



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**PROYECTO REALIZADO POR:**

**-BYRON EDUARDO CHACÓN QUISTAN  
-EDISON JAVIER VELASCO TONATO**

**DIRECTOR: ING. WASHINGTON FREIRE.**

Febrero, 2018





**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# TÍTULO DEL PROYECTO

**“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”**



# INTRODUCCIÓN



La tecnología en la adquisición de datos (DAQ), ha evolucionado dentro de la industria, cada vez más desarrollada en diferentes procesos. Convirtiéndolos en 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.

# JUSTIFICACIÓN

Cantidad de sistemas de entrenamiento electromecánico de LabVolt.

Numero de módulos de Adquisición de datos LabVolt 9063

Aglomeración de estudiantes en los módulos operables.

**Laboratorio de Control Eléctrico de la Universidad de las Fuerzas Armadas.**

# 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.

## 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.

# HIPOTESIS

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.

## Variable independiente

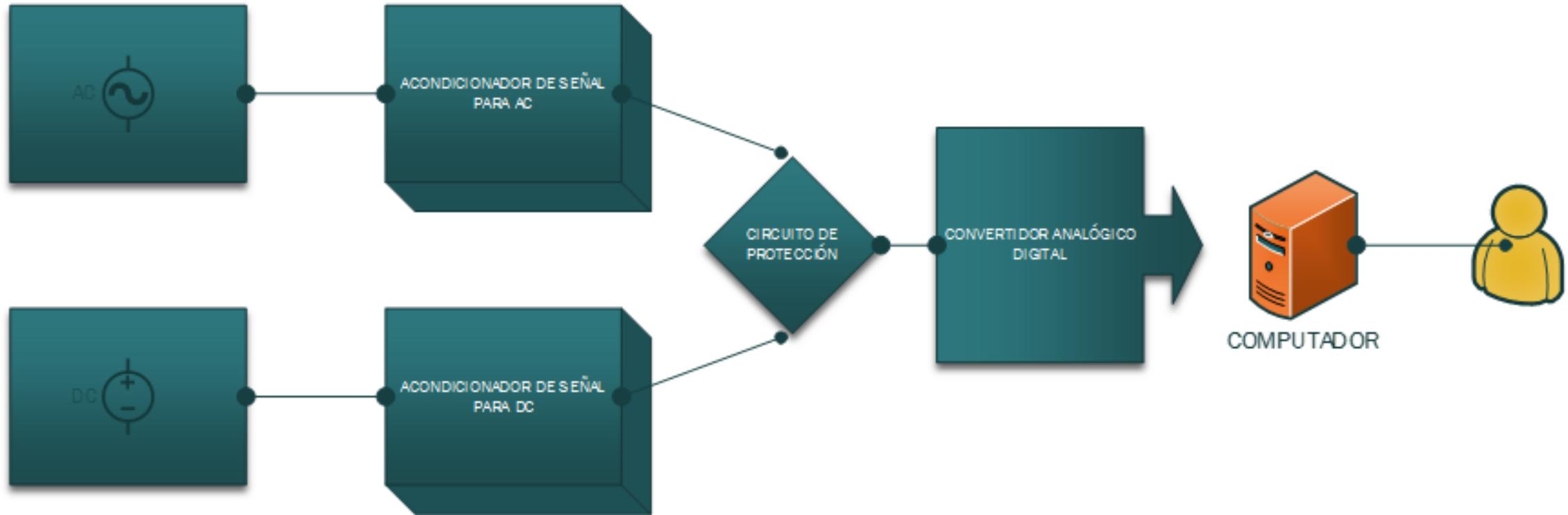
- Implementación del sistema de adquisición de datos.

## Variable dependiente

- Optimizar el uso adecuado de la tercera estación de trabajo, el proceso enseñanza-aprendizaje.

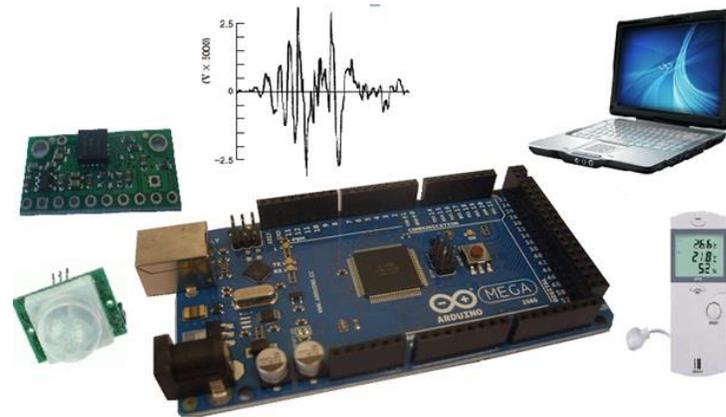
- Método Bibliográfico Documental.
- Método Bibliográfico Documental.
- Método Inductivo – Deductivo
- Método Experimental

# Diagrama de bloques esquema general del proyecto



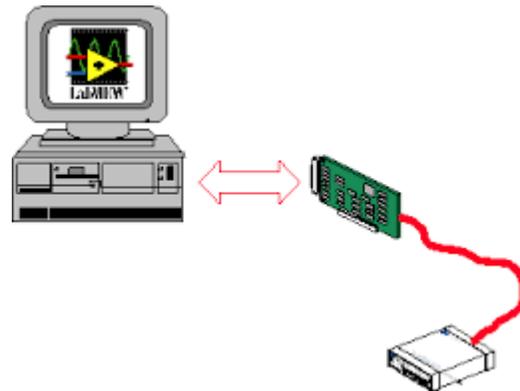
# INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA

“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”.



# 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.



# SENSORES Y TRANSDUCTORES.

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

**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.



## Tarjetas

### Tarjetas A/D

Un conversor A/D es un dispositivo que mapea una tensión análoga en un código o palabra digital de n bits.

### 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 que tan exacta será la conversión entre la señal analógica y la digital.

### 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.

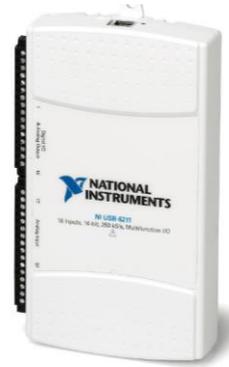
# Tipos de DAQs comerciales NI

## 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 Entradas/Salidas digitales
- 4 contadores/temporizadores de 32 bits para PWM

## DAQ NI USB-6211



- DAQ Multifunción de la Serie M de 16 bits, 250 kS/s
- 16 entradas analógicas
- 2 salidas analógicas
- 4 entradas digitales
- 4 salidas digitales
- 2 contadores de 32 bits.

## DAQ NI PXI- 6052E



- 16 Canales, 333 kS/s, 16 Bits
- 2 AO
- 8 DIO
- 2 Contadores de 24 Bits, Serie E
- 64 entradas analógicas
- Dos salidas analógicas de 12 bits



# Selección de Elementos Electrónicos

Partiendo de la selección de la DAQ y sus especificaciones de acondicionamiento de señal. Se procede a la elección de los materiales a emplearse para el aislamiento de protección.

HCPL-7840 Amplificador de aislamiento	
Características	Descripción
<ul style="list-style-type: none"><li>• Rango de operación de linealidad +/- 200mv</li><li>• 0.004% de no linealidad.</li><li>• 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).</li><li>• Tecnología avanzada de convertidor A / D Sigma-Delta (<math>\Sigma</math>-<math>\Delta</math>).</li><li>• Topología de circuito totalmente diferencial.</li><li>• Tecnología CMOS CM de 0,8 <math>\mu</math>m</li></ul>	 A photograph of the HCPL-7840 isolation amplifier, a small, rectangular, brown component with four pins extending from the bottom.

# Selección de Elementos Electrónicos

Para el funcionamiento del amplificador de aislamiento se emplean fuentes desacopladas

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

# Acondicionamiento de señal de voltaje

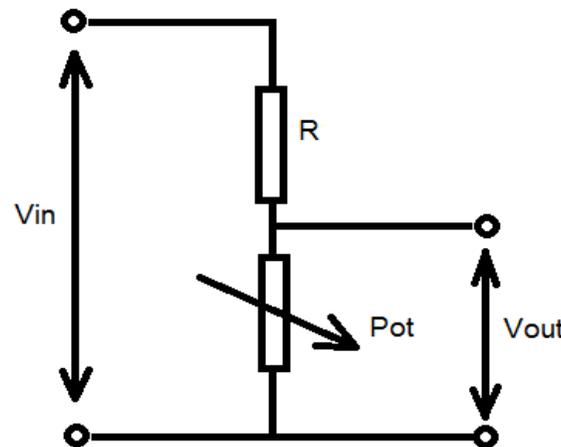
Para la obtención de la señal de voltaje de DC se optó por divisores de tensión hasta alcanzar el rango de linealidad del amplificador de aislamiento.

Datos

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

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

$Pot = 20 \text{ K}\Omega$



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

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

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

# Acondicionamiento de señal de voltaje

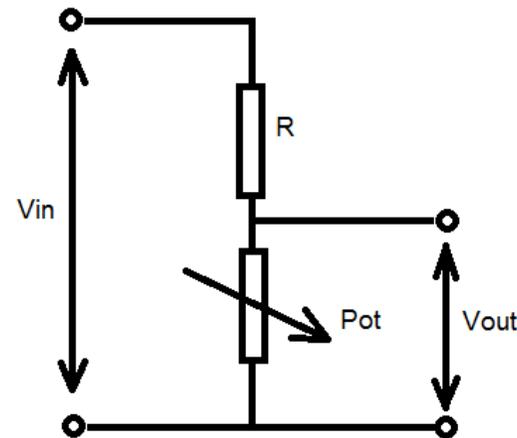
Para la obtención de la señal de voltaje de AC se opto por divisores de tensión hasta alcanzar el rango de linealidad del amplificador de aislamiento.

Datos:

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

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

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



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

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

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

# Acondicionamiento de señal de voltaje

Una vez calculado los voltajes.

TRIMMER 5 K $\Omega$	
Características	Descripción
<ul style="list-style-type: none"><li>• Resistencia: 5K<math>\Omega</math></li><li>• Potencia: 1/4 Watt</li><li>• Tolerancia: <math>\pm 10\%</math></li><li>• Ajuste vertical</li></ul>	
TRIMMER 20 K $\Omega$	
Características	Descripción
<ul style="list-style-type: none"><li>• Resistencia: 20K<math>\Omega</math></li><li>• Potencia: 1/2 Watt</li><li>• Tolerancia: <math>\pm 10\%</math></li><li>• Ajuste vertical</li></ul>	

# Acondicionamiento de señal de voltaje

Resistencia de 220 K $\Omega$	
Características	Descripción
<ul style="list-style-type: none"><li>• Valor: 220 K<math>\Omega</math></li><li>• Potencia: ¼ Watt</li><li>• Tolerancia: +/- 5%</li><li>• Voltaje: 300V max.</li></ul>	

Resistencia de 1 M $\Omega$	
Características	Descripción
<ul style="list-style-type: none"><li>• Valor: 1 M<math>\Omega</math></li><li>• Potencia: ¼ Watt</li><li>• Tolerancia: +/- 5%</li><li>• Voltaje: 300V max.</li></ul>	

# Selección de Elementos Electrónicos

Para la obtención de la señal de corriente AC se empleo TC no invasivos.

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

# Acondicionamiento de la señal de corriente DC

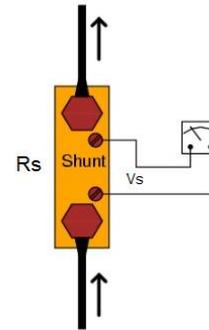
Para la obtención de la señal análoga de corriente en DC se emplea resistencias Shunt fabricadas en bronce. DIN EN 60051

Resistencia shunt

Datos:

