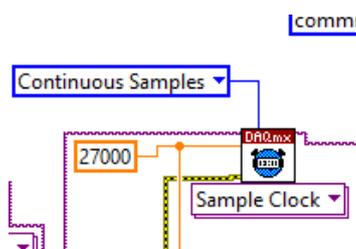


Figura 39 DAQmx Timing

La figura 39 muestra como se establece el modo de adquirir las muestras, la velocidad del reloj de muestra y el número de muestras para adquirir o generar señales.

5.8.2. Paquete de control DAQmx

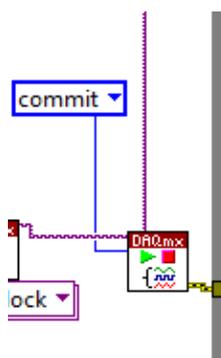


Figura 40 DAQmx Control Task

Altera el estado de una tarea de acuerdo con la acción que especifique, como muestra la figura 40.

5.8.3. Nodo de propiedades

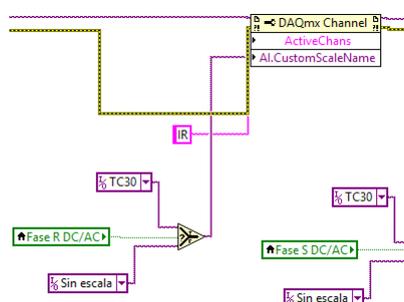


Figura 41 Property Node

En este nodo de propiedades se puede escribir o leer las propiedades de una referencia, en este caso se lo empleó para activar o desactivar los canales además de seleccionar las escalas para AC y DC, como muestra la figura 41.

5.8.4. Leer DAQmx.

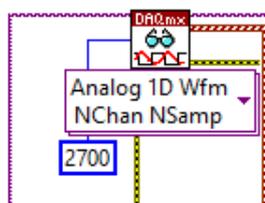


Figura 42 DAQmx Read

Este módulo se emplea como lectura de ejemplos de las tareas o canales virtuales y especifica que formato de muestra se debe devolver, puede leer muestras únicas o varias muestras a la vez, como muestra la figura 42.

5.8.5. Detener DAQmx



Figura 43 DAQmx Stop

La figura 43 muestra cómo se detiene la tarea y la devuelve al estado inicial antes de ejecutar inicio DAQmx.

5.9 Bloques de Power Electrical Suit

5.9.1 Bloque para el cálculo de la frecuencia

Calcula la frecuencia de una forma de onda de voltaje o corriente para un solo canal o para canales N, como se muestra en las figuras 44 y 45.

waveform (La forma de onda): Especifica el voltaje de entrada o la señal de corriente en forma de onda.

error in (Error de entrada): Describe las condiciones de error que se producen antes de que este nodo se ejecute. Esta entrada proporciona un error estándar en la funcionalidad.

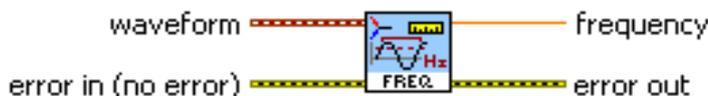


Figura 44 Bloque para el cálculo de la Frecuencia VI

Tiempo inicial (t0): Especifica la hora de inicio de la forma de onda.

_Diferencial de tiempo (dt): Especifica el intervalo de tiempo en segundos entre los puntos de datos de la forma de onda.

Y : especifica los valores de datos de la forma de onda.

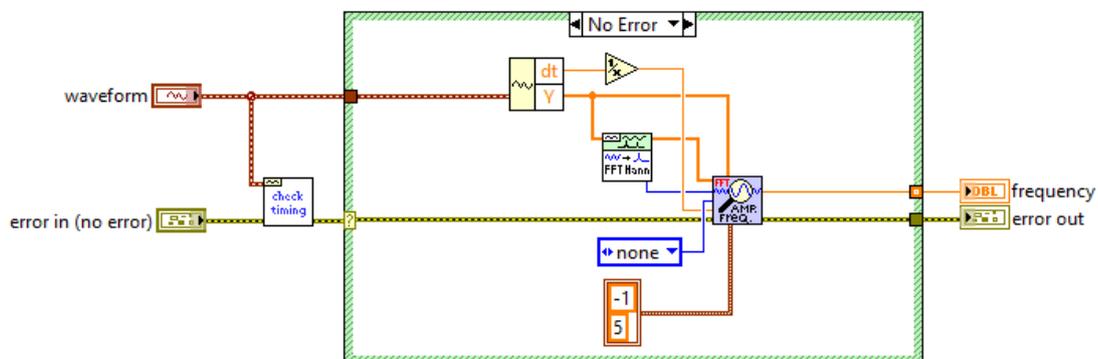


Figura 45. Diagrama de bloque para el cálculo de la frecuencia VI

Frecuencia (frequency): Regresa la frecuencia en hertz, de la tensión de entrada o señal de corriente.

Error de salida (error out): contiene información de error. Esta salida proporciona la funcionalidad de salida de error estándar.

5.9.2 Bloque para el cálculo de voltaje RMS

Calcula el nivel RMS de una señal de tensión o corriente.

Calcula el voltaje RMS para un bloque de medio / ciclo único, al usar los cruces por cero. Este VI actualiza los valores RMS cada medio ciclo. Utiliza los valores RMS de medio / ciclo único solo para la detección de caídas de voltaje, oleajes y eventos de interrupción, detección de cambios rápidos de voltaje y medición de parpadeos, como se muestra en las figuras 46 y 47.

waveform (La forma de onda): Especifica el voltaje de entrada o la señal de corriente en forma de onda.

error in (Error de entrada): Describe las condiciones de error que se producen antes de que este nodo se ejecute. Esta entrada proporciona un error estándar en la funcionalidad.

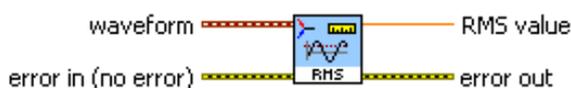


Figura 46. Bloque para cálculo de Voltaje RMS VI

Tiempo inicial (t0): especifica la hora de inicio de la forma de onda.

Diferencial de tiempo (dt): especifica el intervalo de tiempo en segundos entre los puntos de datos de la forma de onda.

Y : especifica los valores de datos de la forma de onda.

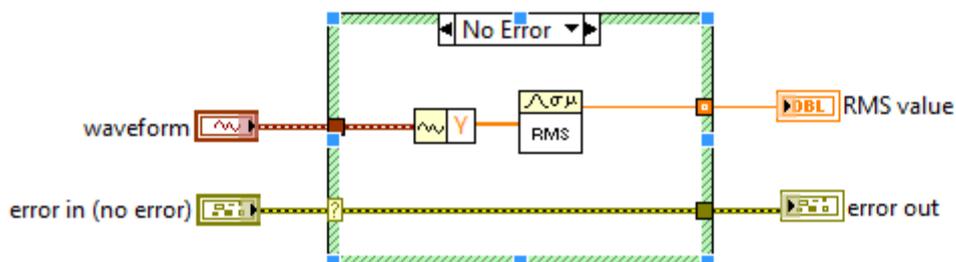


Figura 47. Diagrama de bloque para el cálculo del Voltaje RMS VI

RMS value (valor RMS): Devuelve el nivel RMS de la tensión de entrada. El nivel RMS tiene las mismas unidades de ingeniería que la señal de entrada.

error out (Error de salida): Contiene información de error. Esta salida proporciona la funcionalidad de salida de error estándar.

5.9.3 Bloque para el cálculo de corriente RMS

Calcula la corriente RMS para un bloque de medio / ciclo único, al usar los cruces por cero. Puede usar el cruce por cero (Zero Crossing VI) para calcular el cruce por cero. Este VI actualiza los valores RMS cada medio ciclo, como se muestra en las figuras 48 y 49.

waveform (La forma de onda): Especifica el voltaje de entrada o la señal de corriente en forma de onda.

error in (Error de entrada): Describe las condiciones de error que se producen antes de que este nodo se ejecute. Esta entrada proporciona un error estándar en la funcionalidad.

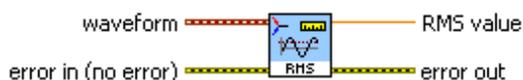


Figura 48 Bloque para cálculo de Corriente RMS VI

Tiempo inicial (t0): especifica la hora de inicio de la forma de onda.

Diferencial de tiempo (dt): especifica el intervalo de tiempo en segundos entre los puntos de datos de la forma de onda.

Y : especifica los valores de datos de la forma de onda.

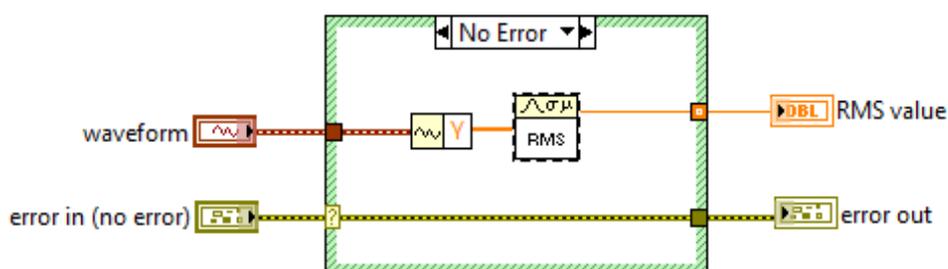


Figura 49 Diagrama de bloque para el cálculo del Corriente RMS VI

RMS value (valor RMS): Devuelve el nivel RMS de la señal de corriente. El nivel RMS tiene las mismas unidades de ingeniería que la señal de entrada.

error out (Error de salida): Contiene información de error. Esta salida proporciona la funcionalidad de salida de error estándar.

5.9.4 Bloque para el cálculo del Angulo de desfaseamiento

Calcula el vector fundamental de una señal de tensión o corriente para un solo canal o para canales N. Utiliza la función Complejo a polar para convertir los resultados de este VI a magnitud y componentes de fase. Utilice la función Complejo a Re/Im para convertir los resultados de este VI a componentes reales e imaginarios, como se muestra en las figuras 51 y 52.

voltage Waveform (La forma de onda de voltaje): Especifica la señal de voltaje de entrada en forma de onda. Las formas de onda de voltaje están en voltios.

current Waveform (La forma de onda de corriente) onda de corriente especifica la señal de corriente de entrada en forma de onda. Las formas de onda de corriente están en amperios.

error in (Error de entrada): Describe las condiciones de error que se producen antes de que este nodo se ejecute. Esta entrada proporciona un error estándar en la funcionalidad.

