UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ELÉCTRICA

SISTEMA DE MONITOREO Y DETECCIÓN DE FALLAS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS UTILIZANDO LABVIEW.

TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR:

VÍCTOR EDUARDO CHICAS LÓPEZ

JUAN PABLO PALMA MELÉNDEZ

NOMBRE DEL ASESOR:

HECTOR RUBEN CARIAS

MAYO DE 2007

SOYAPANGO - SAN SALVADOR - EL SALVADOR

UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

RECTOR:

ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET RIVERA

SECRETARIO GENERAL:

LIC. MARIO RAFAEL OLMOS

DECANO:

ING. GODOFREDO GIRÓN

ASESOR:

ING. HÉCTOR RUBÉN CARIAS

TUTOR:

ING. ERICK BLANCO

JURADOS:

ING. CARLOS ALEXANDER LÓPEZ

ING. HÉCTOR ROMERO

ING. WILFREDO GUZMÁN VALENCIA

Agradecimientos.

Primero y antes que nada, agradezco a Dios todo poderoso y a San Juan Bosco, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecerme e iluminar mí camino

Con estas palabras quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra manera, me han ayudado, comprendido y apoyado durante esta etapa de mi vida, sin duda llena de ilusiones, esfuerzos y experiencias.

Quiero dirigir mi más sincera gratitud:

A mi familia que me ha apoyado siempre en mis estudios y en mi vida y por darme la fortaleza necesaria para seguir adelante., A mis padres Rolando Chicas y Leticia Lopez, a mis hermanos Héctor, Gustavo y Carlos.

- Víctor Chicas.

Una persona se siente viva por los sueños que tiene en la vida, hace algunos años me plantee uno como meta, era la de culminar mis estudios universitarios, alcanzado este sueño quiero dedicar este pequeño espacio para agradecer a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron al éxito de tan grande esfuerzo.

En primer lugar a Dios todopoderoso por guiarme por la senda del buen camino; en segundo lugar a mi Madre Lila de Palma que es mi familia, y a la que serviré hasta el último día, a mí amigo y compañero de tesis Víctor Chicas con el que tuvimos que solventar muchos problemas para llegar al éxito.

A mis amigos Nelson Molina y Gustavo Chicas por todo su apoyo moral, y a una persona muy importante en mi vida Brenda Rivas.

- Juan Pablo Palma.

Finalmente, en esta parte de la tesis, como grupo queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que desinteresadamente nos brindaron su apoyo compartiendo todo su conocimiento y experiencia, sin su participación en esta etapa de nuestras vidas no se hubiese alcanzado el resultado obtenido.

En primer lugar al Asesor Ing. Héctor Rubén Carias quien nos guió a lo largo del proceso de graduación, siendo él un pilar importante en el desarrollo de nuestro trabajo.

A nuestro tutor de tesis Ing. Erick Blanco por toda su ayuda, no sólo en sentido académico, sino humano y amigable.

Al Ing. Federico Lainez por darnos soluciones a dificultades que se presentaron a lo largo del camino del desarrollo del presente trabajo de graduación.

- Víctor Chicas y Juan Pablo Palma.

ÍNDICE

Introducción……..…….. i
Justificación…….. ii
Objetivos…… iii

CAPITULO I:

Pagina

1.1 Los sistemas instrumentación...…….…. 1
1.1.2 Mediciones…….…… 2
1.2 Sistema SCADA…….…….. 2
1.2.1 Variables en tiempo real…….. 4
1.2.2 Definición de sistema SCADA…… 4
1.2.2.1 Condiciones para instalar un sistema SCADA……..… 5
1.2.2.2 Requisitos de un sistema SCADA……..…. 6
1.2.2.3 Ventajas de un sistema SCADA…….…. 7
1.2.2.4 Desventajas de un sistema SCADA…….…… 7
1.3 Teoría de los Transformadores..... 8
1.3.1 Conceptos básicos de transformadores……..…... 8
1.3.2 Campo Magnético……..…… 8
1.3.3 Polaridad de un Transformador…….……..… 10
1.3.4 Transformadores de instrumento…….…….. 10
1.3.5 Transformador de corriente…….…… 11
1.3.6 Porcentajes de Error del TC…… 12
1.3.7 Transformador de tensión…….…….….. 13
1.3.8 Perdidas en el Núcleo. ……..……..…… 13
1.3.9 Corrientes Parásitas……...…..… 14
1.3.10 Pérdidas por Histéresis…….…..… 15

1.4 Convertidor analógico..... 17
1.4.1 El amplificador operacional……..…. 17
1.4.2 El amplificador operacional ideal…… 18
1.4.3 Tipos de Configuraciones del Amplificador Operacional..... 18
1.4.3.1 Amplificador inversor…….…….… 18
1.4.3.2 Amplificador no inversor…….…….. 20
1.4.3.3 Seguidor de voltaje……..…… 21
1.4.4 Amplificador de instrumentación……..…….…….…… 22

CAPITULO II:

2.1 Instrumentación virtual……..…… 25
2.2 Instrumentos virtuales versus instrumentos tradicionales……. 26
2.3 Programación grafica de labVIEW……. 28
2.3.1 Componentes de un Instrumento Virtual (VI)……..…… 28
2.3.2 Ventana del Panel Frontal……..……..... 29
2.3.3 Diagrama de bloques……..….. 30
2.3.4 Ventana de LabVIEW……..…… 31
2.3.4.1 Menú de funciones……... 31
2.3.4.2 Ventana de Controles……..…….…… 32
2.4 Adquisición de datos……..……. 33
2.4.1 Ventajas de la DAQ.....…….…….. 34
2.5 Puerto USB……..……. 35
2.6 Especificaciones técnicas de las Interfases USB-6008/9…… 37
2.6.1 Vista lateral y de planta de la NI-DAQmx…….. 39
2.6.2 Identificación de Terminales de la interfase……..…… 40
2.6.3 Terminal de señal de entrada……. 41
2.7 El Acondicionador de señal……..…….…….… 42
2.7.1 Norma ISA SP50.1……..…... 43
2.7.2 Convertidor tensión a corriente…..…… 43
2.7.3 Convertidor corriente a tensión..……..… 45

2.7.4 Pruebas preliminares realizadas en laboratorio…….…….. 47
2.8 Diseño de los transformadores de corriente…..…… 50
2.8.1 Curva de saturación del transformador de corriente…… 55
2.8.2 Características de los transformadores de tensión…….. 57
2.9 Curva de relación de transformación (TV)…… …… 58
2.10 Simulaciones realizadas…….…..… 61
2.11 Diseño de circuito impreso…….. 64
2.12 Lugar donde se implementara el proyecto…..…… 67
2.13 El sistema de respaldo…….…….. 68
2.14 Costos del proyecto……..…… 69

CAPITULO III

3.1 Algoritmo de programación…….. 71
3.2 Programa en LabVIEW……. 73
3.2.1 Secuencia del programa en labVIEW…… 73
3.2.2 Adquisición de señales……..…… 73
3.2.3 Acople de Señales mediante ganancias……. 74
3.2.4 Determinación de Potencias y Factor de potencia…… 75
3.2.5 Calculo de Potencia Aparente……..…… 77
3.2.6 Calculo del Factor de Potencia……..…… 77
3.2.7 Calculo de Potencia Real ……..… 79
3.2.8 Calculo de Potencia Reactiva……..…… 80
3.2.9 Determinación de Fallas…… 81
3.2.10 Creación de Reportes……...…… 82
3.2.11 LabVIEW en Windows Vista…… 82
3.3 Manual de usuario……..…… 83
3.3.1 Instrucciones básicas…… 83
3.3.2. Características generales……. 84
3.3.3. Instalación y puesta en marcha……..…… 87
3.3.4. Funcionamiento……...…… 92
3.3.5. Ajuste de Parámetros……. 98

3.3.6. Características técnicas…… 99
3.3.7. Mantenimiento…… 100
3.4 Planos eléctricos para la conexión del sistema…… 101

CAPITULO IV

4.1 Pruebas finales del proyecto…… 114
Atributos y Limitantes…… 117
Conclusiones…… 118
Recomendaciones…… 120
Bibliografía..... 122
Anexos…… 123

Introducción

El presente escrito del trabajo de graduación, contiene la información teórica básica que se considera importante para dar una explicación de cómo funciona el proyecto, además de los principios bajo los cuales se rige su funcionamiento.

Además enmarca las diferentes actividades a realizar para la elaboración del proyecto, el cual se diseñará e implementará en las instalaciones de la UDB.

Este consiste básicamente en establecer una comunicación entre los tableros alimentadores con circuitos trifásicos y una computadora bajo la plataforma de Windows ó Macintosh y utilizando el software de LabVIEW.

Los tableros alimentadores estarán en constante monitoreo de las variables eléctricas de mas importancia. El sistema se realizará apegado a los objetivos planteados, los cuales han sido realizados siguiendo la visión a la que se hace referencia dentro del escrito.

Los sistemas de monitoreo de sistemas eléctricos en tiempo real se utilizan en varias aplicaciones industriales ó comerciales. El monitoreo de estos sistemas requiere un buen rendimiento en cuanto a los sensores quienes con ayuda a los sistemas de adquisición de datos son los que ofrecen los valores en tiempo real, y por lo cual deben ofrecer señales al sistema, donde la precisión de estos sensores es crucial ya que al pasar el tiempo y por el uso del mismo este tiende a descalibrarse ya sea provocadas por condiciones del medio ó propias de este. En muchas aplicaciones industriales, es deseable que el sistema de monitoreo contenga la capacidad de poder expandir sus mediciones, es decir aumentar su numero de variables a monitorear ó en dado caso controlar, y poder ser un sistema rentable y confiable.

Justificación

Actualmente, en la mayoría de las instalaciones eléctricas de nuestro país se carece de sistemas de monitoreo; además de detectar un disparo de un circuit breaker (CB), el sistema proporciona un mejor control del comportamiento de un tablero, lo que sería de gran utilidad el poseer un dispositivo capaz de realizar dicha actividad.

El sistema de monitoreo e informativo de fallas contiene una unidad visual (monitor del ordenador) en la cual se puede apreciar claramente en tiempo real los valores de las variables eléctricas y el momento en que se produce una falla inesperada, este sistema ayudará en gran medida a las industrias, fábricas, etc. Que cuenten con maquinaria que demanden alimentación trifásica, y en las que su continuo funcionamiento es indispensable, a la vez reducirá en gran medida los costos de mantenimiento, ya que en el área de monitoreo solo se necesitará a un operario el cual estará monitoreando la PC. Además con esta supervisión virtual habrá un mantenimiento preventivo con el que se tendrá un mejor control de cómo se comporta eléctricamente un tablero en particular; Evitando así acortar la vida útil de los dispositivos conectados.

Con la implementación de este proyecto, se reducirá el tiempo de detección de una falla, ya que el operador se enterará de que la máquina o la línea de alimentación ha presentado algún problema, con esto se aumentará la productividad y eficiencia de una industria en particular, ya que estas están mutuamente relacionadas, la primera tiene que ver que cuando ocurre una falla ésta sea detectada rápidamente, por consecuencia los circuitos conectados en dicho tablero no estarán fuera de servicio por periodos prolongados de tiempo, esto al tratarse de una industria aumentará la producción de la misma, por lo que la eficiencia será mayor; Sin este sistema existe el constante chequeo visual y de medición en un área específica, lo que en una rutina de mantenimiento convencional, el jefe de planta tendría que movilizarse de un lugar a otro para las mediciones necesarias, nuestro sistema a hará de

forma similar la rutina de mantenimiento pero, será visualizada mediante un ordenador.

Por otra parte el sistema de monitoreo de redes tiene la virtud de poder mostrar señales de la red eléctrica por lo cual seria un buen uso en ser implementado e incluirlos en los temarios en materias que contengan laboratorio, para la carrera de ingeniería eléctrica.

1.3.1 Objetivo general.

- Diseñar e implementar un sistema de monitoreo en tiempo real de las variables eléctricas más importantes en instalaciones eléctricas, con el fin de aumentar la efectividad y productividad de una empresa; además de ayudar a detectar fallas por corto circuito y prevenir posibles accidentes ocasionados por las mismas.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Diseñar y elaborar un circuito electromagnético para lograr la medición de corriente y voltaje de un tablero alimentador.
- Investigar el tipo y forma de programación en labVIEW para la adquisición, proceso y presentación de datos.
- Diseñar un algoritmo, en el cual se muestre la forma de operación, además de las tomas de decisiones que será capaz de tomar el sistema en caso de que se presente una determinada señal no deseada.
- Diseñar e implementar un circuito electrónico de acondicionamiento de señal, para referenciar los cambios eléctricos a una misma escala de corriente o tensión.
- Presentar los planos eléctricos y arquitectónicos necesarios, así como los detalles constructivos del sistema y las limitantes del usuario.
- Diseñar un programa en labVIEW en el ambiente de Windows para lograr la adquisición de datos por medio de la interfase USB-6009 u otra.

- Diseñar el diagrama esquemático de la distribución de tableros, además mostrar un diseño de vista en planta de una industria en particular.
- Elaborar un manual de usuario para el sistema a implementar, el cual presentará los pasos para una adecuada instalación, operación y especificaciones técnicas del mismo.

CAPÍTULO I

1.1 Los sistemas de instrumentación

Un sistema de instrumentación es un conjunto de elementos integrados el cual realiza una conversión de una señal en particular , ya sea una señal que no puede detectarse solamente con nuestros sentidos pueda ser modificada a valores medibles fácilmente.

Los sistemas de instrumentación se pueden dividir en tres aspectos los cuales son:

- Sistema de medida
- Sistema de control
- Sistema de análisis

- **El sistema de medida**

Es un mecanismo en el cual se basan en comparar la señal adquirida que es la que surge debido a la medición, luego ésta se compara con una señal base o señal patrón establecida ya sea por el fabricante o regulada por el instrumentista, esta señal de medición luego puede amplificarse y trasladarla por una etapa de filtrado para reducir distorsión (ruido). El sensor puede decirse que es la parte del sistema que responde a una excitación externa ya sea: temperatura, corriente, presión, tensión, etc. y el transductor es un dispositivo al que se aplica una energía de entrada y devuelve una energía de salida; esta energía de salida suele ser diferente al tipo de energía de entrada.

- **El sistema de control**

Básicamente este sistema se comporta de manera siguiente: la señal proveniente del sensor o transductor se ingresa a un sistema control el cual puede ajustar la magnitud, y/o compararla con otra señal diferente.

- **Sistema de análisis**

Este sistema se encarga de visualizar la señal medida y analizar sus características eléctricas, es decir por ejemplo, si se trata de una señal de tensión sus características a analizar serían: valor de frecuencia, Vp, Vrms, nivel de armónicas, etc.

1.1.2 Mediciones.

En el campo de la medición existen muchas forma de llevar a cabo una medición, esta puede ser ya sea por inducción o por contacto directo. Por inducción se entiende que entre el sensor y donde se requiere medir no hay contacto físico entre las dos partes, en cambio la medición por contacto directo es lo contrario, ésta se lleva a cabo colocando en contacto el sensor y lo que se quiere medir. Actualmente se utilizan diversos equipos altamente sofisticados y que pueden analizar muestras de una sustancia, variable eléctrica, variable física, etc., y mostrar rápidamente las características propias de ésta, en los sistemas eléctricos el objetivo de la medición es detectar y registrar los cambios que ocurren en una línea de transporte de energía eléctrica, principalmente: tensión, corriente, potencia real, potencia reactiva, factor de potencia, frecuencia, etc.

1.2 Sistema SCADA

El avance tecnológico de los sistemas computacionales ha permitido el tratamiento automático de información, y con ayuda de la PC más veloces se ha posibilitado el desarrollo de software de control y supervisión cada vez mas poderosos y con mayores prestaciones, como el de poder generar reportes en diferentes periodos de tiempo, mantener los datos en archivos históricos para su posterior utilización, realizando análisis estadísticos de estos, ejecución de acciones que cambien las condiciones de control.

El SCADA permite al operador tener en una estación central el control del proceso centralizado, para poder modificar los valores de referencia de los controladores situados a distancia, abrir o cerrar válvulas o conmutadores, monitorear alarmas y

almacenar información. A diferencia de los Sistemas de Control Distribuido (DCS), el lazo de control es generalmente cerrado por el operador. Los sistemas de control distribuido se caracterizan por realizar las acciones de control en forma automática.

Hoy en día es fácil encontrar un sistema SCADA realizando labores de control automático en cualquiera de sus niveles, aunque su labor principal es de supervisión y control por parte del operador. En la tabla 1 se muestra un cuadro comparativo de las principales características de los sistemas SCADA y los Sistemas de Control Distribuido (DCS) (estas características no son limitantes para uno u otro tipo de sistemas, son típicas).

ASPECTO	**SCADAS**	**DCS**
TIPO DE ARQUITECTURA	CENTRALIZADA	DISTRIBUIDA
TIPO DE CONTROL PREDOMINANTE	SUPERVISORIO: Lazos de control cerrados por el operador. Adicionalmente: control secuencial y regulatorio.	REGULATORIO: Lazos de control cerrados automáticamente por el sistema. Adicionalmente: control secuencial, algoritmos avanzados, etc.
TIPOS DE VARIABLES	DESACOPLADAS	ACOPLADAS
ÁREA DE ACCIÓN	Áreas geográficamente distribuidas.	Área de la planta.
UNIDADES DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y CONTROL	Remotas, PLCs.	Controladores de lazo, PLCs.
MEDIOS DE COMUNICACIÓN	Radio, satélite, Líneas telefónicas, conexión directa. LAN, WAN.	Redes de área local, conexión directa.
BASE DE DATOS	CENTRALIZADA	DISTRIBUIDA

Tabla 1 Cuadro comparativo de un sistema SCADA y DCS

1.2.1 Variables en tiempo real

La capacidad en tiempo real se refiere a la capacidad de la PC en programas de procesamiento de datos para que siempre esté listo para procesar y proporcionar los resultados dentro de un tiempo especificado. Los datos son procesados a una velocidad que depende de las características de la interfase de adquisición de datos y la velocidad de la PC, además si se tiene un sistema SCADA con un alto número de variables para procesar, se debe tener un PC con un alto rendimiento como una Pentium 4 y una gran capacidad de disco duro y otras características que ajustan el rendimiento de ésta.

El tiempo real ó llamado también conexión en sincronía es muy importante, ya que en los procesos que ocurren en un sistema en particular, el usuario desea obtener la información necesaria lo más pronto posible, por lo que esta obtención de datos es casi instantánea.

1.2.2 Definición de sistema SCADA

Los softwares diseñados con todas estas capacidades además del hardware necesario son llamados sistemas SCADA, que es un acrónimo de “Supervisory Control And Data Adquisition”, que significa en español “Adquisición de Datos y Control de Supervisión”.

Estos sistemas están diseñados para operar sobre el soporte de una PC, que en conjunto con los elementos de control de campo, como por ejemplo sistemas de adquisición de datos, sistemas de control como los PLC (Controladores lógicos Programables), las RTU (unidades terminales remotas) éstas no son más que transmisores de señales análogas o digitales de variables a partir de sensores del sistema SCADA, las cuales pueden estar conectadas vía satélite, microonda, etc. también se tienen como elementos primordiales los sensores, los cuales entregan datos en tiempo real a partir de cambios físicos, eléctricos, químicos, etc., que por medio de una red de comunicación que interconecta todos estos dispositivos se dirigen hacia una o varias PC´s, que toman toda la información

generada por cada uno de estos instrumentos antes mencionados, y son mostrados en pantalla los cuales indican las condiciones de un proceso en particular, también el sistema SCADA constituye un estándar en la industria para la visualización en tiempo real de los procesos que se tengan.

1.2.2.1 Condiciones para instalar un sistema SCADA.

Para poder instalar un sistema SCADA es necesario contar con algunas de las siguientes características.

- Cuando se requiera una supervisión y control de un proceso concentrado en una localidad en particular.
- Cuando el número de variables del proceso que se desea monitorear es alto.
- La información del proceso se necesita en el momento en que los cambios se producen en el mismo, o en otras palabras, la información se requiere en tiempo real.
- La necesidad de optimizar y facilitar las operaciones de la planta, así como la toma de decisiones, tanto gerenciales como operativas.

En todo sistema SCADA debe contener al menos una de las siguientes prestaciones:

- Creación de módulos de alarma los cuales ofrecen al operador el comportamiento de una variable en tiempo real.
- Obtener datos en un periodo de tiempo del sistema (reportes) de las variables más importantes, las cuales luego puedan ser trasladados a una hoja de cálculo.
- Tener la capacidad de poder controlar a distancia sistemas tales como: detener la marcha de un motor eléctrico, abrir los contactos de un circuit breaker, etc.

- Permitir la programación numérica, para realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU.

1.2.2.2 Requisitos de un sistema SCADA

Además de las prestaciones descritas anteriormente también deben cumplir con los siguientes requisitos.

- Deben ser sistemas de arquitectura abierta, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Deben comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo de planta y con el resto de la empresa (redes locales y de gestión).
- Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables con el usuario.

Los sistemas SCADA que permiten realizar las prestaciones anteriores se basan en módulos de software que realizan las funciones siguientes:

- Configuración: permite al usuario definir el entorno de trabajo de su SCADA, adaptándolo a la aplicación particular que se desea desarrollar.
- Interfaz gráfico del operador: proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta. El proceso se representa mediante gráficos sinópticos almacenados en el ordenador de proceso y generados desde el editor incorporado en el SCADA o importados desde otra aplicación durante la configuración del paquete.
- Módulo de proceso: ejecuta las acciones de mando preprogramadas a partir de los valores actuales de variables leídas.
- Gestión y archivo de datos: se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.
- Comunicaciones: se encarga de la transferencia de información entre la planta y la arquitectura de hardware que soporta el SCADA, y entre ésta y el resto de elementos informáticos de gestión.

1.2.2.3 Ventajas de los sistemas SCADA

- Estos sistemas presentan bajo costo en los mantenimientos.
- La presentación de los valores al operador, medidas por los sensores se da en tiempo real.
- El sistema tiene la capacidad de expandirse a un número mayor de variables.
- Los valores presentados son confiables y pueden ser almacenados y presentados luego sobre una hoja de cálculo.
- El sistema resulta ser automatizado en relación a las mediciones, que se realizan en una planta por medio de los sensores ó transductores.

1.2.2.4 Desventajas de los sistemas SCADA

- El coste inicial de un proyecto de supervisión es alto.
- Con el tiempo de uso de los sensores, necesitan una constante verificación y calibración para obtener una lectura confiable.
- Se necesita poseer una fuente de energía “back up”, esta puede ser un banco de baterías de respaldo que mantenga en funcionamiento todo el sistema para no perder la información recolectada.

1.3 Teoría de transformadores

1.3.1 Conceptos Básicos de Transformadores

Un transformador es un dispositivo capaz de convertir energía eléctrica de corriente alterna de un nivel de tensión dado, en energía eléctrica de corriente alterna a otro nivel de tensión, operan bajo el mismo principio que lo hacen los generadores y los motores; siendo dependientes de la acción de un campo magnético para lograr el cambio de nivel de potencial. Los transformadores están siempre ligados a la vida cotidiana moderna; ya que están presentes en muchas aplicaciones, por ejemplo, en el proceso de generación y transporte de energía son los que se encargan de elevar la tensión en el lugar, así como de disminuirlo en las subestaciones alejadas de dicho sitio una vez se ha transmitido, permitiendo reducir las pérdidas entre el lugar de producción y el sitio donde se va utilizar la energía.

1.3.2 Campo Magnético

Como ya se hizo mención los campos magnéticos son los que permiten que la energía se convierta de una forma a otra; los cuatro principios básicos que describen como se utilizan adecuadamente éstos, son los siguientes:

- Un campo magnético de tiempo variable induce un voltaje en una bobina de alambre; si éste pasa a través de dicha bobina; principio que manejan los transformadores.
- Un alambre cargado de electricidad produce un campo magnético a su alrededor.
- Un alambre en movimiento, en presencia de un campo magnético, tiene una tensión inducida en él; principio aprovechado por los generadores.
- Un alambre cargado de corriente en presencia de un campo tiene una fuerza inducida sobre él; la cual es la forma en que operan los motores.

La ley que de Ampere es la que define la producción de un campo magnético por medio de una corriente, así:

$$\oint H.dl = I_{net}$$

Donde:

***H* =** Intensidad de campo magnético creado.

***dl* =** Diferencial de línea.

***I_{net}* =**Corriente neta encargada de producir el campo.

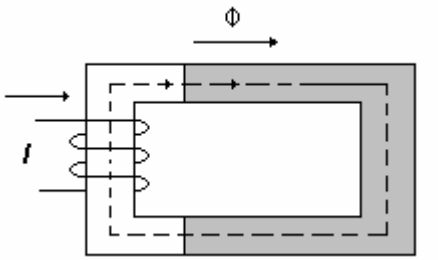


Figura 1.3.1 Circuito magnético

En la figura 1.3.1 se muestra un núcleo rectangular con un embobinado de alambre de n vueltas, el núcleo comúnmente está formado de materiales que se denominan ferromagnéticos, y es el que permite que todo el campo magnético producido por la bobina permanezca dentro de él; de modo que el recorrido de integración de la ley de Ampere sea la longitud media del recorrido del núcleo Ic, siendo entonces que la ley de Ampere se reduce a:

$$H * Ic = Ni$$

Puesto que la bobina abraza el recorrido de integración *N* veces, mientras conduce la corriente i.

Por consiguiente la magnitud de la intensidad de campo magnético en el núcleo debido a la corriente aplicada es:

$$H = \frac{Ni}{Ic}$$

La intensidad de campo (H) es de cierta forma, una medida del esfuerzo que una corriente realiza para establecer un campo magnético. La intensidad del flujo del campo producido en el núcleo depende del material de éste.
Por ello surge otro parámetro denominado densidad del flujo magnético producido dentro del material:

$$B = \mu H$$

Donde:

B = Densidad de flujo magnético.

μ = Permeabilidad magnética del material.

H = Intensidad de campo magnético.

1.3.3 Polaridad de un Transformador.

Los transformadores poseen un parámetro importante, el cual es la polaridad, esta es la característica que describe la dirección relativa de los componentes de tensión y de corriente de carga en los devanados de un transformador; y entre una de sus finalidades es determinar los puntos de conexión.
Todos los transformadores, ya sean de medida, de potencia, o de uso común, generalmente poseen una marca suministrada por el fabricante, la cual indica la polaridad del mismo; estas marcas son denominadas marcas de polaridad; existen dos tipos de polaridad, los cuales son aditiva y sustractiva.

1.3.4 Transformadores de instrumento.

Generalmente en los sistemas de potencia de corriente alterna se trabaja con niveles de tensión elevados, así como también de intensidades de corriente considerablemente altas; por tal motivo para mantener al personal de mantenimiento protegido, además de aislar eléctricamente los equipos de medición y protección de los circuitos primarios, se utilizan dispositivos llamados: transformadores de instrumento, los cuales alimentan los aparatos de medición, siendo así que éstos se alimentan con magnitudes proporcionalmente menores, las cuales son un reflejo fiel del sistema primario.

Los transformadores de medición son instrumentos que deben ser precisos utilizados para medir intensidades de corriente o niveles de potencial; cuando se miden tensión en redes de alta tensión, la precisión de la medida disminuye y las caídas de tensión en las resistencias del transformador suelen ser la fuente más habitual de errores.

La relación de las magnitudes de corriente y potencial logra también una disminución de niveles de aislamiento y capacidad y por lo mismo, del tamaño y costo del equipo.

El comportamiento y la selección de los transformadores de instrumento es crítico para la protección y medición. Existen dos tipos de transformadores de instrumento:

- Transformadores de corriente
- Transformadores de potencial.

1.3.5 Transformador de corriente.

Básicamente un transformador de corriente es un dispositivo electromagnético cuya función es transformar la corriente para que pueda ser medida fácilmente y sin peligro de un choque eléctrico, un amperímetro se encuentra conectado en los sistemas de dos formas una es conectado eléctricamente al circuito y la otra forma está conectando un circuito amperimétrico en su secundario. Este circuito puede ser un amperímetro, el circuito de corriente de un vatímetro o bien una resistencia de detección (*burden*) sobre la cual se desarrolla una tensión que resulta con una proporción a la corriente que se quiere monitorear o medir.