$R_s = 10 \text{ m}\Omega$

$I = 8 \text{ A}$

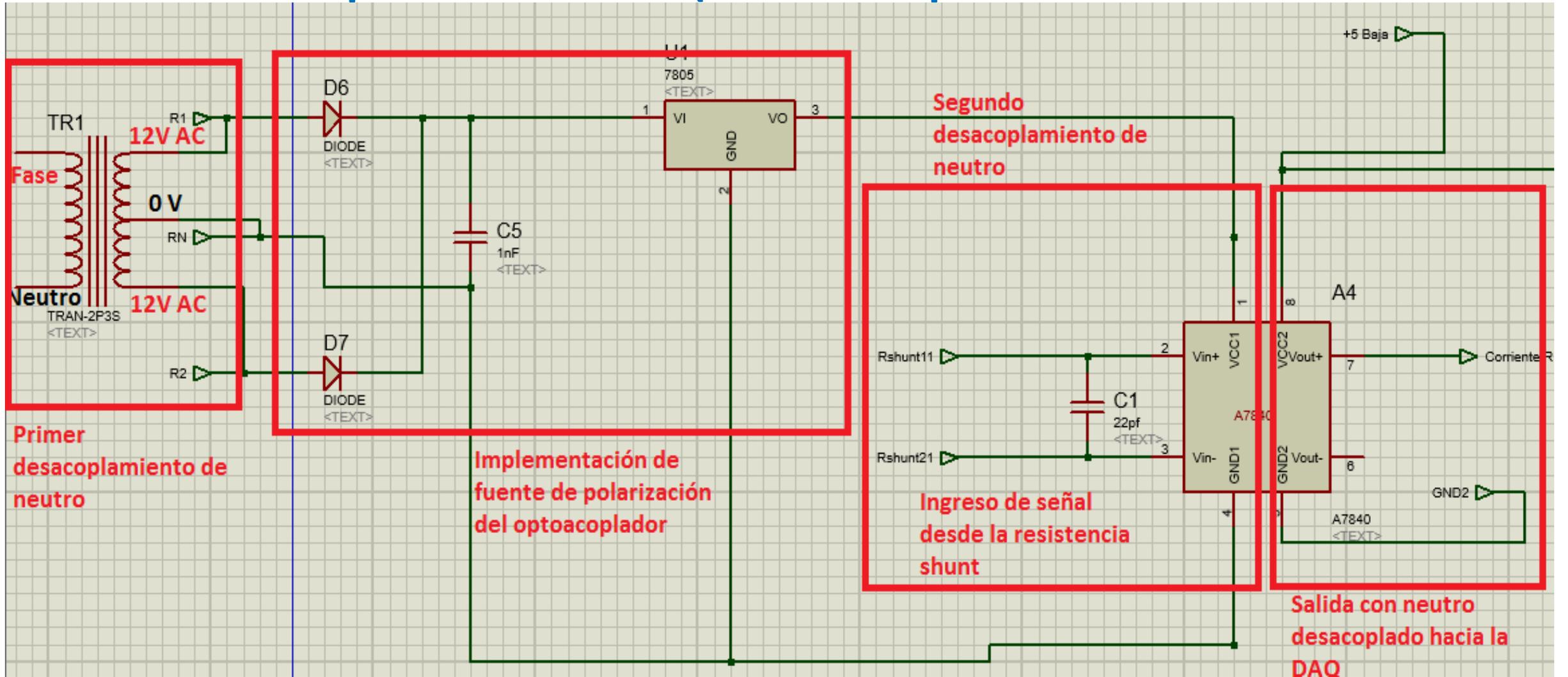


$$V_s = I * R_s$$

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

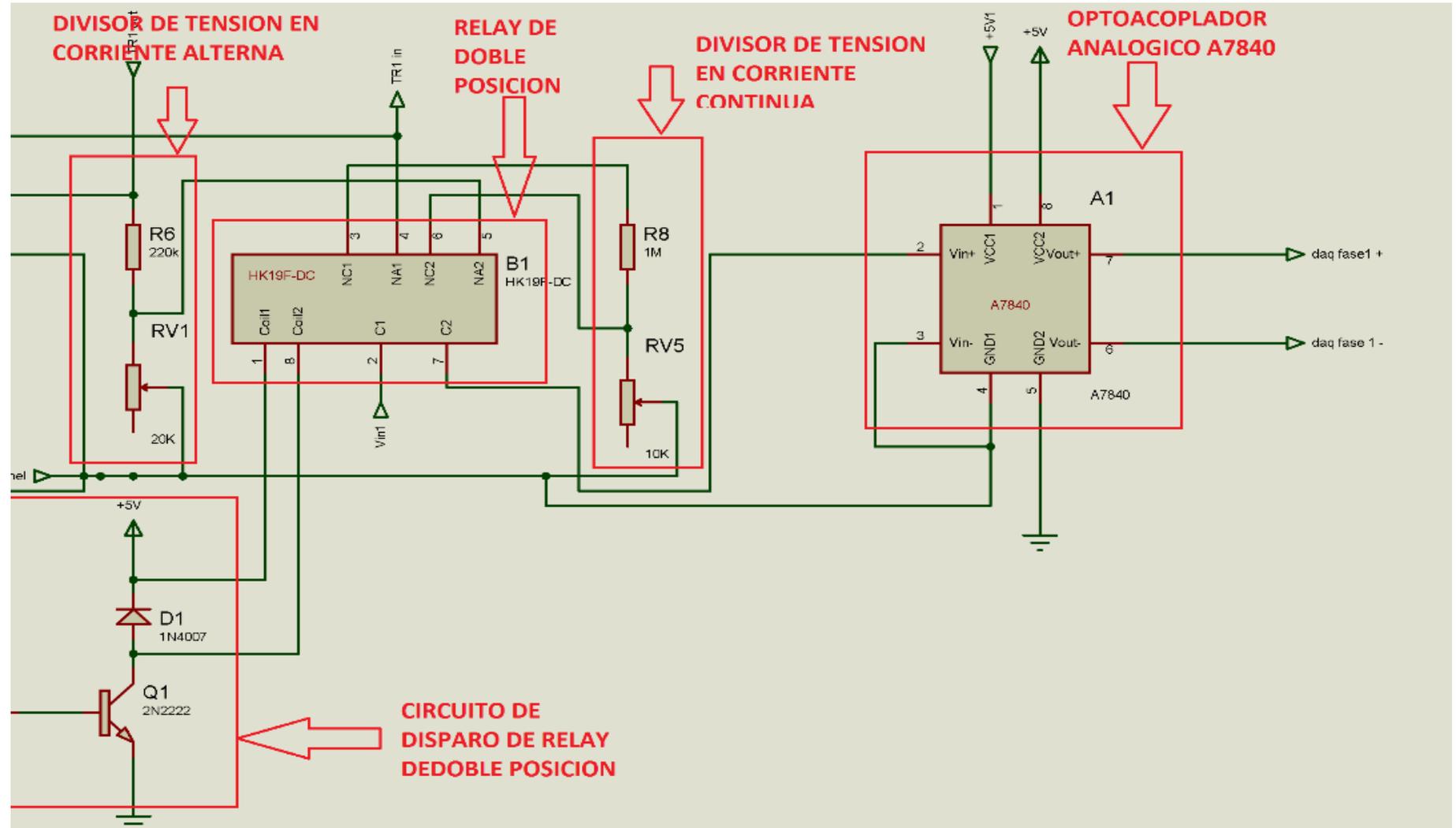
$$V_s = 8 \text{ mV}$$

# Circuito de protección (Desacoplamiento del Neutro)

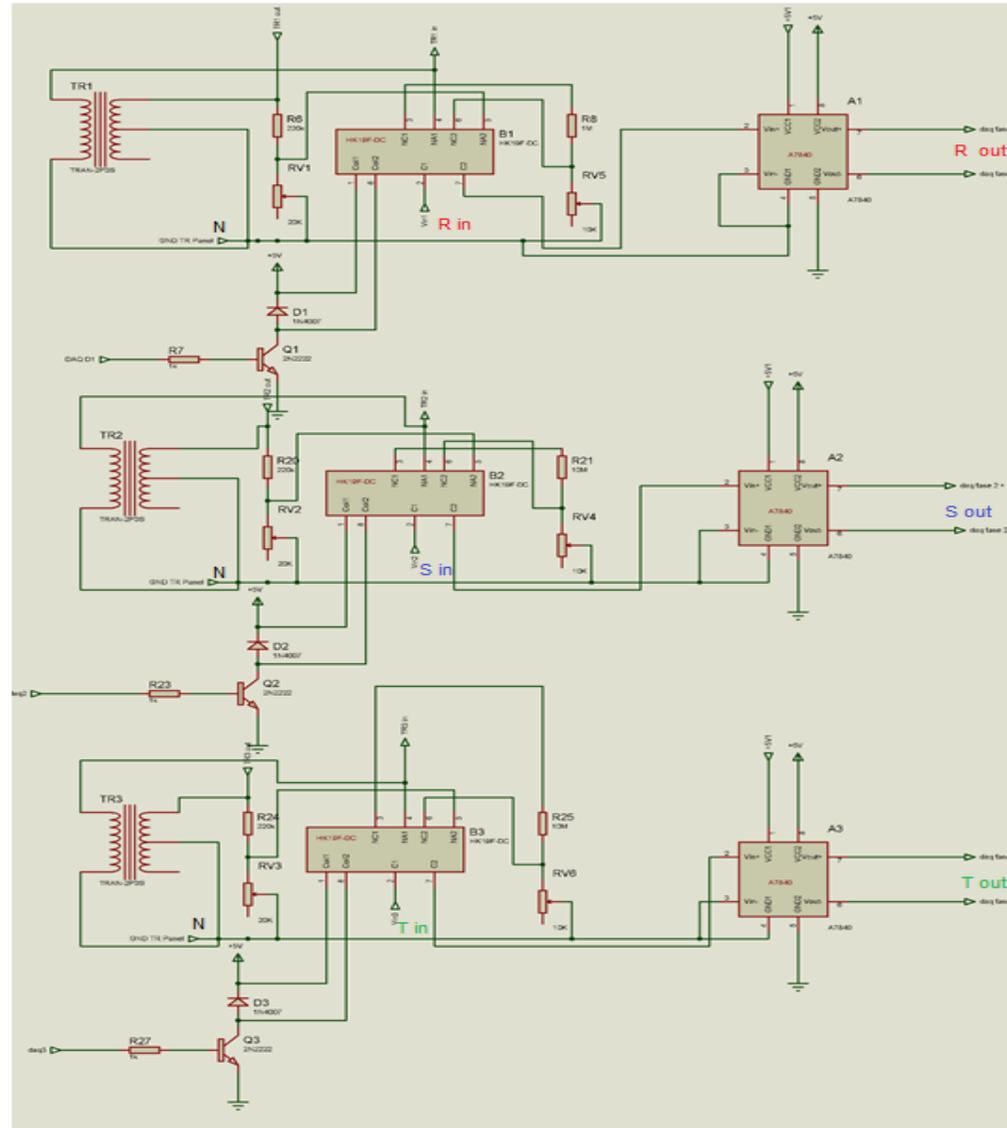


Circuito electrónico de desacoplamiento del neutro

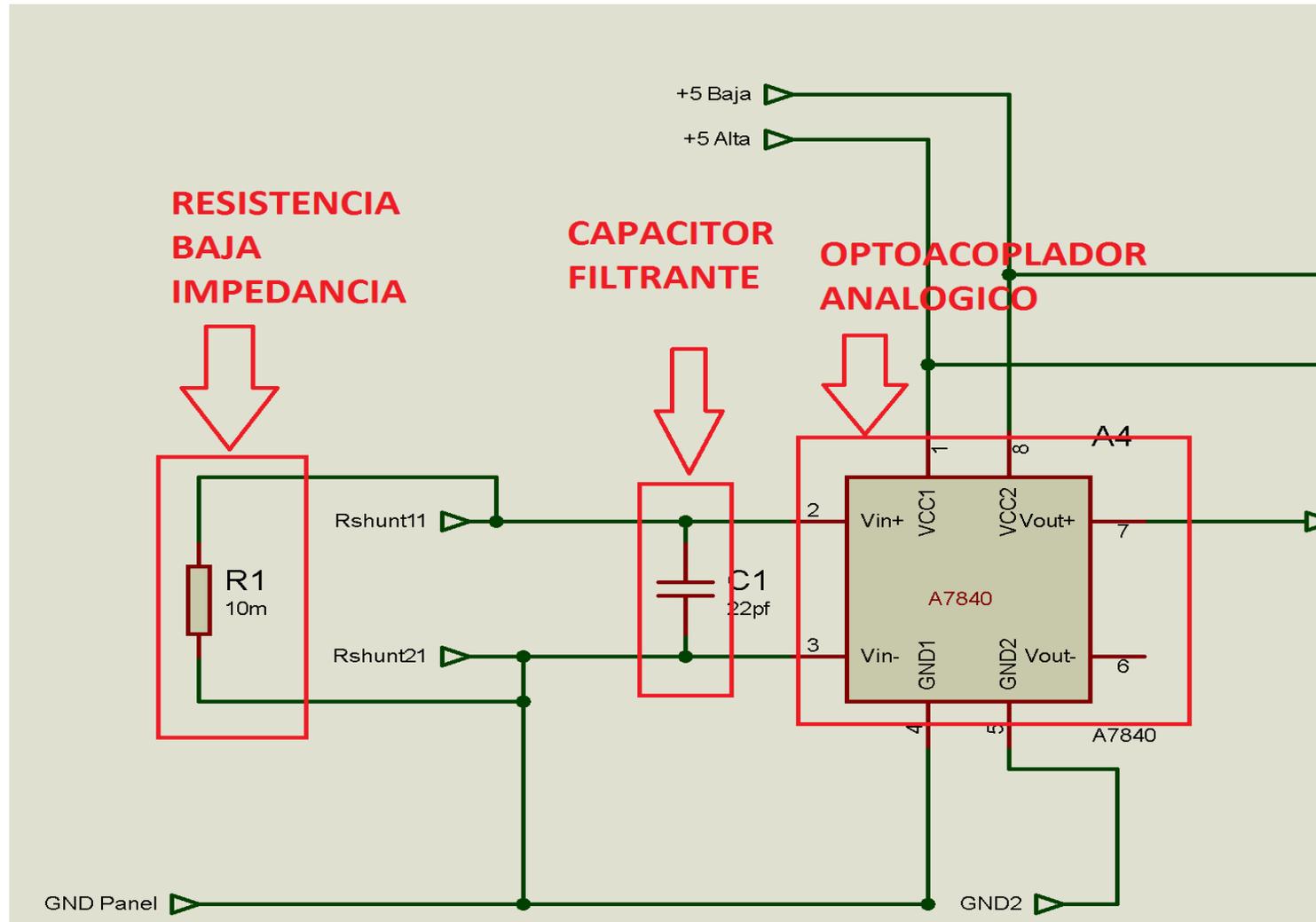
# Circuito implementado para Voltaje AC/DC



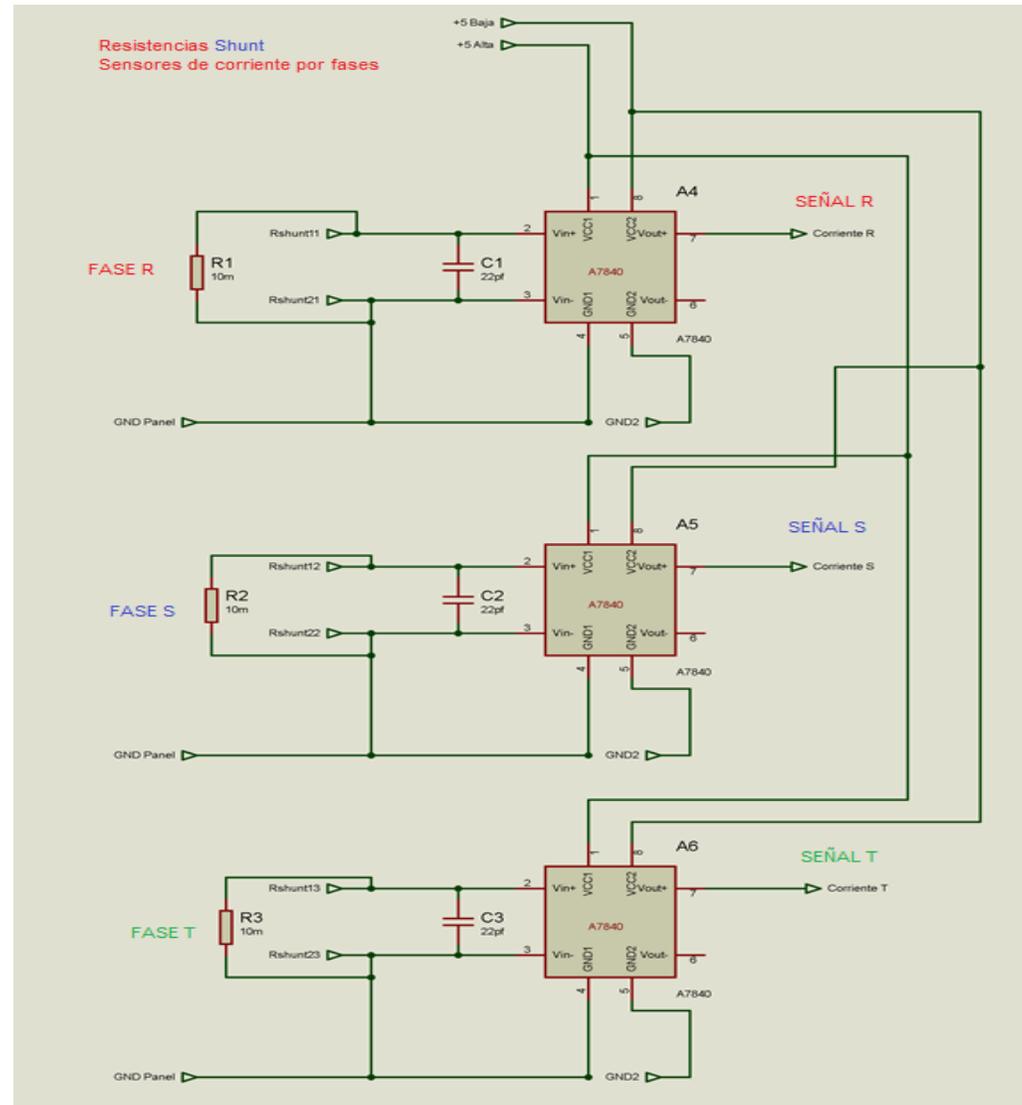
# Circuito implementado por fase para Voltaje AC/DC