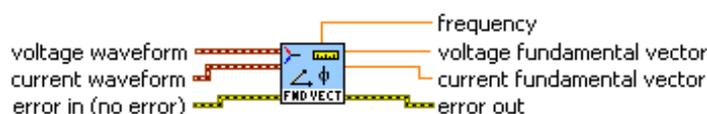


Figura 50 Bloque para el cálculo del ángulo de desfaseamiento

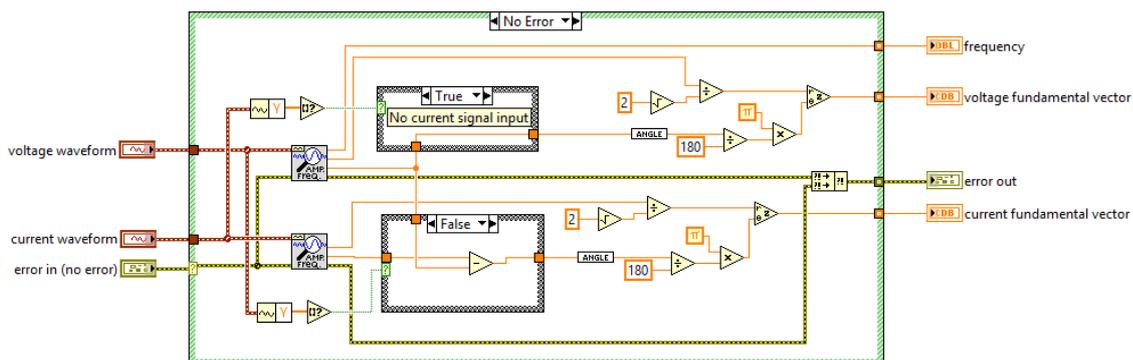


Figura 51 Diagrama de bloque para el cálculo del ángulo de desfase

frecuency (frecuencia): Devuelve las frecuencias, en hertz, de los componentes fundamentales de salida.

Voltaje fundamental vector (vector fundamental de tensión): Devuelve el vector fundamental de la componente fundamental de tensión.

current fundamental vector (vector fundamental de corriente): devuelve el vector fundamental de la componente fundamental actual.

error out (Error de salida): Contiene información de error. Esta salida proporciona la funcionalidad de salida de error estándar.

5.9.5 Bloque para el cálculo de Potencia

Calcula valores de potencia a partir de señales de tensión y corriente. Este VI devuelve valores de potencia activa, potencia aparente, potencia reactiva y factor de potencia. Debe tener al menos diez ciclos de señal de entrada para garantizar la precisión de la medición, como se muestra en las figuras 52 y 53.

voltage Waveform (La forma de onda de voltaje): Especifica la señal de voltaje de entrada en forma de onda. Las formas de onda de voltaje están en voltios.

current Waveform (La forma de onda de corriente) onda de corriente especifica la señal de corriente de entrada en forma de onda. Las formas de onda de corriente están en amperios.

error in (Error de entrada): Describe las condiciones de error que se producen antes de que este nodo se ejecute. Esta entrada proporciona un error estándar en la funcionalidad.



Figura 52 Bloque para el cálculo Potencia VI

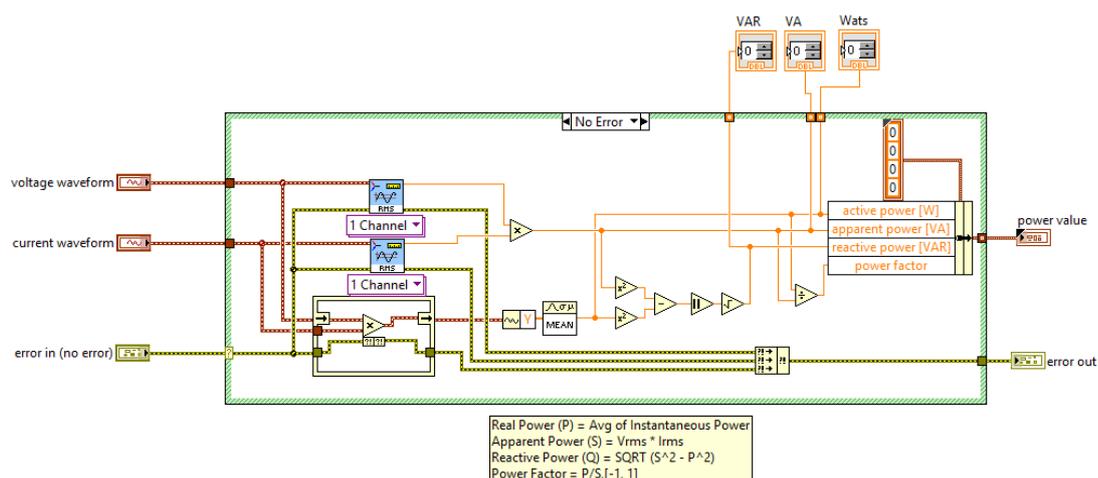


Figura 53 Diagrama de bloque para el cálculo de Potencia real, Potencia aparente, potencia reactiva y factor de potencia

Power value (valores de potencia): Devuelve los valores de potencia de las señales de tensión y corriente de entrada.

Active power (potencia activa): Devuelve el valor de potencia activa en vatios.

Apparent power (potencia aparente): Devuelve el valor de la potencia aparente en voltios-amperios.

Reactive power (potencia reactiva): Devuelve el valor de la potencia reactiva en reactivos volta-amperios.

Power factor (factor de potencia): Devuelve el valor del factor de potencia.

5.9.6 Bloque para el cálculo de Energía

Calcula valores de energía a partir de los valores de potencia de entrada para un intervalo especificado. Este VI devuelve valores de energía activa, energía aparente y energía reactiva, como se muestra en las figuras 54 y 55.

Reset (restablecer): Especifica para reiniciar el proceso de cálculo. El valor predeterminado es FALSE. Al ejecutar este VI por primera vez, el proceso de cálculo se reinicia automáticamente.

Power value (valores de potencia): Especifica los valores de potencia de entrada para calcular los valores de energía.

Interval length (duración del intervalo): Especifica la longitud del intervalo de los valores de potencia de entrada, en segundos. El valor predeterminado es 0,2.

Star timestamp (fecha de inicio): Especifica la hora de inicio para calcular los valores energéticos.

error in (Error de entrada): Describe las condiciones de error que se producen antes de que este nodo se ejecute. Esta entrada proporciona un error estándar en la funcionalidad.

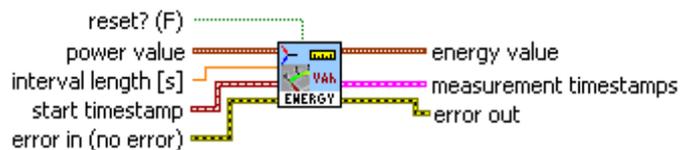


Figura 54 Bloque para el cálculo de Energía VI

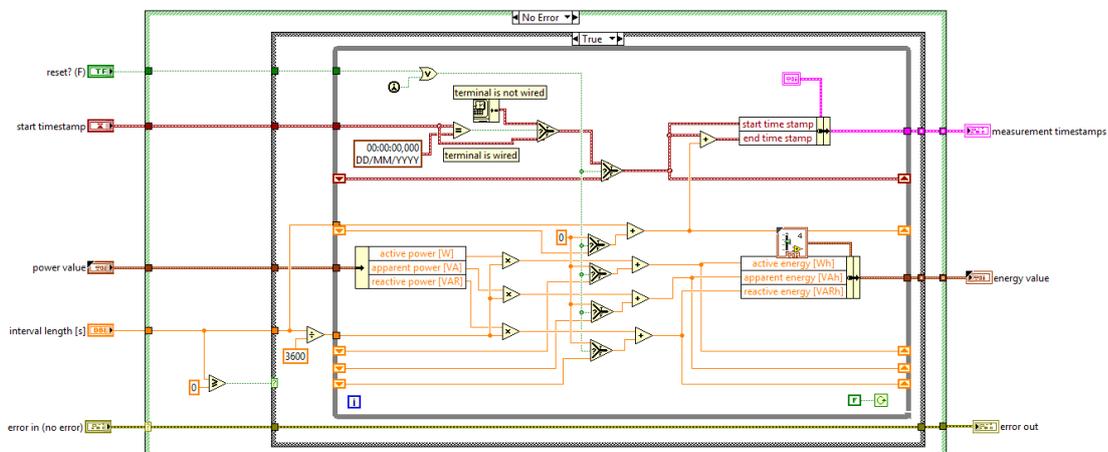


Figura 55 Diagrama de bloque para el cálculo de Energía VI

energy (energía): Devuelve los valores de energía calculados.

active energy (energía activa): Devuelve el valor de la energía activa en vatios-hora.

apparent energy (energía aparente): Devuelve el valor de la energía aparente en voltios-amperios-horas.

reactive energy (energía reactiva): Devuelve el valor de la energía reactiva en voltios-amperios-reactivos-horas.

error out (Error de salida): Contiene información de error. Esta salida proporciona la funcionalidad de salida de error estándar.

5.9.7 Bloque para el cálculo de los espectros de frecuencia

Calcula los espectros FFT de las formas de onda de entrada. Este VI devuelve los espectros FFT como espectros complejos de tensión y/o corriente, hasta un orden armónico máximo especificado con una resolución

de frecuencia en torno a 5 Hz, que es la frecuencia fundamental dividida por 10 o 12, como se muestra en las figuras 56 y 57.

Waveform (La forma de onda): Especifica formas de onda de voltaje o corriente. Cada elemento del array representa una fase y contiene muestras que representan un intervalo de tiempo de 10 ciclos para un sistema de alimentación de 50 Hz o un intervalo de tiempo de 12 ciclos para un sistema de alimentación de 60 Hz. Las formas de onda de voltaje están en voltios y las formas de onda de corriente están en amperios.

maximum harmonic order (orden armónico máximo): Especifica el orden armónico máximo de los espectros de salida. El valor predeterminado es 50. Si realiza mediciones de armónicos adicionales para la evaluación EN 50160:2007, el orden armónico máximo debe ser de al menos 40.

system info in (información de entrada del sistema): especifica la configuración básica del sistema eléctrico que se genera desde el Sistema de inicialización VI.

error in (Error de entrada): Describe las condiciones de error que se producen antes de que este nodo se ejecute. Esta entrada proporciona un error estándar en la funcionalidad.