En el caso ideal, esta carga debería ser nula, pero ello no es posible en el caso de un amperímetro real, de la misma manera no podría ser nula la resistencia de detección para tener una señal de tensión en la salida.
Es conveniente que la tensión en el transformador sea lo más baja posible para que el error debido a la corriente de vacío sea lo menor posible para un

determinado núcleo magnético. Como en el caso de la aplicación a inversores, la señal proporcional a la corriente se deberá amplificar para aplicarla al circuito de adquisición de datos.

1.3.6 Porcentajes de error del TC.

Como cualquier dispositivo, este al operar está sujeto a errores, los cuales son calculables; el error de este tipo de transformadores, es el porcentaje de desviación del secundario multiplicado por la relación de transformación del TC.
Voltaje de error:

$$Fu = 100\frac{U_2 K_N - U_1}{U_1}$$

Donde:

Fu: Porcentaje de error de la tensión de medición.

U_1: Tensión Primaria medida en tensión del transformador.

U_2: Tensión Secundaria medida en tensión del transformador.

K_N: Relación de transformación del dispositivo.

Además según normas existen dos tipos de errores más, los cuales son:

- El error de angular de corriente. (EA1)
- El error de transformación de corriente. (Eti)

$$EA1 = \int (\eta_{tc} I_2 - I1)dt$$

$$Eti = \frac{\eta_{tc} I_2 - I_1}{I_1}$$

$\eta_{tc} I_2 - I_1$: Diferencia angular entre el fasor de corriente real secundaria referida al primario y la corriente nominal primaria.

η_{tc} : Relación de Transformación.

I_1: Corriente Primaria.

I_2: Corriente Secundaria.

1.3.7 Transformador de potencial.

Las mediciones de tensión en sistemas con tensión nominales arriba de los 1000 voltios pueden realizarse utilizando transformadores de potencial. Estos dispositivos generalmente se operan para aplicaciones prácticas, por tanto se utilizan en condiciones sin carga.

La relación de transformación viene dada por:

$$\frac{V1}{V2} = \frac{N1}{N2}$$

Los transformadores de potencial no se cortocircuitan en el lado de secundario, caso contrario ocasionaría la destrucción irremediable del TP.[1]

Para la utilización de estos dispositivos es necesario que estén aterrizados en el secundario, ésto para evitar cortocircuitos entre primario y secundario.

1.3.8 Pérdidas en el Núcleo.

Los transformadores ya sean éstos de medición, de servicio, etc., como cualquier dispositivo ferromagnético se ven sometidos a diversas pérdidas, para el caso de las que se deben a las bobinas, éstas simplemente se reducen al producto de la corriente que circula por ellas y la resistencia que posee el material del que está hecha la bobina; así:

[1] Transformador de Potencial.

$$P = I^2 * R$$

Las pérdidas que se presentan en el núcleo se dividen en dos, las cuales son:

- Pérdidas por corrientes parásitas
- Pérdidas por histéresis.

1.3.9 Corrientes Parásitas.

Éstas que se originan en el núcleo de hierro, su contribución es la segunda causa mayor de pérdidas originadas en un transformador; por tal motivo obviamente estas son indeseables en cualquier diseño de construcción, para su eliminación se recurre a diversas técnicas incluyendo el ensamblar el núcleo con láminas muy delgadas de aproximadamente 0.020 de pulgada; al hacer esto se hacen más delgadas las trayectorias en las que circulan estas corrientes indeseables, por tanto las perdidas son considerablemente menores de las que se presentarían en un núcleo sólido.

Esto se debe a que en las secciones transversales delgadas existe menos flujo, y por tal motivo se disminuye la tensión y la corriente generada en dichas láminas.

Otra ventaja al utilizar las láminas delgadas para la construcción del núcleo del transformador es que éste puede fabricarse con láminas troqueladas de forma adecuada.

En la figura 1.3.2 se muestra una esquematización de cómo se forman las corrientes parásitas en una lamina de material ferromagnético el cual está hecho el núcleo de un transformador.

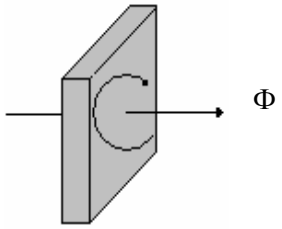


Figura 1.3.2 Flujo de corrientes parásitas

1.3.10 Pérdidas por Histéresis.

La forma en la cual los materiales de origen ferroso incrementan la densidad de flujo en presencia de una determinada magnitud de H (intensidad de campo magnético), es reorientando los denominados grupos de sus partículas, cuyo tamaño es similar al de una molécula, los que actúan como pequeños imanes.

Cuando se aplica corriente alterna a un devanado el flujo magnético se invierte constantemente de forma sinusoidal, por tanto las partículas mencionadas son giradas hacia uno y otro lado; de manera inercial estas partículas tienden a unirse y se deben forzar a que giren.

Las pérdidas por histéresis son la energía que se pierde en estas inversiones y su magnitud es el producto de la densidad de flujo máximo multiplicado por la frecuencia del sistema, así:

$$P_h = K_h * F * B_{\max}$$

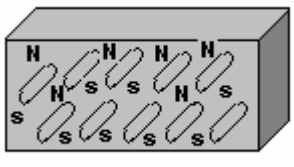


Figura 1.3.3

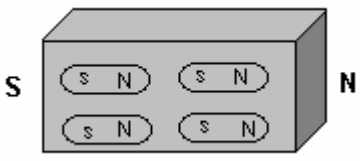


figura 1.3.4

En la figura 1.3.3 y 1.3.4 se muestra el fenómeno de histéresis, en la primera se muestran las partículas que actúan como imanes, las cuales están en un principio en desorden es decir sin presencia de corriente, y en presencia de una corriente alterna en una bobina tratan de alinearse dentro del núcleo, en la segunda figura se observa como están perfectamente alineadas los pequeños imanes lo que significa la saturación del núcleo, las pérdidas se originan cuando este proceso se invierta y dichas partículas deben volver a alinearse, pero ahora en dirección opuesta, debido al cambio de polaridad constante que presenta la tensión alterna.

1.4 Convertidor Analógico

1.4.1 El amplificador operacional

Los amplificadores operacionales son dispositivos que se acercan a lo que sería un amplificador ideal y, en ese sentido, es un instrumento muy poderoso más que todo en el área de la electrónica lineal y en los campos de la comunicación y control automático, haciendo de ellos dispositivos versátiles; los diferentes tipos de operacionales están desde los básicos hasta los complejos y precisos.

Actualmente, las áreas en donde se usan los amplificadores operacionales son extensas entre ellas tenemos:

- Instrumentación
- Sistemas de control
- Audio
- Interfases
- Convertidores D/A A/D
- Amplificación
- Procesamiento de señales

Los amplificadores son dispositivos semiconductores, acoplados directamente y su estructura interna se puede mostrar en tres grupos.

- Entrada: esta parte está conformada dependiendo de su tecnología constructiva ya sea por BJT, JFET, etc.
- Intermedia: ganancia de tensión.
- Salida: proporciona una gran variación a la señal de salida y aislar o separa las etapas anteriores de la carga por lo que debe haber una alta resistencia a la entrada y una baja resistencia de salida a la carga.

1.4.2 El amplificador operacional ideal.

Es un dispositivo electrónico que responde únicamente a los cambios de tensión en sus entradas, inversora y no inversora, es decir que si tenemos una señal positiva en la entrada inversora se obtendrá una señal negativa a la salida o si tenemos esta misma señal a la entrada no inversora, obtendremos una señal positiva a la salida.

Características del amplificador operacional ideal:

- Ganancia infinita:
- Resistencia de entrada en sus terminales infinita
- Resistencia de salida nula.
- Tensión y corrientes de compensación (offset) nulos.

1.4.3 Tipos de configuraciones para el amplificador operacional

Básicamente todos los circuitos con amplificadores operacionales trabajan bajo el principio del inversor y no inversor, a partir de éstas se pueden mencionar unas de muchas de las configuraciones las cuales son:

- Amplificador inversor.
- Amplificador no inversor.
- Seguidor de tensión.

1.4.3.1 Amplificador inversor.

En la configuración inversora mostrada en la figura 1.4.1 la señal de entrada v_1 se aplica a la entrada de R_1 luego pasa a la terminal negativa de entrada, y la terminar positiva tiene conexión a tierra, también una terminal de R_2 se conecta en la entrada inversora y luego a la salida se encuentra conectada la otra terminal de R_2.

En la mayoría de aplicaciones en la que se encuentra ésta configuración, es en la amplificación de señales, debido a que su amplitud es alta, y esta puede ser variada al valor deseado, también el ángulo de desfase de la señal de salida esta de 180º de la señal de entrada.

Para determinar la ganancia de voltaje, se analizan las corrientes por R_1 y R_2, considerando la igualdad $V_x = V_y$ donde en este caso resulta que $V_Y = 0 = V_x$ ya que la entrada no inversora se encuentra a tierra, de esta manera se tiene.

$$I_{R2} = \frac{V_i - V_x}{R_1} \qquad I_{R1} = \frac{V_x - V_o}{R_2}$$

$$I_{R1} = \frac{V_i}{R_i} \qquad I_{R2} = -\frac{V_o}{R_2}$$

Ahora considerando que la entrada del operacional es muy grande, resulta que $I_{R1} = I_{R2}$

Por lo que

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_2}{R_1}$$

Donde A_v = ganancia de tensión

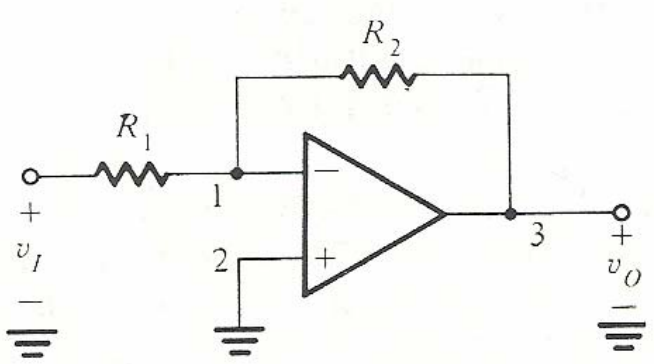


Figura 1.4.1 El amplificador inversor.

1.4.3.2 Amplificador no inversor.

El amplificador no inversor mostrado en la figura 1.4.2 es un circuito que al igual que el anterior su magnitud de la señal de salida aumenta a medida de que se varié el valor de $R_2 ó R_1$, es decir que éstas dos resistencias antes mencionadas tienen el control lineal de la ganancia propia del amplificador, y su señal de salida se encuentra a 0º de desfase a la señal de entrada.

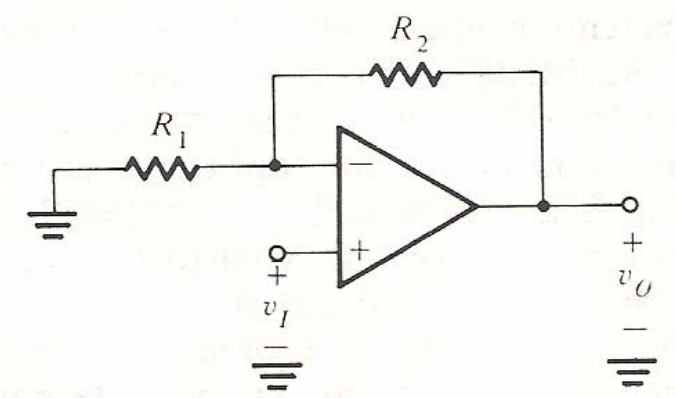


Figura 1.4.2 El amplificador no inversor

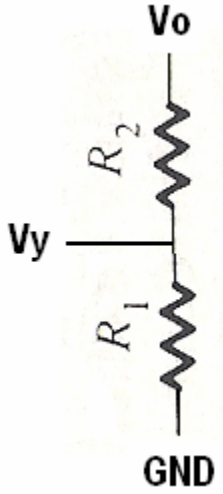


Figura 1.4.3 Divisor de voltaje Vy

Para analizar este amplificador hay que considerar que:

$$V_1 = V_x = V_y$$

Para poder encontrar el valor de V_y en la malla de R_1 y R_2 de la figura 1.4.3 se realiza un divisor de tensión así:

$$V_y = V_o\left[\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right]$$

Donde

$$V_i = V_x$$

$$V_i = V_o\left[\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right]$$

Despejando V_o tenemos:

$$V_o = V_i\left[\frac{R_1 + R_2}{R_2}\right] \qquad \Longrightarrow V_o = V_i\left[\frac{R_1}{R_2} + 1\right]$$

1.4.3.3 Seguidor de tensión.

En la figura 1.4.4 se muestra el seguidor de tensión y su funcionamiento es así: la señal que se introduce a la entrada del seguidor produce una señal de salida exactamente con las mismas características que la señal de entrada, el motivo de esta configuración es crear una alta resistencia con el fin de no cargar a la etapa anterior, por lo que no se alterará la señal de entrada debido a la carga conectada, ya que no existen corrientes a través del

seguidor, y por otro lado, la salida debe comportarse como una fuente ideal de tensión.

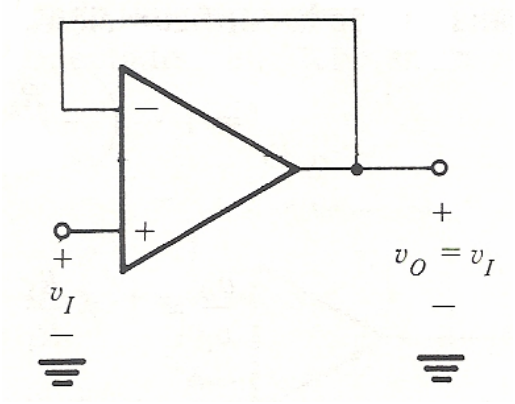


Figura 1.4.4 Seguidor de tensión

1.4.4 Amplificador de instrumentación

Los amplificadores de instrumentación han sido creados para utilizarse en sistemas de instrumentación en general, donde la magnitud de las señales es muy baja, también para mantener un bajo ruido, alta ganancia, etc., dicho amplificador puede verse en la figura 1.4.5

Las características de los amplificadores de instrumentación pueden optimizarse si se diseñan como circuitos integrados, ya que en este caso, son encapsulados en un chip que el fabricante garantiza el buen desempeño de éste, haciendo que tengan valores precisos justo tal como se requiere en su diseño.

La precisión y estabilidad de los amplificadores de instrumentación se realiza a costa de limitar su flexibilidad. Son amplificadores que han sido diseñados para ser utilizados únicamente como amplificadores, pero a cambio de ello, proporcionan unas características excepcionalmente buenas, y además pueden utilizarse sin necesidad de conocer con detalle su diseño interno y con sólo conocer sus pines por medio de sus hojas técnicas.

Si se desea crear un amplificador de instrumentación por medio de amplificadores operacionales, se puede lograr hacerlo pero teniendo en cuenta que se tendrá un menor porcentaje de exactitud en el muestreo de las señales.

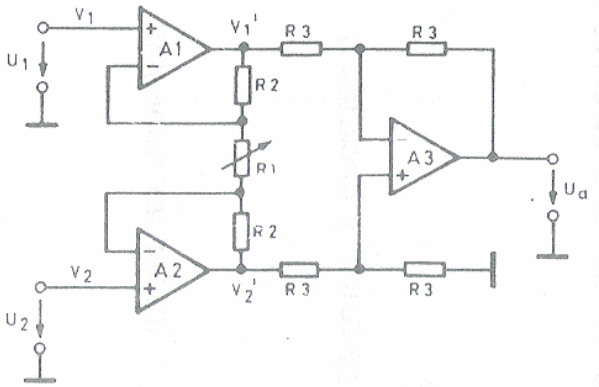


Figura 1.4.5 Amplificador de instrumentación

Como se observa en la figura 1.4.5 los operacionales A1 y A2 están en una constante retroalimentación negativa por medio de R_2, se puede decir que realmente es un corto circuito virtual entre los terminales inversora y no inversora de ambos operacionales.

$$V_1^{\,I} = \frac{R_1 + R_2}{R_1}.U_1 - \frac{R_2}{R_1}.U_2$$

$$V_2^{\,I} = \frac{R_2 + R_1}{R_1}.U_2 - \frac{R_2}{R_1}.U_1$$

$$U_a = V_2^{\,I} - V_1^{\,I}$$

$$U_a = \frac{R_2 + R_1}{R_1}.U_2 - \frac{R_2}{R_1}.U_1 - \frac{R_1 + R_2}{R_1}.U_1 + \frac{R_2}{R_1}.U_2$$

$$= U_2\left(\frac{R_2 + R_1}{R_1} + \frac{R_2}{R_1}\right) - U_1\left(\frac{R_1 + R_2}{R_1} + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

$$= (U_2 - U_1)\left(\frac{R_2 + R_1}{R_1} + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

$$= (U_2 - U_1)\left(\frac{2R_2 + R_1}{R_1}\right)$$

$$U_a = (U_2 - U_1)\left(\frac{2R_2}{R_1} + 1\right)$$

CAPÍTULO II

2.1 La instrumentación virtual.

En las últimas décadas los avances tecnológicos han sido significativos, la computadora en estos últimos 25 años, ha provocado que los sistemas de ensayo, medición, automatización, etc., sean más complejos en el sentido de que los sistemas ejecutan más operaciones en un menor tiempo.

La instrumentación virtual ha sido creada gracias a las prestaciones que hoy se tiene con una PC. Cada uno de nosotros tiene sus propias experiencias para operar un instrumento o equipo de medición, y posiblemente nos hemos encontrado con un panel frontal de cualquier índole, en el cual se podrían encontrar interruptores y botones virtuales ya sea para el encendido y apagado o para el control del sistema.

En un sistema de instrumentación por medio de agujas, indicadores luminosos (LED´s) , botones, etc. siempre detrás de panel frontal se encuentra comandado por una serie de circuitos electrónicos como circuitos integrados, transistores, diodos, condensadores, resistencias y otros los cuales realizan operaciones con las señales que son capturadas en sus entradas, luego estas señales se muestran al usuario en los medidores correspondientes.

Un instrumento virtual idealmente esta constituido por una PC industrial o una de escritorio ambas equipadas con poderosos software, y suficiente espacio para poder insertar tarjetas de adquisición de datos de entrada y salida para poder eliminar los equipos de medición tradicionales.

Los instrumentos virtuales representan un apartado de los sistemas de instrumentación basados en el hardware a sistemas centrados en el software que aprovechan los cálculos, productividad y capacidad de conexión con otras computadoras.

Los avances en el hardware también han tenido sus frutos en estas últimas décadas, ya que, con plataformas de este tipo se pueden crear software más eficientes, teniendo así una mayor velocidad en la adquisición de datos, mayor resolución, etc.

2.2 Instrumentos virtuales versus instrumentos tradicionales.

Los instrumentos tradicionales que utilizamos, como por ejemplo generadores de onda, multímetro, osciloscopio, etc. son de alguna manera productivos ya que ayudan en el análisis de los circuitos eléctricos pero a la vez son costosos, y ya definidos por el fabricante para realizar una tarea específica, también el usuario no puede alterar sus límites de medición, tampoco cambiar sus ajustes en sus perillas, y las funciones disponibles son todas específicas a la naturaleza del instrumento, además sus costos de reparación o mantenimiento son altos ya que poseen un sin número de chips de tecnología especial.

Los instrumentos virtuales están basados en la PC, estos instrumentos aprovechan la tecnología que ofrece la PC, tales como el Pentium 4 y sistemas operativos como Windows XP de Microsoft® y el Apple Mac.

Los instrumentos tradicionales poseen la desventaja de ser difíciles de transportar, en cambio los instrumentos virtuales que corren en las computadoras portátiles son más prácticas de llevar a cualquier sitio.

Además que con ellos se es capaz de realizar actividades mucho más complejas, actualmente se cuentan con herramientas de programación muy avanzadas, muestra de ello es el software que se abordara en el siguiente apartado.

La manera de determinar las condiciones de fallas en forma virtual se basa en que los sensores de corriente utilizados, así como los de tensión poseen curvas características de su comportamiento; es decir para los de tensión, que son transformadores de potencial dependiendo de la tensión aplicada al devanado primario se sabe que nivel de tensión se encuentra en el devanado secundario, similarmente los sensores de corriente dependiendo de la magnitud de ésta que se detecte por el medidor se sabrá que potencial tendrá en sus terminales de salida.

Estos niveles de potencial una vez pasen por el circuito acondicionador irán a la interfase que interactuará con el programa creado en labVIEW. La forma de determinar una falla por el software será que previamente se introducirán valores nominales a los que puede funcionar el sistema que se está monitoreando, por tanto cuando cualquier medidor de los utilizados envié una señal, cuya magnitud esté fuera de los rangos establecidos, ésta será considerada como una falla o una anomalía en el sistema; presentado así una señal de alarma para el operador.

2.3 Programación grafica en labVIEW

LabVIEW constituye un revolucionario sistema de programación gráfica para aplicaciones que involucren tanto la adquisición, control, análisis y presentación de datos. Algunas de las ventajas que proporciona el uso de LabVIEW son:

- Reduce el tiempo de desarrollo de las aplicaciones al menos de 4 a 10 veces, ya que es muy intuitivo y fácil de aprender.
- Genera una gran flexibilidad al sistema, permitiendo cambios y actualizaciones tanto del hardware como del software.
- Entrega la posibilidad a los usuarios de crear soluciones completas y complejas.
- Con un único sistema de desarrollo se integran las funciones de adquisición, análisis y presentación de datos.
- El sistema tiene integrado un compilador gráfico para lograr la máxima velocidad de ejecución posible.
- Tiene la posibilidad de incorporar aplicaciones escritas en otros lenguajes de programación.

LabVIEW es un entorno de programación destinado al desarrollo de aplicaciones, similar a los sistemas de desarrollo comerciales que utilizan el lenguaje C o *BASIC*. Sin embargo, LabVIEW se diferencia de dichos programas en un importante aspecto; los citados lenguajes de programación se basan en líneas de

texto para crear el código fuente del programa, mientras que labVIEW emplea la programación gráfica o lenguaje G para crear programas basados en diagramas de bloques.
Para el empleo de labVIEW no se requiere gran experiencia en programación, ya que se emplean iconos, términos e ideas familiares a científicos e ingenieros, y se apoya sobre símbolos gráficos en lugar de lenguaje escrito para construir las aplicaciones. Por ello resulta mucho más intuitivo que el resto de lenguajes de programación convencionales.

LabVIEW posee extensas librerías de funciones y subrutinas. Además de las funciones básicas de todo lenguaje de programación, LabVIEW incluye librerías específicas para la adquisición de datos, control de instrumentación VXI, GPIB y comunicación serie, análisis presentación y almacenamiento de datos.

LabVIEW es mas bien un software de programación como cualquier otro; es decir posee un lenguaje de programación propio del mismo, tal y como lo poseen programas como C, C++, Visual C, etc.
LabVIEW fue lanzado al mercado en 1986, el cual es un producto líder de National Instruments[2] en cuanto a software, LabVIEW, desafió los enfoques tradicionales de programación con el desarrollo gráfico intuitivo similar a diagramas de flujo; creado por el co-fundador de NI, Jeff Kodosky.

2.3.1 Componentes de un Instrumento Virtual (VI).

Básicamente, la estructura de un VI es como sigue:
La "interactive user interface" es llamada panel frontal**,** porque simula el panel de un instrumento físico. El panel frontal contiene las variables independientes y dependientes del sistema, es decir, los controles e indicadores. En la figura 2.1 se muestra el panel frontal de labVIEW el cual contiene tres indicadores que están monitoreando en este caso una señal senoidal ya establecida, la señal puede observarse por medio de un instrumento el cual permite graficar los

[2] www.ni.com

valores de tensión ingresados en la interfase, el medidor de aguja muestra el valor RMS de dicha señal.

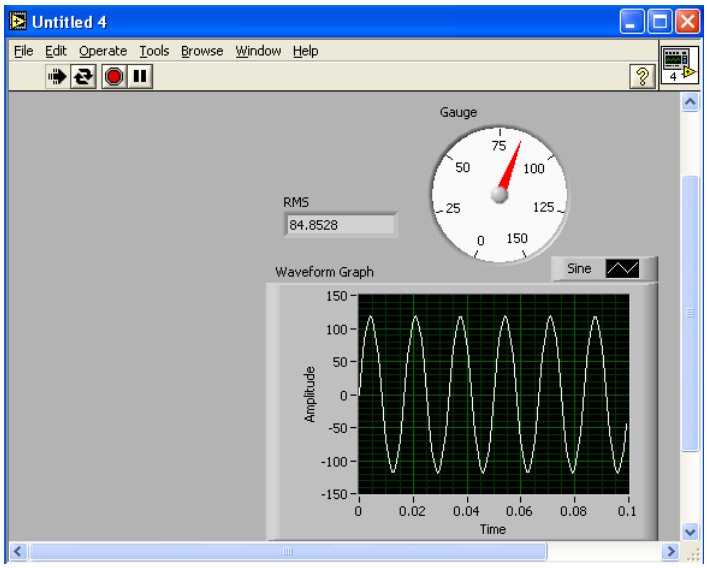


Figura 2.1 Panel frontal

2.3.2 Ventana del Panel Frontal

Se trata de la interfaz gráfica del VI con el usuario. Esta interfaz recoge las entradas procedentes del usuario y representa las salidas proporcionadas por el programa. Un panel frontal está formado por una serie de botones, pulsadores, potenciómetros, gráficos, etc.

Cada uno de ellos puede estar definido como un control (interruptor, pulsador, etc.) o un indicador (gráfico, led, valores numéricos, etc). Los primeros sirven para introducir parámetros al VI, mientras que los indicadores se emplean para mostrar los resultados producidos, ya sean datos adquiridos o resultados de alguna operación.

2.3.3 Diagrama de bloques

Esta ventana se observa en la figura 2.2, conformada por cables conectados a objetos, ejecuta tareas y grupos de tareas específicas de manera gráfica. Es una circuiteria virtual, en la cual se encuentran los nodos u objetos, los terminales y los alambres de conexión.

El diagrama de bloques constituye el código fuente de un VI. En el diagrama de bloques es donde se realiza la implementación del programa del VI para controlar o realizar cualquier proceso de las entradas y salidas que se crearon en el panel frontal.

El diagrama de bloques incluye funciones y estructuras integradas en las librerías que incorpora labVIEW. En el lenguaje G las funciones y las estructuras son nodos elementales.

Los controles e indicadores que se colocaron previamente en el panel frontal, se materializan en el diagrama de bloques mediante los terminales. El diagrama de bloques del ejemplo visto anteriormente como panel frontal se muestra en la figura 2.2

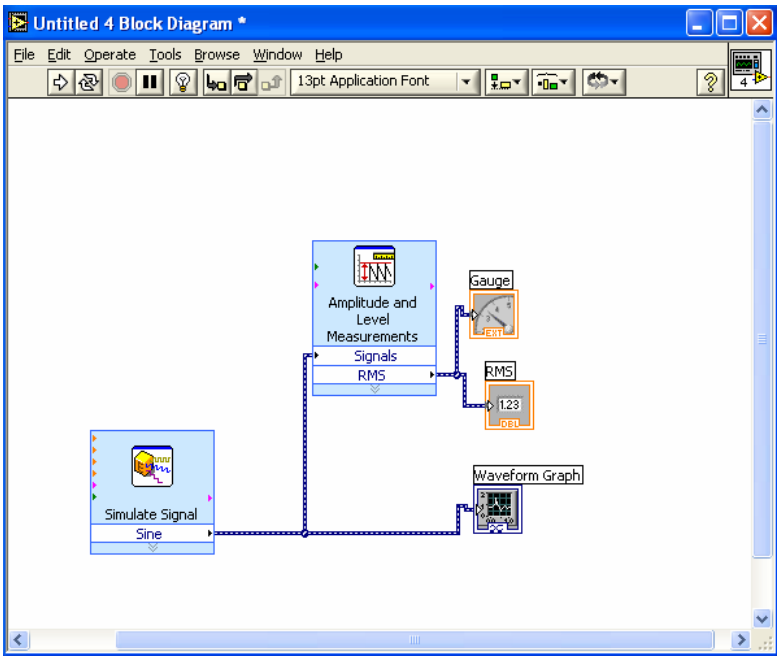


Figura 2.2 Diagrama de bloques

Los nodos son análogos a las sentencias, operadores, funciones y subrutinas en un lenguaje de programación tradicional, como la suma, la resta, las estructuras repetitivas y condicionales.