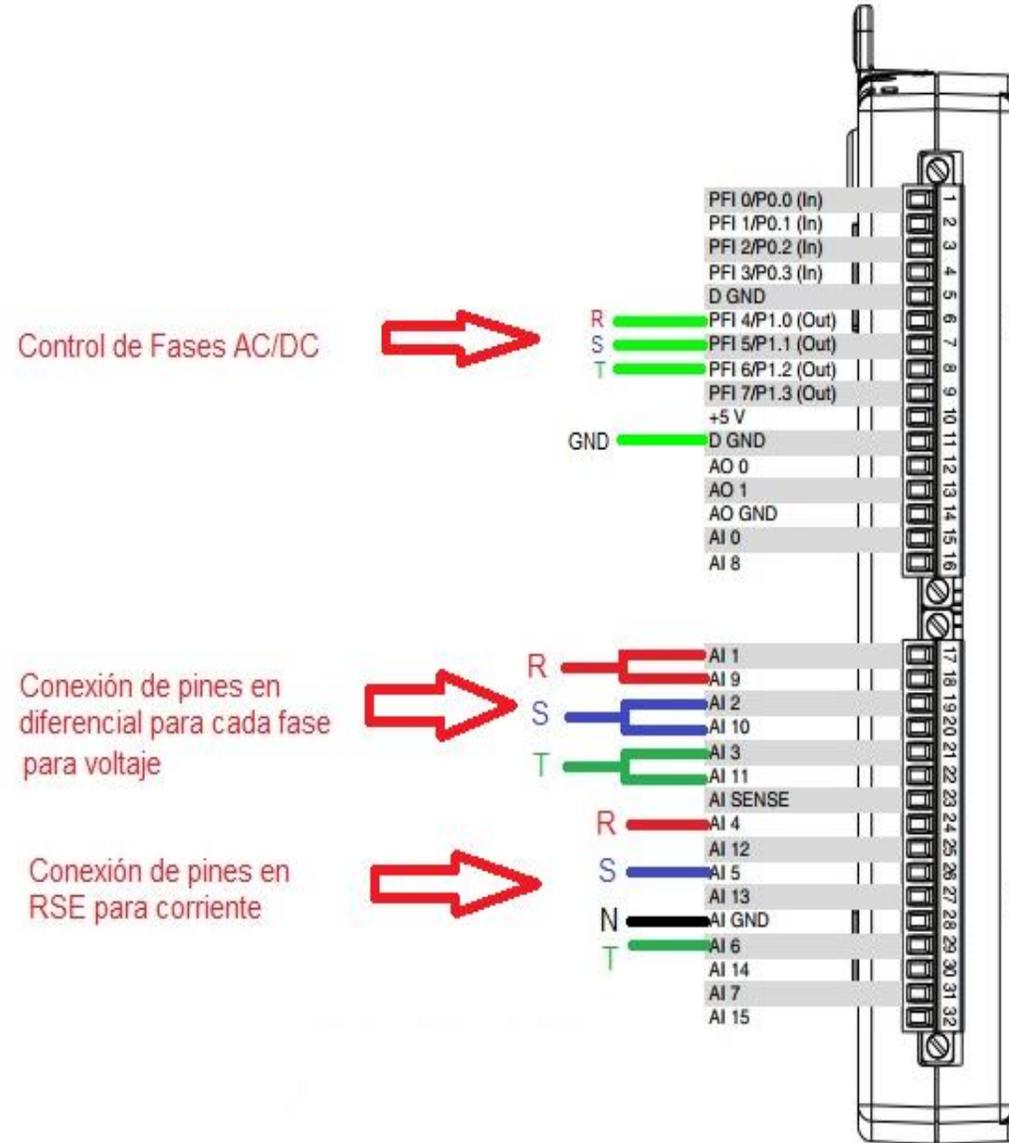
# Circuito implementado para corriente DC



# Circuito implementado por fase para corriente DC

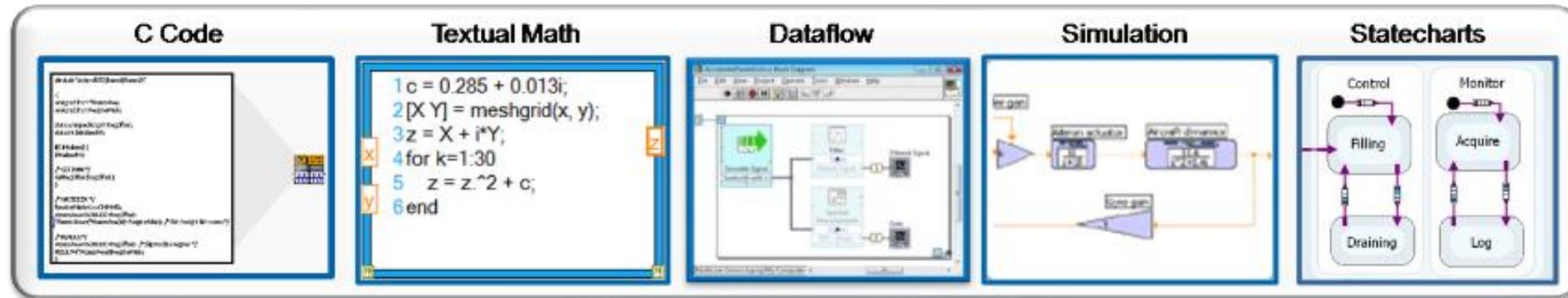


# Distribución de pines de la DAQ USB 6211



# Herramientas Informáticas

## LabView



NATIONAL INSTRUMENTS

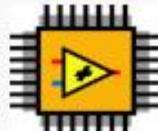
# LabVIEW™

Graphical System Design Platform

MPU, MCU & DSP



FPGA



Reconfigurable hardware

Real-Time



N-Core



PC w/ GPU



Blade Servers

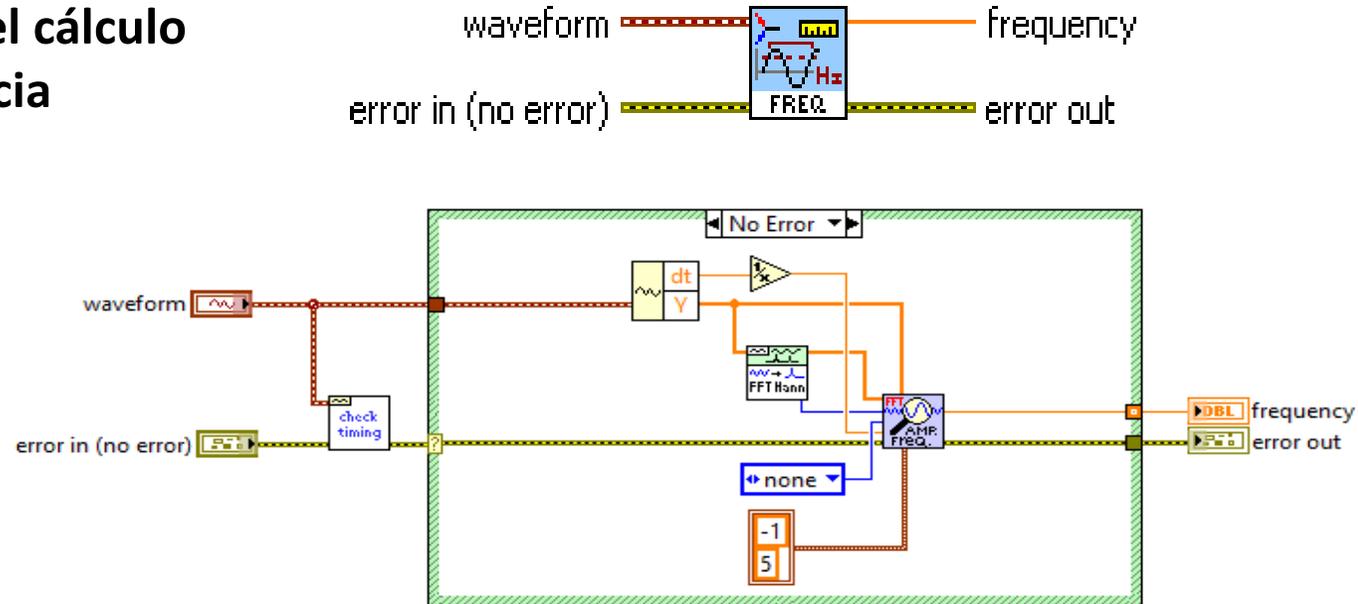


High Performance Computing

# Paquetes de LabView

## Power Electrical Suite

Bloque para el cálculo de la frecuencia

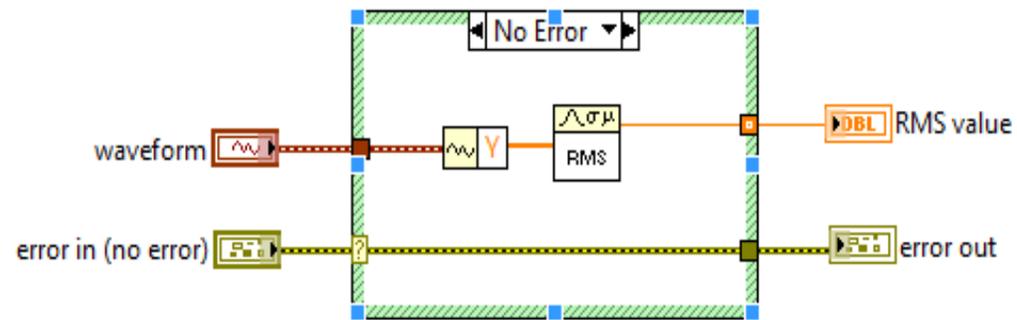
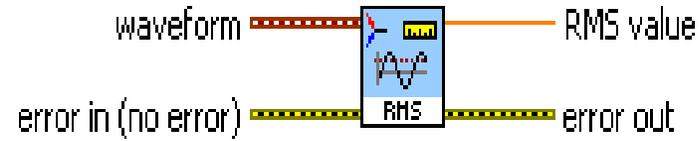


**NOTA:** El paquete Power electrical Suite esta normado por IEEE Std 1159: 1995, Práctica recomendada de IEEE para monitorear la calidad de la energía eléctrica

# Paquetes de LabView

## Power Electrical Suite

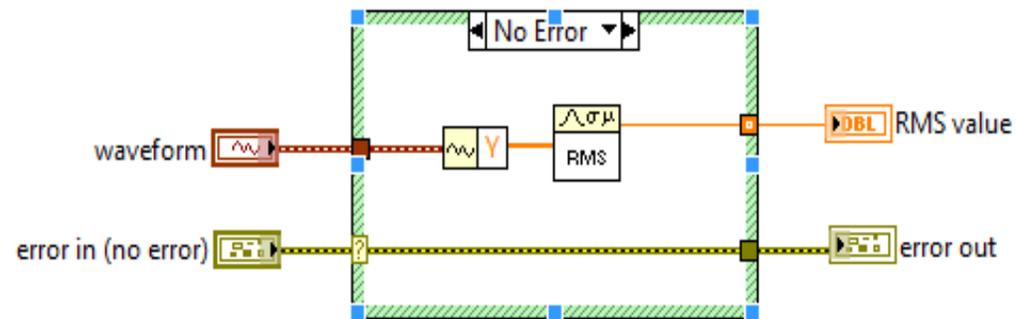
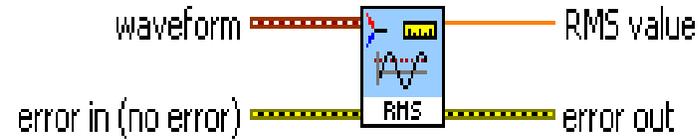
**Bloque para el cálculo de voltaje RMS**



# Paquetes de LabView

## Power Electrical Suite

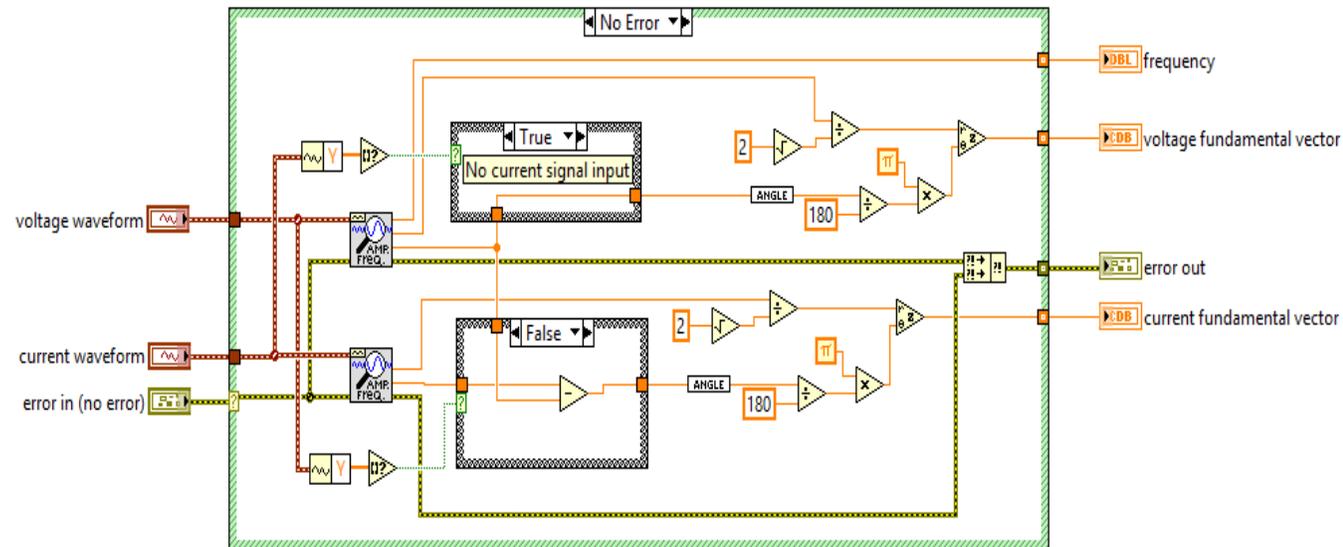
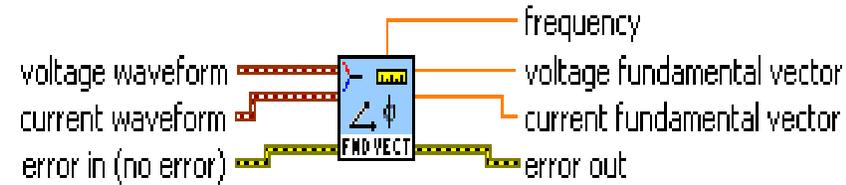
**Bloque para el cálculo de corriente RMS**