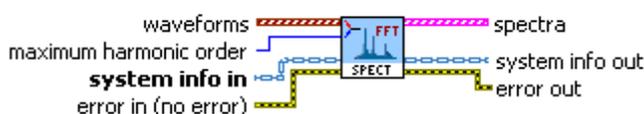


Figura 56 Bloque para el cálculo de Espectro VI

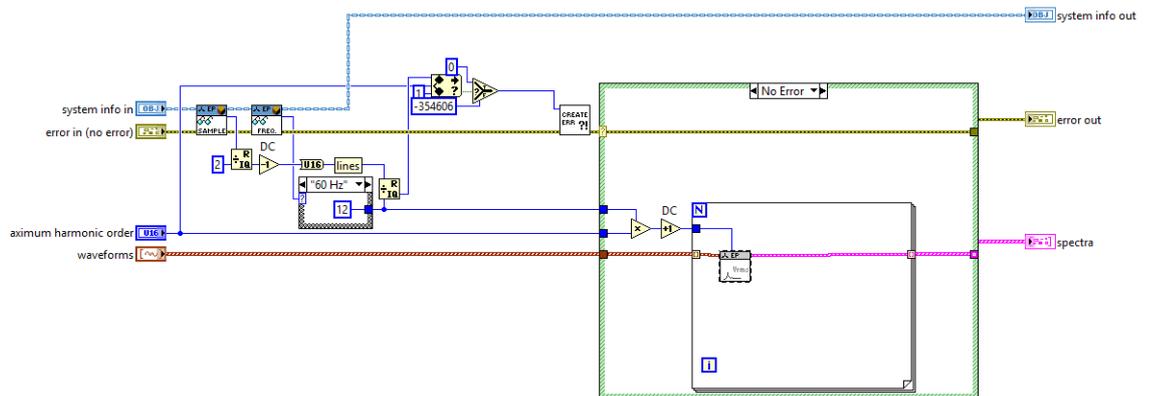


Figura 57 Diagrama de bloque para el cálculo de Espectros VI

Spectra (espectros): Devuelve espectros complejos de 10/12 ciclos hasta el orden armónico máximo especificado. Cada elemento de este array corresponde a un elemento del array de formas de onda de entrada. Los espectros de tensión se encuentran en voltios y los espectros de corriente en amperios.

system info out (información de salida del sistema): Devuelve información sobre la configuración básica del sistema eléctrico que puede pasar a un análisis posterior.

error out (Error de salida): Contiene información de error. Esta salida proporciona la funcionalidad de salida de error estándar.

2.1.1 Bloque para el cálculo de la Distorsión Armónica total (THD)

Calcula la distorsión armónica total del grupo y la distorsión armónica total del subgrupo, en porcentaje, según IEC 61000-4-7:2002, como se muestra en las figuras 58 y 59.

Harmonic subgroups complex (subgrupos armónicos subgrupos complejos espectros): Especifican espectros complejos de subgrupos armónicos con paso de frecuencia fundamental. Los espectros de tensión se encuentran en voltios y los espectros de corriente en amperios.

system info in (información de entrada del sistema): especifica la configuración básica del sistema eléctrico que se genera desde el Sistema de inicialización VI.

error in (Error de entrada): Describe las condiciones de error que se producen antes de que este nodo se ejecute. Esta entrada proporciona un error estándar en la funcionalidad.

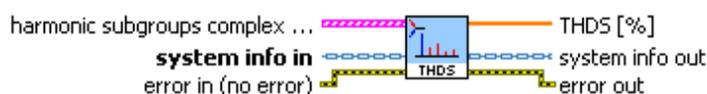


Figura 58 Bloque para el cálculo de la Distorsión Armónica Total (THD)

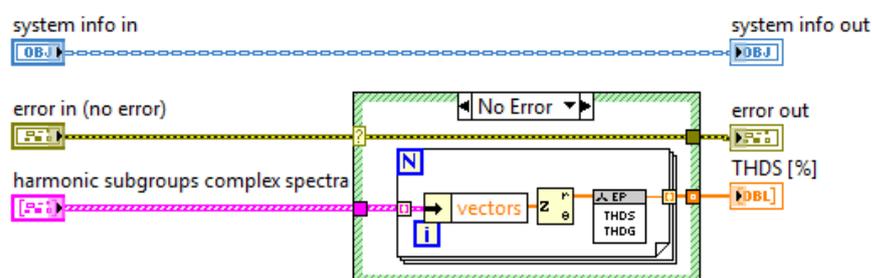


Figura 59 Diagrama de bloque para el cálculo de la distorsión armónica total (THD)

system info out (información de salida del sistema): Devuelve información sobre la configuración básica del sistema eléctrico que puede pasar a un análisis posterior, como se muestra en las figuras 60 y 61.

error out (Error de salida): Contiene información de error. Esta salida proporciona la funcionalidad de salida de error estándar.

THD (Distorsión armónica Total): devuelve el valor de distorsión armónica total del subgrupo en porcentajes.

5.10. Programación para lectura de parámetros eléctricos en Labview.

La explicación a continuación redactada está basada en la utilización del Power Electrical Suite de Labview y viene dada de forma monofásica, como se muestra en las figuras 60 y 61.

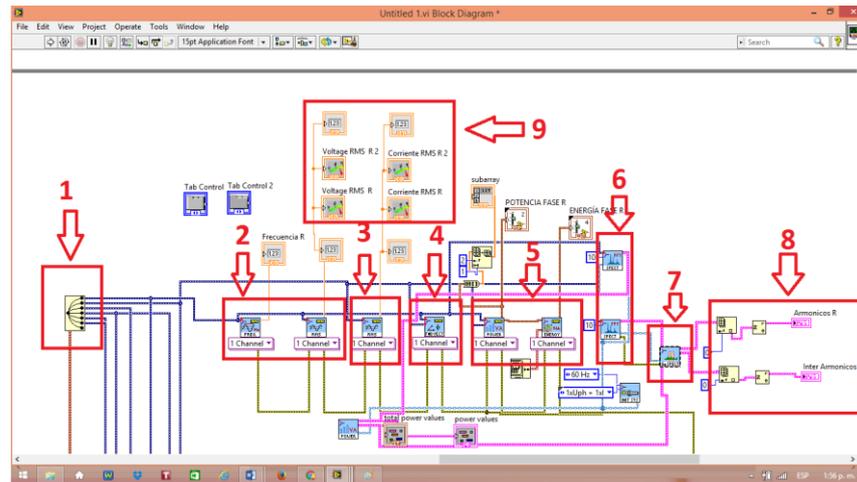


Figura 60 Diagrama de bloques (1) Divisor de señales, (2) Frecuencia y RMS de voltaje, (3) RMS de corriente, (4) Vector fundamental, (5) Potencia y energía, (6) Analizador de espectro, (7) líneas de grupo de espectro, (8) gráficas, (9) Indicadores.

1. En el programa se puede apreciar un divisor de señales, este es el encargado de tomar las señales analógicas y enviarlas por sus respectivos buses de datos tanto de voltaje como de corriente.
2. La señal de voltaje es llevada hacia los módulos de lectura de frecuencia y lectura de valores RMS.
3. La señal de corriente es enviada hacia el módulo de lectura de valores RMS.
4. Además la señal de voltaje y corriente es llevada al módulo del vector fundamental aquí se puede mostrar tanto en forma de Fase o numero complejo.
5. Las señales pasan por el módulo de potencia y al medidor de energía.
6. Posteriormente las señales de voltaje y corriente entran a los módulos analizadores de espectro
7. Estas señales se unen en el módulo de líneas de grupo de espectro a raíz de este se puede graficar los armónicos e inter armónicos.
8. De aquí pasa a los graficadores de los armónicos e inter armónicos.

9. Los datos numéricos de voltaje, corriente, frecuencia, potencia, energía, están mostrados mediante indicadores.

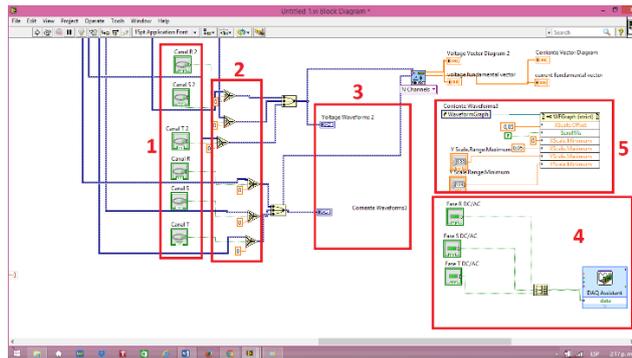


Figura 61 Diagrama de bloques (1) Mostrar/Ocultar, (2) Selector, (3) Waveform, (4) Control salidas Digitales, (5) Control de escala de gráfica de corriente.

1. Para graficar se puede seleccionar entre mostrar o no el canal tanto de corriente como de voltaje.
2. Mediante el selector devuelve la señal análoga o 0 dependiendo de la selección.
3. Se grafica las señales de voltaje o corriente mediante un Waveform.
4. Se empleó el DAQ Assistant para el control de las salidas digitales para la selección de medida de corriente en DC o AC.
5. Como los valores de la corriente son variables y pequeñas se emplea el bloque de propiedades del nodo para variar los parámetros de escala en el eje X e Y.

Nota: La programación se encuentra dentro de un ciclo While.

5.10.1. Programación para la gráfica de armónicos

Para graficar desde el primer al séptimo armónico se empleó el toolkit **TONE EXTRACTION**, como se muestra en las figuras 62. Este toolkit extrae la amplitud más alta a la frecuencia especificada y devuelve los parámetros absolutos para el tono detectado.

Para la extracción del módulo del armónico se realiza por medio **TONE MEASUREMENT** el cual mide la magnitud del armónico que se esté analizando.