Cuando se selecciona un control o indicador del panel frontal aparece un terminal que son puertos de entrada y salida de datos que fluyen por medio de cableado. Cada cableado tiene un diferente estilo o color, dependiendo del tipo de dato que fluye a través del alambre por ejemplo puede ser de color naranja para un dato numérico particular, verde para un dato booleano, púrpura para un dato tipo string, etc.

Para construir el panel del diagrama de bloques se activa la paleta “functions” con el botón derecho del ratón haciendo uso previo de la paleta de herramientas.

2.3.4 Ventanas de LabVIEW.

Las ventanas de labVIEW proporcionan las herramientas necesarias tanto para realizar un nuevo VI o solamente para modificar su estructura, por lo que se mencionan las siguientes:

2.3.4.1 Menú de funciones

En la figura 2.3 se muestra una ventana que proporciona las herramientas necesarias para crear un programa VI con solamente dando un clic derecho al Mouse, algunas operaciones son: aritméticas, de entrada/salida de señales, adquisición de señales, etc.

Figura 2.3 Ventana de herramientas.

2.3.4.2 Ventana de Controles

Los controles mostrados en la figura 2.4 simulan a los dispositivos que se pueden encontrar en un instrumento convencional; son dispositivos virtuales que permiten ingresar los datos de entrada o los parámetros de un sistema. Los indicadores visualizan la información de los datos adquiridos o generados en el sistema.

Para añadir los controles e indicadores en el panel frontal se dispone de una ventana despegable llamada ”Controls” que se activa al igual que la de herramientas, haciendo un clic en el botón derecho del mouse. Esta ventana se despliega solamente en el panel frontal y contiene los dispositivos virtuales de presentación, control, etc.

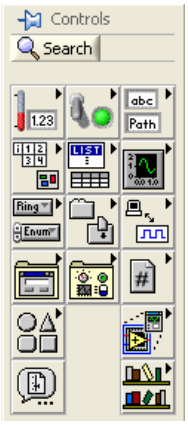


Figura 2.4 Ventana de controles del panel frontal

2.4 Adquisición de Datos.

Actualmente la mayoría de la de las compañías existentes a nivel mundial en la industria utiliza PC para tomar decisiones y automatizar procesos entre otras cosas, esto gracias a tarjetas de adquisición de datos (DAQ), las cuales permiten la lectura de variables físicas, provenientes de una gran variedad de procesos posibles.

La PC es un dispositivo de procesamiento de señales digitales consistentes en niveles de tensión discretos de 0 y 1; la adquisición de datos consiste tomar un conjunto de variables físicas y transformarlas en variables eléctricas, de tal manera que éstas últimas puedan utilizarse por la PC; para hacer este proceso se requiere utilizar una etapa de acondicionamiento de la señal, la cual se encargue de adecuar las señales a niveles compatibles con el sistema que se este utilizando; una vez las señales estén de una forma adecuada almacenadas por la PC, éstas pueden ser procesadas de acuerdo a la aplicación que se le pretenda dar al sistema a través de un software de aplicación adecuadas.

Uno de los objetivos principales de la adquisición de datos, es el poder tener el control de un determinado sistema, además de poder monitorear en tiempo real diferentes parámetros, aunque hoy en día lo último representa un gran reto para las compañías dedicadas a la elaboración de programas como éste, ya que el termino “tiempo real” es relativo debido a que incluso el software más avanzado

tiene ciertos retrasos, debidos a la frecuencia con la que este hace una captura de datos.

Actualmente labVIEW y todas sus actualizaciones representan uno de los logros más grandes en lo que al tema se refiere, ya que a demostrado ser eficiente en la industria.

2.4.1 Ventajas de la DAQ.

La adquisición de datos trabajando conjuntamente con un software de aplicación traen consigo muchas ventajas dentro del área en donde se esté llevando a cabo el proceso, entre las que podemos mencionar las siguientes:

- Posibilidad de realizar tareas de procesamiento en tiempo real.
- Gran capacidad de almacenamiento de datos.
- Rápido acceso a información importante.
- Posibilidad de emular una gran cantidad de dispositivos.
- Automatización.
- Las modernas herramientas de software de hoy en día le permiten automatizar sus tareas incluyendo el almacenamiento, análisis, presentación y distribución.
- Los sistemas basados en PC le brindan la flexibilidad de poder usar una amplia variedad de hardware para adquisición y acondicionamiento de datos.

En la figura 2.5 se muestra una representación de la adquisición de datos:

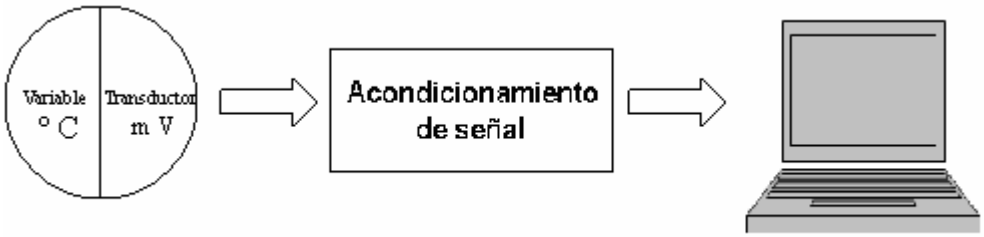


Figura 2.5 Forma de adquirir datos a la PC

Como ya se mencionó las aplicaciones que se le pueden dar a un sistema basado en esta metodología de trabajo son muchas; entre las cuales podemos mencionar:

- Control de procesos y maquinarias.
- Laboratorios de Medición y Pruebas.
- Control de Calidad.
- Detección de Fallas

2.5 Puertos USB

USB (Universal Serial Bus) por sus siglas en inglés, este puerto ha supuesto un importante avance en lo que se refiere a conectar varios dispositivos externos a una PC, ya que mejora la calidad y cantidad de datos a transferir, además de tener una importante velocidad de transferencia; este puerto es totalmente plug and play, lo que quiere decir que con solo conectar el dispositivo este es reconocido e instalado, requiriendo solamente que el sistema operativo tenga el controlador adecuado, ésto generalmente no es un problema para computadoras actualizadas. La velocidad de transferencia de un puerto serie o un paralelo es aproximadamente inferior a 1Mb/s, por tanto esta tecnología es una unificación de los dos anteriores mencionados, la velocidad es de 12Mb/s para el USB1.1, y de hasta 480Mb/s para el USB2.0, es decir 40 veces más rápido que la primera versión. Además esta innovación permite alimentar de energía a dispositivos externos; lo máximo que este puede proporcionar es 5V; los dispositivos externos que se pueden conectar se dividen en dos, los cuales son de bajo consumo, y de alto consumo, los primeros se denominan así porque solamente consumen hasta 100mA, en cambio los segundos pueden tener una demanda de corriente de hasta 500mA ó más para estos es necesario el tener una alimentación externa.

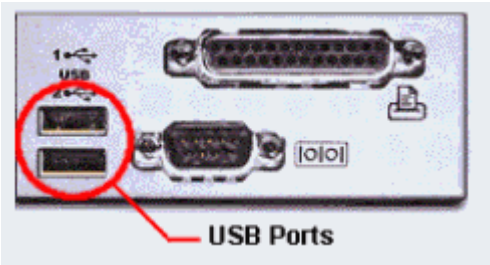


Figura 2.6a Identificación de puertos USB

La figura 2.6a muestra claramente como es físicamente la entrada del puerto USB. Según las especificaciones técnicas la longitud máxima de un cable para conectar al puerto debe ser de 5 metros; cuando se requiere utilizar varios de estos puertos y la computadora no cuenta con los suficientes; entonces se hace uso de otro accesorio denominado concentrador, el cual funciona como una especie de terminal, a través del cual se hace posible conectar varios dispositivos a la PC.

En lo que respecta a los conectores hay que decir que son serie A y serie B. Los primeros presentan las cuatro patillas correspondientes a los cuatro conductores alineadas en un plano. Los conectores de la serie B presentan los contactos distribuidos en dos planos paralelos, dos en cada plano, y se emplean en los dispositivos que deban tener un receptáculo al cual poder conectar un cable USB. Por ejemplo impresoras, scanner, y módems.

La figura 2.6b muestra la forma física de dos tipos de conectores de puertos USB, serie A y serie B.

Figura 2.6b Tipos de conectores USB

2.6 Especificaciones técnicas de las Interfases USB-6008 y USB-6009

La interfase USB-6009 de National Instrument con operatividad con labVIEW, se eligió ya que posee las características necesarias que son de mayor importancia para el proyecto que más adelante se mencionan y también por su disponibilidad en la universidad.

Las características técnicas de las interfases USB-6008/9 son mostradas en la tabla 2 y aplican para una temperatura de 25ºC

Entrada Analógica

Rango (V)	Valor típico a 25ºC (mV)	Valor máximo (0-50ºC)(mV)
+- 10	14.7	138

Resolución de entrada

USB-6008	12 bits diferencial
	11 bits entrada y GND
USB-6009	14 bits diferencial
	13 bits entrada y GND

Máxima velocidad de muestreo

USB-6008	10 kS/s
USB-6009	48 kS/s

cronometraje de resolución	41.67 ns (24MHz)	
Rango de entrada	+- 10V (entrada y GND)	
	+-20V, +-10V, +-5V, +-4V,+-1V (diferencial)	
Entradas análogas	8 entradas referenciadas a GND y 4 diferenciales	
Tensión de trabajo	+-10V	
Impedancia de entrada	144 KOhm	
Protección de sobrevoltaje	+-35V	
Ruido del sistema	USB-6008	2.93 mVrms (entrada-GND)
		1.47 mVrms (diferencial)
	USB-6009	0.73 mVrms (entrada-GND)
		0.37 mVrms (diferencial)
Bus de comunicación		
Especificación	USB 2.0 a toda velocidad	
Velocidad del bus USB	12 Mb/s	

Consumo de corriente

4.1 a 5.25VDC	Valor típico	80mA
	Valor máximo	500mA

Características físicas

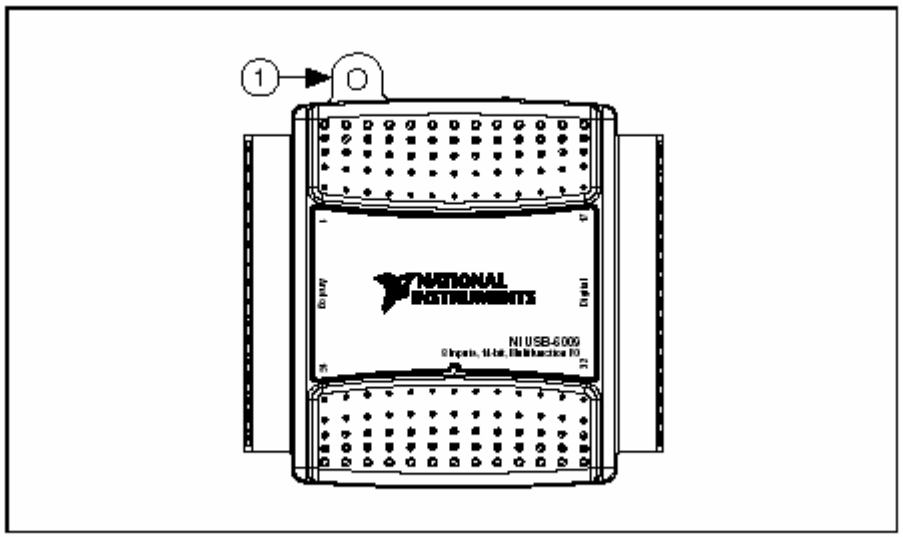
Sin conectores	6.35cm x 8.51cm x 2.31cm	
Con conectores	8.18cm x 8.51cm x 2.31cm	
Peso	Sin conectores	84 gr
	Con conectores	54 gr
Cableado de los conectores	16 a 28 AWG	
Apriete de los tornillos de conectores	0.22 a 0.25 N.m	

Rango (V)	**Valor típico a 25ºC (mV)**	**Valor máximo (0-50ºC)(mV)**
+-20	14.7	138
+-10	7.73	84.8
+-5	4.28	58.4
+-4	3.59	53.1
+-2.5	2.56	45.1
+-2	2.21	42.5
+-1.25	1.70	38.9
+-1	1.53	37.5
Módulo	Diferencial	único
USB-6008	12	11
USB-6009	14	13

Tabla 2 Características técnicas de la interfase USB-6008/9

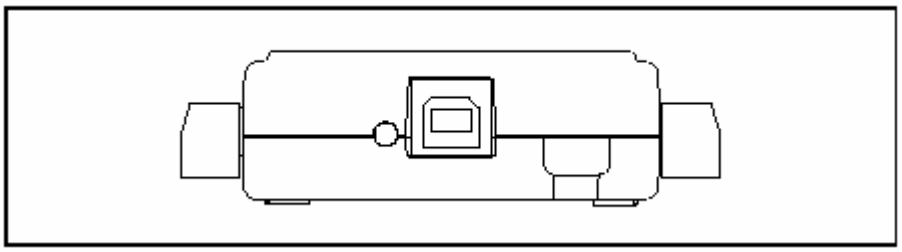
2.6.1 Vista lateral y de planta de la NI-DAQmx.

La forma física de la interfase USB de national instrument se muestra en la figura 2.7a



1 USB Cable Strain Relief

Vista de planta



Vista lateral

Figura 2.7a USB 6008/9

2.6.2 Identificación de Terminales de la interfase

La denominación de los pines de entradas se muestra en la tabla 3

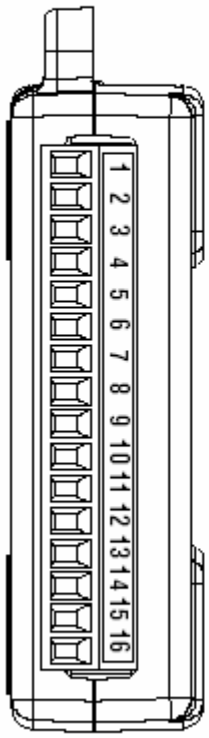
Module	Terminal	Signal, Single-Ended Mode	Signal, Differential Mode
	1	GND	GND
	2	AI 0	AI 0+
	3	AI 4	AI 0–
	4	GND	GND
	5	AI 1	AI 1+
	6	AI 5	AI 1–
	7	GND	GND
	8	AI 2	AI 2+
	9	AI 6	AI 2–
	10	GND	GND
	11	AI 3	AI 3+
	12	AI 7	AI 3–
	13	GND	GND
	14	AO 0	AO 0
	15	AO 1	AO 1
	16	GND	GND

Tabla 3 Pines analógicos de la DAQ

2.6.3 Terminal de señal de entrada

En ambas interfases poseen entradas tanto diferenciales como unitaria a tierra, esta ultima se muestra en la figura 2.8, la amplitud máxima de entrada dada por el fabricante es de +/-10V la cual puede ser de corriente alterna o directa, en nuestro caso sería alterna referida a tierra. La gráfica mostrada en la figura 2.9 muestra un recorte de 10V máximos la cual indica que si la señal de entrada no puede sobrepasar los 10V.

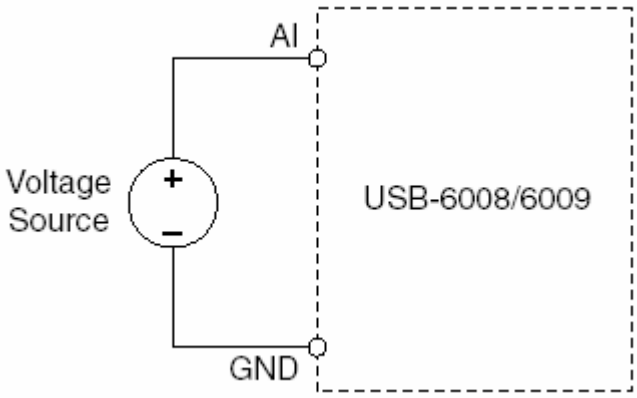


Figura 2.8 Modo RSE

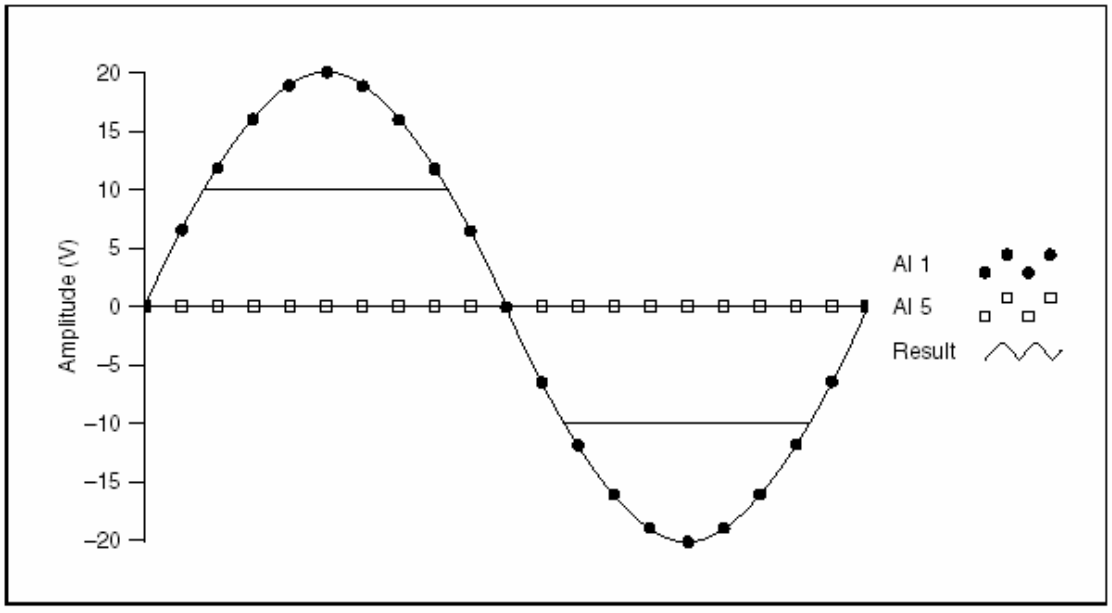


Figura 2.9 Grafica típica en modo diferencial

2.7 El Acondicionador de señal

Los acondicionadores de señal, son circuitos electrónicos que están ubicados generalmente entre los sensores o transductores y la entrada a la interfase de la PC. Los acondicionadores de señales se pueden encontrar en una gran variedad de circuitos de procesamientos de señales y exigen que la señal aplicada sea continua o de frecuencia lenta, a la vez que su amplitud esté entre los límites establecidos.

En el manejo de señales los acondicionadores de señales pueden estar destinados a realizar las siguientes tareas:

- Amplificación.
- Filtrado.
- Adaptación de impedancias.
- Conversión de señales.

Los transductores de señales con los que se cuenta hoy en día en la industria, ya sean estos de presión, temperatura, viscosidad, nivel de liquido, etc., poseen internamente uno o más convertidores, los cuales generan una tensión en sus bornes del transductor producido por los efectos físicos del exterior, esta señal de tensión que según los estándares es de 0 – 10V, también puede ser convertida a una señal de corriente que este en el rango de 0 - 20mA ó 4 – 20mA, es decir que la señal de corriente proveniente de la mayoría de transductores a un nivel mínimo ya sea presión, tensión, temperatura se obtenga 0 ó 4mA; por el contrario tiene un nivel máximo se calibrará a 20mA; además si se instala por primera vez se deben hacer los ajustes respectivos por medio de una calibración según las especificaciones técnicas de éste, lo anterior se hace para obtener un rango ya mencionado de 0/4-20mA.

2.7.1 Norma ISA SP50.1

La norma original ISA SP50.1 para la señal de instrumentación de 4 - 20mA fue adoptada por IEC[3], haciéndola una norma mundial sencilla para conectar instrumentos eléctricos de campo, lo que provoca que la longitud de los cables no sea importante; sin embargo, los 4 - 20mA son susceptibles a ruido eléctrico lo que tiende a requerir blindaje, siendo incapaz de compartir cableado excepto en cables de multipar entrelazados.

2.7.2 Convertidor tensión a corriente

Cuando se requiere transmitir señales por medio de un conductor y se necesita que el nivel de tensión no se vea afectado debido al incremento de impedancia del conductor, provocada por el aumento de su longitud, debilitando así la amplitud de la señal, entonces se recurre al convertidor tensión – corriente el cual tiene la característica de ser una fuente de corriente dependiente de la tensión, es decir que al incrementar el valor de tensión la corriente también aumenta pero se mantiene constante, aunque la impedancia de salida (Z_L) disminuya o aumente, dicho circuito puede observarse en la figura 2.10a y también se tiene este convertidor en tarjeta mostrado en la figura 2.10b

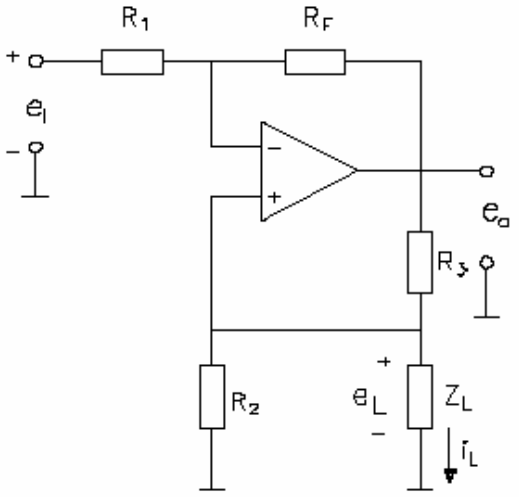


Figura 2.10a Convertidor tensión a corriente

[3] Comisión electrotécnica internacional

En la resistencia de Z_L se tiene que la corriente i_L es de:

$$i_L = -\frac{ei}{R_2}$$

Si se cumple que

$$\frac{R_3}{R_2} = \frac{R_F}{R_1}$$

$R_1 = 10kOhm$
$R_2 = 10kOhm$
$R_3 = 10kOhm$
$R_F = 10kOhm$

Si la relación anterior de resistencias se cumple, el circuito como tal se comportará como una fuente de corriente propiamente dicha, las variaciones poco sensibles que se realicen de carga pueden provocar variaciones de corriente en la salida.

Con los valores de resistencia mencionados anteriormente se pueden realizar los cálculos respectivos para distintas tensiones de entrada, como se puede observar en el gráfico de saturación del medidor de corriente, la función v=f(I) no es lineal por sus características ferromagnéticas, por ello se ha elegido un rango específico donde se puede trabajar linealmente.

Convertidor de tensiones

$$i_L = \frac{2V}{10kOhm} = 0.2mA$$

$$i_L = \frac{4V}{10kOhm} = 0.4mA$$

Convertidor de corrientes

$$i_L = \frac{0.05V}{0.5kOhm} = 0.1mA$$

$$i_L = \frac{0.2V}{0.5kOhm} = 0.4mA$$

El valor máximo establecido para el convertidor 0.6mA, los valores antes mencionados no corresponden a las normas internacionales vigentes como la ISA SP50.1 que establece el rango de corriente de 0-20mA, por ser un sistema en demostración, establecemos nuestro rango de operación que responde linealmente.

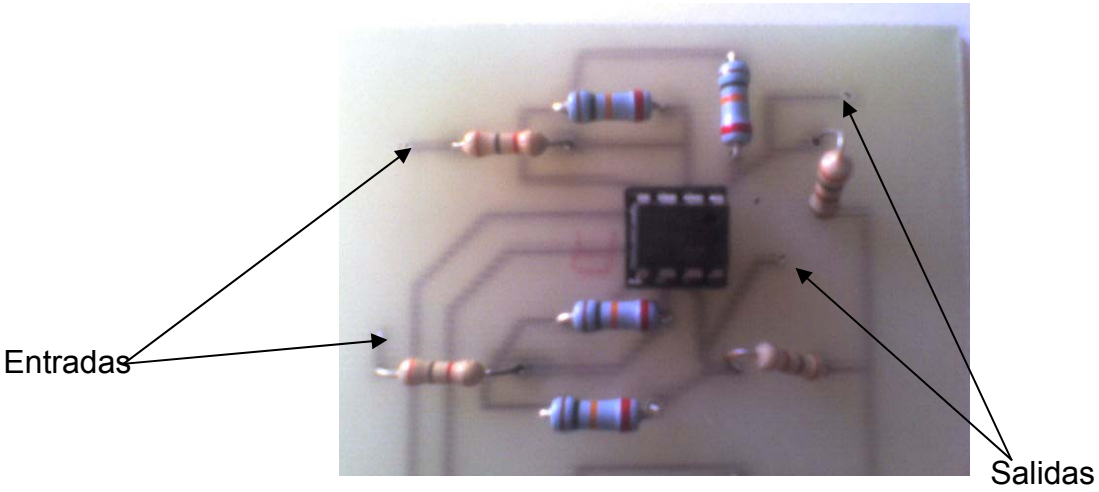


Figura 2.10b Convertidor tensión a corriente (tarjeta)

2.7.3 Convertidor corriente a tensión

Este convertidor se encarga de transformar una señal de corriente a un nivel de tensión medible el cual puede amplificarse o disminuirse dependiendo de las necesidades que se tengan, el convertidor es sencillo ya que consta de un solo amplificador operacional, mostrado en la figura 2.11a

En el recuadro de línea punteada se observa una fuente de corriente llamada i_s, que es generada por el convertidor tensión corriente la cual pasa por R_f para obtener un nivel de tensión ajustable por medio de esta resistencia dado por la siguiente expresión.

$$e_o = -i_s R_f$$

En la figura 2.11b se observa el diseño terminado para ambos convertidores los cuales se conectarán directamente con la interfase USB.

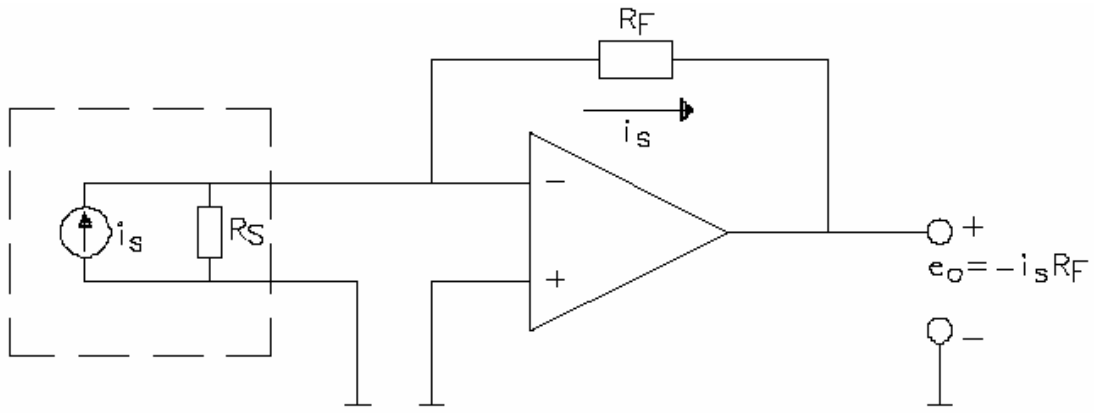


Figura 2.11a Convertidor corriente a tensión.

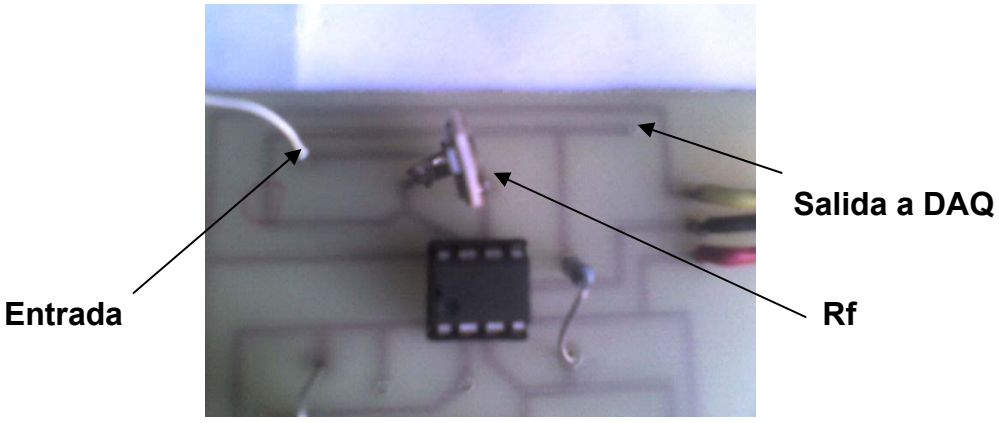


Figura 2.11b Convertidor corriente a tensión (tarjeta)

2.7.4 Pruebas Preliminares realizadas en laboratorio.

Algunas pruebas experimentales han sido realizadas en las instalaciones de la universidad Don Bosco para verificar las señales esperadas de los circuitos con ayuda de los instrumentos de medición, como el osciloscopio, el cual muestra la señal real de la carga. En la figura 2.12a se muestra una prueba que se le realizó al instrumento de medición de corriente, con una corriente en la carga resistiva (primario) de aproximadamente de 8.7 A y la salida del convertidor corriente – tensión de 1.463 Vac, con esta tensión alterna se introduciría a una entrada de la USB-6009 que mas adelante se detalla.