# Paquetes de LabView

**Bloque para el cálculo del ángulo de fase del vector fundamental**

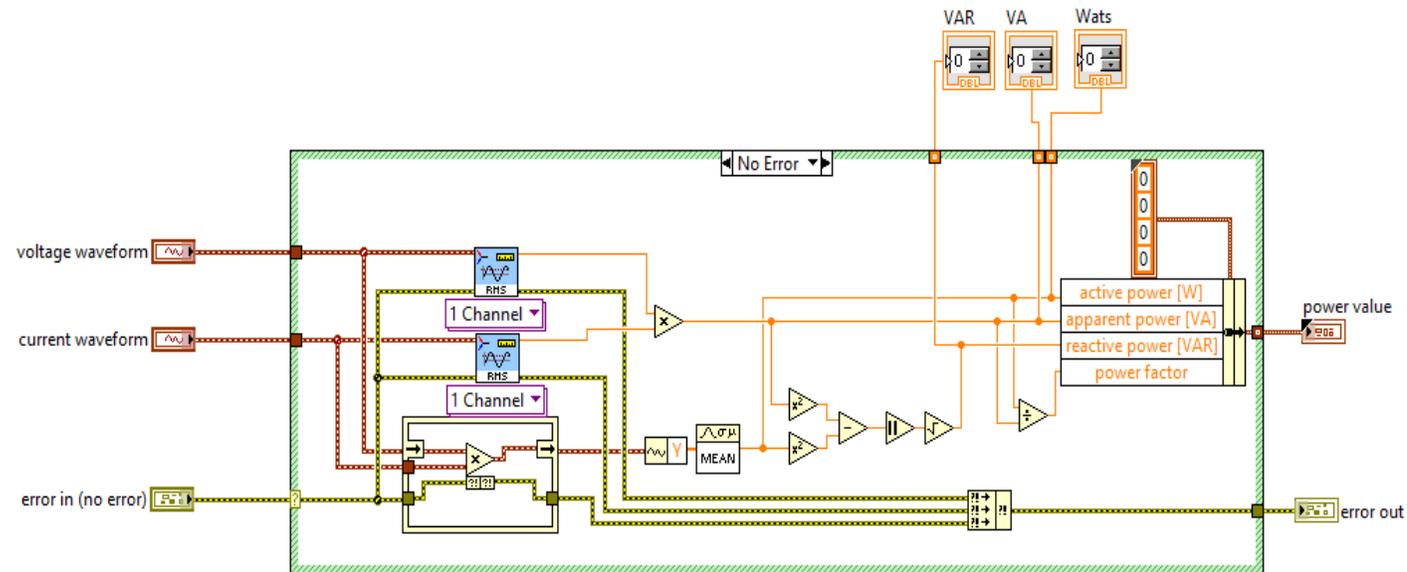
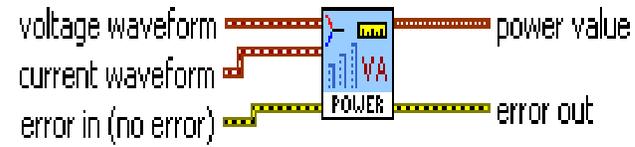
## Power Electrical Suite



# Paquetes de LabView

## Power Electrical Suite

### Bloque para el cálculo de Potencia

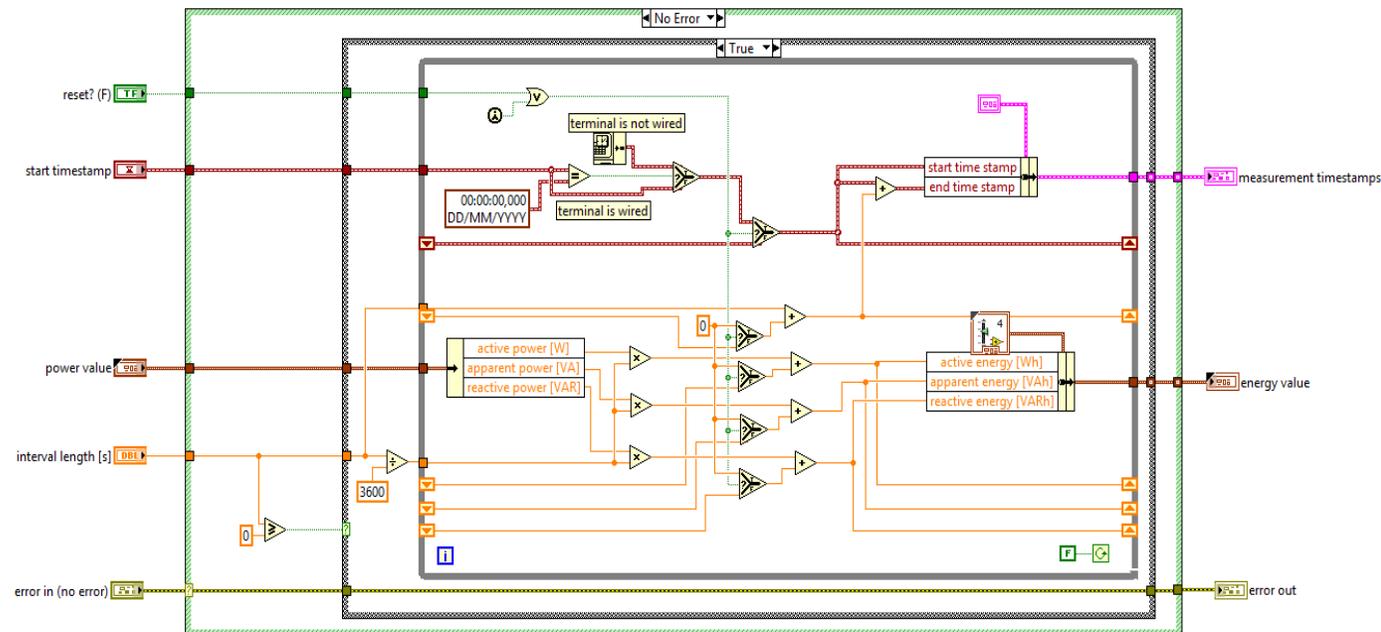
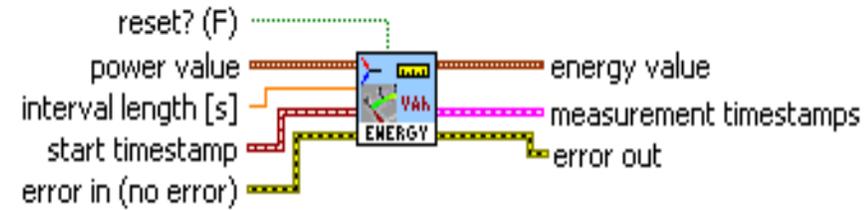


Real Power (P) = Avg of Instantaneous Power  
Apparent Power (S) = Vrms \* Irms  
Reactive Power (Q) = SQRT (S^2 - P^2)  
Power Factor = P/S, [-1, 1]

# Paquetes de LabView

## Power Electrical Suite

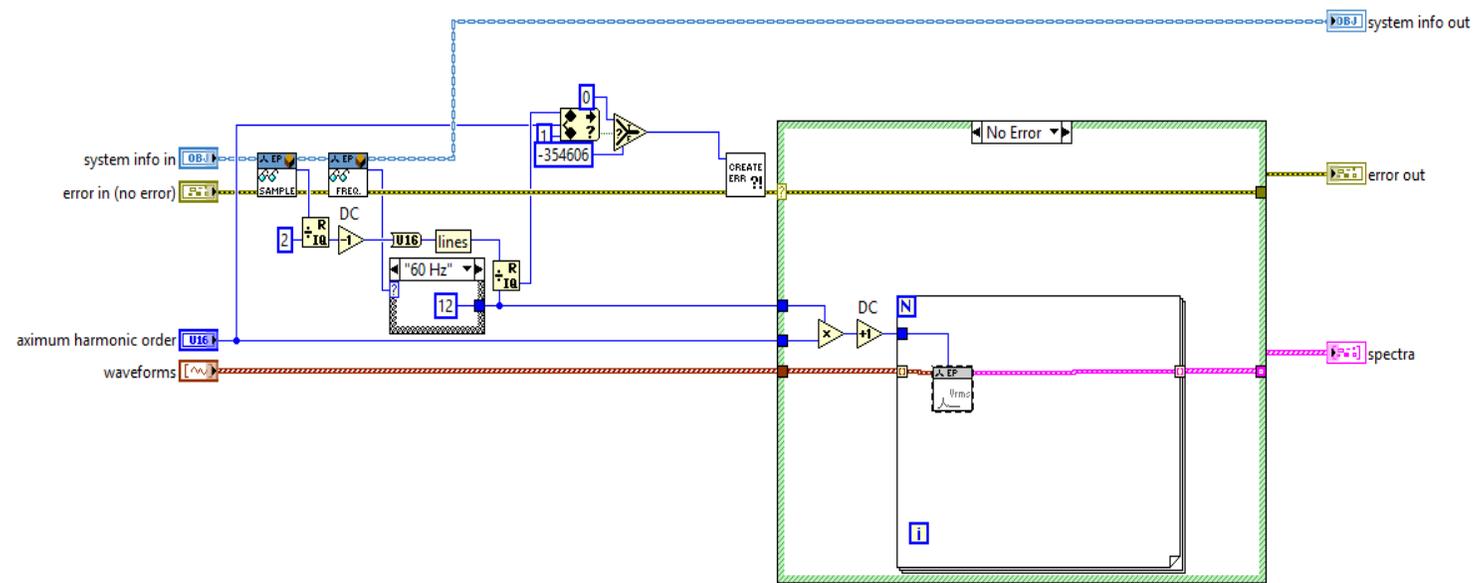
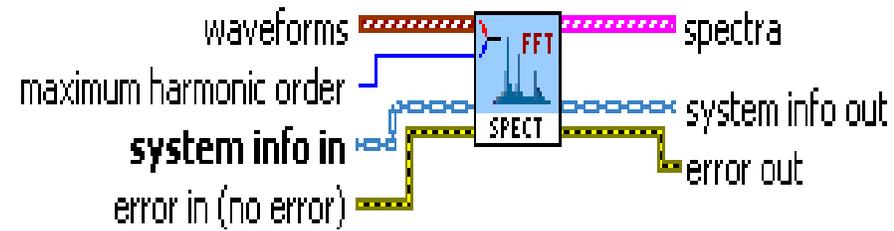
### Bloque para el cálculo de Energía



# Paquetes de LabView

## Power Electrical Suite

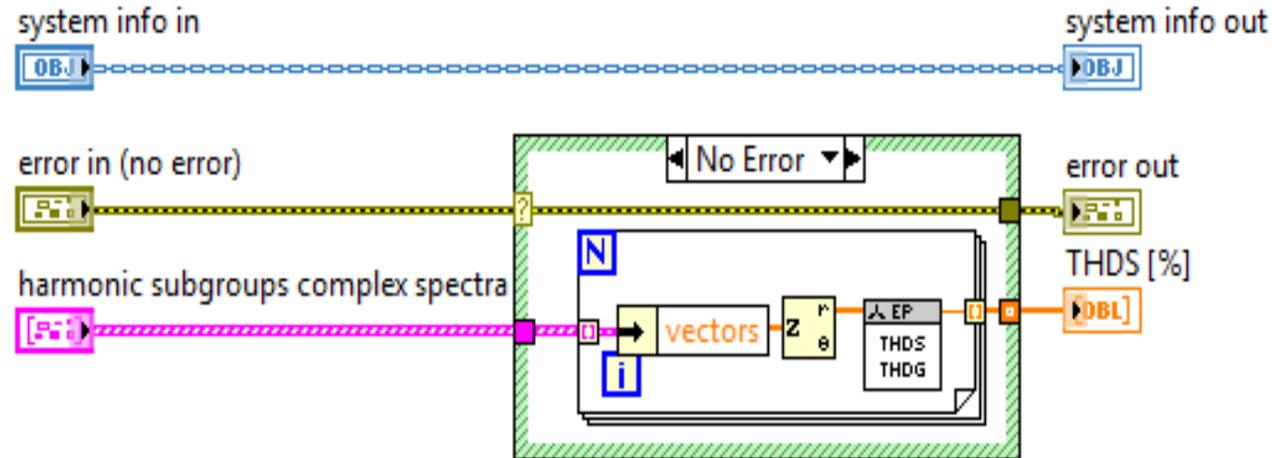
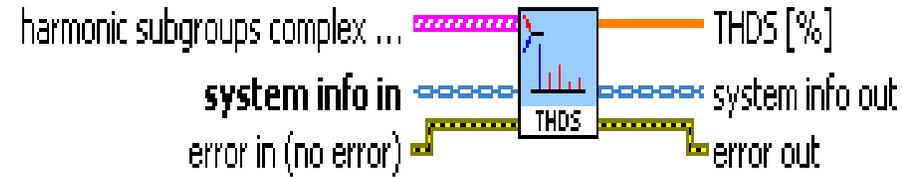
Bloque para el cálculo de espectro de frecuencia



# Paquetes de LabView

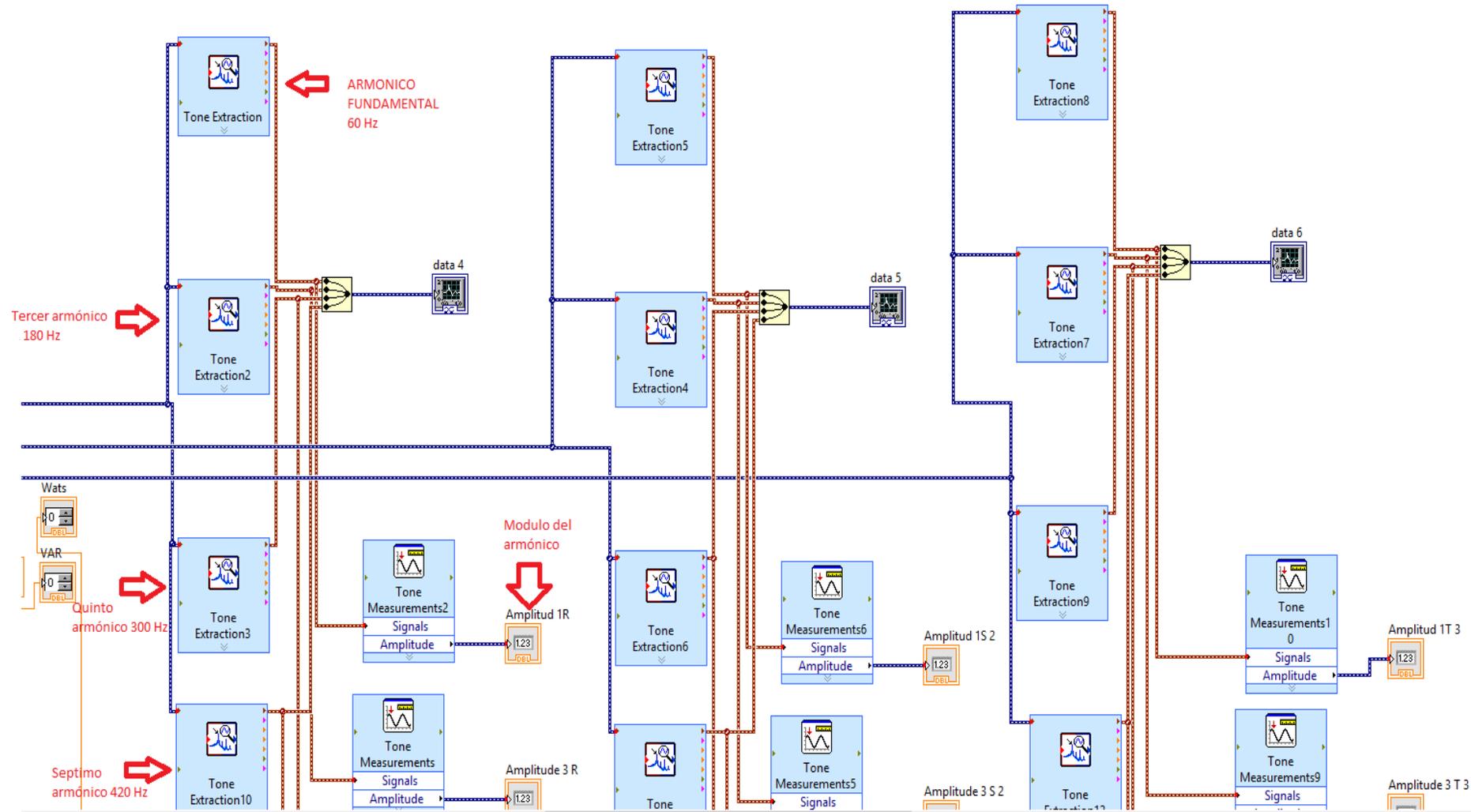
## Power Electrical Suite

Bloque para el cálculo  
Distorsión Armónica Total



# Paquetes de LabView

## Bloque para extracción de armónicos



# CÁLCULOS

## Calculo para determinación del ángulo de desfase de Armónicos

Siendo:

$\theta_n$  = Angulo de defasamiento del harmonica con respecto al armónico fundamental

$F_f$  = frecuencia fundamental

$\theta_{F_f}$  = angulo de la frecuencia fundamental

$n$  = número de armónico

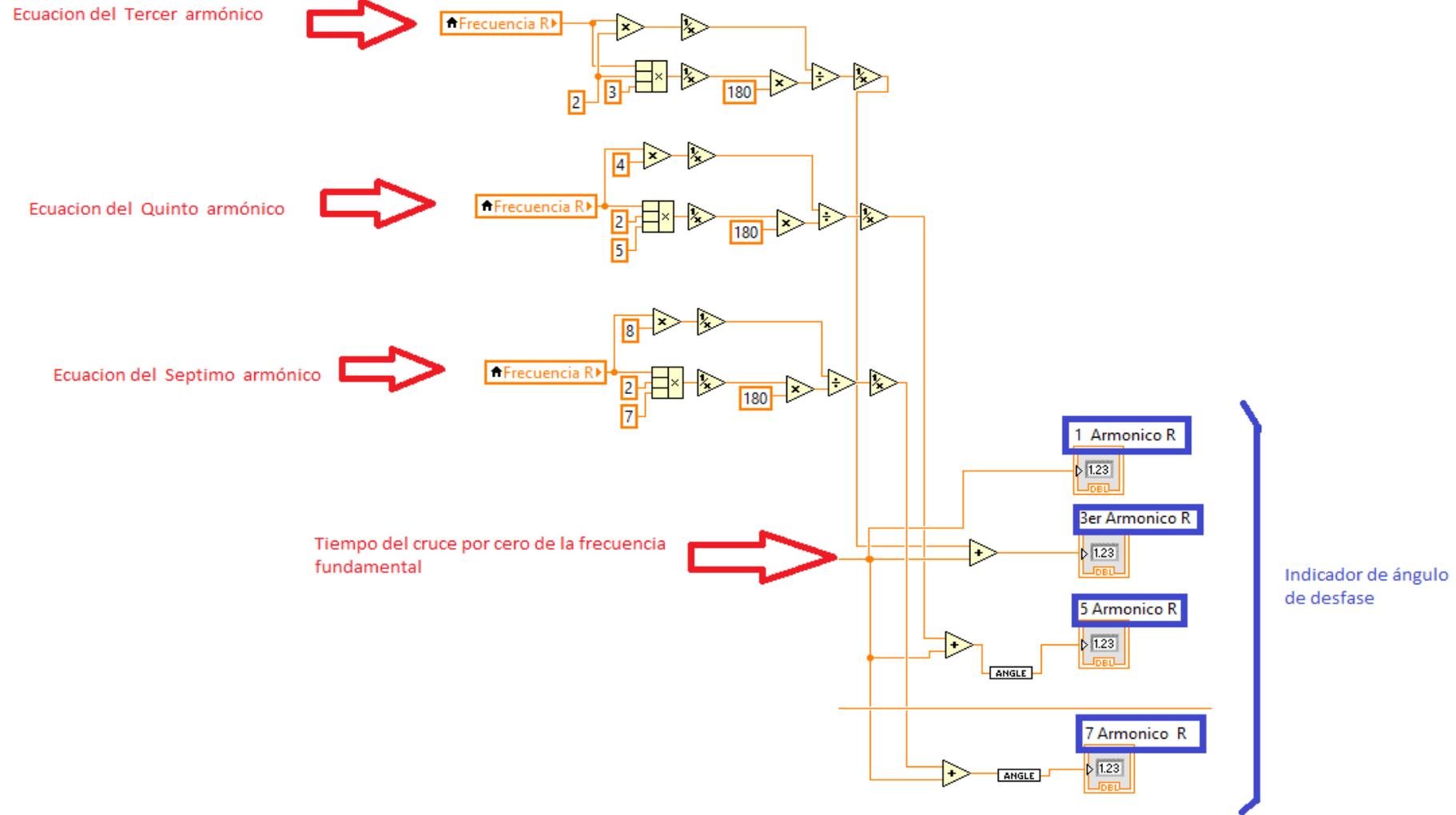
$m$  = constante dependiente del armónico a ser estudiado

$$\theta_n = \left( \frac{2 * F_f * n}{180 * m * F_f} \right) + \theta_{F_f}$$

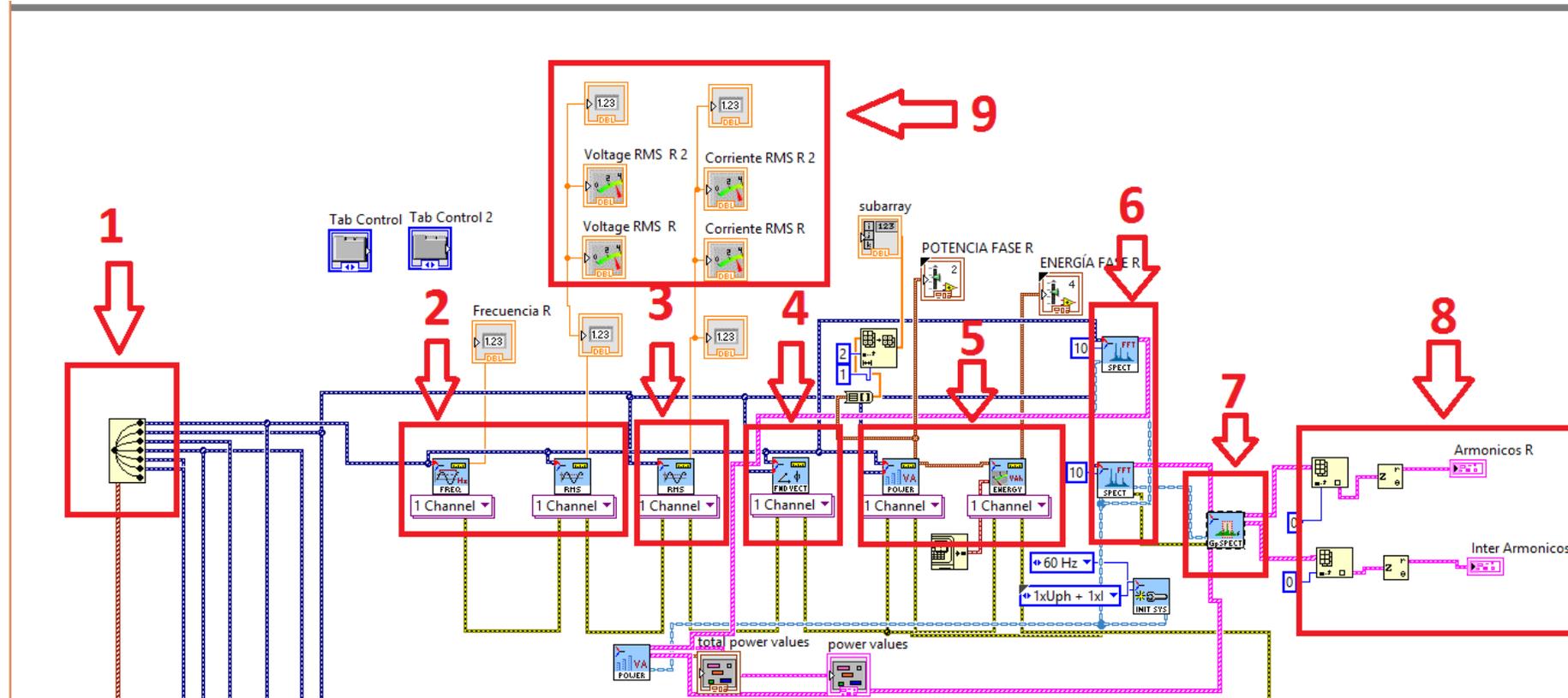
$$m = \left( \left( 2^{\frac{n-3}{2}} \right) * \left( \frac{2^{2n}}{2^{2n-1}} \right) \right)$$

# Paquetes de LabView

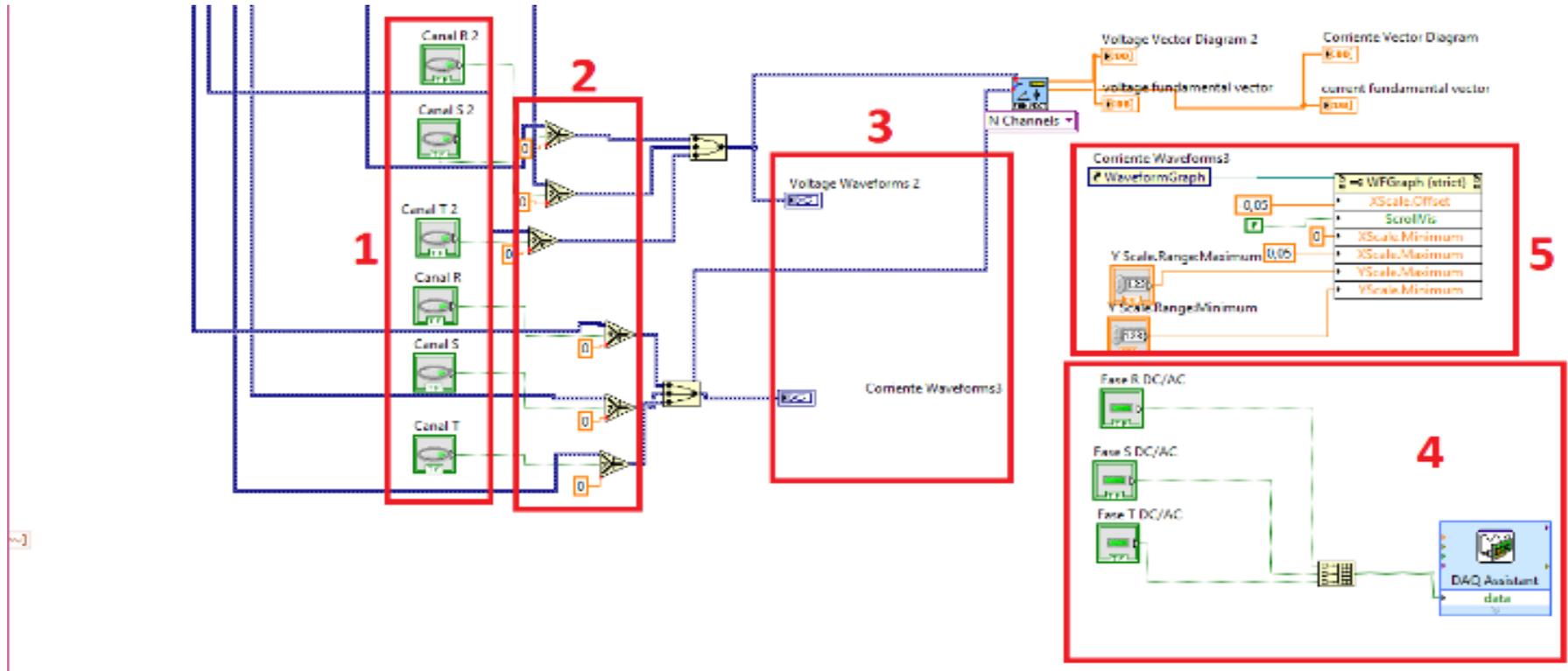
Diagrama de bloque para el calculo del Angulo de desfasamiento de los Armónicos



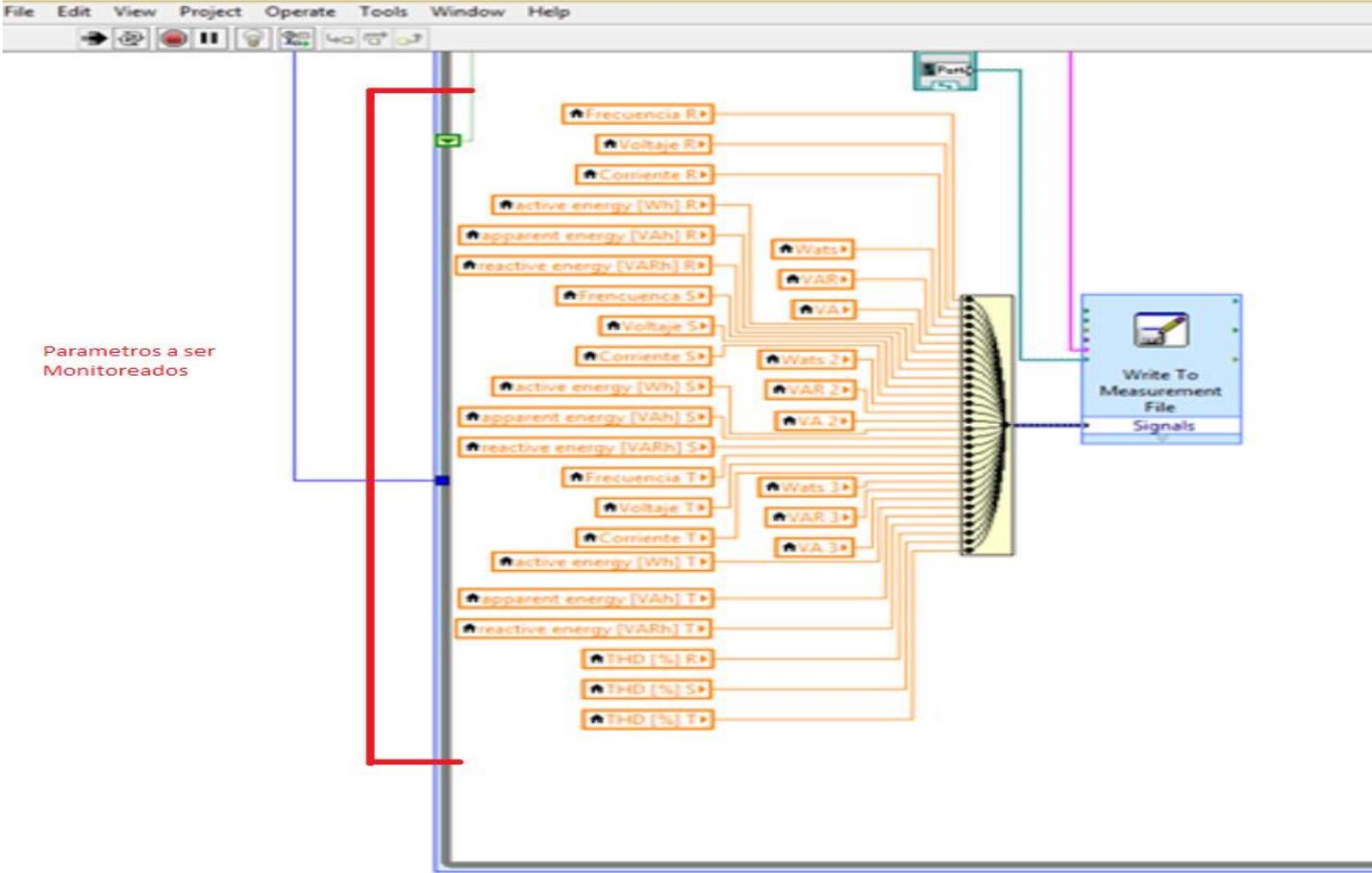
# Programación implementada programa principal