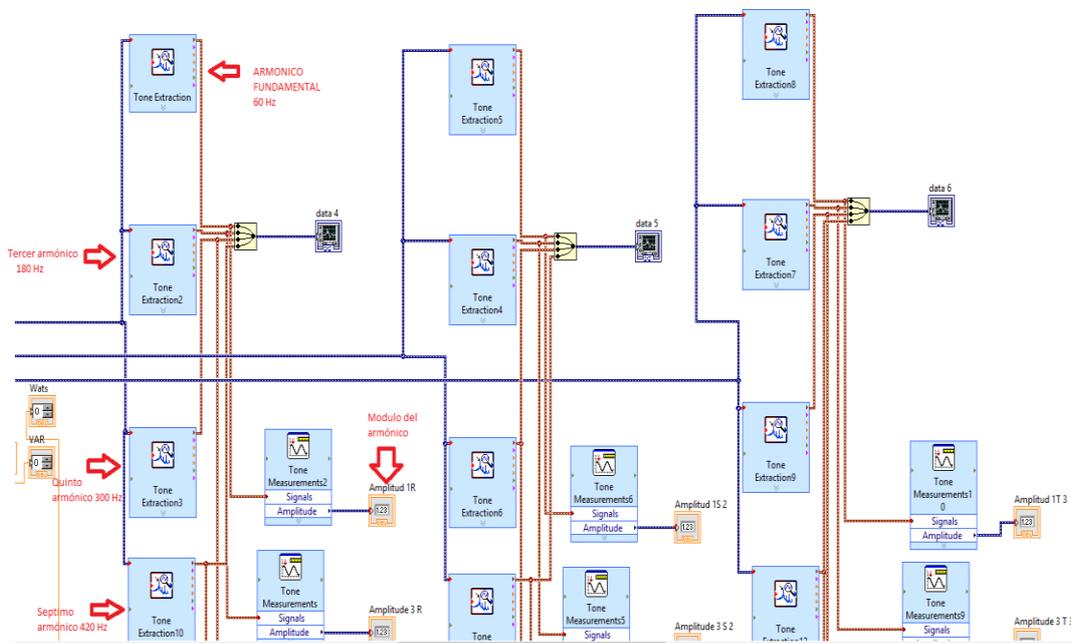


Figura 62 Diagrama de bloques para la gráfica de armónico, con su respectivo modulo.

a. Determinación del Angulo de los Armónicos

Basándose en el manual del usuario del analizador de armónicos Fluke modelo 41b donde hace referencia al ángulo de fase y expresa lo siguiente:

“Mide el tiempo desde el cruce positivo por cero de la fundamental de la Θ_{REF} de la tensión o corriente seleccionada. 360° representa un ciclo a la frecuencia fundamental o armónica seleccionada. Un signo positivo indica que el cruce por cero positivo del ciclo medido ocurre primero que el de la referencia (adelantado).” (Fluke, 2018)

Los cálculos descritos a continuación en la ecuación 78 son deducidos del manual de usuario del analizador FLUKE 41B (ANEXO E pag. 31), partiendo del principio de la medición de los tiempos de cruces por cero de cada armónico, con respeto al tiempo del cruce por cero de la frecuencia fundamental.

$$\theta_n = \left(\frac{2 * Ff * n}{180 * m * Ff} \right) + \theta Ff \tag{Ec.(31)}$$

Siendo:

θ_n = *angulo de defasamiento del armonico con respecto al armonico fundamental*

Ff = *frecuencia fundamental*

m = *constante dependiente del armonico a ser estudiado*

$$m = \left(\left(2^{\frac{n-3}{2}} \right) * \left(\frac{2^{2n}}{2^{2n-1}} \right) \right) \tag{Ec.(32)}$$

n = *numero de armonico*

Acontinuacion en la figura 63 se describe la programacion en labview para el calculo del angulo de cada armónico, con respecto al angulo de la frecuencia fundamental, este calculo se lo realiza para cada una de las fases.

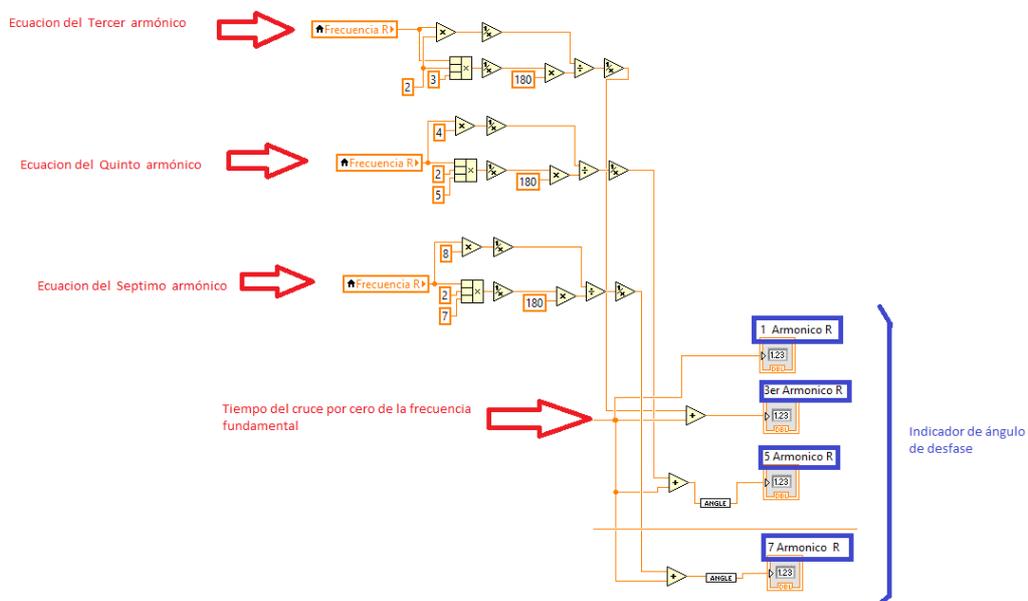


Figura 63 Programación del ángulo de desfase de cada armónico

5.10.2. HMI implementado para la lectura de parámetros eléctricos.

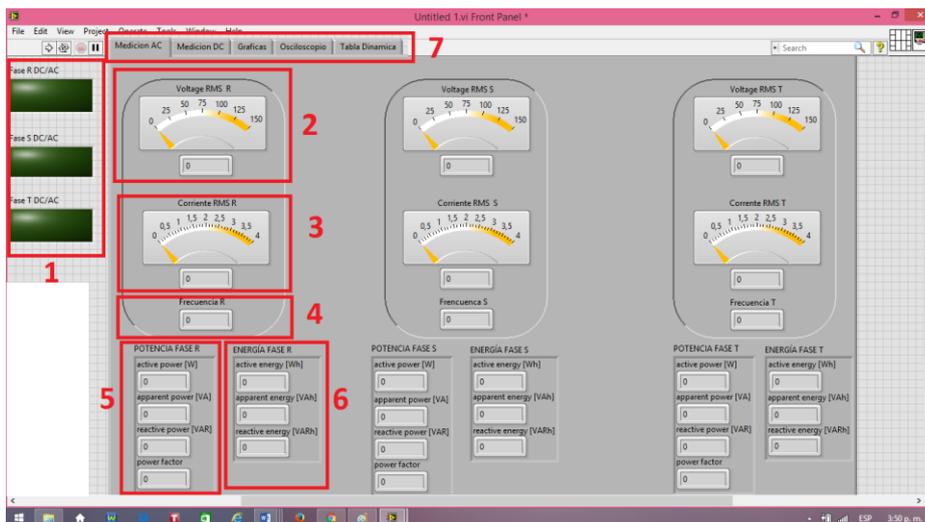


Figura 64 HMI pestaña “Mediciones AC” (1) Botones de DC/AC, (2) Visor analógico y digital de voltaje, (3) Visor analógico y digital de corriente, (4) Visor digital de frecuencia, (5) Datos de Potencia, (6) Datos de Energía, (7) Pestañas.

La Figura 64 muestra el HMI implementado para seleccionar mediante botones si las mediciones se las realiza en DC o AC (1), Una vez seleccionado se observa en los visores los parámetros eléctricos en AC (2),(3),(4),(5),(6), si las mediciones son en DC se debe navegar por las pestañas (7).

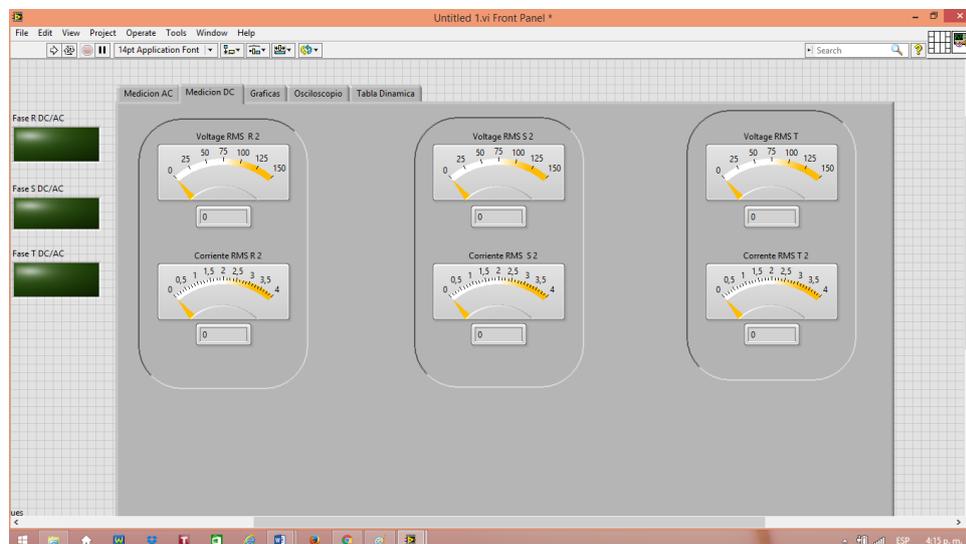


Figura 65 HMI Pestaña “Medición DC”

La Figura 65 muestra el HMI implementado para la visualización de los parámetros en AC o DC tanto de corriente como de voltaje.