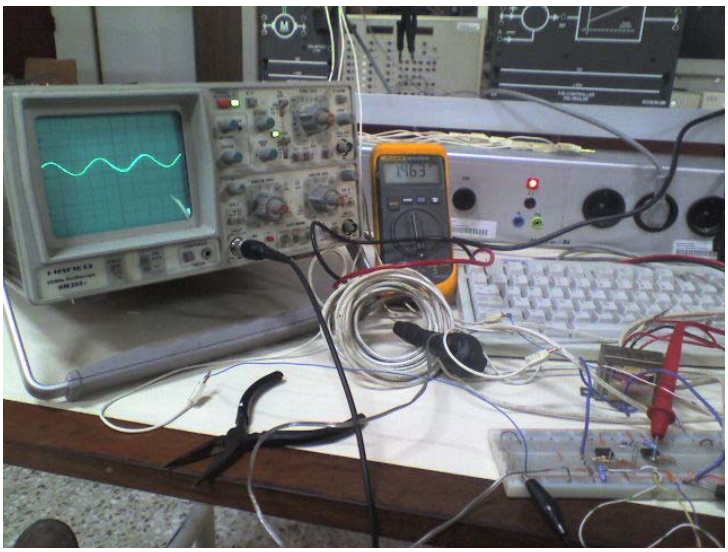


Figura 2.12a Pruebas eléctricas preliminares.

Para verificar la señal de corriente de una carga resistiva obtenida mediante el transformador de corriente, se analizó simultáneamente la corriente de la red también sobre una carga resistiva, mediante un sistema de adquisición de datos como el que se muestra en la figura 2.12b con entradas de señales analógicas que para el caso de una señal de corriente corresponde en la opción de +/-20 mA, con un servicio de 115Vac a 60Hz, se instala una resistencia de carga de 15kOhm x 2W con ello se tiene una corriente variable en el tiempo aproximadamente de +-5.4 mA rms, con un periodo de 16.66 ms por

ciclo que es equivalente a 60Hz, la cual puede ser observada en la PC como se muestra en la figura 2.12c, y también la señal obtenida por medio del osciloscopio del transformador de corriente se ve en la figura 2.12d, solamente que la amplitud no ha sufrido amplificación alguna, por lo que lo anterior demuestra que a partir de otros instrumentos de medición disponibles en el mercado, obtenemos resultados similares.

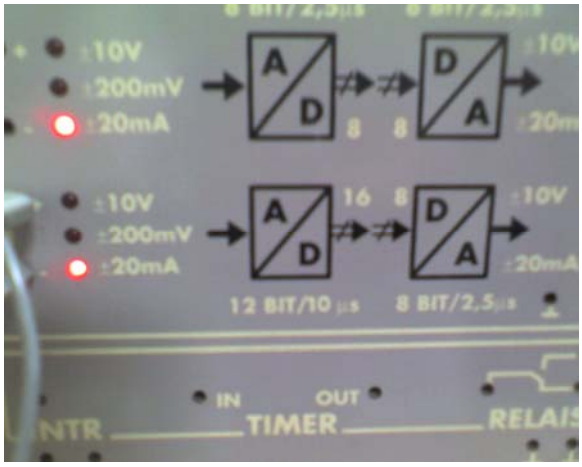


Figura 2.12b DAQ utilizada para comparación de señales

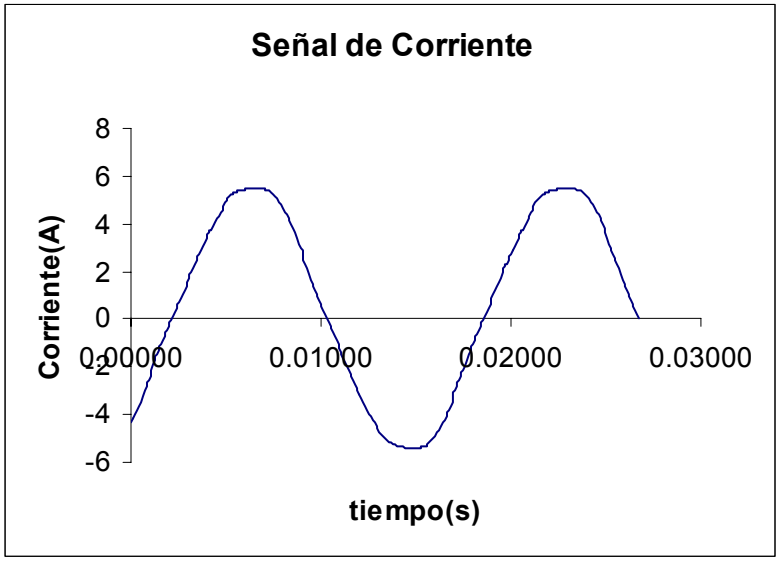


Figura 2.12c Grafica obtenida en base a datos del DAQ

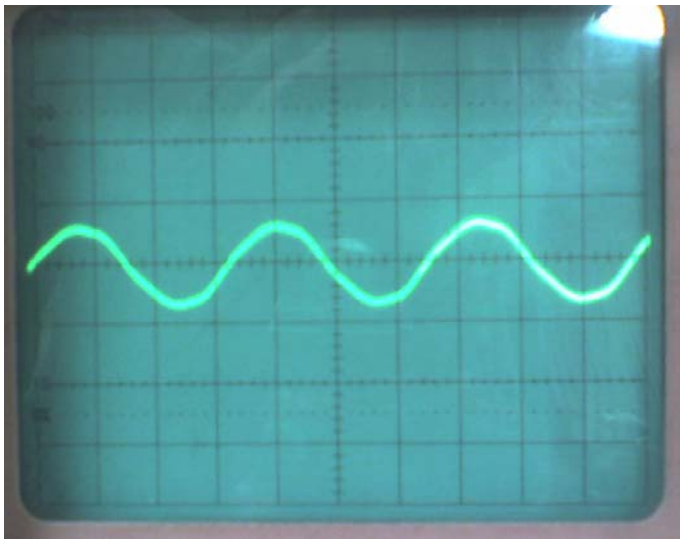


Figura 2.12d Señal de corriente en osciloscopio con 2V/div, 5ms/Div

La tabla 4 de valores ha sido obtenida mediante el DAQ**.**

Tiempo	Corriente	Tiempo	Corriente	Tiempo	Corriente
0.00000	-4.3	0.00290	1.39	0.00580	5.4
0.00010	-4.15	0.00300	1.56	0.00590	5.41
0.00020	-4	0.00310	1.75	0.00600	5.42
0.00030	-3.83	0.00320	1.93	0.00610	5.45
0.00040	-3.64	0.00330	2.11	0.00620	5.47
0.00050	-3.45	0.00340	2.31	0.00630	5.49
0.00060	-3.23	0.00350	2.5	0.00640	5.48
0.00070	-3.02	0.00360	2.68	0.00650	5.48
0.00080	-2.81	0.00370	2.87	0.00660	5.48
0.00090	-2.58	0.00380	3.06	0.00670	5.48
0.00100	-2.38	0.00390	3.24	0.00680	5.47
0.00110	-2.14	0.00400	3.42	0.00690	5.47
0.00120	-1.93	0.00410	3.61	0.00700	5.45
0.00130	-1.71	0.00420	3.75	0.00710	5.44
0.00140	-1.51	0.00430	3.91	0.00720	5.4
0.00150	-1.3	0.00440	4.06	0.00730	5.38
0.00160	-1.09	0.00450	4.2	0.00740	5.29
0.00170	-0.88	0.00460	4.34	0.00750	5.22
0.00180	-0.68	0.00470	4.46	0.00760	5.15
0.00190	-0.46	0.00480	4.59	0.00770	5.04
0.00200	-0.26	0.00490	4.93	0.00780	4.9
0.00210	-0.06	0.00500	5.01	0.00790	4.79
0.00220	0.13	0.00510	5.09	0.00800	4.65
0.00230	0.28	0.00520	5.14	0.00810	4.52
0.00240	0.48	0.00530	5.2	0.00820	4.37
0.00250	0.69	0.00540	5.26	0.00830	4.19
0.00260	0.84	0.00550	5.3	0.00840	4.01
0.00270	1.01	0.00560	5.34	0.00850	3.81
0.00280	1.2	0.00570	5.37	0.00860	3.6
				0.00870	3.39

Tabla 4. Datos obtenidos mediante la DAQ

El sistema tendrá tanto atributos como limitantes que a continuación se detallan, las limitantes que hemos considerado es debido a diversos aspectos principalmente de carácter económico.

2.8 Diseño de los transformadores de corriente

2.8.1. Cálculos teóricos para los transformadores de corriente

	cm
LARGO	5.7
ANCHO	4.7
GROSOR	0.8

$$L\arg o = (LARGO - GROSOR) * 2 - (ANCHO - GROSOR) * 2$$

Largo= 17.6 cm
Largo= 0.176 m Longitud media

AREA(cm)	0.64
AREA(m)	0.000064

Numero de vueltas en el primario 1

Para una corriente de 10 Amp en el primario

Res. 4 Ohm (carga)

Numero de vueltas del secundario 500

$$H = \frac{(Nprimario * corriente_primario)}{l\arg o(m)}$$

H 56.81818182 A-t/m

$$\phi = B * Area(m)$$

Por grafica se obtiene (ver figura A):

B 0.22 T

ϕ =0.00001408 Wb

μ =0.003872 Fem = 10 A-t

Corriente = 0.02 Amp.

Reluctancia R=710227.2727 **Volt = 0.08 V**

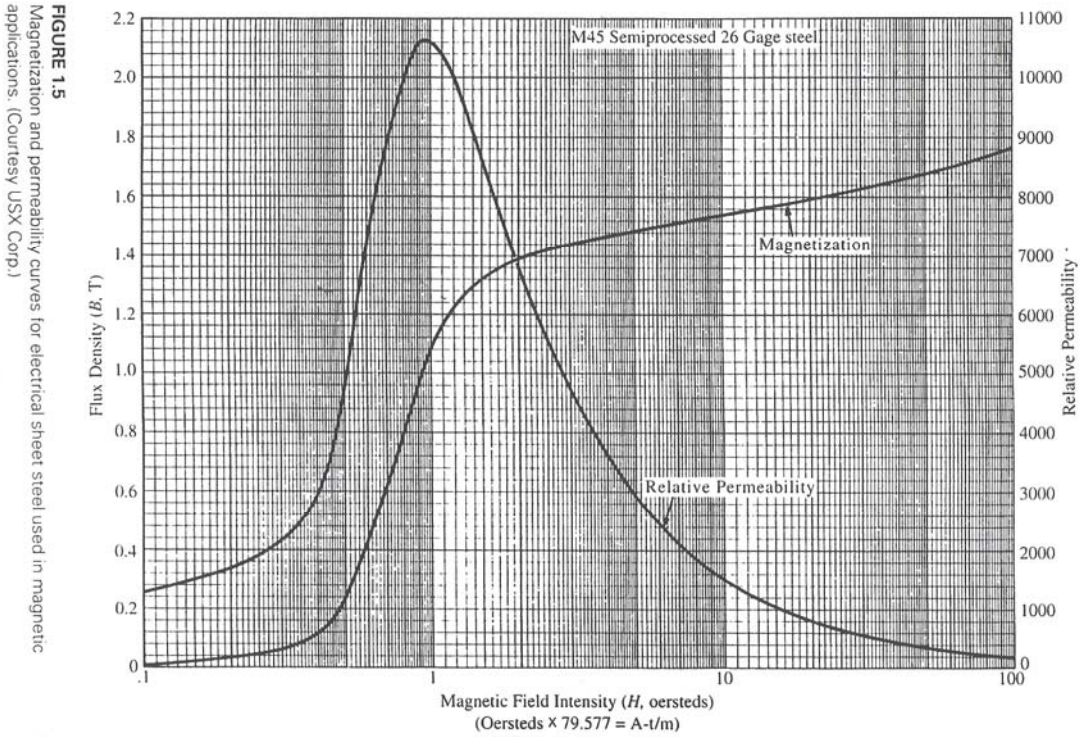


Figura A. Curva de magnetización para el Acero al silicio y permeabilidad relativa[4]

De acuerdo a la corriente de salida del transformador de corriente que en el caso es de 0.02A para aproximadamente 10 Amperios, se consideró utilizar un cable calibre 20 que soportaría las corrientes de operación.

La fabricación de los dispositivos de medición de corriente, se baso en el principio de funcionamiento de los amperímetros ya conocidos en el mercado, los clamp-on llamados también amperímetros de gancho.

[4] Obtenida de Electric Machines, Autor: Hubert, Charles, Editorial Prentice Hall

El transformador de corriente posee una trayectoria cerrada, es decir que no posee apertura y cierre para la colocación del cable, si no mas bien el cable se introduce en este, induciendo un campo el cual provoca una tensión inducida, el núcleo posee las características de propias de un material ferromagnético el cual esta hecho de acero al silicio de grano orientado, con ello se tiene un rápido flujo magnético, en la figura 2.13 se muestra las laminas utilizadas en la fabricación del núcleo y en la tabla 5 se observa las dimensiones del nucleo.

Dimensiones de láminas

		m
Largo	A	0.057
Ancho	B	0.047
Grosor	C*	0.008

* Distancia perpendicular a la hoja (profundidad)

Tabla 5 Dimensiones del núcleo para TC.

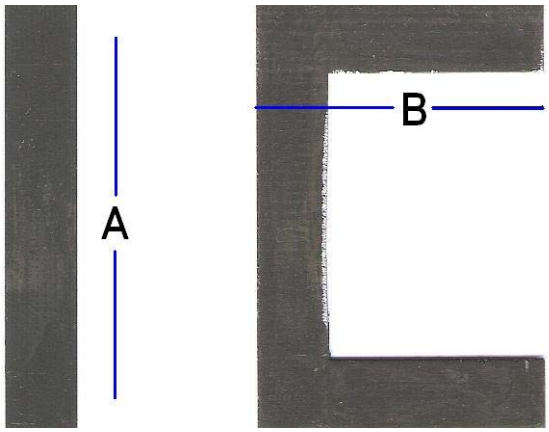


Figura 2.13 Laminas en C I de acero al silicio de grano orientado.

Cada transformador de medida de corriente posee 17 láminas tipo “C” y 17 láminas tipo “I” cuyo grosor de las laminas es aproximadamente de 0.47mm, a continuación se detalla el principio del armado del núcleo, las láminas son colocadas una sobre otra tal como se muestra en la figura 2.14

Figura 2.14 Colocación de las láminas

Seguidamente se construyeron las ocho bobinas que serán utilizadas, estas están formadas cada una por 500 vueltas de conductor de cobre esmaltado número 28, y cuyo carrete esta fabricado de PVC rígido, ya que posee excelentes características de aislamiento, resistencia mecánica, durabilidad, economía, etc. la bobina del TC puede observarse en la figura 2.15

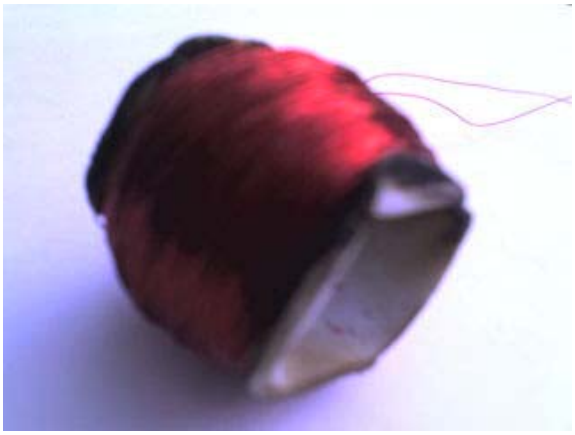


Figura 2.15 Bobina del transformador de medida de corriente

Cuando se ha finalizado de construir todas las bobinas y los núcleos, se procede a colocar la bobina en un brazo del núcleo ferromagnético de tal manera que quede ajustado mecánicamente, para reducir vibraciones que puedan dañar o producir lecturas falsas.

El transformador en esta etapa puede apreciarse en la figura 2.16, las tres cintas de color negro serán eliminadas ya que son colocadas solamente para sostener las laminas temporalmente, ya que luego se le colocará una cinta protectora.

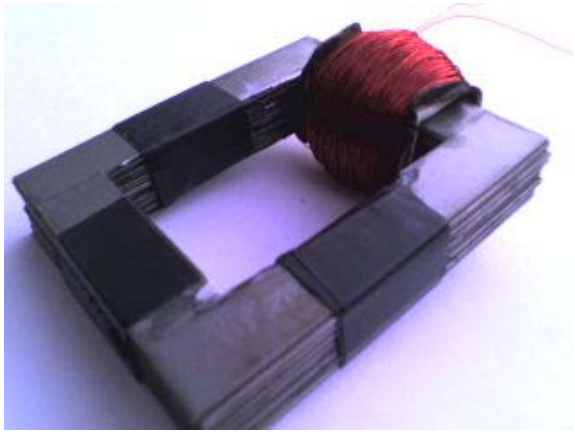


Figura 2.16 Núcleo y bobina

Para realizar el aislamiento externo del medidor de corriente, se necesitó un forro que tuviera características generales de protección, la función de éste es tener la capacidad de soportar altas temperaturas y conseguir un buen aislamiento eléctrico y desde luego la durabilidad. En la tabla 6 se muestra el tipo de cinta usado.

	3M $S\cot ch^{TM}$ 23
Tipo de cinta	Cinta de goma para juntas(Rubber Splicing Tape)
Tipo de material de construcción	EPR (Ethylene Propylene Polymers)
Características	Alta tensión Adhesivo a la mayoría de metales o plásticos Aislamiento eléctrico Puede soportar temperaturas de hasta 130ºC

Tabla 6. Características de cinta de envoltura para núcleo.

En la figura 2.17 podemos observar uno de los medidores de corriente ya terminados que utilizaremos en el proyecto.

Figura 2.17 Medidor de TC finalizado.

El la tabla 7 se muestran valores de tensión obtenidos a partir de valores de corriente, determinados experimentalmente en laboratorio, el nivel de voltaje se obtiene entre las terminales de una resistencia de 3kOhm. Posteriormente se obtiene su respectiva curva de saturación que servirá para realizar una parte del programa en labVIEW.

2.8.2 Curva de saturación del transformador de corriente

La figura 2.18 muestra la curva que se obtuvo a partir de generar diferentes valores corriente a través del medidor de corriente, estos valores van desde 1 A hasta aproximadamente 55 A, los cuales generan una tensión inducida en la resistencia de carga de 0.086 V a 0.28V respectivamente.

$$R_{carga} = 4Ohm$$

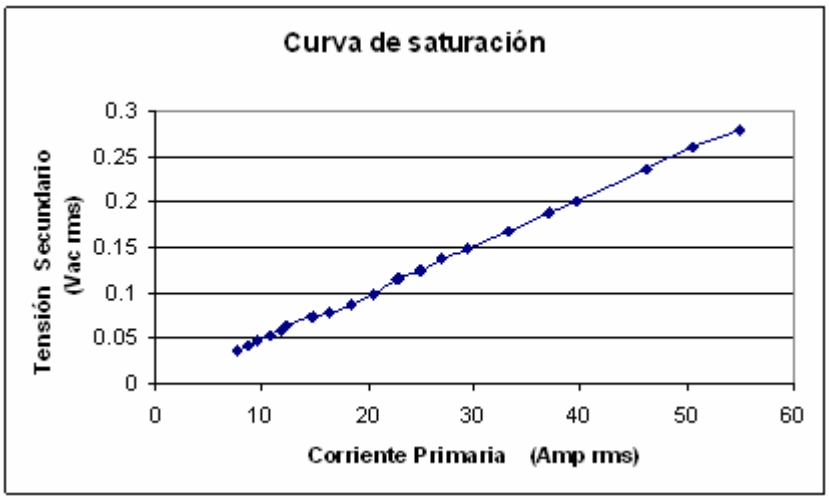


Figura 2.18 Curva de saturación del transformador de corriente

Corriente (A rms)	Voltaje (Vac rms)
7.7	0.036
8.7	0.042
9.7	0.047
10.8	0.053
11.8	0.059
12.4	0.063
14.7	0.073
16.3	0.076
18.4	0.086
20.6	0.098
22.6	0.114
22.9	0.116
24.8	0.123
25.1	0.124
26.9	0.136
29.3	0.148
33.2	0.167
37.1	0.188
39.7	0.201
46.2	0.237
50.6	0.261
55	0.279

Tabla 7. Valores de la curva de saturación

2.8.3 Características de los transformadores de tensión

En la figura 2.19 se muestra el núcleo ferromagnético del transformador de voltaje, ambas bobinas (primaria y secundaria) están ubicadas alrededor del brazo central, por lo que todas las líneas de flujo magnético generadas por la bobina primaria atraviesan la bobina secundaria y por lo que su relación de transformación esta dada por la siguiente ecuación.

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s}$$

Donde $\frac{N_p}{N_s}$ es la relación de transformación

Los detalles constructivos de los transformadores se muestran en las tablas 8,9 y10 respectivamente.

Transformador de tensión	Tensión AC
tensión nominal del primario	115V
tensión nominal del secundario	5V

Tabla 8 Valores nominales de transformador de tensión.

Bobinas	Número de vueltas
primaria	600
secundaria	27
Relación de transformación	22

Tabla 9 Números de vueltas de bobinas y relación de transformación de los transformadores de tensión.

Núcleo (figura)	M
A	0.035
B	0.028
C	0.012
Longitud media	0.126

Tabla 10 Medidas de los transformadores de tensión.

El transformador utilizado para monitorear la tensión de cada una de las tres fases, mostrado en la figura 2.20 fue obtenido en los centros de venta de equipos electrónicos en el país, ya que sus características tanto mecánicas como eléctricas eran las mas idóneas para el diseño del proyecto.

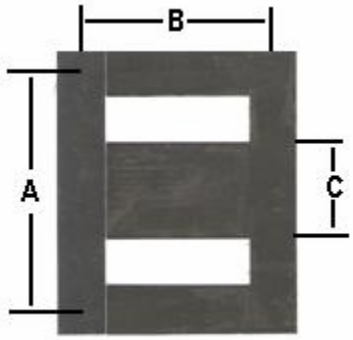


Figura 2.19 Núcleo ferromagnético del transformador de tensión

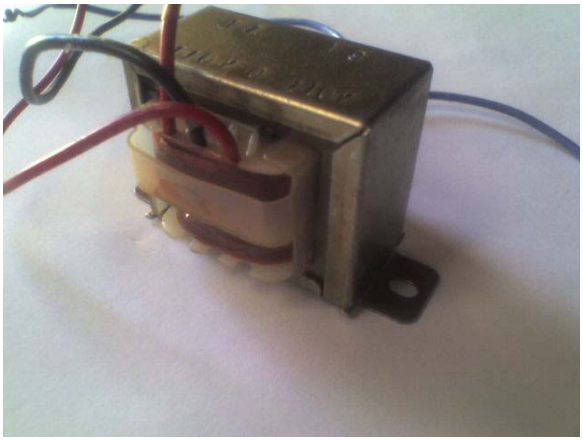


Figura 2.20 Transformador de tensión

2.9 Curva de relación de transformación

A partir de pruebas que se le realizaron al transformador se obtuvo una serie de datos mostrados en la tabla 11, que se utilizarán para la obtención de la curva de relación de transformación (figura 2.21) que define la tensión secundaria en función de la tensión primaria, por ello el programa captará los niveles de tensión desde 0Vac como mínimo y 10 Vac como máximo, y luego deberá interpretarlos y mostrarlos como niveles de tensión reales de la red.

Tensión Aplicada al Primario (V)	Tensión en el secundario (V)
5	0.032
10	0.201
15	0.376
20	0.54
25	0.71
30	0.877
35	1.057
40	1.223
45	1.391
50	1.556
55	1.737
60	1.89
65	2.05
70	2.23
75	2.38
80	2.63
85	2.8
90	3
95	3.3
100	3.45
105	3.65
110	3.85
115	4.03
120	4.2
125	4.38
130	4.56
135	4.75
140	4.9
145	5.08
150	5.25
155	5.43
160	5.58
165	5.7
170	5.78
175	5.95
180	6.12
185	6.3
190	6.47
195	6.64
200	6.79
205	6.98
210	7.17
215	7.34
220	7.52

Tabla 11 Valores de curva de relación de transformación

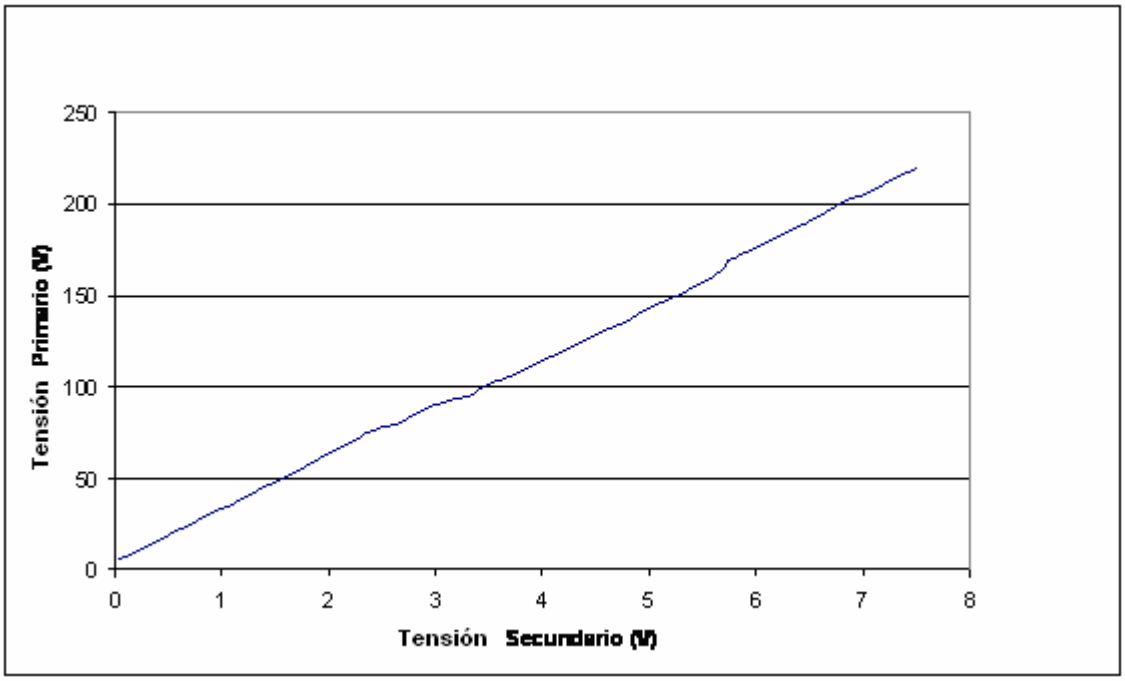


Figura 2.21 Curva de relación de transformación

2.10 Simulaciones realizadas

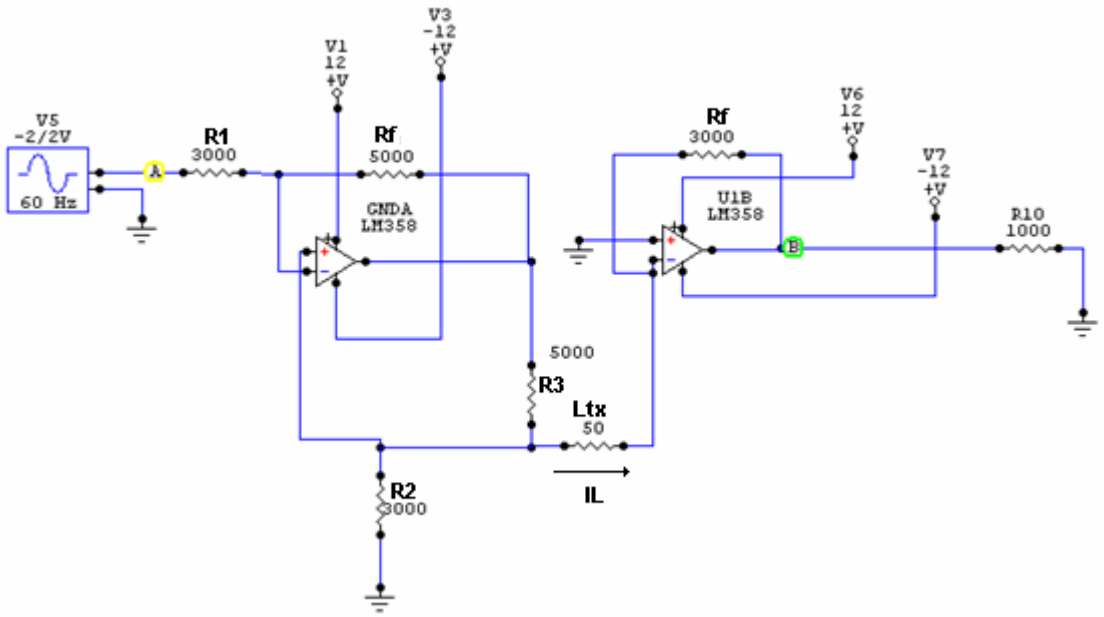


Figura 2.22 Circuito Acondicionador

En la figura 2.22 se observa que tal como se mencionó, en el circuito se cumple la relación $\frac{R_3}{R_2} = \frac{R_f}{R_1}$; por tal configuración el amplificador operacional de la izquierda se comporta como un convertidor tensión-corriente; es decir convierte un nivel de tensión en una corriente IL, la cual depende tanto de la tensión de entrada como del valor de la R2; dicha corriente no modificara su magnitud a través del medio de comunicación que en este caso seria la línea de transmisión que la llamaremos (Ltx), representada así misma como una resistencia de 50 ohmios para esta simulación, permitiendo tener en el operacional de la derecha de la figura 2.22, la misma cantidad de corriente que a la entrada, y el cual actúa como un convertidor corriente-tensión; gracias al arreglo de resistencias es posible convertir esa corriente en un nivel de tensión el cual se puede variar a partir de que valor tome el potenciómetro Rf, a través de este proceso no importa la distancia a la que se encuentren los sensores de medición y el sistema receptor.