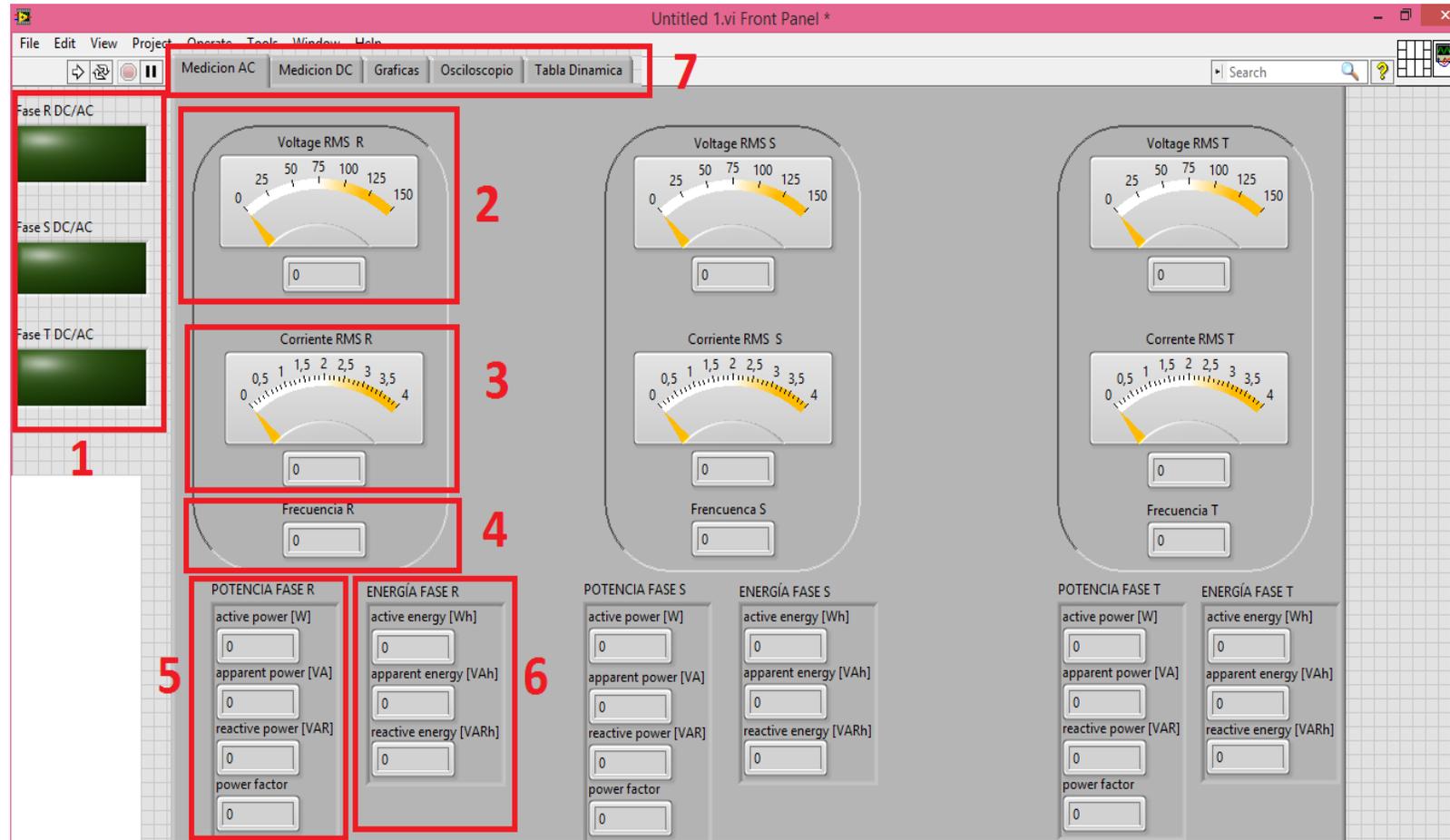
# Programación implementada Programa Principal



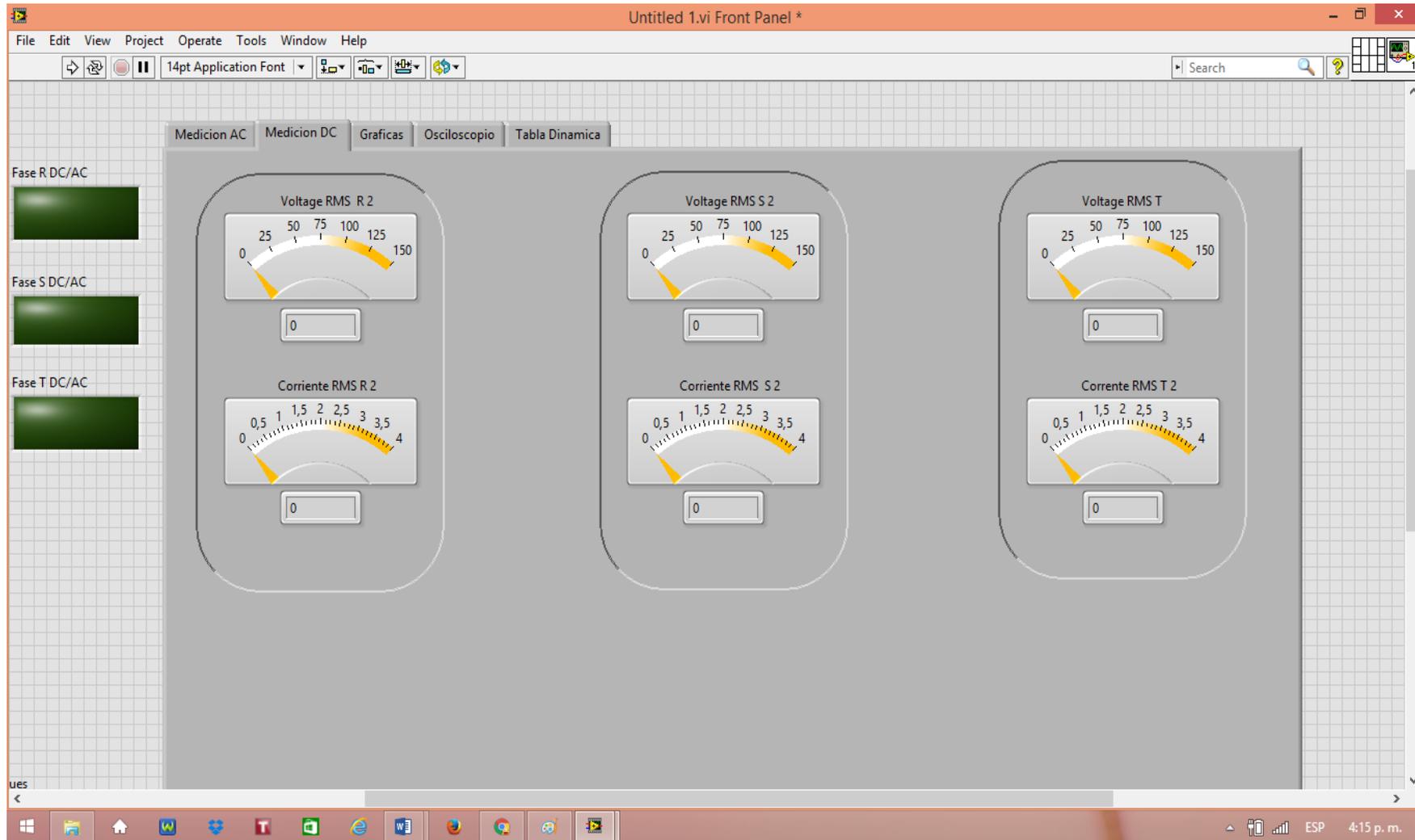
# Programación para generación de base de datos



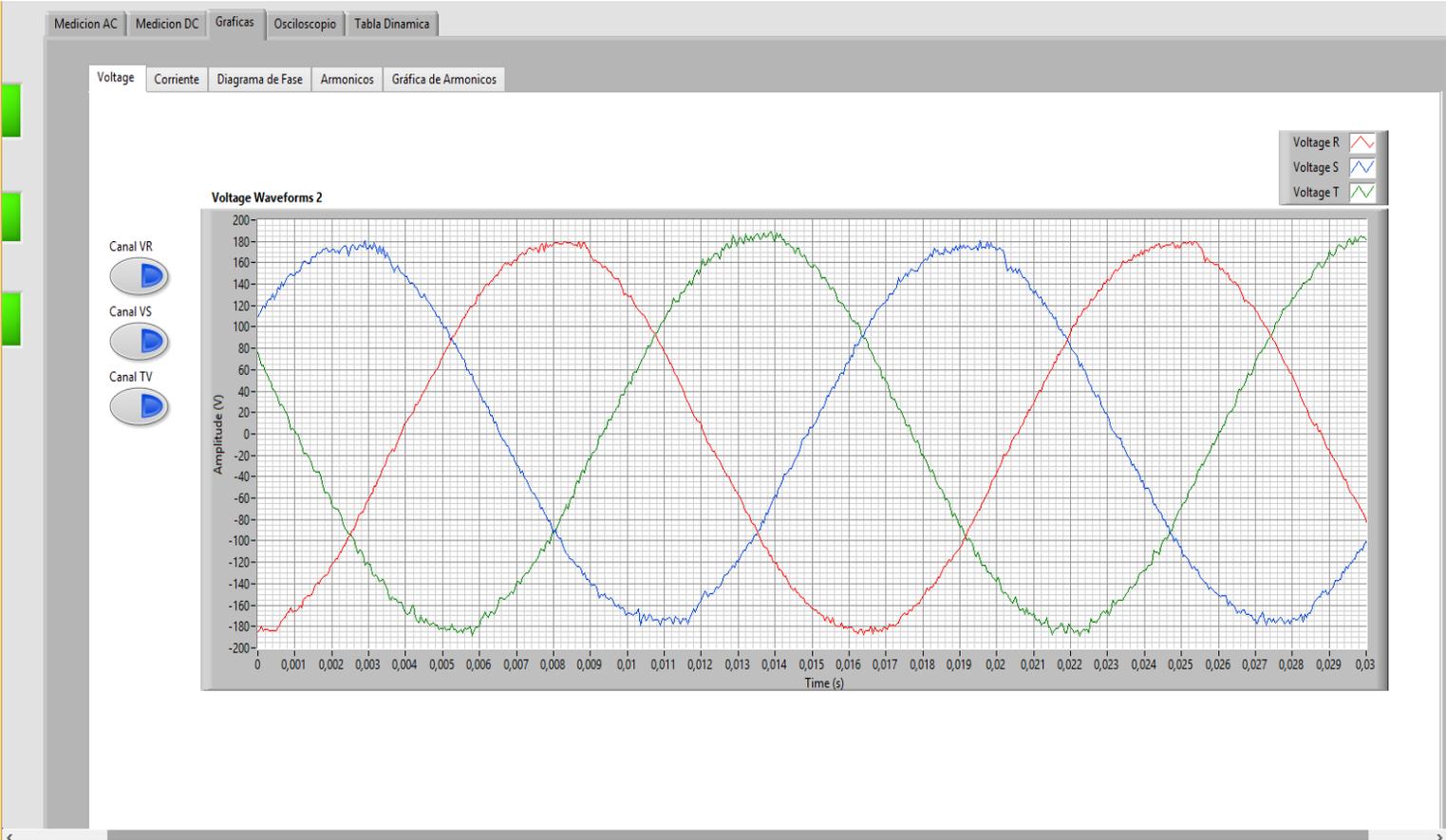
# Programación implementada Programa Principal



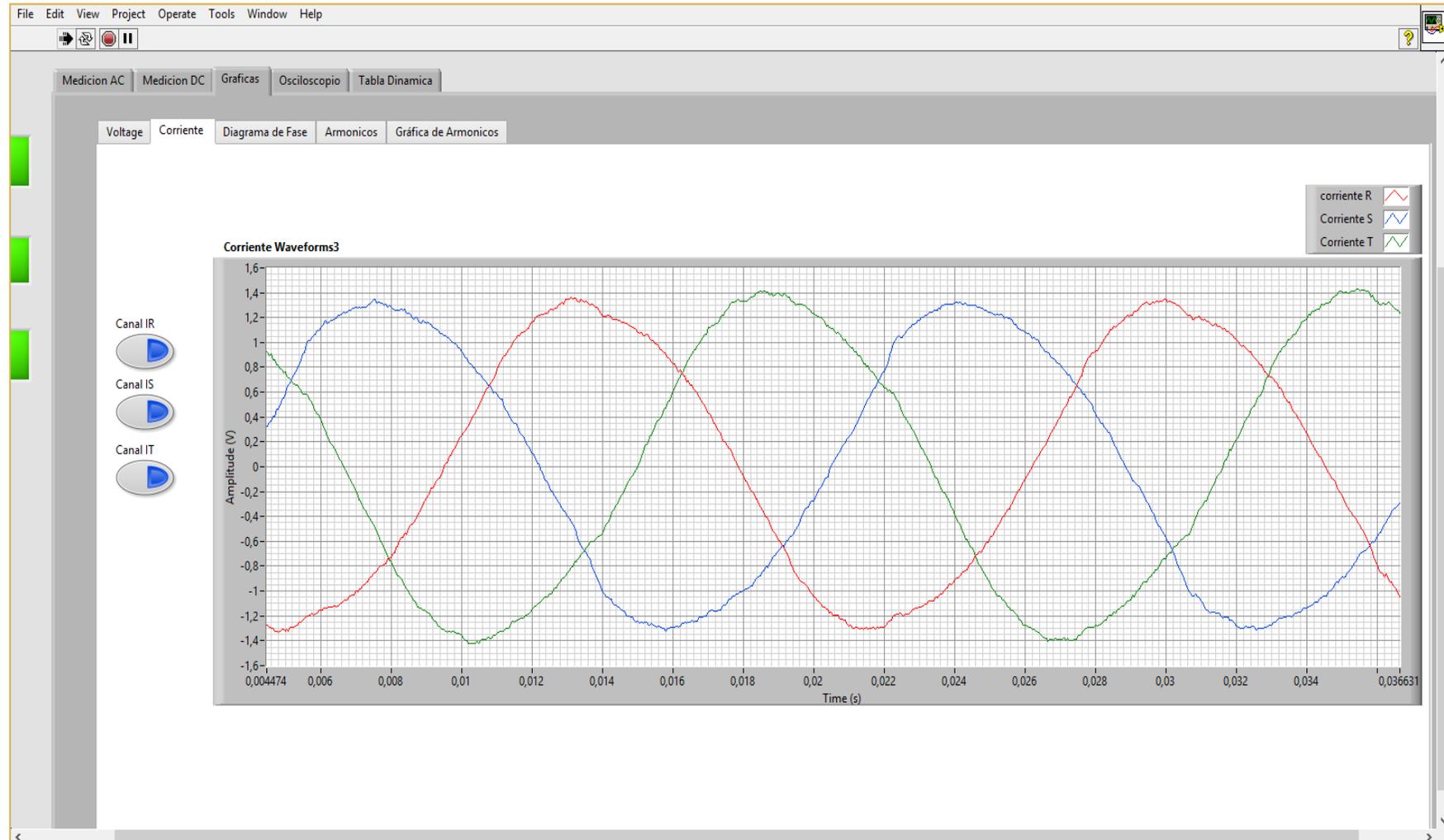
# Programación implementada Programa Principal