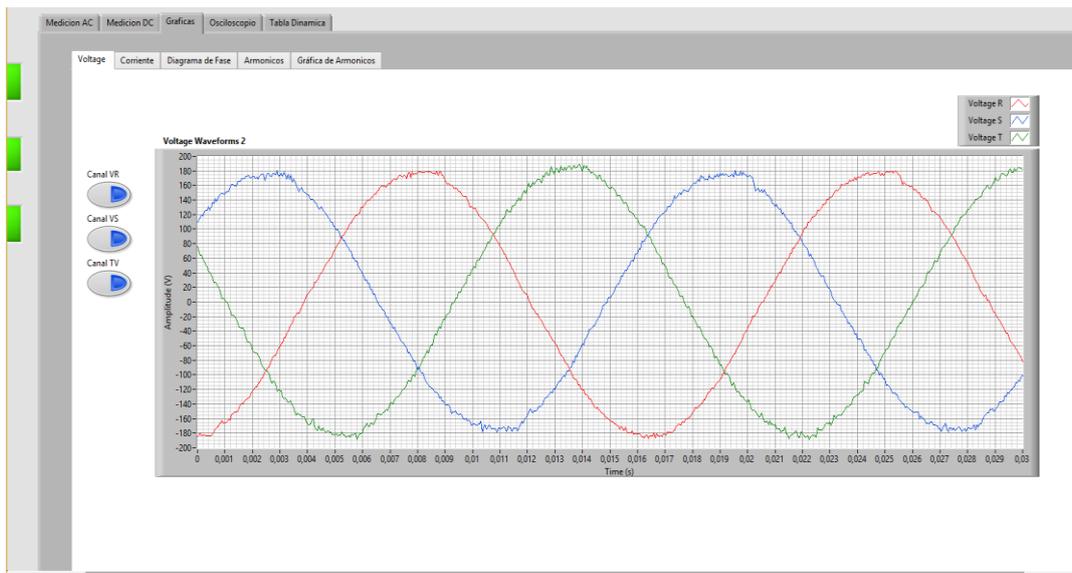


Figura 66 HMI Pestaña “Gráfica”-sub pestaña “Voltaje”.

En la figura 66 se muestra el HMI creado para observar las curvas generadas por el voltaje, con sus respectivos botones de encendido y apagado de los canales analógicos.

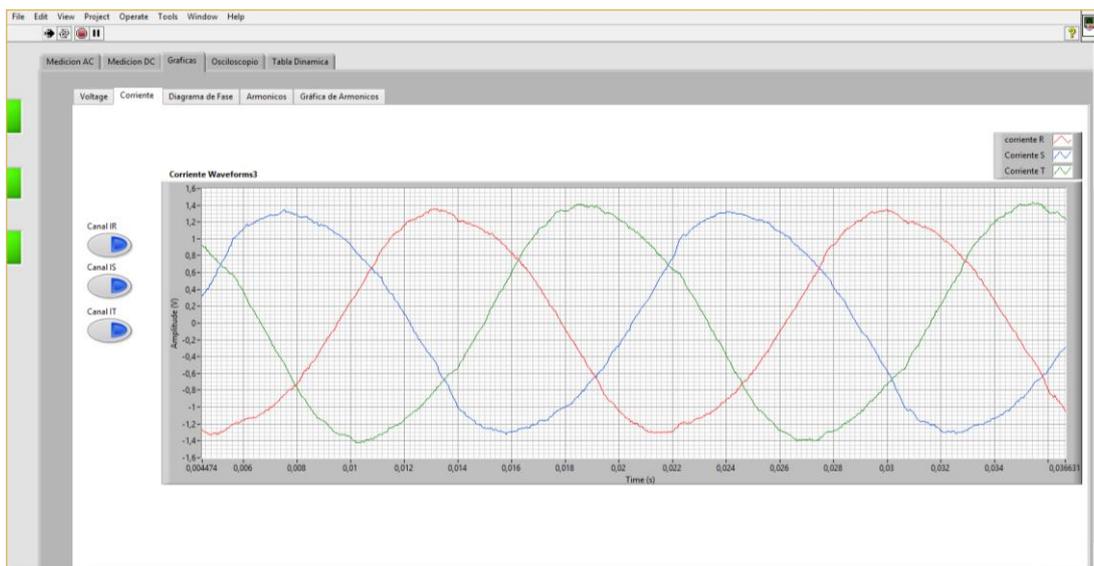


Figura 67 HMI Pestaña “Gráfica”-sub pestaña “Corriente”.

En la figura 67 se muestra el HMI proporcionado para observar las curvas generadas por la corriente, con sus respectivos botones de encendido y apagado de los canales analógicos.

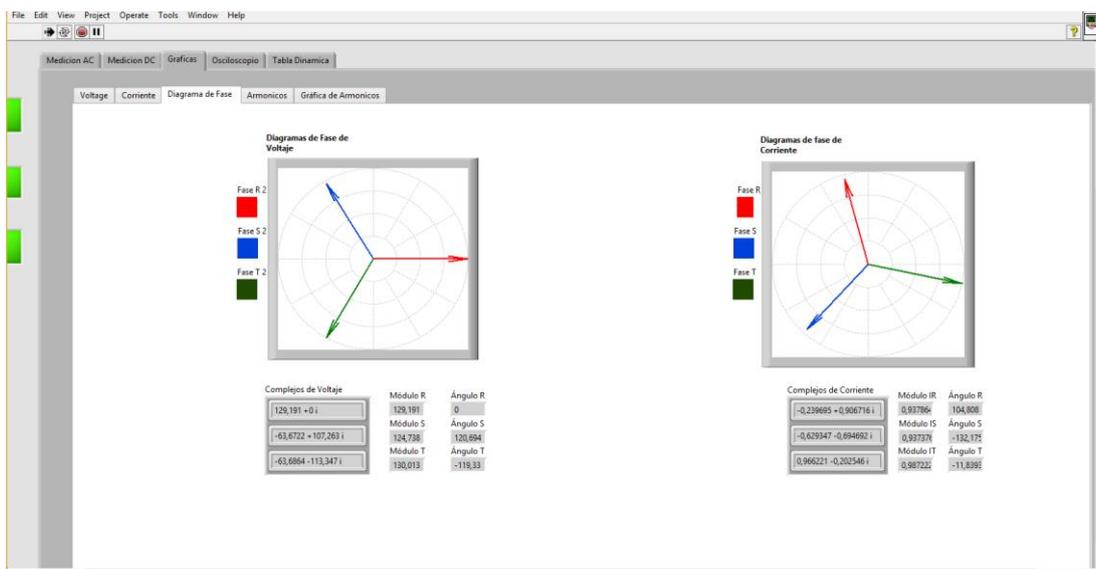


Figura 68 HMI Pestaña “Gráfica”-sub pestaña “Diagrama de Fase”.

La figura 68 muestra la interfaz creada para la visualización de las fases de voltaje y corriente conjuntamente con sus componentes en números complejos.

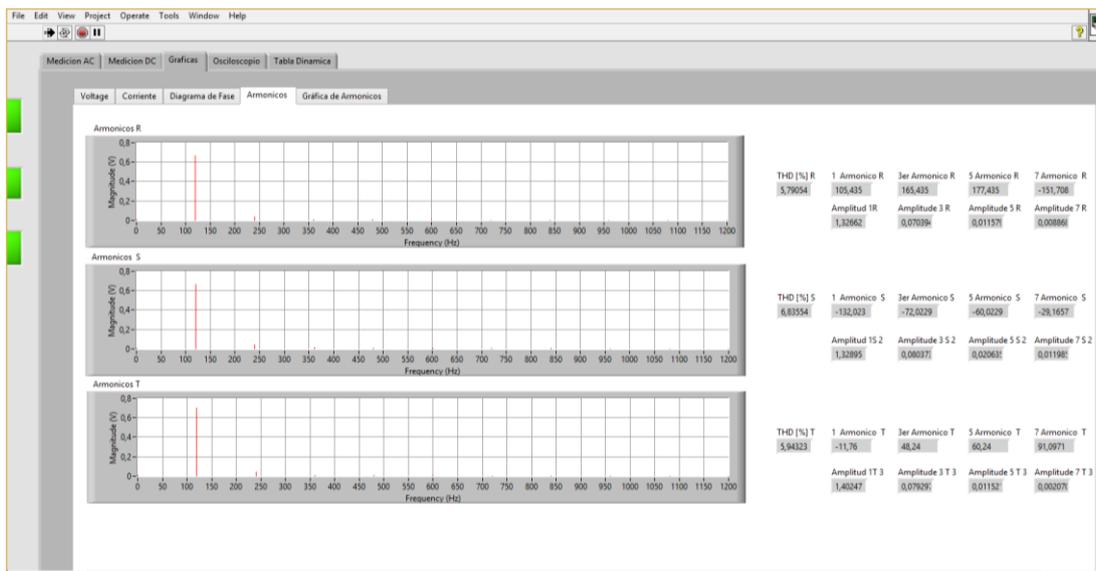


Figura 69 HMI Pestaña “Gráfica”-sub pestaña “Armónicos” por cada una de las fases R, S y T, con su respectivo modulo y ángulo de despase del primer, tercer, quinto y séptimo armónico

La figura 69 muestra la interfaz creada para la visualización de las fases **R**, **S** y **T**, conjuntamente la visualización de sus armónicos fundamental, tercer, quinto, séptimo armónico.