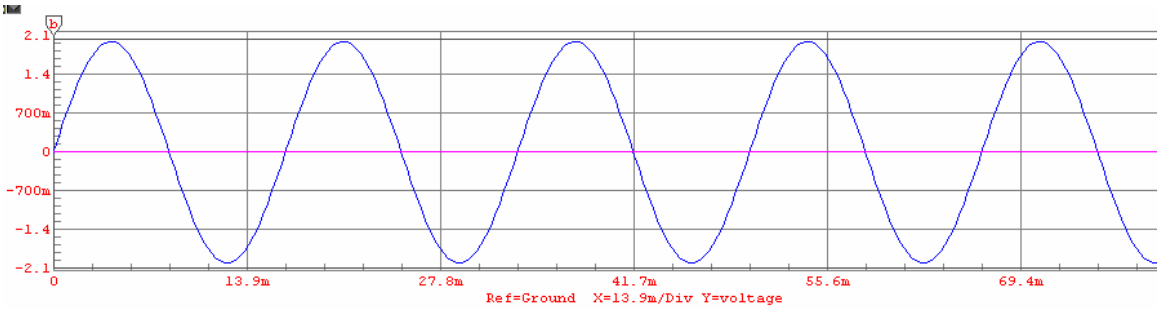


Figura 2.22a Señal de entrada

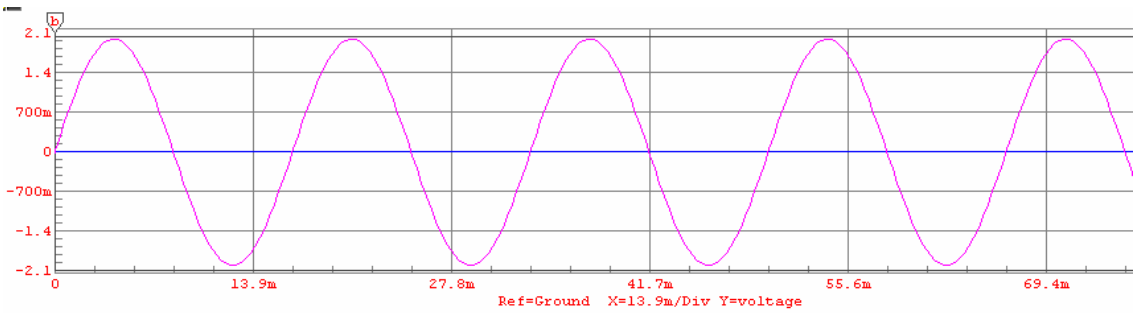


Figura 2.22b Señal de salida

En la figura 2.22 se muestran dos puntos de medición, A y B; los cuales representan los lugares en donde se toman las mediciones y se observa que la impedancia de transmisión para este caso fue de 50 ohmios siendo este un valor supuesto que pueda tomar la línea de transmisión, que es como que si tuviéramos 1 Km. de cable con una resistividad por unidad de longitud de 0.05 Ohm/m y por lo cual dependerá de la distancia que tome el tramo de línea, Luego en la figura 2.22a y figura 2.22b se muestra la señal de entrada como la de la salida respectivamente, se observa claramente que es similar la señal de corriente en ambos puntos (A y B); siendo esto lo deseado para la realización del sistema que se implementara.

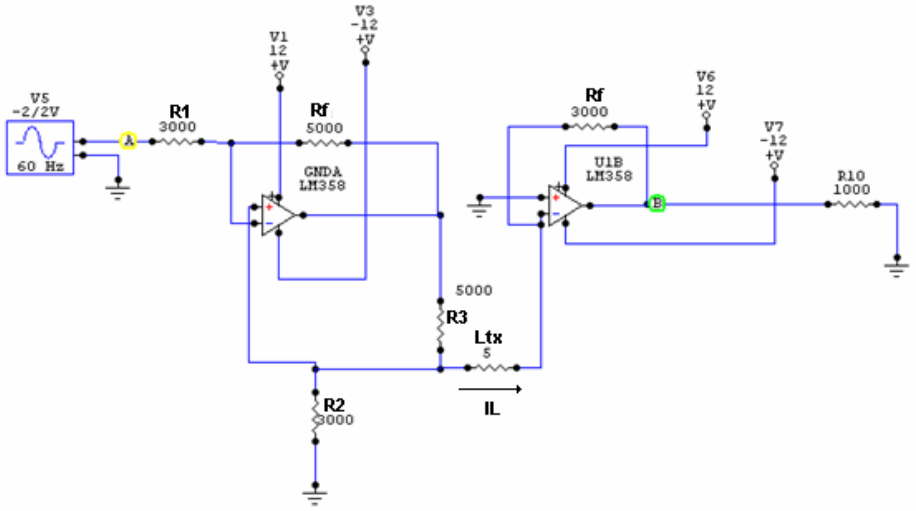


Figura 2.23 Convertidor de voltaje a corriente

En la figura 2.23 se muestra una segunda simulación donde se mantienen los mismos valores de resistencia excepto la de transmisión, la misma magnitud se voltaje de entrada que para el primer caso, la diferencia esta en el valor que ahora tiene la línea de transmisión, para este caso consideramos de 5 ohmios, lo cual físicamente representaría que el tramo de línea es mucho mas corto que en el primer caso que seria unos 100 m a 0.05Ohm/m , los puntos de medición de corriente se mantienen.

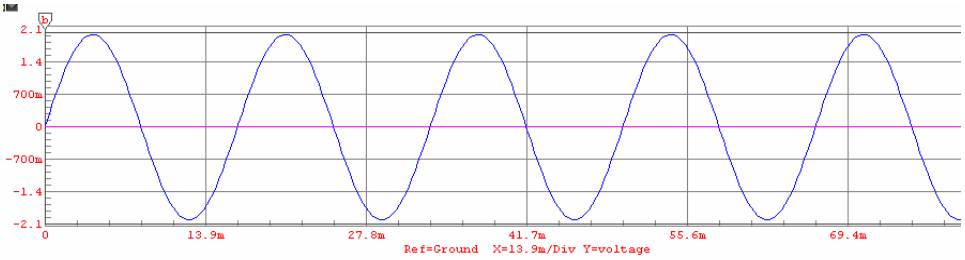


Figura 2.23a Señal de Entrada.

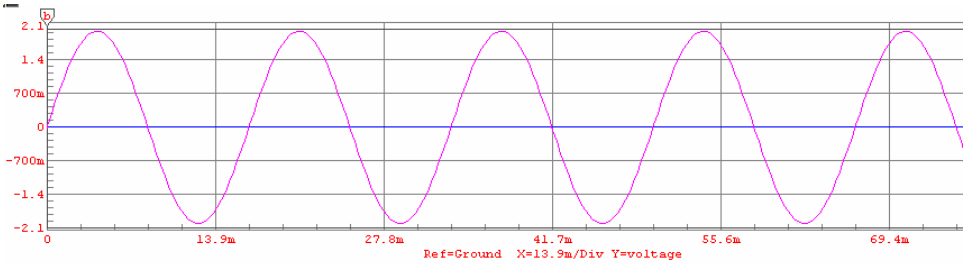


Figura 2.23b Señal de Salida.

Luego de realizar la simulación se observa en la figura 2.23a y 2.23b que tanto la magnitud como la frecuencia no sufren cambio alguno.

2.11 Diseño del circuito impreso

Los diseños de los circuitos impresos se realizaron con ayuda del software Eagle versión 4.0, el impreso del convertidor tensión- corriente se observa en la figura 2.24, el convertidor corriente-tensión en la figura 2.25, y ubicación de transformadores de tensión en la figura 2.26

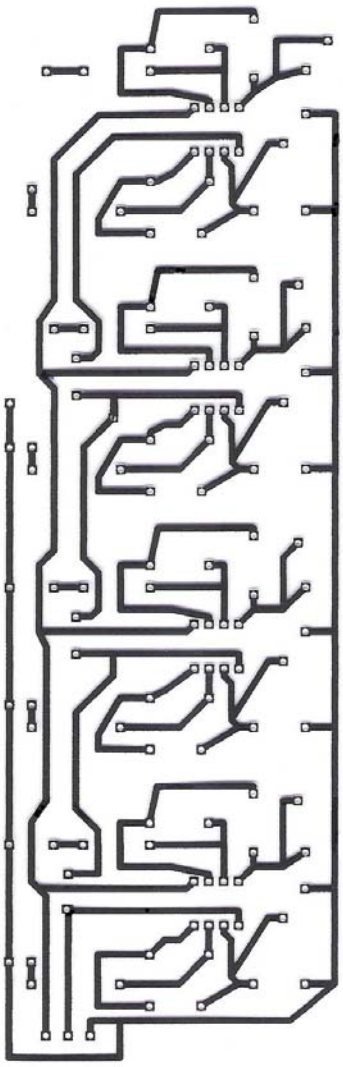


Figura 2.24
Convertidor tensión-Corriente

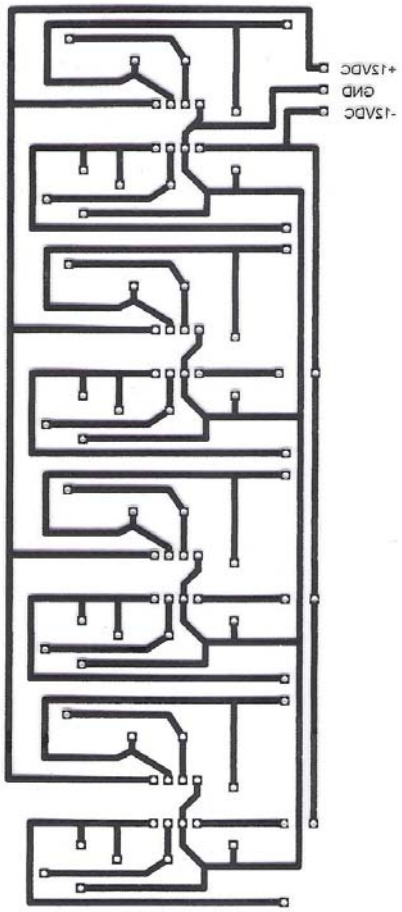


Figura 2.25
Convertidor Corriente- tensión

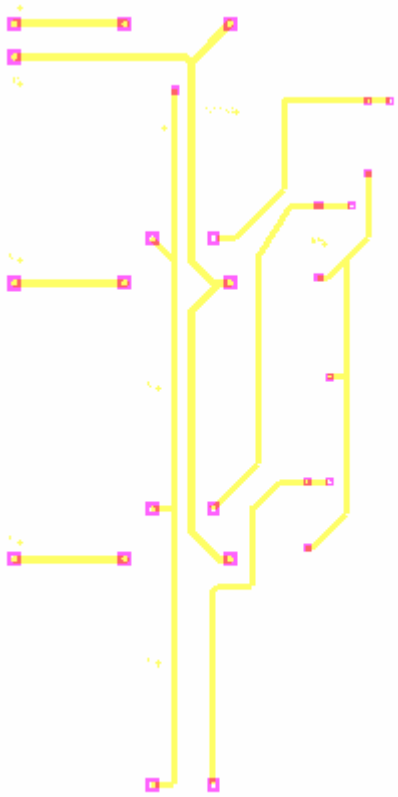


Figura 2.26 Circuito impreso para transformadores de tensión

En la figura 2.27 se muestra el diagrama general de todo el sistema y sus dispositivos que lo componen. El sistema a analizar será estrella neutro aterrizado y no se podrá monitorear un sistema delta ya que este no posee neutro y los transformadores de tensión del proyecto tienen una conexión en estrella. Además se requeriría modificar el código fuente del software

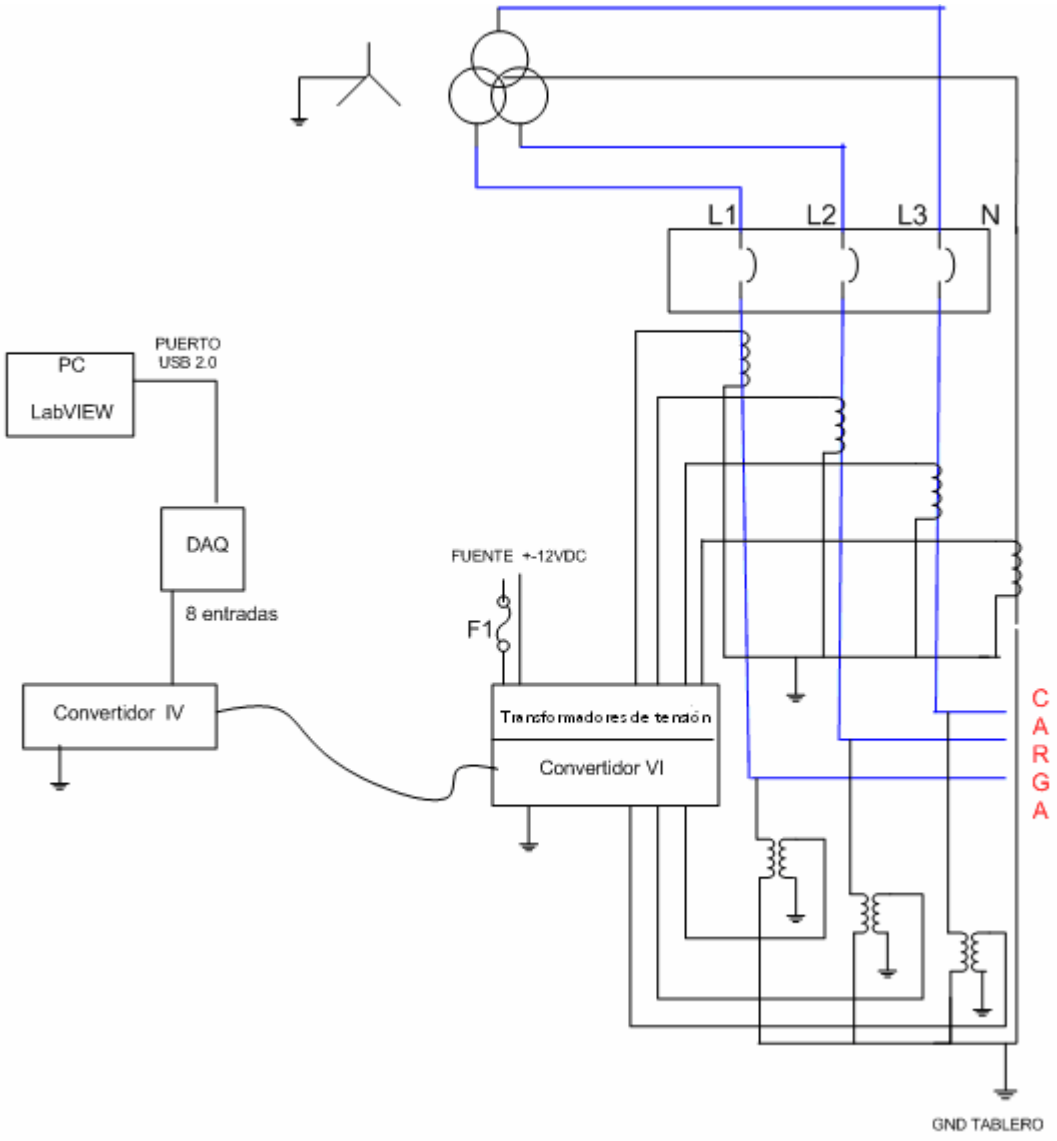


Figura 2.27 Diagrama eléctrico del sistema

En lo que se refiere a energía eléctrica, los equipos de medición existentes se basan en diversos métodos de adquisición y procesamiento de datos para determinar parámetros mucho más complejos e importantes, tales como factor de potencia, potencia real, potencia reactiva, etc.

Aunque la forma de proceso de información es particular para cada dispositivo de medición o sistema de monitoreo, todos convergen en que los parámetros eléctricos que se miden o censan son básicamente dos, los cuales son: *Tensión y Corriente;* a partir de ellos a través de subrutinas pre-definidas en el dispositivo de medición o instrumento virtual se llegan a los anteriormente mencionados.

Nuestro proyecto esta enfocado inicialmente como un sistema de monitoreo, el cual mostrará los parámetros eléctricos mas importantes como formas de onda, niveles de voltaje y corriente, así como detección de fallas. El instrumento virtual esta realizado en labVIEW, un software de aplicación que posee un lenguaje de programación (lenguaje G) bastante amigable con el usuario o programador, comparado con otros es relativamente mucho más fácil debido a que no esta basado en líneas de textos.

Una vez teniendo la posibilidad de monitorear tanto tensión como corriente las posibilidades de expansión del sistema para calcular más parámetros, o expansión del mismo teniendo la capacidad de comunicación con otras PC depende básicamente del programador; es decir las limitantes de expansión de aplicaciones del sistema gracias a labVIEW depende exclusivamente de la capacidad de programación del usuario y de la habilidad que este posea para realizar dicha tarea.

2.12 Lugar donde se implementara el proyecto.

Para hacer creíble la funcionalidad del proyecto desarrollado en el presente trabajo de graduación será necesario la prueba del mismo; el lugar establecido para dicha prueba ha sido escogido gracias a la accesibilidad que se tiene del mismo así como también por las diversas ventajas y herramientas que este nos ofrece para la realización de la misma. El lugar se encuentra ubicado en las instalaciones de la Universidad Don Bosco, específicamente en el edificio número

cuatro del CITT en el salón de electrotecnia, se utilizara un panel de trabajo en el cual se implementaran dos tableros eléctricos, los cuales estarán alimentados de las mesas de trabajo que el lugar dispone; esto se hará simulando tableros que dependan directamente de las líneas de alimentación del tablero principal del lugar; a dichos tableros se conectaran cargas con el fin de ver en el instrumento virtual los parámetros eléctricos principales. Además se tiene un diagrama vista en planta de un salón del edificio 4 del citt, este plano se puede modificar según sea la planta o industria.

2.13 El sistema de respaldo

Los sistemas SCADA, así como los sistemas de monitoreo utilizados en la industria deben ser muy eficientes, de hecho la finalidad de los mismos es evitar y prevenir posibles fallas, por tal motivo se espera que el sistema falle. Generalmente existe un sistema respaldo, que está encargado de evitar que en caso de una falla imprevista el sistema colapse, la tarea es ya sea estar guardando constantemente los datos importantes de la computadora principal o bien actuar como una fuente de energía alternativa en caso de una pérdida de la fuente principal del sistema.

Nuestro proyecto por ser un sistema prototipo aunque sabemos de la importancia de un sistema de respaldo, lo único que se ha considerado es el tener un sistema de respaldo de energía en caso de la pérdida de ésta; es decir un UPS, además de el hecho que periódicamente el sistema guardará los datos más importantes recabados e imprimirá informes de estos si el operador así lo desea. Por lo que no involucraría una PC extra como respaldo.

2.14 Costos del proyecto.

Los costos por unidad de supervisión con DAQ se muestran es tabla 12.

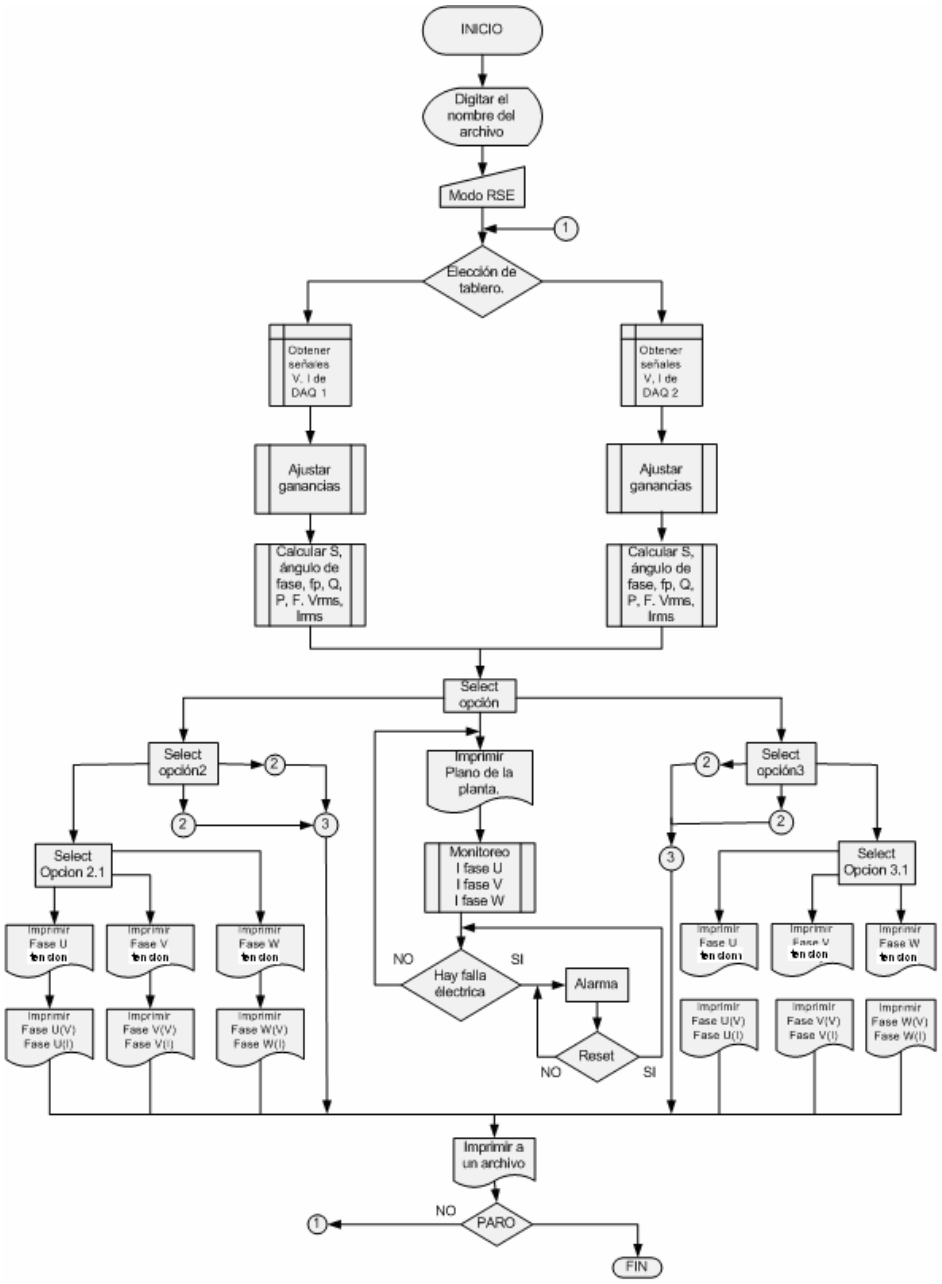
Dispositivo	Cantidad	Precio actual por unidad	Total
LM358	8	$0.53	$ 4.24
R-10KOhm	14	$0.30	$ 4.20
R-3Kohm	3	$0.30	$ 0.9
R-500 Ohm	16	$0.30	$4.80
R-5 Ohm	4	$0.30	$ 1.20
R-1Kohm	7	$0.30	$2.1
R-20Kohm var	3	$0.50	$ 1.50
R-50Kohm var	4	$0.50	$ 2.0
Transformador de voltaje 115/6V	3	$3.29	$ 9.87
Cinchas plásticas	30	$0.08	$2.40
Cajas metálicas	2	$15 dos	$15
Indicador a 12V	2	$0.90	$1.80
Porta fusibles	4	$1.15	$4.60
Borneras	4	$1.25	$5
Bases para IC	8	$0.20	$1.60
Conectores plásticos p/tub	3	$1.25	$3.75
Conductor esmaltado #28AWG	100m	0.04$/m	$ 4
Conductor de 2 hilos #20 (gris)	10m	0.20$/m	$ 2
Cinta de goma aislante 3M $S\cot ch^{TM}$ 23	1	$4.50	$ 4.50

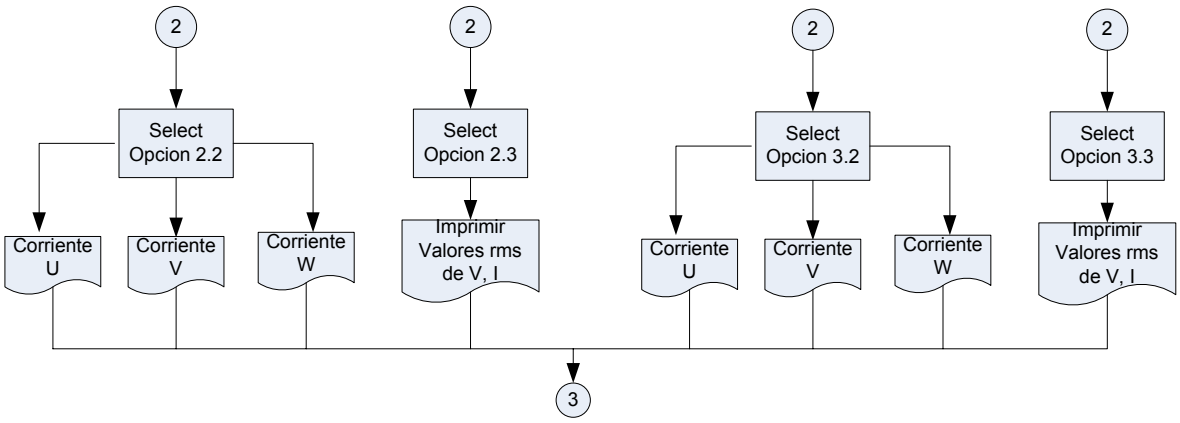
Tarjeta de cobre	15cmx10cm	$20	$ 20
Quemado de tarjetas		$15	$15
DAQmx USB6008		$150	$150
		SUB-TOTAL	**$260.46**
		MANO DE OBRA	**$50**
		TOTAL	**$ 310.46**

Tabla 12 Costos por unidad

CAPITULO III

3.1 Algoritmo de programación.




2
Select Opcion 2.2
Corriente U
Corriente V
Corriente W
2
Select Opcion 2.3
Imprimir Valores rms de V, I
2
Select Opcion 3.2
Corriente U
Corriente V
Corriente W
2
Select Opcion 3.3
Imprimir Valores rms de V, I
3

3.2 Programa en labVIEW.

3.2.1 Secuencia del programa en labVIEW.

El programa realizado en labVIEW para el monitoreo de dos tableros ha sido desarrollado de tal manera que al momento de la ejecución, esto se haga de una manera secuencial, realizando las tareas más importantes al inició tales como la adquisición de datos, modificación de señales a través de ganancias.