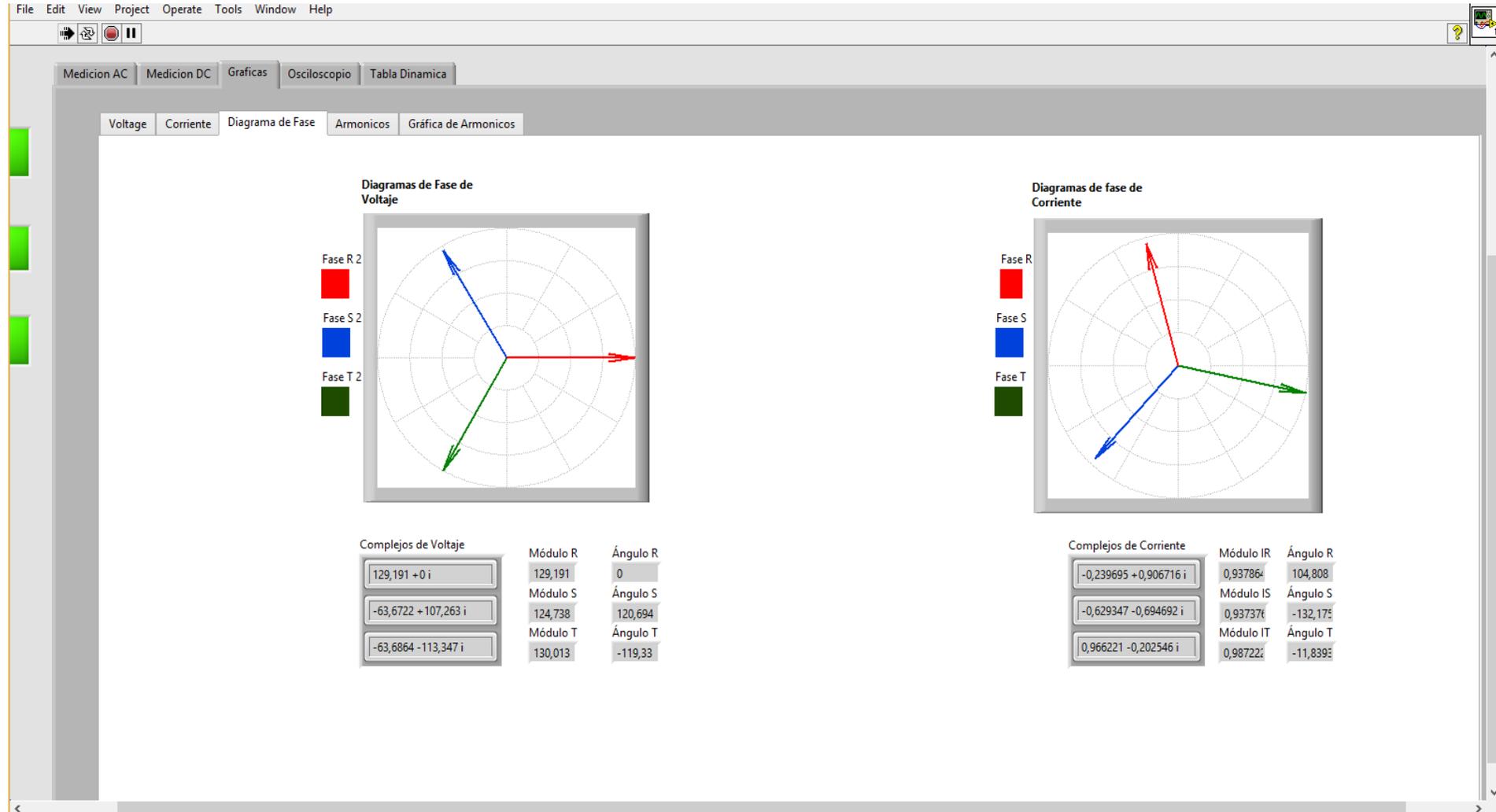
# Programación implementada Programa Principal



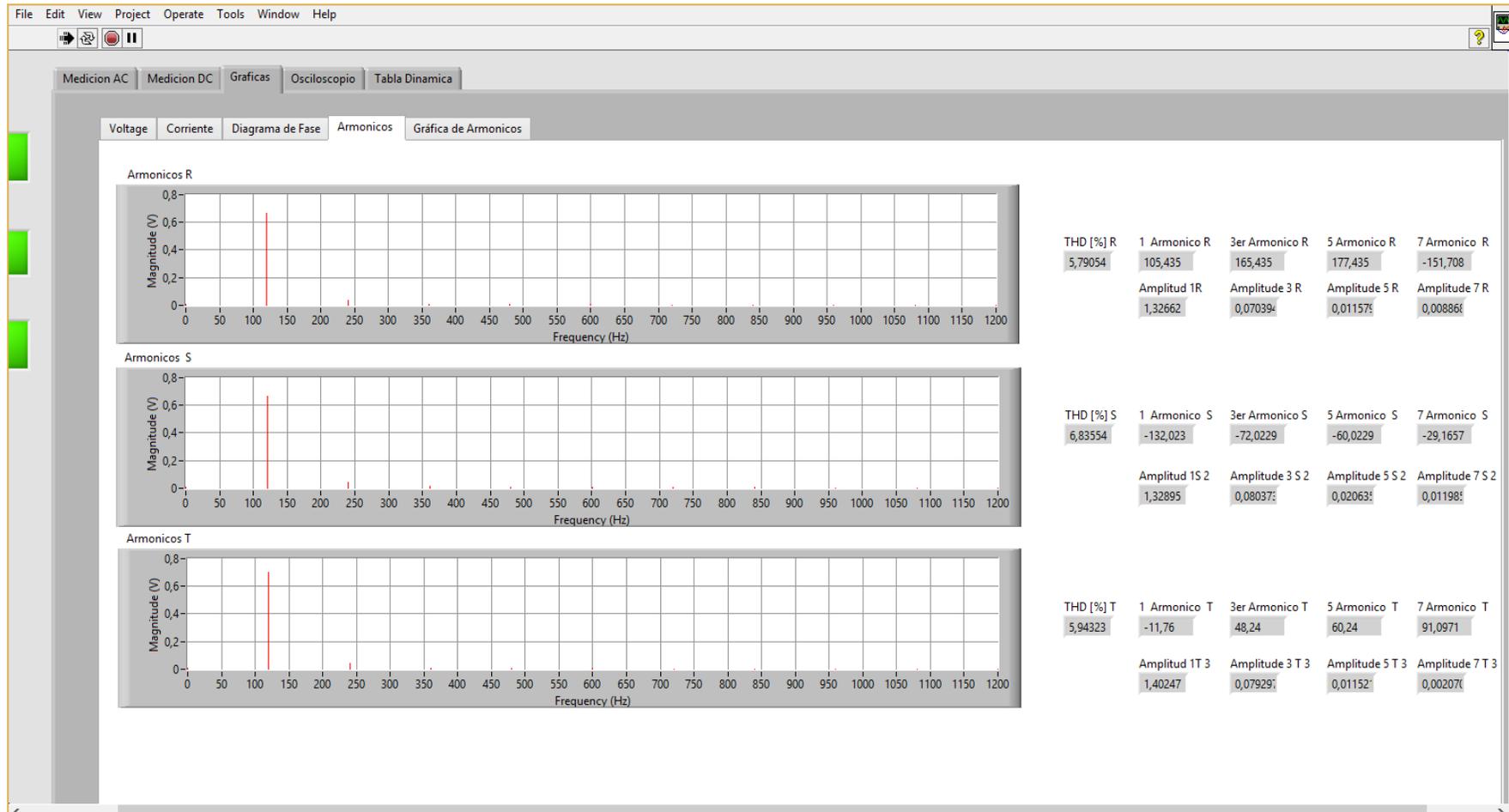
# Programación implementada Programa Principal



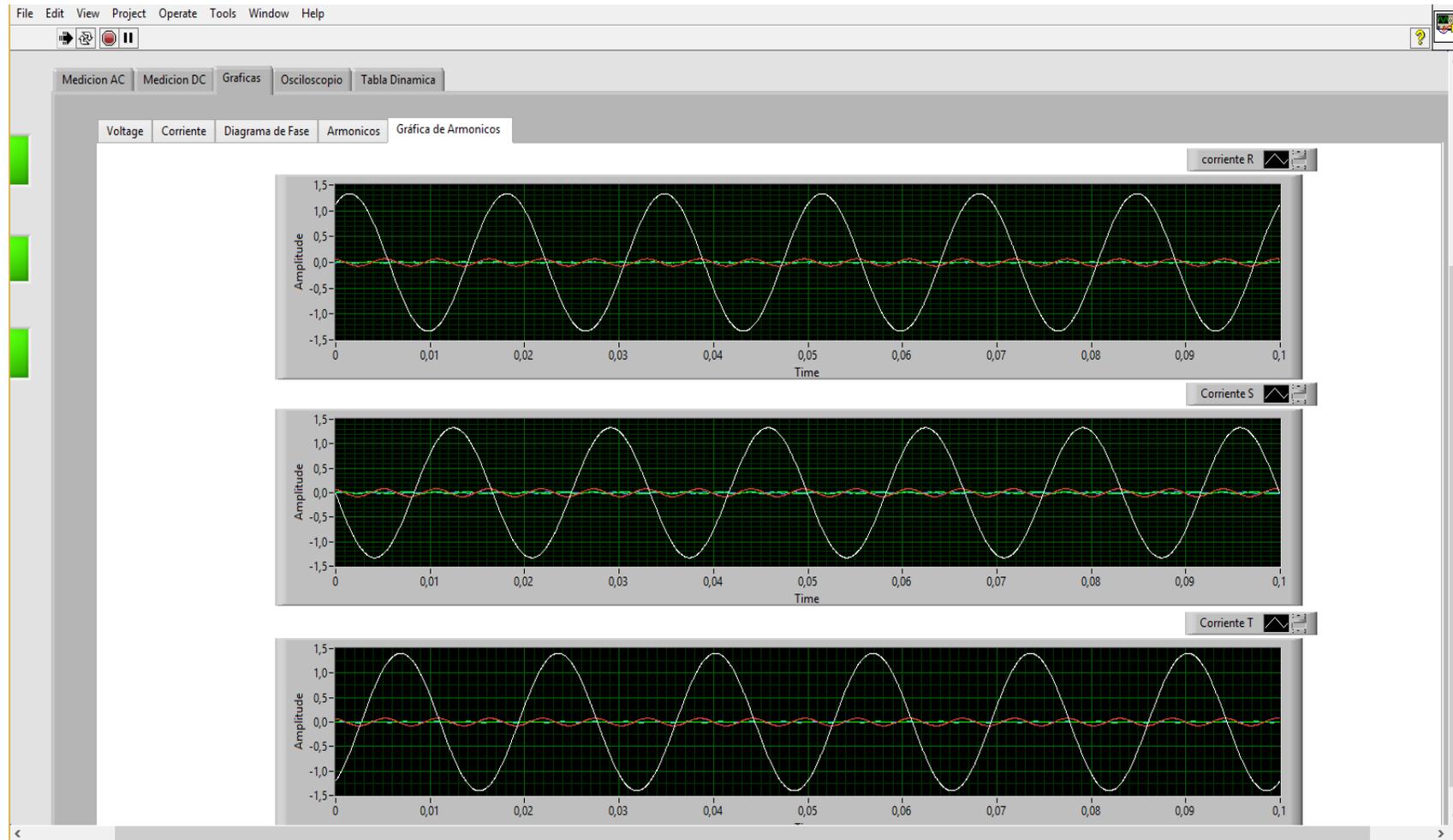
# Programación implementada Programa Principal