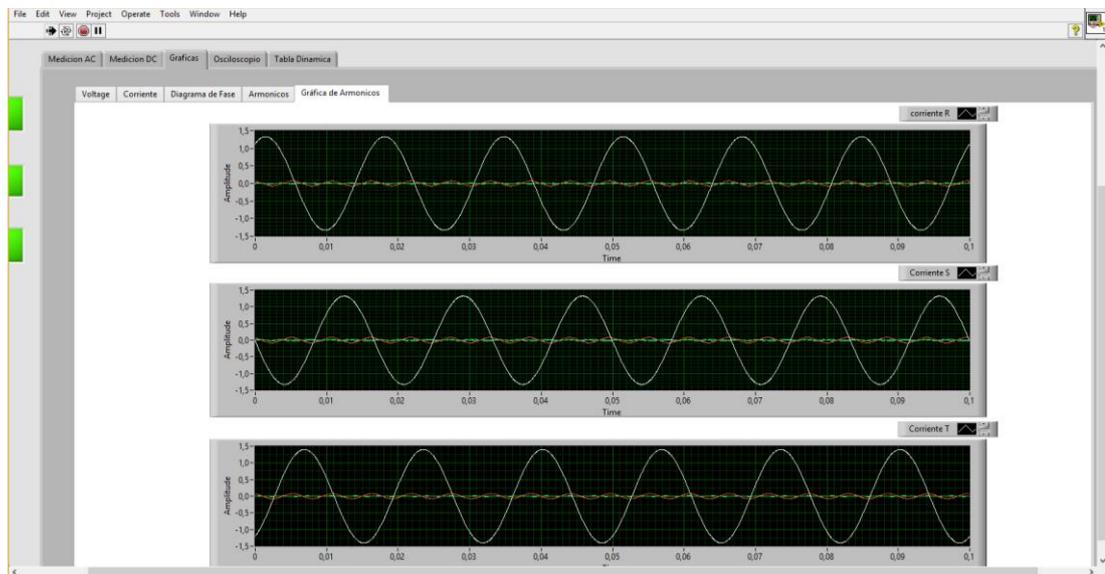


Figura 70 HMI Pestaña “Gráfica”-sub pestaña “Armónicos” por cada una de las fases **R, **S** y **T**, con su respectivo modulo y ángulo de despase del primer, tercer, quinto y séptimo armónico**

5.10.3. Programación de osciloscopio.

En la programación de LabView se tiene la siguiente programación para el osciloscopio, figura 71:

1. Inicio, encendió del osciloscopio
2. Selector de medición en AC/DC
3. Muestra los canales los cuales van a ser ocupados
4. Asignación de los canales
5. Unión de todos los canales a usar
6. Una vez asignados los canales se activa mis eventos a usar
7. Eventos a usar entra la Graficación de las señales
8. El tiempo en la cual se va a realizar la señales
9. Muestra las señales (Voltaje, corriente).

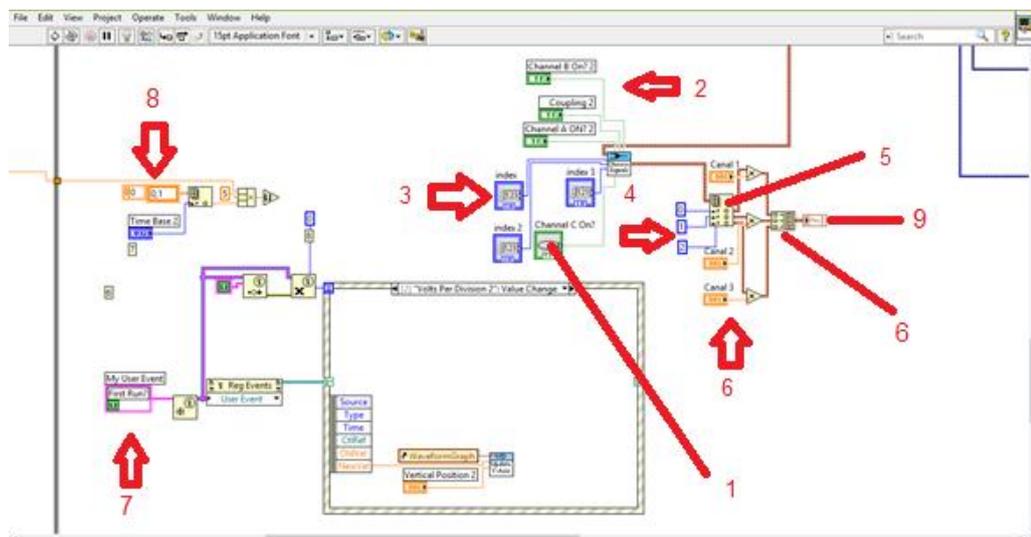


Figura 71 Diagrama de bloques de la programación de osciloscopio

5.10.4. HMI del Osciloscopio

En el panel **HMI** se tiene los siguientes elementos, los cuales son usados de la siguiente manera, como se detalla en la figura 72:

1. Se activa la pestaña **Osciloscopio**
2. Selección de **medición AC/DC**
3. Selección de **canales**
4. **Activación** los canales seleccionados
5. Voltaje base
6. Tiempo base
7. Posición vertical general
8. Tiempo de canal 1
9. Tiempo de canal 2
10. Tiempo de canal 3

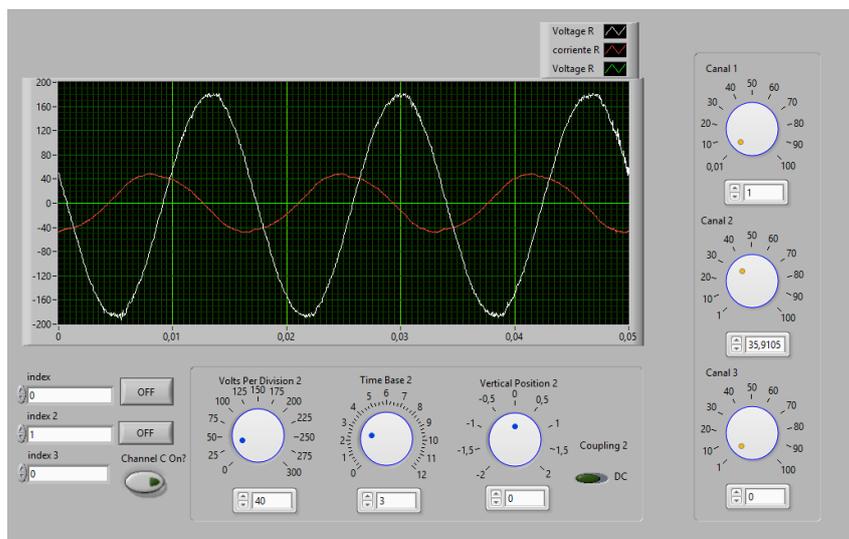
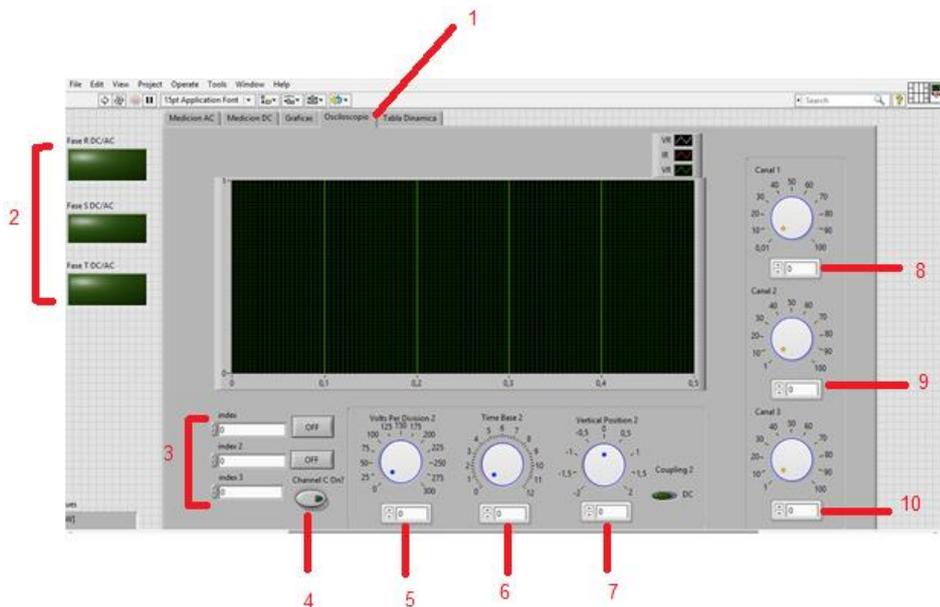


Figura 72 HMI del Osciloscopio con sus componentes y su visualización

5.10.5. Generación de base de datos de valores RMS y Valores en función del tiempo de muestreo.

El en siguiente diagrama de bloques se detalla la programación para la adquisición de datos y la descripción de uso de cada uno de los bloques, se describe en la figura 73.

La función **Write to Measurement File** en el Diagrama de Bloques, se abre una ventana de configuración. Determine las configuraciones como se muestra a continuación:

- **Nombre** - Nombre el archivo y escoja la ubicación del archivo.

- **Formato** - Seleccione Binario (TDMS), el cual es un formato que puede abrir en Excel. También puede seleccionar Text (LVM) si desea abrir el archivo en un editor de texto simple.
- **Acción** - Seleccione Save to one file y Append to file. Ya que el DAQ Assistant proporciona datos en segmentos y el Write to Measurement File escribe datos en segmentos, debe configurar el VI para Anexar a archivo cada vez que sea llamado, así no sobrescribe los datos existentes.
- **Encabezados de Segmentos** - El encabezado muestra información meta en el registro como la hora, descripción y operador. Escoja One header only para establecer solamente un encabezado para todo el registro en lugar de un encabezado por segmento de datos.
- **Columnas de Valor X** - La Columna de Valor X muestra el registro del tiempo. Escoja One column only para mostrar la información del registro del tiempo.
- **Descripción** - Añada cualquier información que desea asentar en el archivo.

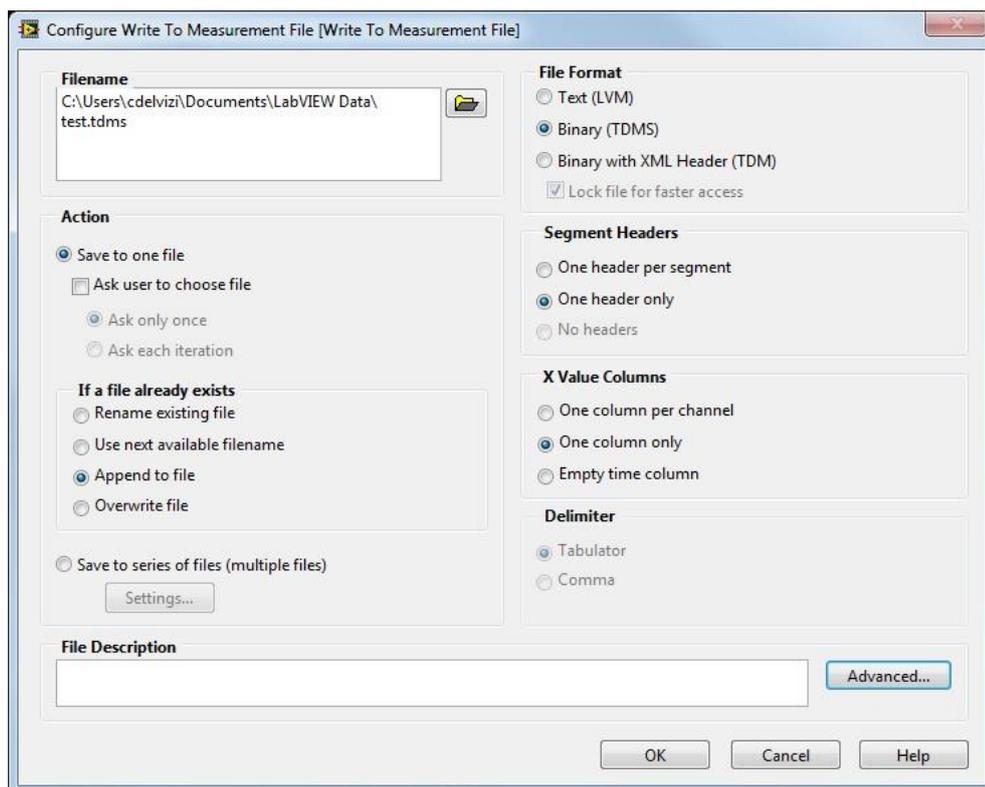


Figura 73 Configuraciones de cómo registrar datos.