A continuación se presenta la secuencia en la que se ejecuta el programa:

3.2.2 Adquisición de señales*:*

Cuando se ejecuta el programa la etapa que se encarga de seleccionar las señales que son adquiridas por los diferentes medidores de tensión y corriente en los tableros que se monitorean es el selector I/O donde se selecciona que interfase se usa por el Dev1/ai0 o Dev2/aio tablero 1 y tablero 2, luego cada entrada en modo RSE entra a un sub.VI llamado DAQmx Create Virtual Channel, que se utiliza para crear siete canales virtuales para poder luego obtener señales individuales por separado, estos subVI se deben conectar en serie para tenerlos mutuamente conectados. Luego esta conexión se introduce por el subVI llamado DAQmx Start Task en el cual inicia un task/ channel in, para poder modificar el número de muestras de las señales adquiridas y posteriormente entra a otro subVI llamado DAQmx Read el cual captura las siete señales de forma analógica y múltiples muestras, esta forma de adquisición se observa en la figura 3.1

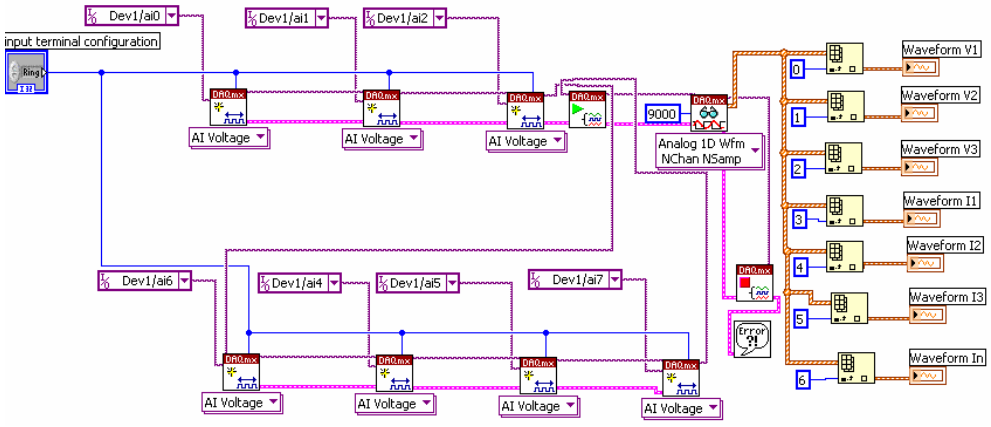


Figura 3.1 Adquisición de señales.

3.2.3 Acople de Señales mediante ganancias.

Para que el sistema opere correctamente, es decir que las mediciones sean congruentes con las reales existen varias etapas que se ejecutan secuencialmente una después de la otra en las que tanto las señales de tensión como las de corriente se adquieren previamente, éstas pasan a través de un arreglo operaciones aritméticas, las cuales tienen el objetivo de brindarle una ganancia con el fin de poder modificar los valores rms de las mediciones, dichas operaciones fueron calculadas previamente por los programadores mediante cálculos y pruebas de laboratorio, en la misma estructura secuencial para reducir espacio en memoria, además de la visualización en pantalla de los parámetros calculados en forma de medidores numéricos, así como también de barras. Se recalca que existe una etapa de acople para cada canal de medición que se utiliza en todo el sistema. En la figura 3.2 se muestra la estructura secuencial de ajustes de ganancias.

Para ejemplo de muestra están las señales de tensión de la fase V tanto para el primer tablero (Waveform V2) como el segundo tablero (waveform V22), las cuales son sometidas al proceso descrito.

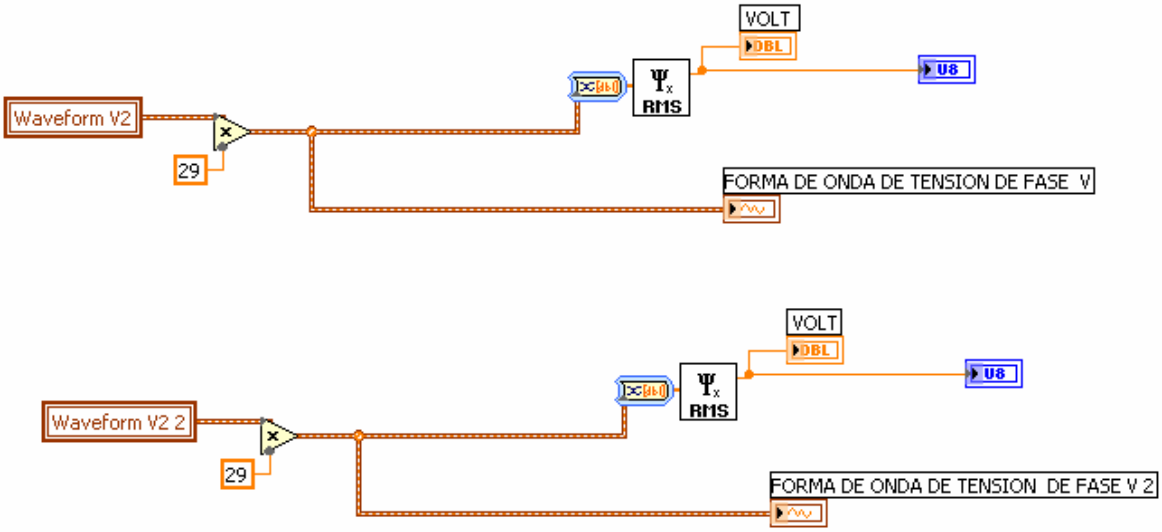


Figura 3.2 Ajustes de ganancias

3.2.4 Determinación de Potencias y Factor de potencia.

Una vez adquiridas las señales y habiéndolas acopladas mediante ganancias, ahora el sistema ya es capaz de realizar cálculos, siguiendo el orden secuencial del que se ha hablado el sistema ahora procederá a realizar algunos de los cálculos más importantes como lo son las potencias (real, reactiva, aparente) y el factor de potencia para cada uno de los tableros.

En un sistema SCADA generalmente se lleva un constante monitoreo de aquellos parámetros que se consideran más importantes; estos pueden variar, y ello depende de la aplicación para la cual se está utilizando el sistema de monitoreo.

Además de observar niveles de tensión y corrientes, formas de onda de cada una de las tres fases que se monitorearan en cada tablero se tiene un control de la potencia real, potencia reactiva, potencia aparente y factor de potencia, cada una de las anteriores es parte del triángulo de potencia como se logra observar en la figura 3.3 y que no se podía pasar por alto.

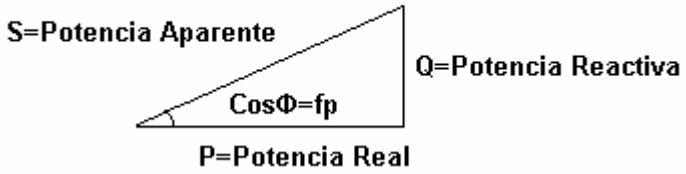


Figura 3.3 Triángulo de potencias

Con la ayuda de algunos subs VI´s que fueron diseñados exclusivamente para el cálculo de éstas variables el programa logro simplificarse, el proceso de cálculo se explica a continuación.

La parte de cálculo de los diferentes valores de potencia de acuerdo a las señales de entrada es realizado por la siguiente estructura secuencial en labVIEW, en la figura 3.4 se muestra las entradas de tensión y corriente de la fase U, y se encuentran los sub. VI´s que calculan los valores de potencia activa, reactiva, aparente y frecuencia, finalmente están los medidores que se observan en el panel frontal.

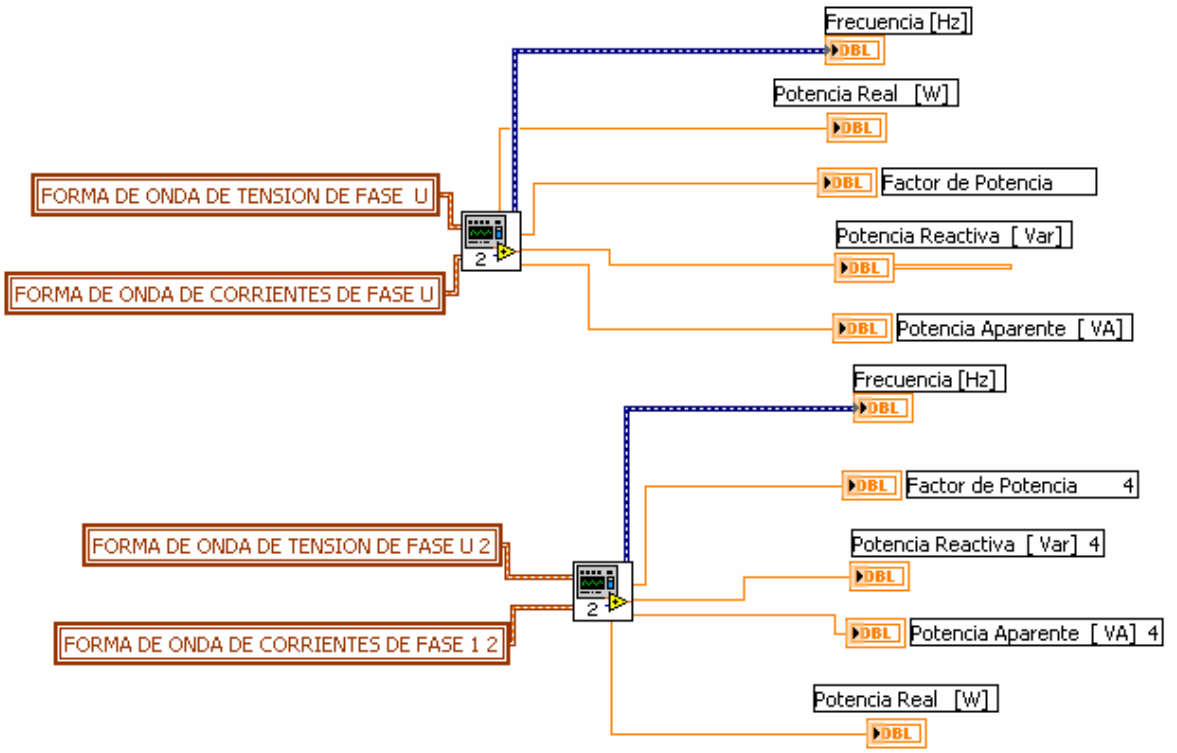


Figura 3.4 Diagrama de bloques para calculo de potencias

El subVI(2) que se encarga del cálculo de cada uno de los parámetros se muestra a continuación en la figura 3.5:

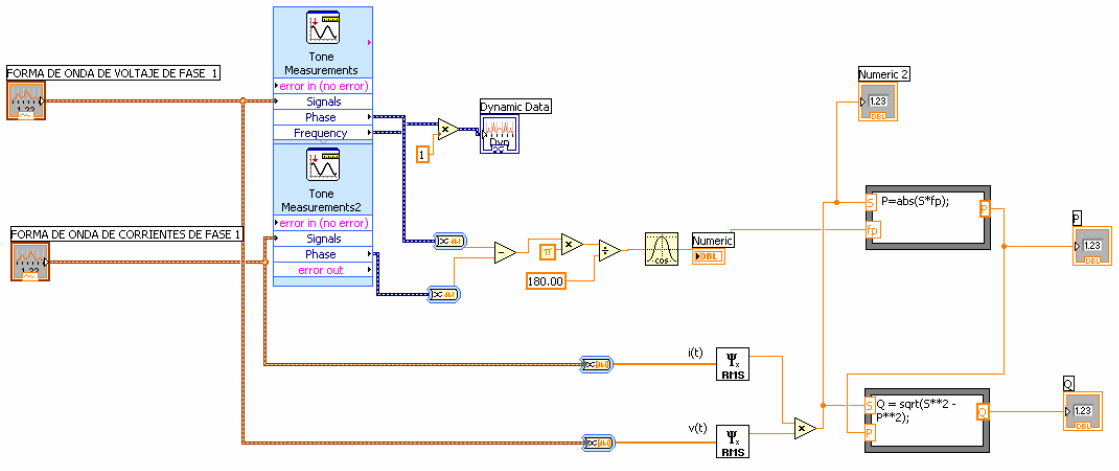


Figura 3.5 subVI para el calculo de potencias

3.2.5 Cálculo de Potencia Aparente:

Según el triangulo de potencia representa la hipotenusa del mismo y generalmente esta compuesta por una parte real y una imaginaria, así: S=*P+jQ.*

Existen varias formas para calcular matemáticamente dicho parámetro, para nuestro caso optamos del siguiente por conveniencia:

$$S = V(t)_{rms} I(t)_{rms}$$

El sub. VI utilizado para dicho cálculo fue creado a partir de conocimientos adquiridos de programación en labVIEW, dentro del mismo se encuentra el segmento que calcula la potencia aparente, el cual toma las señales de tensión y corriente adquiridas las acopla a un tipo float, luego se calcula al valor rms de éstas, para finalmente hacer el producto de ambas dando por resultado lo esperado. Lo que se describió anteriormente se puede apreciar en la figura 3.6.

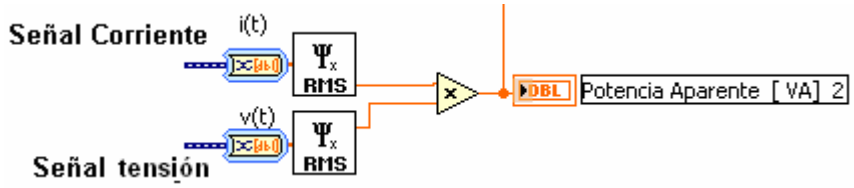


Figura 3.6 Calculo de la potencia aparente

3.2.6 Cálculo del Factor de Potencia:

Uno de los parámetros eléctricos más importantes es el factor de potencia, en el triángulo de potencia está representado como el coseno del ángulo de abertura que existe entre la potencia reactiva y la potencia real, se considera importante porque es el ángulo de separación que existe entre la señal de tensión y la de corriente, en las industrias es el que siempre se debe estar monitoreando ya que un factor de potencia bajo en las empresas ocasionan sanciones de parte de las distribuidoras de energía.

Para el cálculo de este parámetro se debe hacer uso de la señal de corriente y tensión correspondientes a la misma fase.

Para nuestro caso se hizo mediante un detector de fase que tiene diversas aplicaciones en labVIEW, una de ellas es determinar el ángulo de fase de dos señales con respecto a un valor inicial y también el mostrar la frecuencia de las señales, teniendo los dos defases se aplica una resta, el resultado de esta se muestra en radianes, por tanto es convertido a grados a través de una multiplicación con la constante *pi* luego dividido entre 180 que representa en este caso el factor de conversión.

Finalmente se le aplica el coseno para presentarlo en el medidor numérico, y ser utilizado para obtener la potencia activa y reactiva.

Los cuatro parámetros mencionados forman parte de un solo subVI, es decir aunque se han presentado por separado, el cálculo de cada uno de ellos está íntimamente relacionado con el otro.

Lo descrito anteriormente que se refiere al factor de potencia se muestra en la figura 3.7.

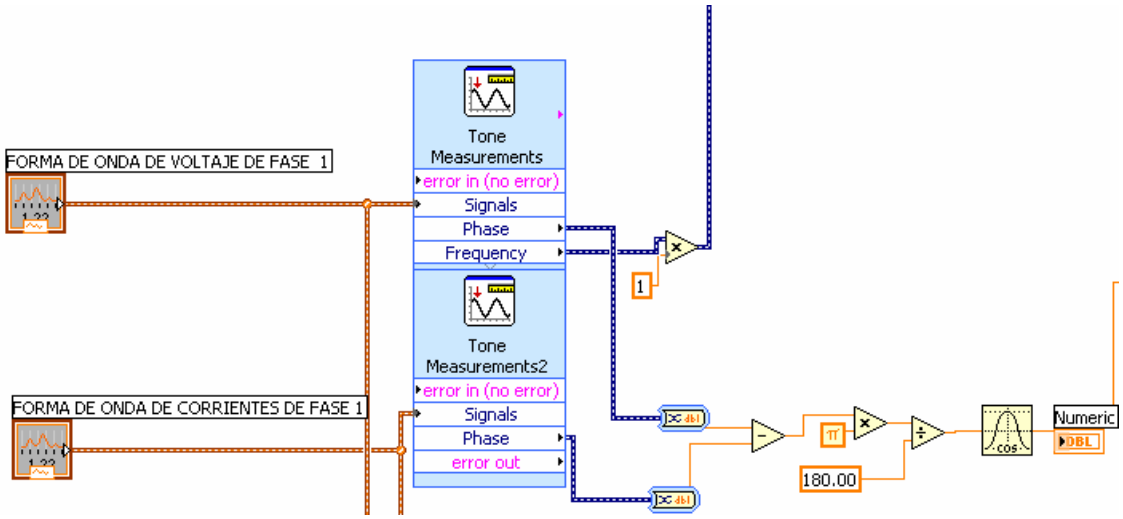


Figura 3.7 obtención del desfase de señales

3.2.7 Cálculo de Potencia Real

En el triangulo de potencia representa el adyacente al ángulo, y como definición se puede entender que es la potencia que es aprovechada en un cien por ciento ya sea por un dispositivo, en el caso de un generador es la que este puede proporcionar para ser transformada por otro dispositivo completamente en trabajo efectivo, de la misma manera que el ítem anterior existen varias formas para el calculo de la magnitud de ésta, entre las que podemos mencionar: $P = V_{rms} I_{rms}$,, $P = I_{rms}{}^{2} .R$. Para nuestro caso se opta por otra para calcular de una manera diferente, la cual es: $P = abs(S * fp).$

Donde: P= Potencia real.

S= Potencia aparente.

fp= Factor de potencia.

abs= devuelve el valor absoluto de la variable

Dentro del sub.VI creado para el cálculo de las potencias se incluyó esta fórmula de manera tal que los parámetros necesarios para la obtención de dicha variable son calculados de diferente manera y predispuesto en el nodo de fórmulas, que permite la evaluación de operaciones matemáticas; en la figura 3.8 se observa el nodo de fórmula del que se habla.

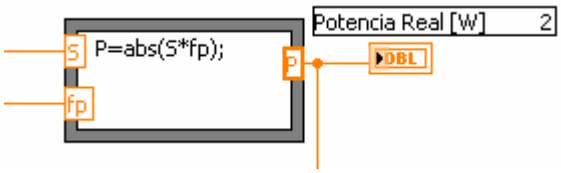


Figura 3.8 Operación matemática para obtener la potencia real

3.2.8 Cálculo de Potencia Reactiva:

En el triangulo de potencia está representada como el opuesto al ángulo, y es la que se necesita para poder transportar la potencia activa; es decir es inherente a ésta, de tal manera que sin la presencia de reactivos sería imposible el transportar la energía de un lado a otro, por ejemplo en las generadoras cuando la tensión de la línea de transmisión o distribución esta decayendo, generalmente se pide que se incremente el número de reactivos, claro hasta cierto límite porque el producir este tipo de potencia sobrepasando los estándares hace que se disminuya la vida útil de los generadores.

La forma de cálculo de este parámetro para nuestro caso se hizo de la siguiente manera:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

De la misma manera que en el caso anterior se utilizó dentro del subVI un nodo de fórmula, en el cual se encuentra la expresión anterior, como se observa para el cálculo se necesita tanto la potencia activa como la potencia aparente, las cuales son calculadas previamente y provienen de señales que se generan dentro del mismo subVI; en la figura 3.9 se muestra la parte descrita, en ella se muestra que luego del cálculo de la magnitud de la potencia reactiva, ésta es presentada en un indicador, en este caso numérico, que tiene por nombre potencia reactiva[Var] 2.

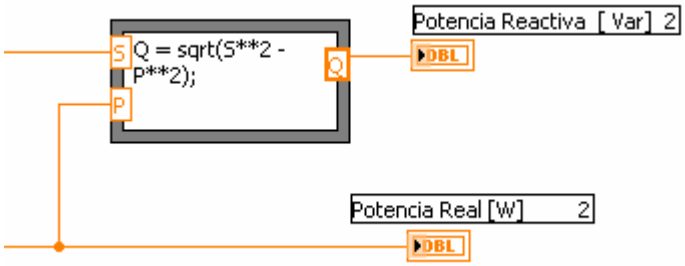


Figura 3.9 Operación matemática para la obtención de la potencia reactiva

3.2.9 Determinación de Fallas.

Según el orden de ejecución del programa establecido, se consideró que según las secuencia mencionada la siguiente parte que actuaría sería la que se menciona en este apartado: *determinación de fallas.*

El programa realizado es capaz de detectar cuando ocurre una alta corriente en el sistema el cual está monitoreando, además de distinguir de que tipo se trata; específicamente si es una falla monofásica, bifásica ó trifásica, el origen de la falla no es lo importante, si no el hecho de detectarla; para realizar esto se hizo uso del diagrama de bloque que se muestra en la figura 3.10, el cual a su vez hace uso de las variables locales, tema que ha sido abordado anteriormente.

Se puede observar como son utilizadas las formas de corriente de cada una de las respectivas fases, siendo la adquisición de señales parte fundamental para el funcionamiento de la parte en mención. Estas señales son aprovechadas para realizar diversas rutinas, una de ellas el presentar siempre activa la señal de OK ambas zonas mientras no se presente una falla (operación normal). Además de detectar de que tipo de falla se trata es decir monofásica, bifásica o trifásica, así como también crear varios lazos cuyo objetivo principal es el de dejar activados los indicadores de fallas hasta que se le de un reset al sistema.

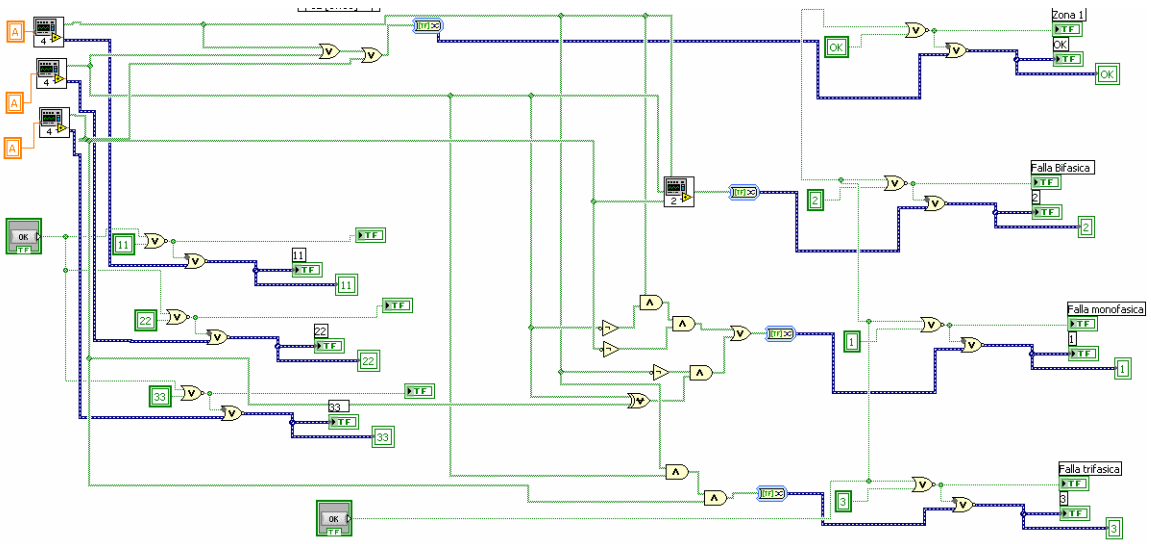


Figura 3.10 Detección de fallas

3.2.10 Creación de Reportes.

Como una de las últimas secuencias que realiza el programa es la escritura de datos de variables eléctricas en un archivo que puede ser visualizado en una hoja de cálculo como Excel, la razón es que para realizar dicha tarea se necesita que el sistema tuviese calculados todos los parámetros importantes que se deseaba guardar en un archivo, los cuales iban estar disponibles hasta ejecutar la mayoría las estructuras presentadas. El tiempo de escritura de los datos depende el periodo que se desee, este tiempo se ajusta en segundos dentro del programa en el icono de "Elapsed Time". El diagrama de bloques que se realizó se presenta en la figura 3.11

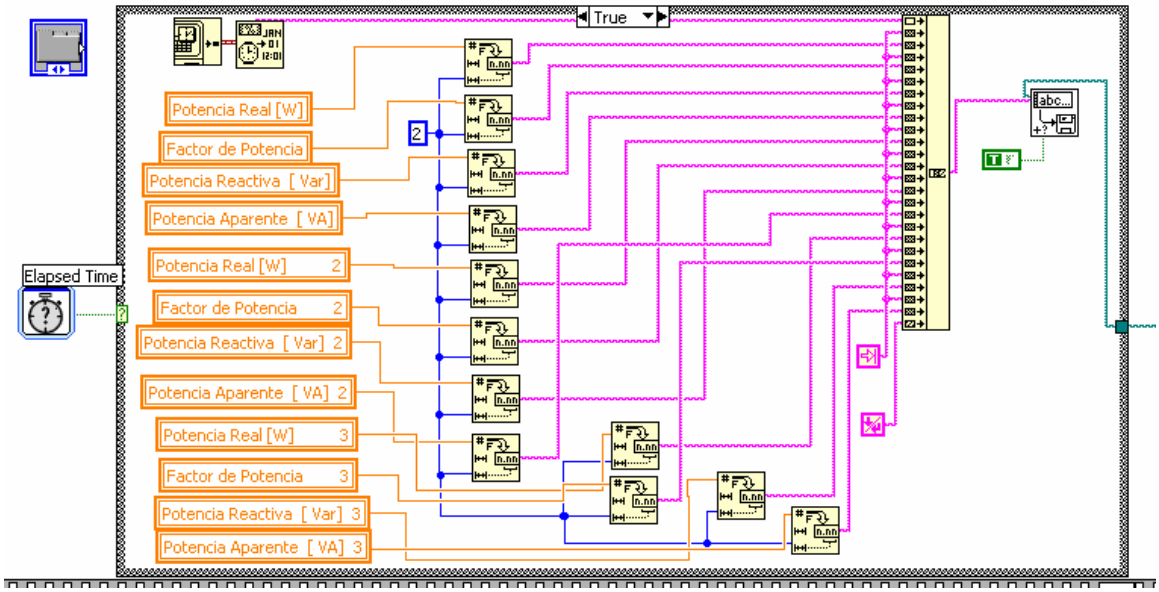


Figura 3.11 Elaboración de reporte

3.2.11 LabVIEW en Windows Vista.

La nueva versión de LabVIEW 8.2.1 posee la capacidad de poderse ejecutar bajo la plataforma de Windows Vista, también nuevos drivers para el hardware de 32 y 64 bits con soporte para las versiones de 32 y 64 bits de Windows Vista.

Además de Windows Vista, LabVIEW 8.2.1 continúa soportando Windows XP y Windows 2000, así como Mac OS X y Linux®.

3.3 Manual de usuario

Monitoreo de redes eléctricas de baja tensión en ***Y****.*

Modelo VCP-1.0

1. Instrucciones básicas
2. Características generales
3. Instalación y puesta en marcha.
4. Funcionamiento.
5. Ajustes de parámetros.
6. Características técnicas
7. Mantenimiento.

3.3.1 Instrucciones básicas

El sistema de monitoreo para redes eléctricas en la mayoría de los casos no es capaz de evitar una falla pero en caso de que esta ocurra permitirá detectarla rápidamente, así como brindar información importante de la misma para su corrección, tal como la ubicación. Para que opere correctamente, el mismo, requiere que se utilice bajo condiciones que deben tenerse en cuenta como las siguientes.