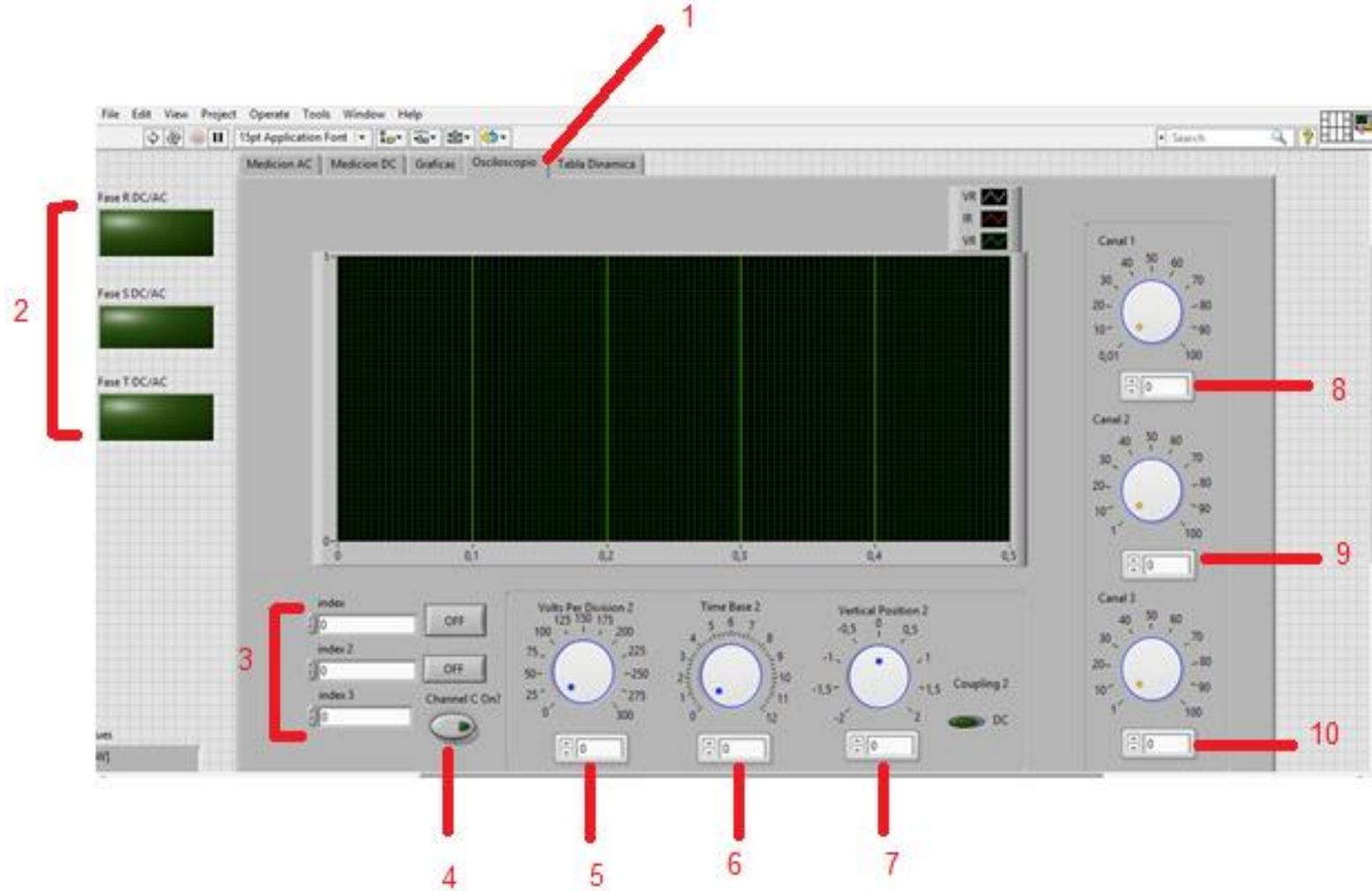
# Programación implementada Programa Principal



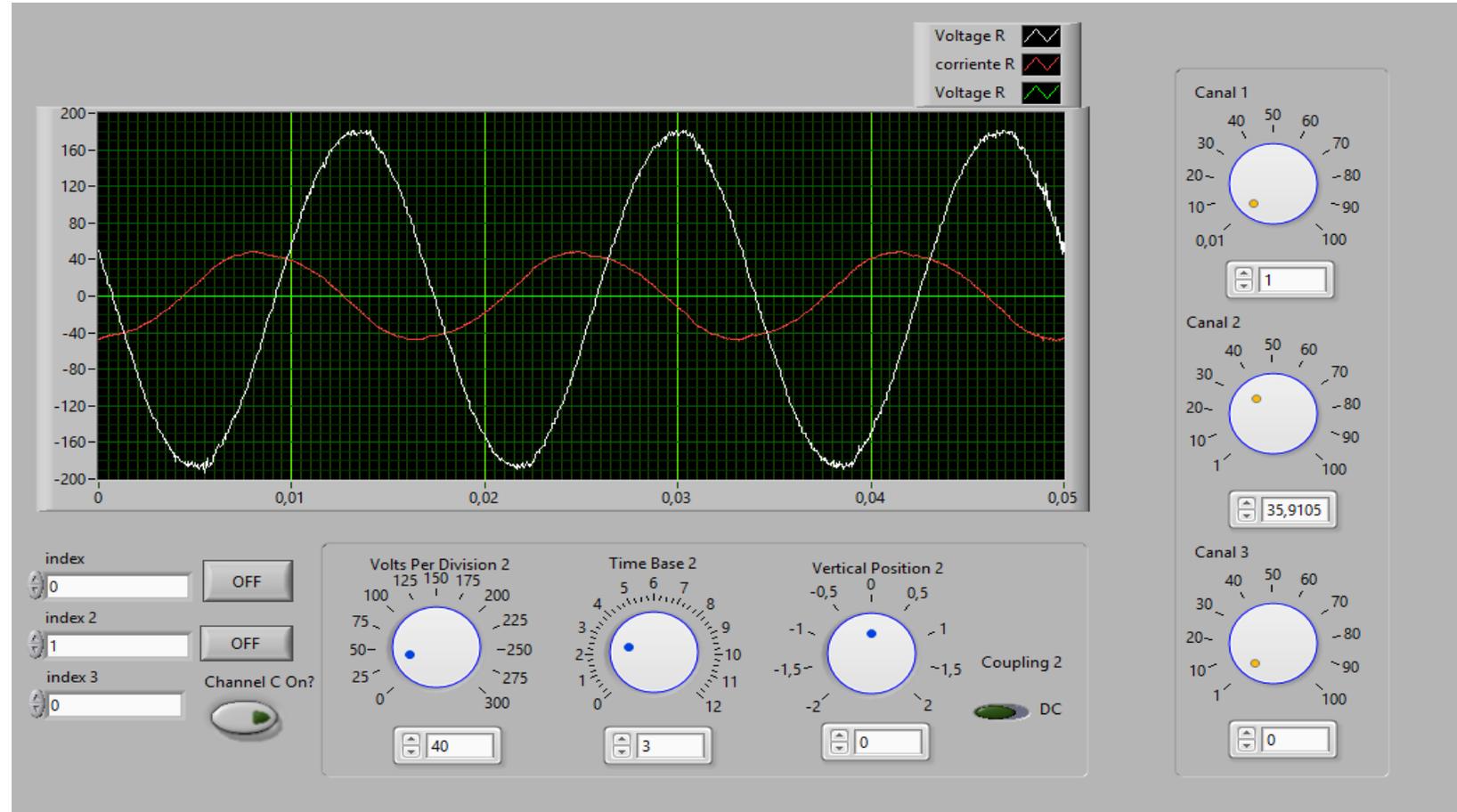
# Programación implementada Programa Principal



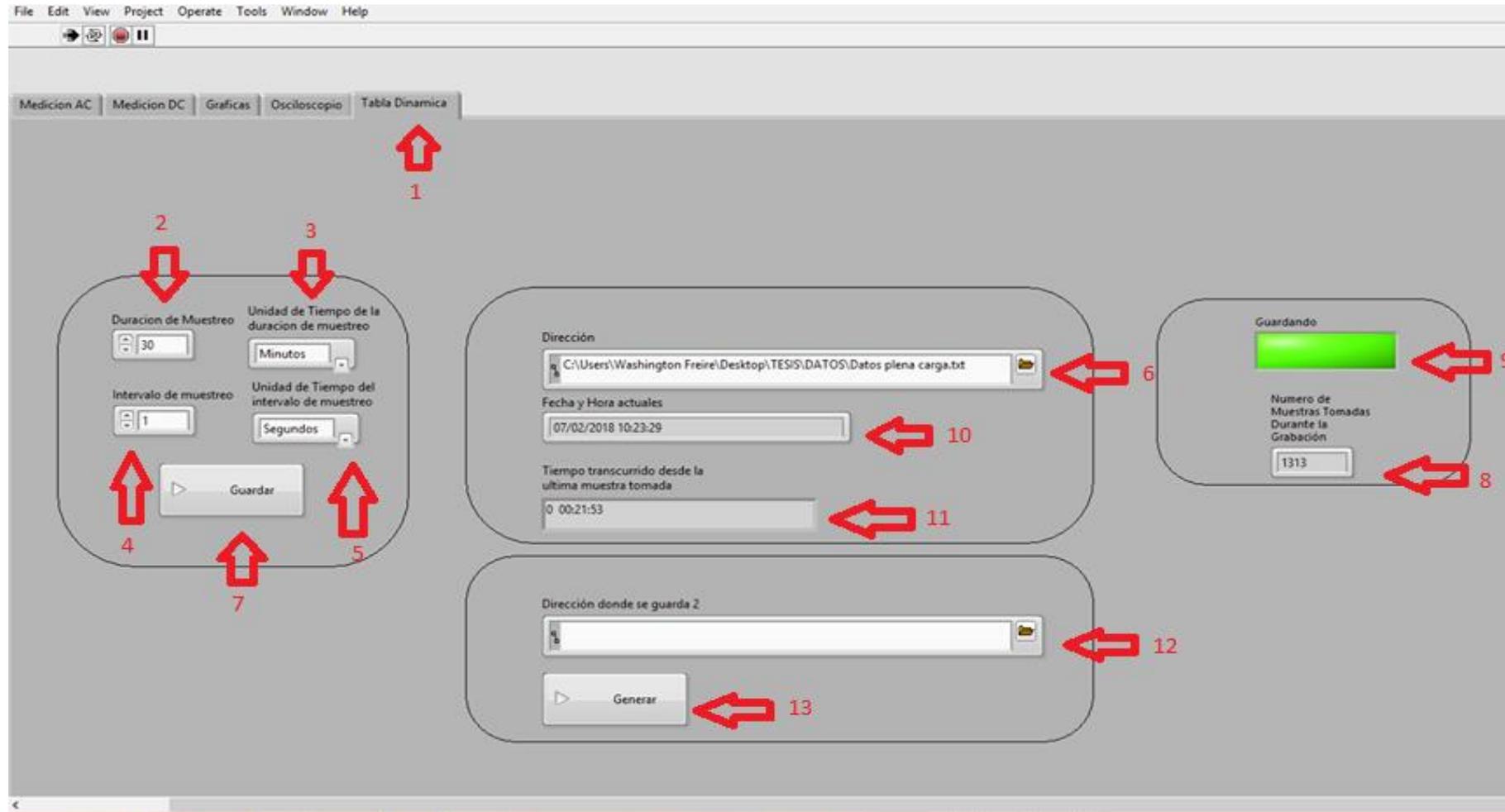
# Programación implementada Programa Principal



# Programación implementada Programa Principal



# GENERACION DE BASE DE DATOS



# GENERACION DE BASE DE DATOS

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<b>Time</b>	<b>Voltage R</b>	<b>corriente R</b>	<b>Voltage S</b>	<b>Corriente S</b>	<b>Voltage T</b>	<b>Corriente T</b>	
2	01/02/2018 12:28:24,809 PM	72,43422755	0,075357717	-54,77672796	-0,009134609	-14,96934964	-0,04529864	
3	01/02/2018 12:28:24,809 PM	73,81114722	0,076344009	-54,77672796	-0,0101209	-16,51067797	-0,043983584	
4	01/02/2018 12:28:24,809 PM	74,30437217	0,077001536	-56,46191412	-0,010449664	-15,70918723	-0,042668528	
5	01/02/2018 12:28:24,809 PM	74,13996385	0,077987828	-55,33160633	-0,01176472	-10,5097731	-0,041682237	
6	01/02/2018 12:28:24,809 PM	74,61263777	0,07897412	-58,16765135	-0,012422248	-8,783485434	-0,040367181	
7	01/02/2018 12:28:24,809 PM	71,38612452	0,079631648	-57,42781351	-0,013737303	-10,24260953	-0,039709653	
8	01/02/2018 12:28:24,810 PM	72,20816611	0,079631648	-54,38625801	-0,014723595	-9,091751087	-0,038065833	
9	01/02/2018 12:28:24,810 PM	72,55753379	0,080617939	-59,44181653	-0,015381123	-5,68027789	-0,037079542	
10	01/02/2018 12:28:24,810 PM	71,05730788	0,081604231	-57,65387507	-0,016367415	-1,898885984	-0,03609325	
11	01/02/2018 12:28:24,810 PM	71,65328804	0,081275467	-58,86638709	-0,017024943	-3,501867327	-0,03444943	
12	01/02/2018 12:28:24,810 PM	66,59773226	0,082261759	-61,5791259	-0,018668762	-3,131948554	-0,034120666	
13	01/02/2018 12:28:24,810 PM	68,57063208	0,082261759	-60,22275648	-0,019655054	0,485034963	-0,032805611	
14	01/02/2018 12:28:24,810 PM	64,89199597	0,082590523	-63,77808846	-0,020641346	3,279976729	-0,032148083	
15	01/02/2018 12:28:24,810 PM	65,3235678	0,082590523	-60,03779702	-0,022285165	-0,069843186	-0,032476847	
16	01/02/2018 12:28:24,810 PM	64,21381166	0,082261759	-64,16855846	-0,023271457	3,875956954	-0,031161791	
17	01/02/2018 12:28:24,810 PM	65,34411884	0,081604231	-67,37452268	-0,024257749	7,431287228	-0,030833027	
18	01/02/2018 12:28:24,810 PM	62,38476913	0,081275467	-64,45627319	-0,025572805	6,033816376	-0,029517972	
19	01/02/2018 12:28:24,810 PM	61,37776819	0,080289176	-64,82619214	-0,02688786	10,8633112	-0,02853168	
20	01/02/2018 12:28:24,810 PM	59,09660279	0,080946703	-68,15546269	-0,027874152	10,1234737	-0,027545388	
21	01/02/2018 12:28:24,810 PM	63,18625968	0,080289176	-61,41471748	-0,029517972	11,25378099	-0,02688786	
22	01/02/2018 12:28:24,810 PM	59,35676536	0,079202004	-67,78554374	-0,029175488	16,53530863	-0,025881568	

# Módulo de adquisición de datos implementado



# GENERACION DE BASE DE DATOS



# Resultados con motor jaula de ardilla de 4 polos con Voltaje de 125V

## Prueba Mann-Whitney para Voltaje

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

# Resultados con motor jaula de ardilla de 4 polos con Voltaje de 125V

## Prueba Mann-Whitney para Corriente

Test Statistics <sup>a</sup>	
	corriente R modulo
Mann-Whitney U	119697,000
Wilcoxon W	244947,000
Z	-1,161
Asymp. Sig. (2-tailed)	,246

# Resultados con motor jaula de ardilla de 4 polos con Voltaje de 125V

## Prueba Mann-Whitney para Potencia

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

# Resultados con motor jaula de ardilla de 4 polos con Voltaje de 50V

## Prueba Mann-Whitney para Voltaje corriente y potencia

Test Statistics <sup>a</sup>	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

# ANÁLISIS ECONÓMICO

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

# ANÁLISIS ECONÓMICO

<b>ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO CUALITATIVO</b>		
<b>RECURSOS</b>	<b>GRUPO AFECTADO</b>	
	Estudiantes	Docentes
<b>Nuevas oportunidades de aprendizaje</b>	Positivo	
<b>Mayor número de usuarios</b>		Positivo
<b>Monitoreo en tiempo real</b>	Positivo	
<b>Satisfacción de usuarios</b>	Positivo	
<b>Mejora del Laboratorio</b>		Positivo
<b>Disminución aglomeración de estudiantes.</b>		Positivo

# ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO CUANTITATIVO POR MÓDULO 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
<b>Total costos por modulo</b>	<b>\$4.616,55</b>		
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

# 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, Relevadores descritos en las Tablas (26-35) respectivamente.

Mediante un análisis costo beneficio detallado en la Tabla 28 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 (15, 19, 23,25).

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

Realizar la continuación de la parte de control del módulo de LabVolt 9063.

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

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.

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.

## ESPE

Ing. Washington Freire

Ing. Marcelo Silva

Ing. Katya Torres

# GRACIAS POR SU ATENCIÓN