También se tiene las variables locales las cuales son de voltaje y corriente y mediante **splint signal** se junta todas estas señales al **Write to Measurement** a su entrada. El tiempo y la hora en la que se recolección de datos en la base de datos se da mediante el **date/ time string**

Elapsed Time

La primera vez que se llame a **Elapsed Time**, comenzará a monitorear el tiempo hasta que haya pasado la cantidad de tiempo especificada.

En el bloque de **Elapsed Time** se crea una variable de control la cual pone el tiempo el cual realiza el tiempo de monitoreo y cuando haya transcurrido el tiempo especificado, la salida de Tiempo transcurrido es FALSE. Cuando se invoca el tiempo Expres después de que ha transcurrido el tiempo especificado, la salida de Tiempo transcurrido será VERDADERO.

El propósito de Elapsed Time es mantener una cuenta corriente del tiempo transcurrido desde la primera vez que se llamó.

También crea una variable local la cual va a ser el **intervalo de monitoreo** en el proyecto. Cada de una estas variables tienen que tener unidades las cuales puede asignarlas mediante un indicador tanto para los valores como unidades a asignar, a continuación se describe en la figura 74 y 75.

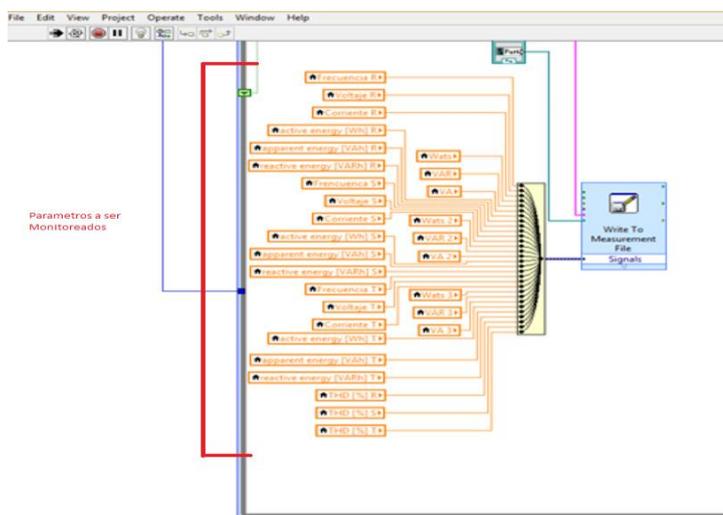


Figura 74 Diagrama de bloques de la generación de los parámetros a ser monitoreados en valores RMS.

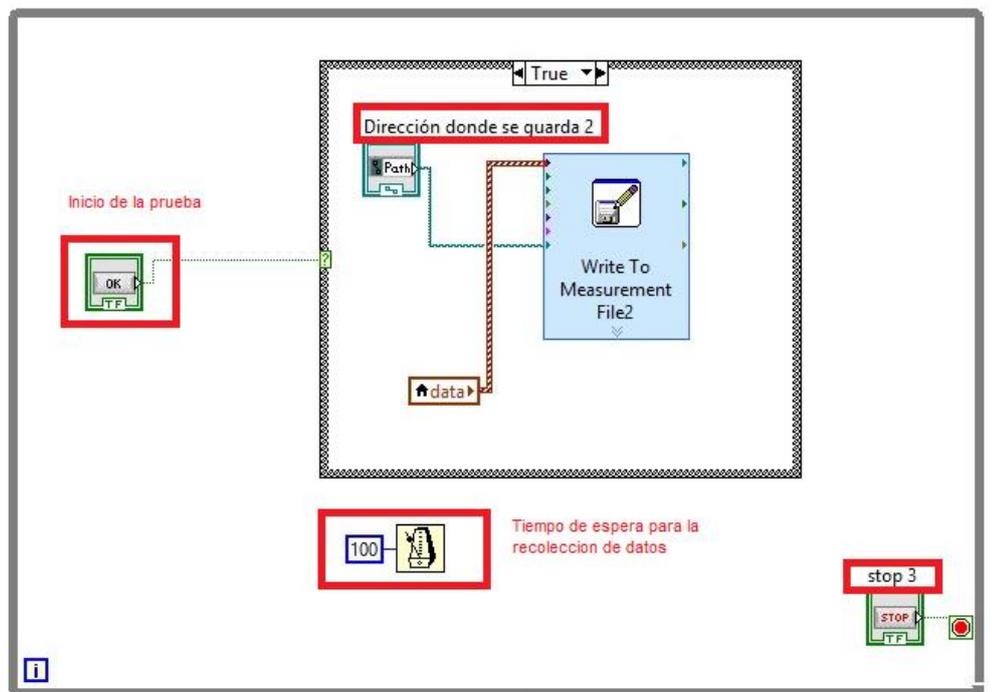


Figura 75 Diagrama de bloques de la generación de base de datos valores de voltaje en función del tiempo de muestreo.

5.10.6. HMI para la generación de la base de datos

En la generación de datos se tiene el panel principal, los cuales son manipulados a consideración del usuario, como se muestra la figura 76:

1. Selección **Tabla Dinámica**.
2. Selección de la **Duración de la muestra**
3. **Unidad de tiempo** (Hora, Minuto y Segundos)
4. **Unidad de tiempo** (Minuto, Segundos y Milisegundos)
5. Selección de la **Intervalo de muestreo**
6. Se genera el nombre del **Archivo** y su ubicación, con su formato a elección del usuario.
7. **Play** ejecución de la muestra
8. **Numero de muestras**

9. **Foco indicador** de inicio de muestra
10. **Tiempo que transcurre durante la muestra**
11. **Hora y fecha** donde transcurre la muestra
12. Generar el nombre del **Archivo** y su ubicación, con su formato a elección del usuario.
13. **Generar** ejecución de la muestra

Nota:

1. Para la generación de la tabla el selector de **fase AC/DC** debe estar seleccionada previamente
2. Una vez finalizada la prueba aplicar de forma obligatoria **stop** al programa, para la verificación de los datos obtenidos

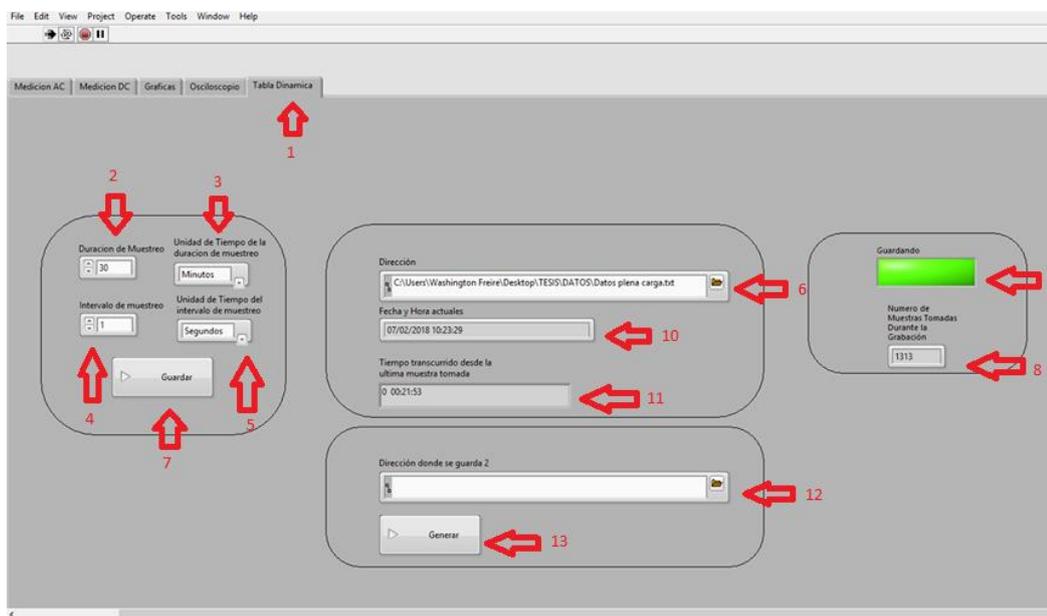


Figura 76 HMI para la generación de la base de datos Para

CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó un módulo didáctico para la adquisición de datos, para el sistema de entrenamiento electromecánico, con un posterior análisis de parámetros en el laboratorio de control eléctrico de la ESPE Latacunga.
- Mediante una investigación de campo, se logró determinar los componentes básicos empleados en el módulo de adquisición de dato de Labvolt 9063, dicho modulo emplea los siguientes componentes básicos ADC, Transformadores de potencial, reguladores de voltaje, HCP 7840, Amplificadores operacionales, resistencias y capacitores SMD, estos elementos son tomados como punto de partida para la selección y diseño del módulo de adquisición de datos didáctico implementado.
- Para la selección de los componentes que intervinieron en el diseño se empleó diagramas QFD para la selección de ADC, arrojando como resultado la DAQ NI USB 6211 de National Instrument, para el acondicionamiento de señales se empleó cálculos matemáticos, en el diseño de la placa electrónica se tomó en cuenta la selección del ADC como punto de partida de los demás componentes, obteniendo como resultados la selección de optoacoplador, Regulador DC-DC, Trimmer, Resistencias, Transformadores de potencial, TC, Relés descritos en las Tablas (29-37) respectivamente.
- Mediante un análisis costo beneficio detallado en la Tabla 26 se demostró la viabilidad económica de la implementación del módulo de adquisición de datos obteniendo un beneficio de 2.650 por modulo siendo el tiempo de recuperación de la inversión de 3 meses y la viabilidad técnica de implementar este módulo didáctico se detalla en la tabla (14, 18, 22 y 24).
- Para la validación de los datos se realizó pruebas con un Motor Jaula De Ardilla de 4 Polos a voltajes de 125 V y a 50 V, en las pruebas

respectivas se generó una base de datos recolectados por módulo de LabVolt existente y a la vez en el módulo de adquisición de datos implementado en forma paralela, una vez obtenida las bases de datos se empleó como herramienta informática el software SPSS de IBM con un número de muestras de 500 por cada módulo a analizar en las variables de Voltaje, Corriente, Potencia, con un porcentaje de error $\alpha=0,05$. Dando como resultados una fiabilidad del 95 % en contraste con la base datos de LabVolt.