- Mantener una temperatura ambiental adecuada. 20ºC- 35º C.
- Instalar el dispositivo bajo techo, nunca colocarlo a la intemperie.
- Evitar la exposición a la humedad, polvo, etc.
- Periódicamente proporcionarle mantenimiento, tal como limpieza y verificación del buen estado de los dispositivos que lo conforman.
- En caso de desperfectos de la unidad, permitir el mantenimiento del mismo solamente a personal cualificado.
- No obviar alguna señal que el mismo proporcione indicando que algo esta funcionando mal en su sistema, por ejemplo un recalentamiento fuera de lo normal.

- No exceder una tensión de entrada por mucho tiempo, además de no exceder sus valores nominales de operación.
- Verificar que la fuente de alimentación que requiere sea la adecuada y este operando correctamente.
- Mantener alejado de personas que podrían ocasionarle algún desperfecto, tales como niños.
- El dispositivo una vez puesto en marcha no presenta mayor calentamiento, pero para evitar desperfectos se requiere mantenerlo alejado de fuentes de calor.

3.3.2. Características generales.

Dentro de las características generales del dispositivo tenemos sus dimensiones, las cuales se especifican a continuación; en la figura 3.12 se observan las dimensiones físicas de la unidad que se encarga de recibir las señales que proporcionan los sensores.

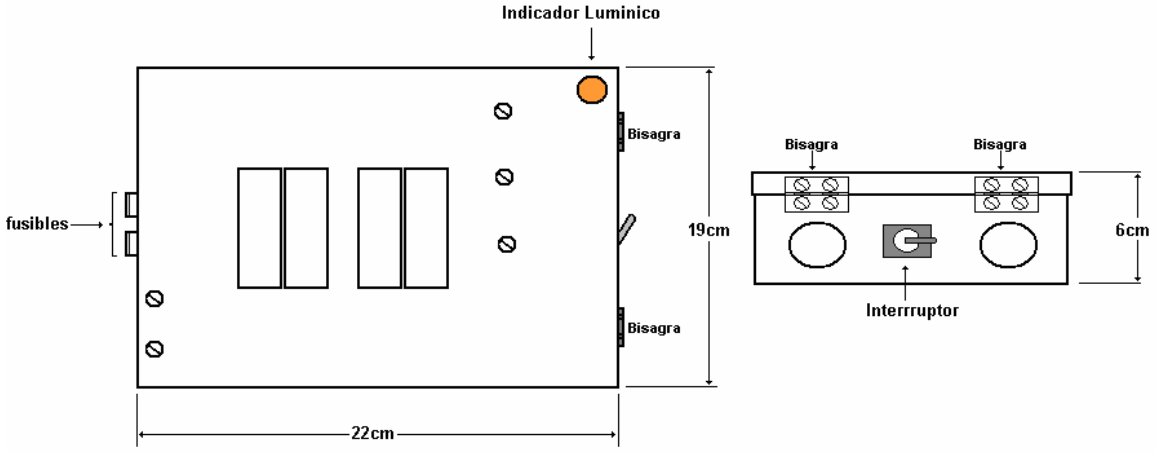


Figura 3.12 Data Box A

La siguiente etapa, encargada de recibir y acoplar las señales provenientes del primer dispositivo se muestran a continuación en la figura 3.13

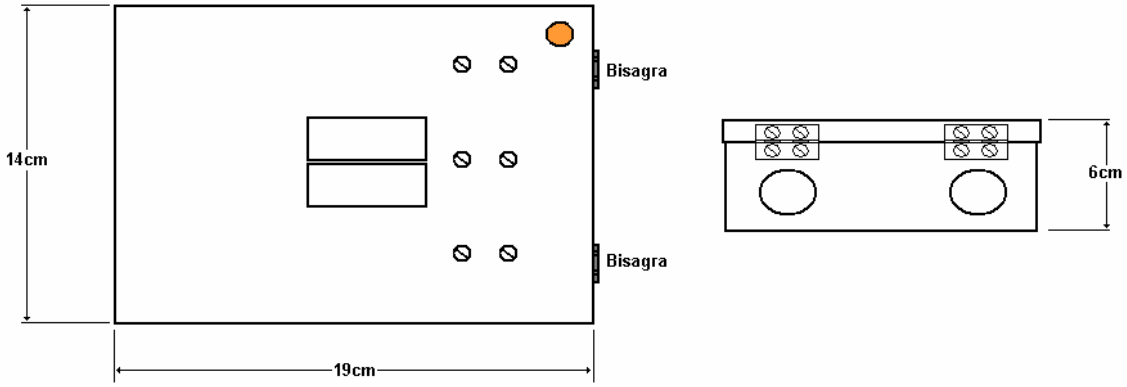


Figura 3.13 Data Box B

Cada unidad, ya sea la que transmite las diferentes señales de los medidores, posee internamente borneras, el uso de éstas es sumamente importante para un dispositivo como el VCP-1.0, la razón es que de esta manera se vuelve mucho mas práctico la solución de un problema, la instalación, o aislamiento del dispositivo; en la figura 3.14 se muestra la bornera correspondiente a la etapa de adquisición de señales provenientes del exterior, específicamente de los tableros que estarán en constante monitoreo.

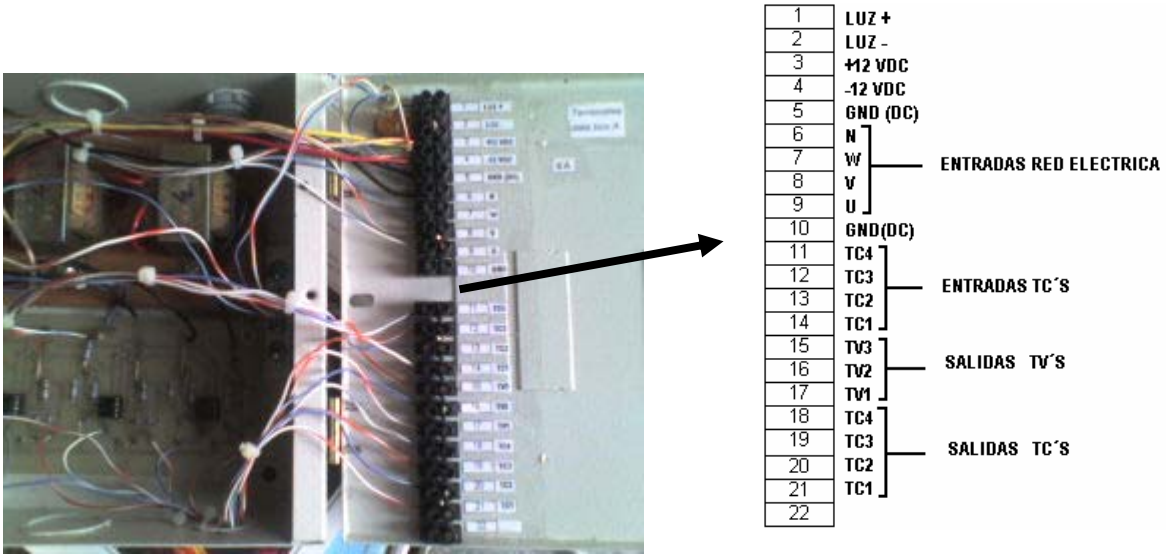


Figura 3.14 Numeración de Borneras en Data Box A

Se observa la distribución de las diferentes señales, algunas de salida, otras de entrada, alimentación del dispositivo, luces indicadoras y otras que se dejan libres para futuras actualizaciones del sistema.

Las que están indicadas con las iniciales TC, corresponden a las entradas de los transformadores de corrientes, encargados de monitorear la misma en cada fase, de la misma manera están marcadas las salidas que van directo al circuito. Las que corresponden a las iniciales TV se refieren a las señales relacionadas con medición de tensión, que van directo al circuito, y las entradas de tensión de la red eléctrica están indicadas con U V W y neutro N. Las entradas de alimentación de corriente directa, así como las luces indicadoras del sistema.

La bornera correspondiente al circuito de recepción ubicado cerca de la interfase y de la PC se observa en la figura 3.15.

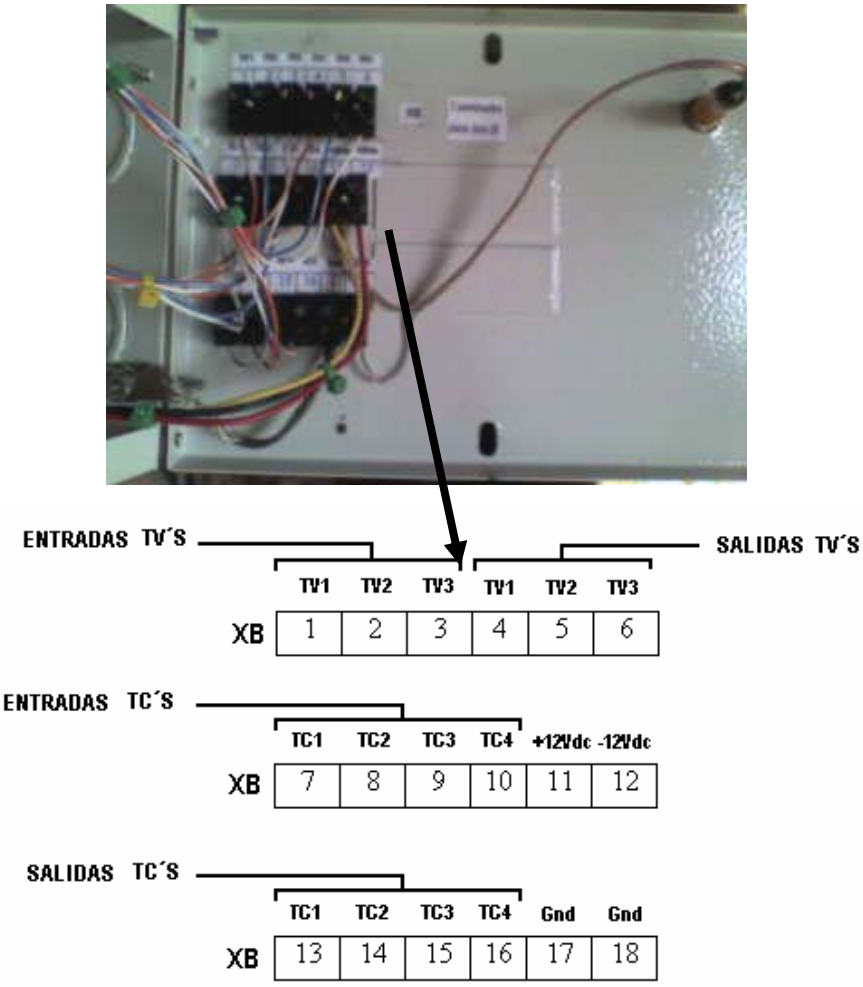


Figura 3.15 Numeración de bornera en Data Box B

Las primeras tres han sido asignadas para las señales correspondientes al tensión de cada fase, cuya información proviene del data box A; las siguientes son las salidas de dichas señales que van al circuito, los siguientes cuatro espacios han sido asignados a la bornera para recibir las señales de corriente de cada fase y neutro, los siguientes dos espacios se utilizan para alimentación continuando con los siguientes cuatro que son las mismas señales de corriente, pero estas ya van directamente a la tarjeta electrónica.

Finalmente en la figura 3.16 se muestran las dimensiones físicas de la interfase USB 6008/6009, después de esta parte sigue la computadora, la cual sus dimensiones y características pueden variar de acuerdo al modelo y tipo de esta que se este utilizando.

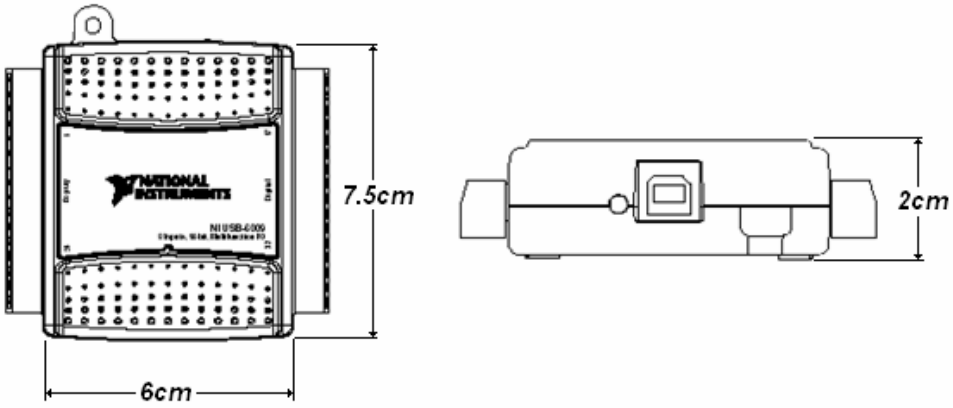


Figura 3.16 Dimensiones de la USB-6008/9

3.3.3. Instalación y puesta en marcha.

Para la instalación del VCP-1.0 primero se debe identificar el lugar idóneo donde se colocara tanto el data box A como el data box B dicho lugar debe estar libre de humedad, con una temperatura ambiente que no sobrepase los límites especificados en este manual y sobre una superficie rígida, una vez hecho esto se debe proceder al montaje, el cual deberá realizarse por personal cualificado. Además de verificar cuidadosamente las conexiones en ambas cajas A y B, con ayuda de los planos eléctricos presentados.

Identifique las 3 fases de la red eléctrica si es un sistema trifásico, que aplica para el sistema presentado, para identificarlas se debe observar los colores de las cintas establecidas que se entienden de la siguiente manera.

COLOR DE CINTA	FASE
Amarillo	U
Rojo	V
Azul	W
Verde	Neutro a tierra

La conexión utilizada para la toma de tensión de la red se utiliza cables previamente identificados como se muestra en la figura 3.17

Figura 3.17 Identificador de cables de fases

Además se identifica de la misma manera los medidores de corriente que deben coincidir con la misma fase de tensión para obtener un lectura de potencia correcta y verificar el sentido de flujo de corriente entrante donde se encuentra marcado. Esto se observa en la figura 3.18 y 3.19 respectivamente.

Figura 3.18 TC´s 3 fases y neutro.

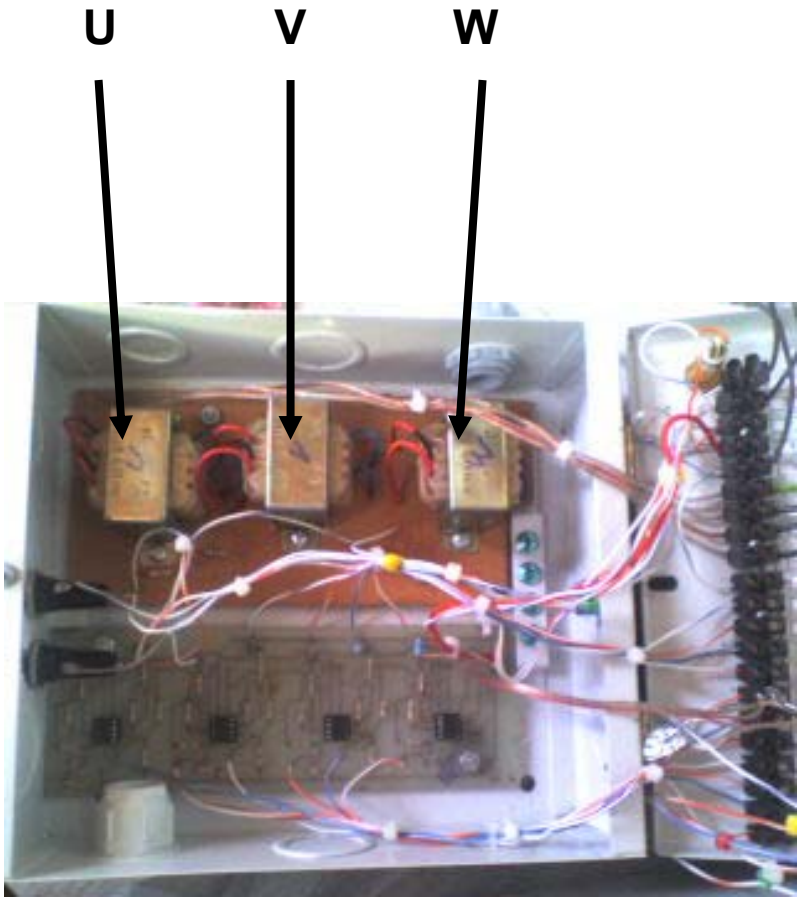


Figura 3.19 TV´s U, V, W

Las señales de salida que van para el data box B idealmente deben ir canalizadas como por ejemplo con tubería conduit MT o similar, esto con el fin de proteger las señales que van dentro, de cuya exactitud depende la precisión del sistema.
El data box B debe instalarse de manera similar sobre una superficie que cumpla los requisitos antes mencionados, por otro lado la alimentación DC para el funcionamiento de este proviene de data box A

La interfase USB-6008 no debe exceder con un máximo de 5 metros al data box B, al igual que desde la interfase a la PC, esto debido a las características de un cable USB, si se sobrepasa esta longitud la señal tiende a atenuarse y a producir ruido.
Una vez conectado física y eléctricamente el dispositivo se debe de hacer uso de una PC que tenga instalado en su sistema una versión para este caso de labVIEW versión 7, después solamente se ejecuta el archivo correspondiente para el monitoreo de redes eléctricas.
El sistema se encuentra protegido ante una falla eléctrica, ambos fusibles ubicados en data box A deben de ser de 150mA como máximo. Ver figura 3.20

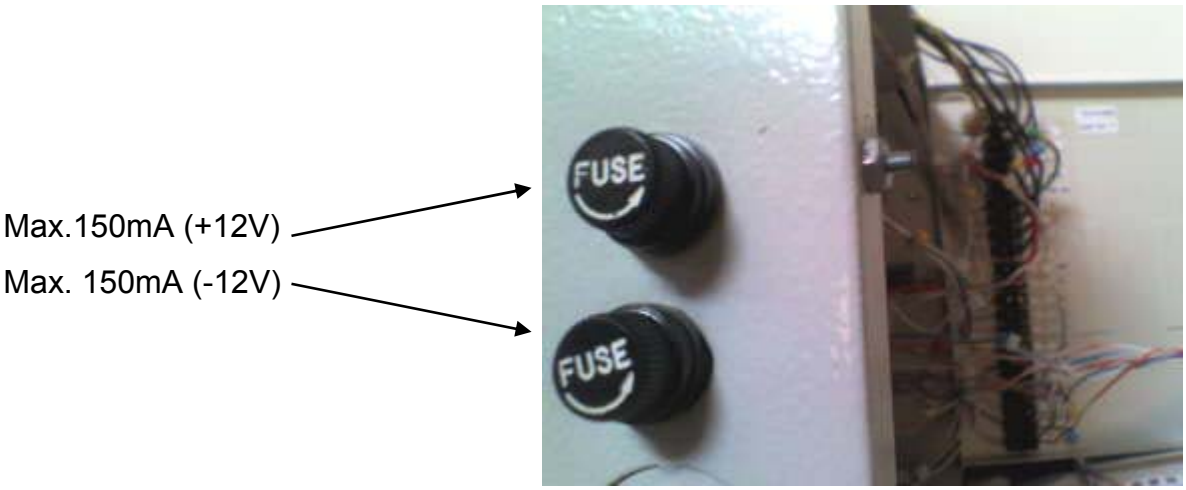


Figura 3.20 Ubicación de fusibles

Ante una posible corriente de fuga debido a una falla el sistema se encuentra aterrizado en su parte metalizada, con el objetivo de reducir el riesgo de electrocución. La forma se observa en la figura 3.21

Figura 3.21 Aterrizaje ante fugas de corrientes

Finamente cuando las conexiones de los dispositivos se hayan terminado se puede activar el interruptor a la posición de “ON”, este se encuentra en la parte derecha del data box A, luego la luz encenderá indicando que el sistema ha sido activado, esto puede observarse en la figura 3.22

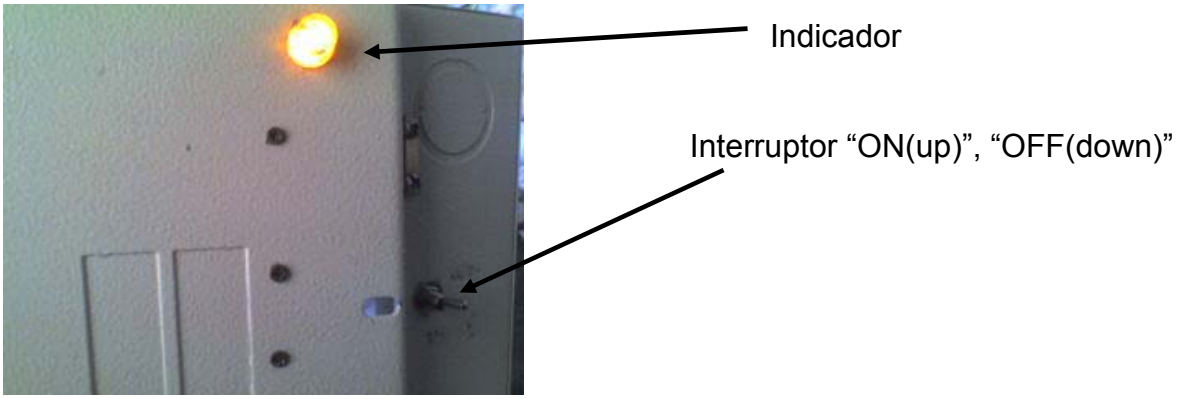


Figura 3.22 Activación del equipo

3.3.4. Funcionamiento.

El VCP-1.0 es un dispositivo que ha sido creado con la intención de beneficiar a las industrias, o a cualquier persona que este interesada en monitorear los parámetros eléctricos de su instalación, está integrado por varias partes, que interactúan entre si para dar como resultado un sistema de monitoreo de redes. A través de sensores de corriente y tensión ubicados en el o los tableros a monitorear se obtiene la información necesaria que pasa a través de un circuito electrónico compuesto de dos partes, encargado de acoplar las señales para que finalmente lleguen a una interfaz que hace posible la comunicación externa con un programa en ambiente labVIEW; dicho programa posee la capacidad de interpretar las señales y presentarlas en pantalla en un ambiente amigable al operador.

A través del programa se pueden detectar fallas, además de imprimir reportes en los que se lleve un control específico de los parámetros eléctricos más importantes del sistema. Se pueden observar las diferentes formas de onda de tensión o corriente de cada fase, además de presentar en pantalla niveles de tensión y corriente, valores de potencias, factor de potencia. Lo más importante es que todo lo anterior se está monitoreando en tiempo real.

El programa con extensión (.exe) puede ejecutarse bajo las siguientes condiciones

- Windows 2000/NT/XP
- 128Mb de RAM
- Pentium 4
- 20Mb de disco duro

Para correr el programa de monitoreo de redes eléctricas se debe dar doble clic al icono del programa, luego se presentará una ventana como la que se observa en la figura 3.23

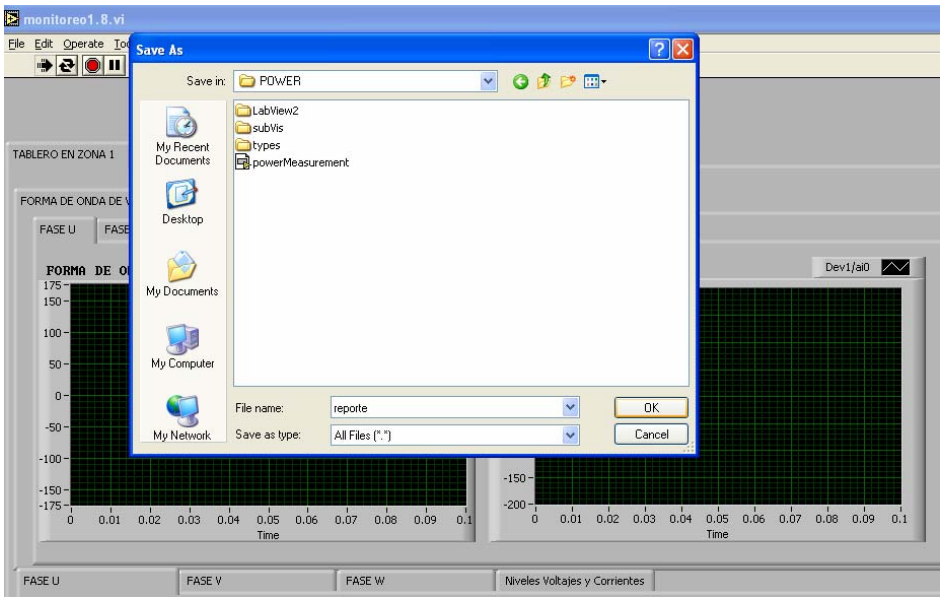


Figura 3.23 Inicio, archivo de reporte

Deberá buscar la carpeta donde esta el archivo historial e ingresar el nombre de este en el cual será guardado el reporte de las variables eléctricas mas importantes, luego este archivo podrá abrirse fácilmente mediante Excel.