- Se solucionó el problema de poseer una sola línea de referencia a neutro para mediciones en AC y DC que ocurría al unirse el polo positivo de DC con el Neutro de la alimentación del módulo de Adquisición de datos, la solución parte de dos fases de desacoplamiento de neutro que en primera instancia el Tp al poseer la bobina del primario y secundario separadas físicamente, pero con referencia de neutro en el secundario, esta referencia se empleó como referencia del optoacoplador que a actuó como segunda fase de desacoplamiento.
- Se determinó una ecuación que permite el cálculo el tiempo que demora el cruce por cero de cada armónico, este tiempo al adicionarse con el tiempo de cruce por cero de la componente fundamental da como resultado un ángulo de fase de cada armónico.

RECOMENDACIONES

- Al momento de realizar la conexión del bus de datos de la DAQ al computador, esperar un momento hasta el reconocimiento DAQmx y después arrancar el programa
- Tener en cuenta que la medición en DC se encuentra siempre por default, por ende se debe seleccionar en el programa para realizar mediciones en AC.
- Realizar el diagrama de conexiones eléctricas de acuerdo a las prácticas planteadas
- Al generar la base de datos tener en cuenta que se debe crear el documento previamente antes de inicializar la generación de la base de datos.
- Realizar la continuación de la parte de control del módulo de LabVolt 9063.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aiteco. (2013). Recuperado el 20 de Diciembre de 2017, de <https://www.aiteco.com/qfd-despliegue-de-la-funcion-de-calidad/>
- Anónimo. (s.f.). Recuperado el 12 de Septiembre de 2017, de <http://www.aulavirtual-exactas.dyndns.org/claroline/backends/download.php?url=L0d17WFfZGVfVFBfRuxzaWNhX0dlbmVyYWwvTWVkaWNpb25lc19FbGVjdHJpY2FzX1Rlb3LtYS5wZGY%3D&cidReset=true&cidReq=GRALI>
- Anónimo. (2004). *Universidad Técnica Federico Santa María*. Recuperado el 23 de Agosto de 2017, de <http://www2.elo.utfsm.cl/~mineducagv/docs/ListaDetalladadeModulos/TarjetaADC.PDF>
- Areny, R. P. (2004). Sensores Acondicionadores de Señal. En R. P. Areny, *Sensores Acondicionadores de Señal* (págs. 2-4). Marcombo.
- Arnoux, C. (2005). *“Entendiendo la potencia y la medición de la calidad de la potencia”*. AEMC Instruments.
- Asociados, M. &. (2009). Recuperado el 10 de Noviembre de 2017, de <http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-09-08-Metodo-Indirecto-Shunt.pdf>
- Asociados, M. y. (2010). Recuperado el 23 de Septiembre de 2017, de http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-10-02-factor_de_potencia.pdf
- Boulianne, C. (2017). *eHow*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2017, de http://www.ehowenespanol.com/definicion-transformador-corriente-sobre_113731/
- Diverteka. (2014). Recuperado el 20 de Septiembre de 2017, de <http://www.diverteka.com/?p=1966>
- Dorf, R. C., & Svoboda, J. A. (2011). *Circuitos Electricos*. Mexico: Alfaomega.

- ESPE. (2017). *ESPE*. Recuperado el 10 de Agosto de 2017, de <http://espe-el.espe.edu.ec/?q=node/17>
- Fenix, N. (2013). Recuperado el 30 de Abril de 2017, de <https://www.nextiafenix.com/producto/resistencia-220k-1w4/>
- HCPL. (12 de Octubre de 2017). Recuperado el 2017, de <https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/hcpl-7840-000e-datasheet.pdf>
- Ibañez, C. (2012). *Slideshare*. Recuperado el 15 de Octubre de 2017, de https://www.slideshare.net/Cristofer_10/electronica-13915171
- IEEE 519 . (1992). Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power System. *IEEE Power and Energy Society*.
- Instrument, N. (2017). Recuperado el 20 de Agosto de 2017, de <http://www.ni.com/es-cr/support/model.usb-6210.html>
- Instrument, N. (2017). *National Instrument*. Recuperado el 12 de Agosto de 2017, de <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>
- Instrument., N. (2017). Recuperado el 4 de Noviembre de 2017, de <http://search.ni.com/nisearch/app/main/p/bot/no/ap/global/lang/es/pg/1/q/NI%20USB-6211/>
- Instruments, N. (2014). Recuperado el 25 de Agosto de 2017, de <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/4AE3DC771A8F5AE286257D97004B340A>
- Ivan. (2015). *Patagoniatec*. Obtenido de <http://saber.patagoniatec.com/sensor-de-corriente-ac712-5-20-30a-ptec-arduino-pic/>
- Jameco. (2017). Recuperado el 15 de Septiembre de 2017, de https://www.jameco.com/z/64WR5K-3266W-1-502VP-LF-Potentiometer-5K-Ohm-12-Turn-25-Watt-1-4-Square_254669.html

- Jameco. (2017). Recuperado el 15 de Septiembre de 2017, de https://www.jameco.com/z/3296W-1-503LF-Bourns-Resistor-Trimmer-50k-Ohm-10-1-2-Watt-25-Turn-2-19mm-Pin-Through-Hole-Tube_853791.html
- MicroSystems, A. (2017). *Allegro MicroSystem*. Obtenido de <http://www.allegromicro.com/en/Products/Current-Sensor-ICs/Zero-To-Fifty-Amp-Integrated-Conductor-Sensor-ICs/ACS712.aspx>
- Naylamp. (2017). *Naylamp Mechatronics*. Obtenido de Naylamp Mechatronics: http://www.naylampmechatronics.com/blog/23_TUTORIAL-ARDUINO-Y-LABVIEW.html
- Patagonia. (2017). Recuperado el 15 de Octubre de 2017, de <http://saber.patagoniatec.com/lm2596-buck-converter-voltmeter-step-down-arduino-argentina-ptec/>
- Perez Garcia, M. A. (2014). *Instrumentación Electrónica*. Recuperado el 20 de Mayo de 2017, de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Fb5tBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR9&dq=instrumentacion+electronica&ots=2CF0xWYWpM&sig=fr3il7dYJrfJR3_DLqRME_UVRms#v=onepage&q&f=false
- PLCdev. (2017). *PLC dev*. Recuperado el 19 de Julio de 2017, de http://www.plcdev.com/how_plcs_work
- Rosario, S. d. (2010). *Control automatico de un motor de corriente alterna mediante instrumentacion virtual*. Recuperado el 5 de Junio de 2017, de http://www.academia.edu/10551194/UNIVERSIDAD_VERACRUZANA_FACULTAD_DE_INGENIER%3%8DA_CONTROL_AUTOM%3%81TICO_DE_UN_MOTOR_DE_CORRIENTE_ALTERNA_MEDIANTE_INSTRUMENTACI%3%93N_VIRTUAL_TRABAJO_PR%3%81CTICO_T%3%89CNICO_Que_para_obtener_el_t%3%ADtulo_de_PRES

S.L.L, O. (Febrero de 2017). *Ortojosbel S.L.L.* Recuperado el Febrero de 2018, de Silla de Ruedas Virtual: http://www.sillasderuedas.es/epages/ea0570.sf/es_ES/?ObjectPath=/Shops/ea0570/Products/30

Sparkfun. (2017). Recuperado el 8 de Diciembre de 2017, de <https://www.sparkfun.com/products/11853>

Tbem. (2017). Recuperado el 8 de Noviembre de 2017, de <http://teslabem.com/modulo-de-4-relevadores-4-canales-5vdc.html>

Unicrom, E. (2016). *Electrónica Unicrom.* Recuperado el 29 de Junio de 2017, de <http://unicrom.com/convertidor-digital-analogico-cda-dac/>



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

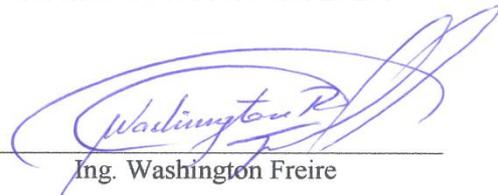
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores:

BYRON EDUARDO CHACÓN QUISTAN y EDISON JAVIER VELASCO TONATO

En la ciudad de Latacunga, a los: **19 días del mes de febrero del 2018.**

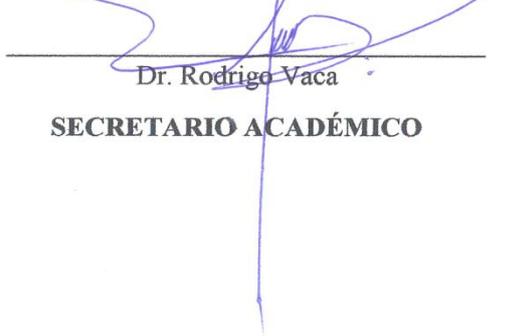

Ing. Washington Freire

DIRECTOR DEL PROYECTO

Aprobado por:


Ing. Katya Flores

DIRECTORA DE CARRERA


Dr. Rodrigo Vaca

SECRETARIO ACADÉMICO