Se debe tener en cuenta también el ajustar a RSE así como se muestra, ya que las entradas están referenciadas a 0V. Ver figura 3.24

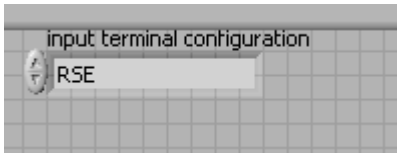


Figura 3.24 Modo RSE de adquisición de señales

Se puede elegir tanto el tablero de **zona** 1 como la **zona 2** ambos poseen similares opciones de muestreo de señales en este caso se ha elegido tablero en **zona 1** con la opción de señales de tensión de la cual se estará observando la **fase U** en la figura 3.25

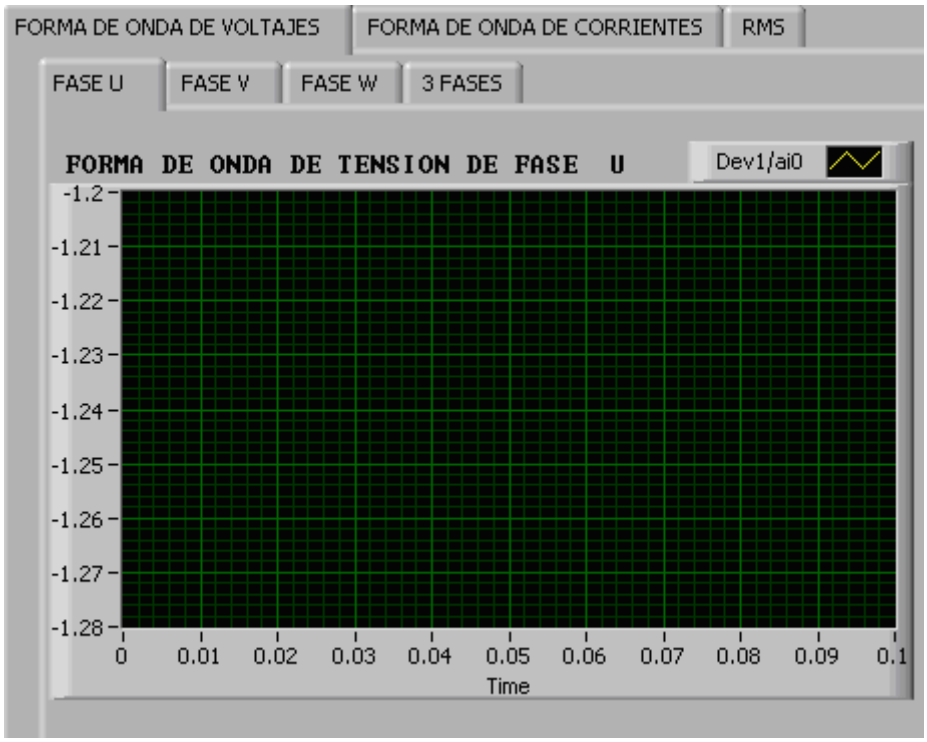


Figura 3.25 Visualización de señales de voltaje

En la figura 3.26 se observa la forma de presentar las variables de mayor importancia de la red eléctrica, puede observar las corrientes de línea RMS que circulan en cada fase de un sistema estrella (U,V,W) y tensión de fase, se muestra además frecuencia, potencia real, potencia aparente y potencia reactiva. Luego, cuando se presenta una falla en alguna de las fases, indicadores ubicados en la parte inferior derecha de cada medidor de corriente, destella y permanecerá encendido. Cuando la sobre corriente se haya eliminado y se requiera borrar las alarmas se le deberá dar un clic en el botón de (reset Alarmas),

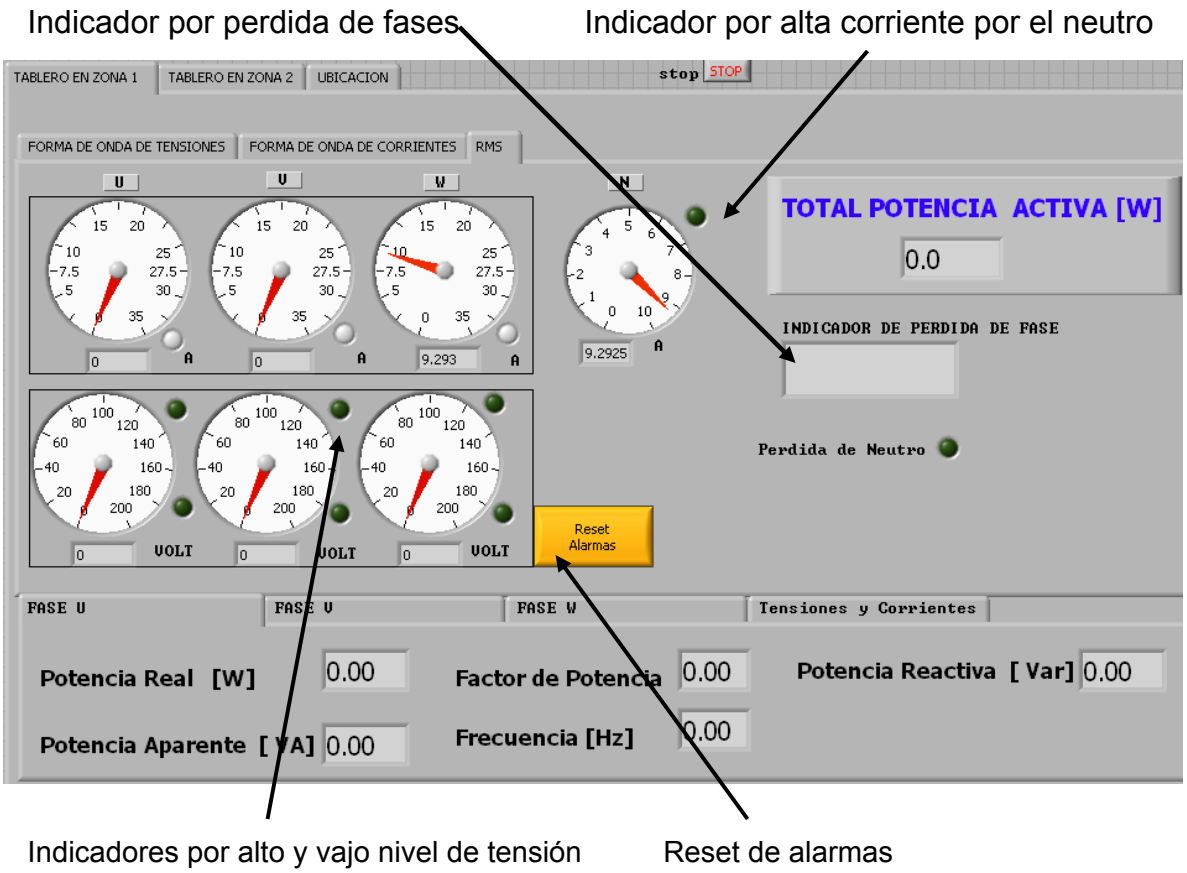


Figura 3.26 Variables RMS de la red, potencia, frecuencia

Si se desea ver el estado de las corrientes y tensión en forma de barras para determinar el balanceo de cargas del sistema. Se elige esa opción presente en el programa, la cual se muestra en la figura 3.27

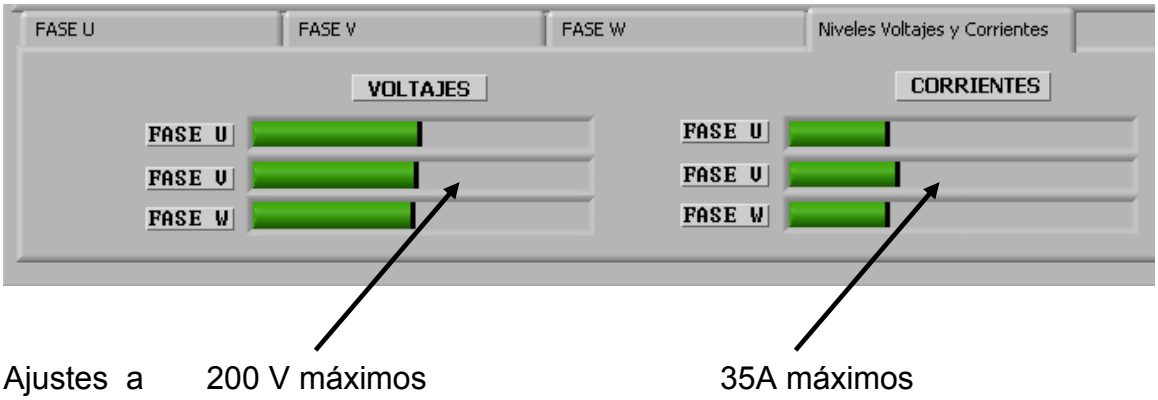


Figura 3.27 Variables RMS mostrados en grafico de barras

Además se muestra un diseño esquemático vista de planta para ver de una mejor forma en donde físicamente se encuentran los tableros y la PC. Y así poder crear el modelo de la industria en que se instalaría. Ver figura 3.28

El sistema se encuentra funcionando correctamente cuando los indicadores (OK y OK2 están activados), y cuando surge una alarma el indicador Zona 1 o Zona 2 es activado.

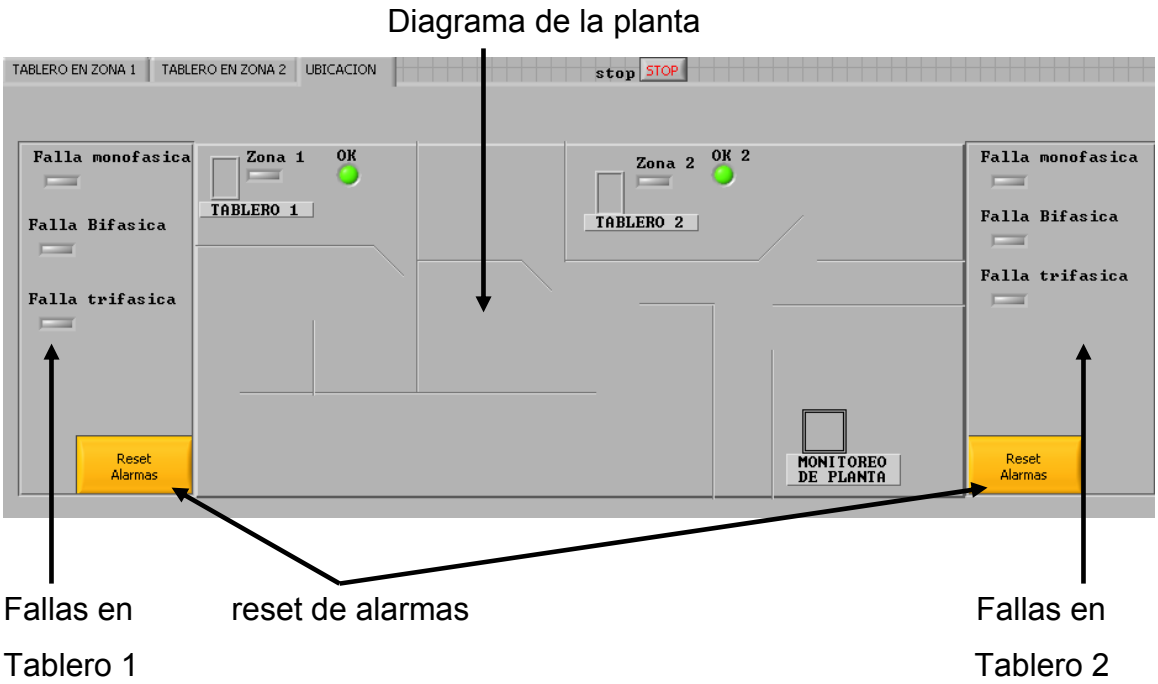


Figura 3.28 Diagrama de esquemático de una planta

- Vista del panel frontal del analizador de redes

En la figura 3.29 se muestra de una de las principales pantallas del software de monitoreo ya que aquí se presentan la mayoría de las variables eléctricas del SCADA.

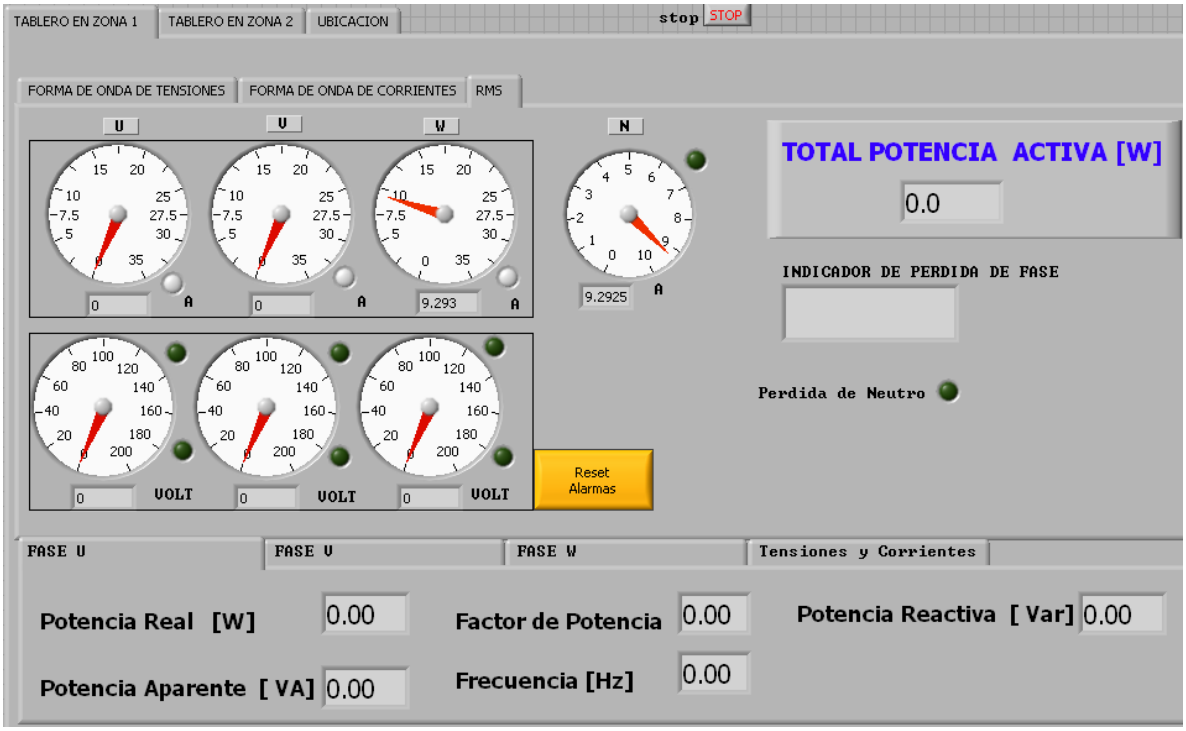


Figura 3.29 Presentación del software de aplicación

3.3.5. Ajuste de Parámetros.

Con la ayuda de los potenciómetros ubicados en data box B y ajustes dentro del programa, podemos ajustar la amplitud tanto de tensión como de corriente el incremento es pequeño aproximadamente un +/- 10% de la señal captada esto puede verse en la figura 3.30

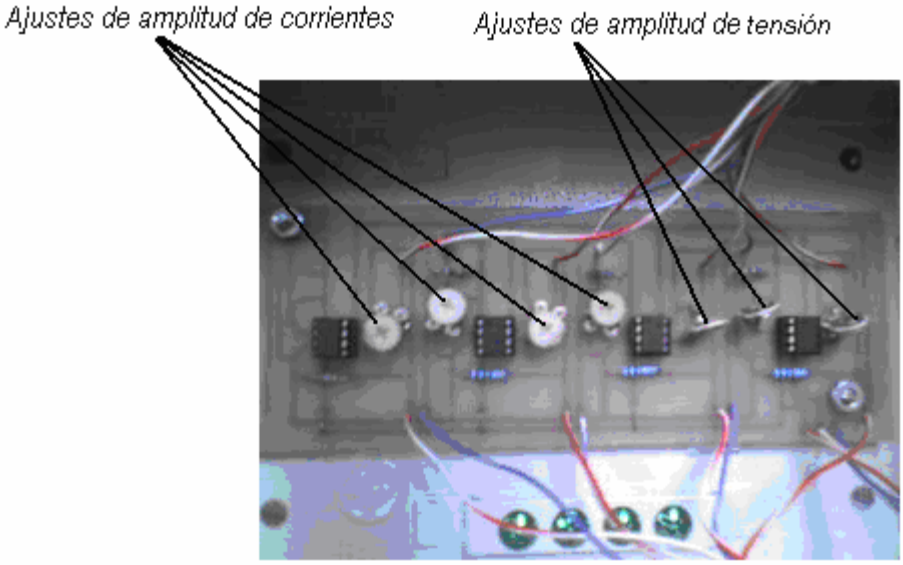


Figura 3.30 Ajustes externos de amplitud de las señales

3.3.6. Características técnicas.

A continuación se presentan las características técnicas más importantes del sistema

- Circuito alimentador

La fuente de poder encargada de suministrarle la alimentación al VCP-1.0 debe entregar una tensión de +12Vdc, -12Vdc y Gnd para luego ser conectado al circuito; para mejores resultados de funcionamiento del sistema dicha fuente debe tener un excelente filtrado.

- La corriente del sistema en condiciones de operación nominal es aproximadamente de: 50-75mA dc.
- Tensión de medición: 115VAc fase neutro, 230VAc fase-fase; 240VAc fase-neutro y otras tensiones menores a 240VAc fase-neutro.
- Tipo de red eléctrica: Estrella neutro-aterrizada
- Frecuencia de operación: 50-60Hz
- Dimensiones:
  - Local data box A= $190 * 220 * 60$ mm $L * A * P$
  - Local data box B= $140 * 190 * 60$ mm $L * A * P$

- Masa:
  - Local data box A= 1700gr.
  - Local data box B= 725gr.
- Entrada y salida de señales:
  - Terminales de tornillo de 12 espacios para local data box1.
  - Terminales de tornillo de 06 espacios para local data box2.
- Corriente nominal para los TC´s:
  - 35 Amperios.

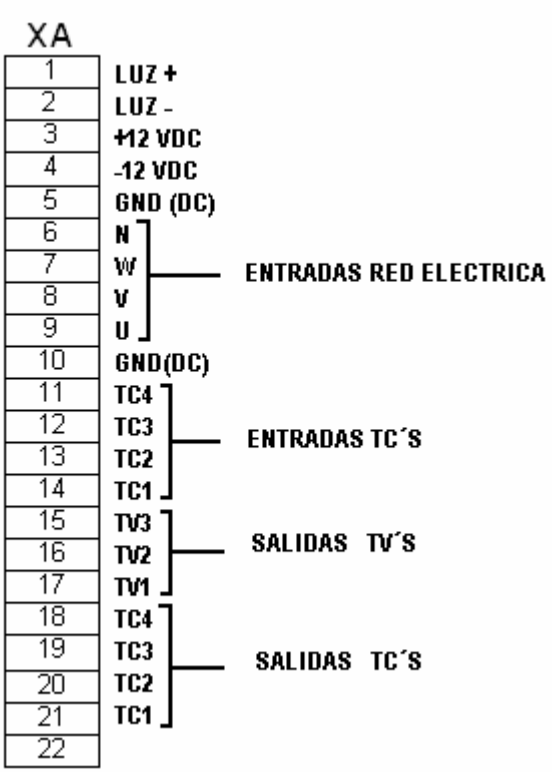
3.3.7. Mantenimiento

El VCP-1.0 no necesita de un mantenimiento especial, se aconseja evitar en la medida de lo posible todo ajuste, ó reparación con el equipo abierto. Si en caso se requiera ajustar algún parámetro deberá efectuarlo personal cualificado bien informado acerca del funcionamiento del equipo.

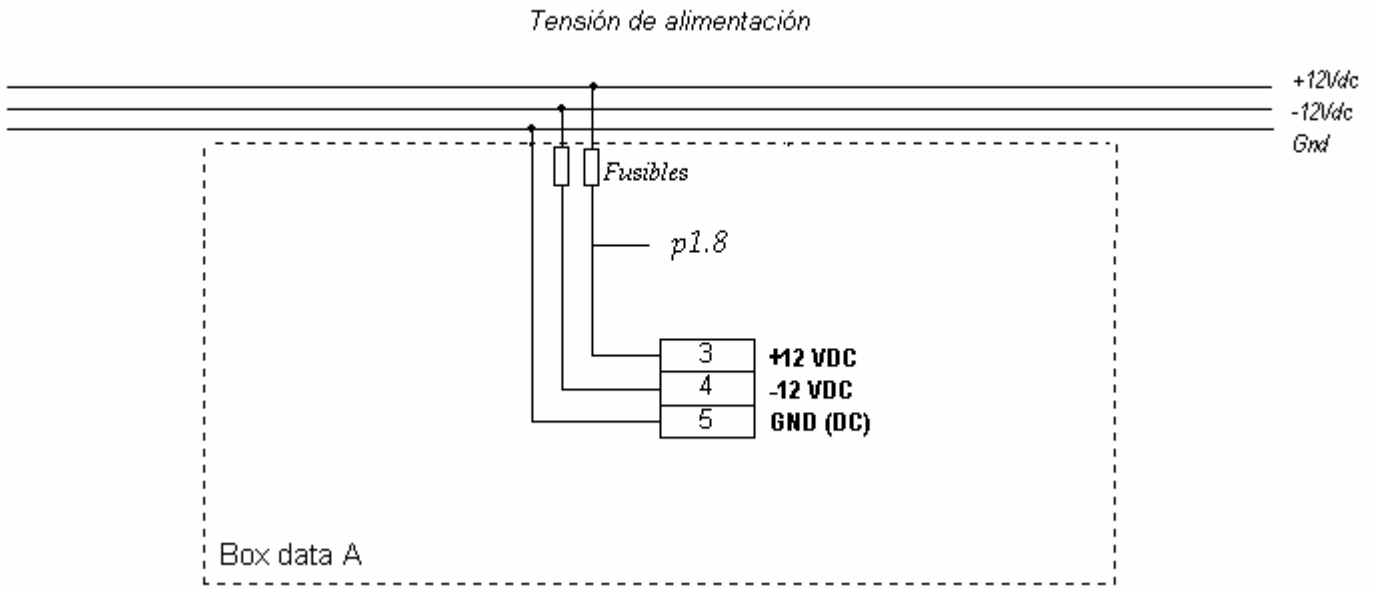
Cuando se observe un fallo en el equipo se deberá dejar fuera de servicio hasta corregir la falla, asegurándose de dejar el equipo con falla, aislado y desconectado de cualquier fuente de alimentación para luego ser reparado, ya que el diseño del circuito permite sustituir los diferentes dispositivos de una forma rápida.

3.4 Planos eléctricos para la conexión del sistema.

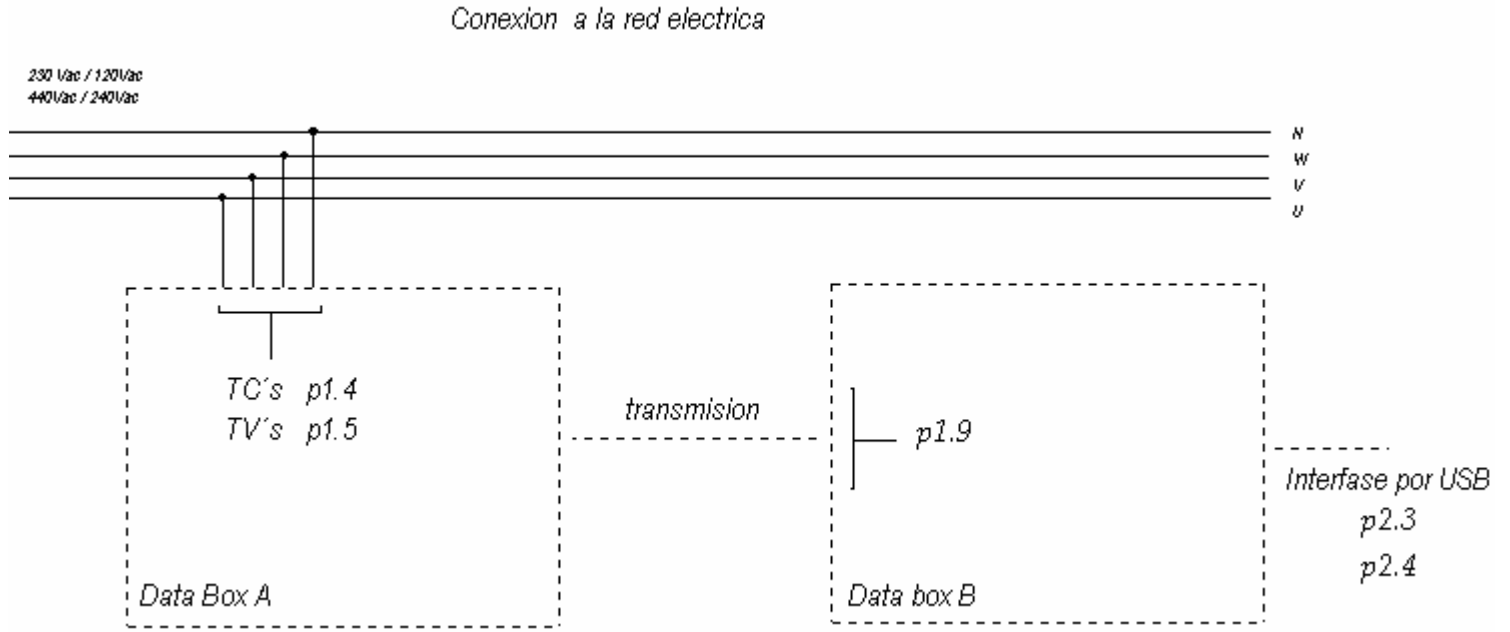
Terminales en data box A



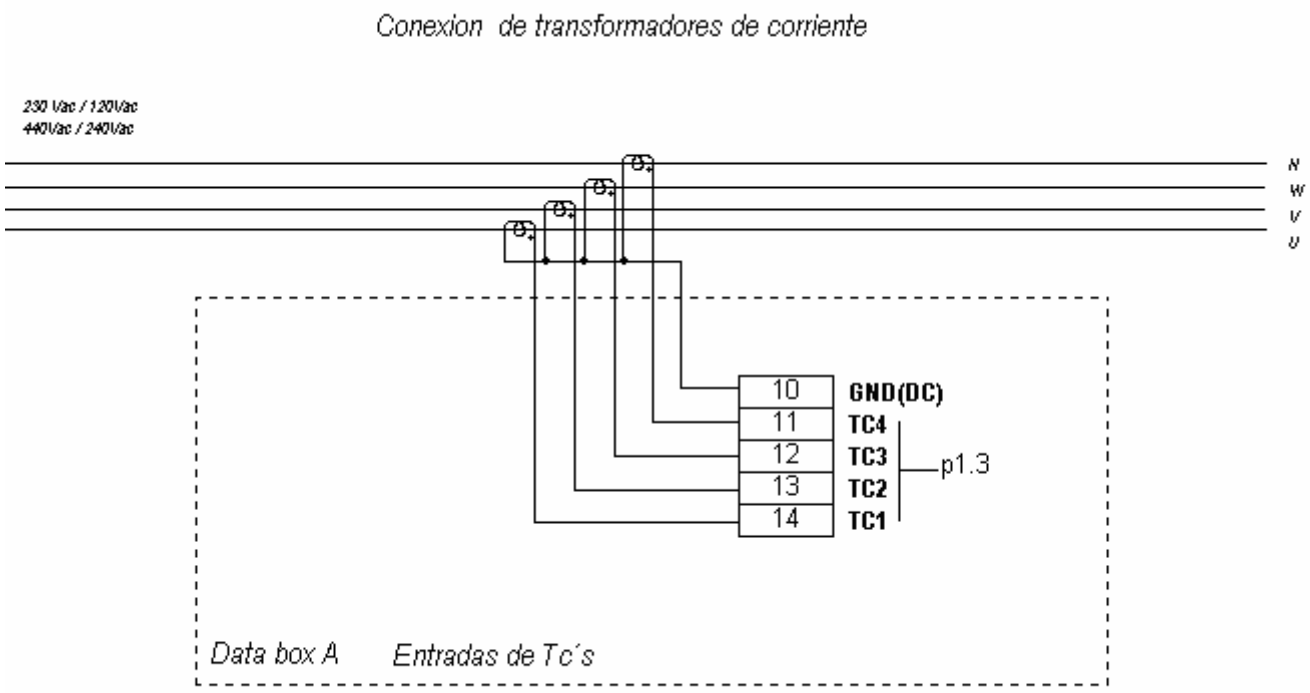
MONITOREO DE REDES ELECTRICAS	DISPOSITIVO: **BORNERA DATA BOX A**	P1.1



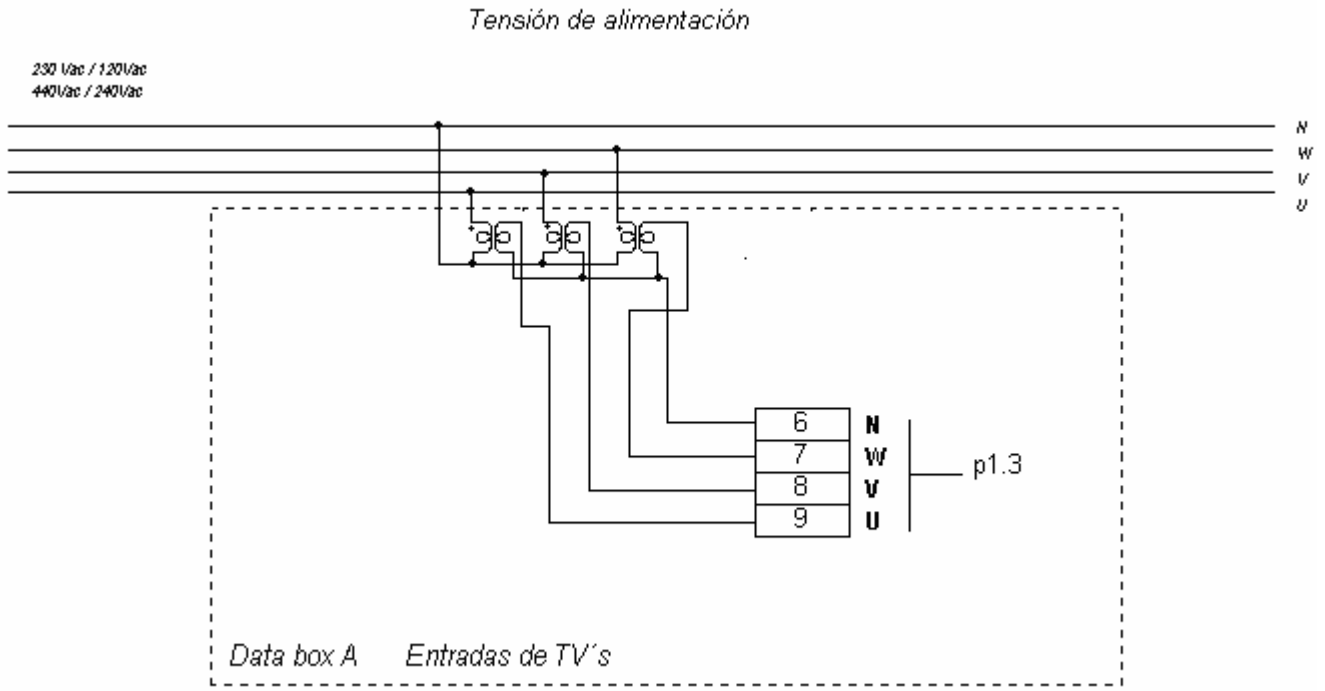
MONITOREO DE REDES ELECTRICAS	DISPOSITIVO : **TENSION DC ALIM**	P1.2



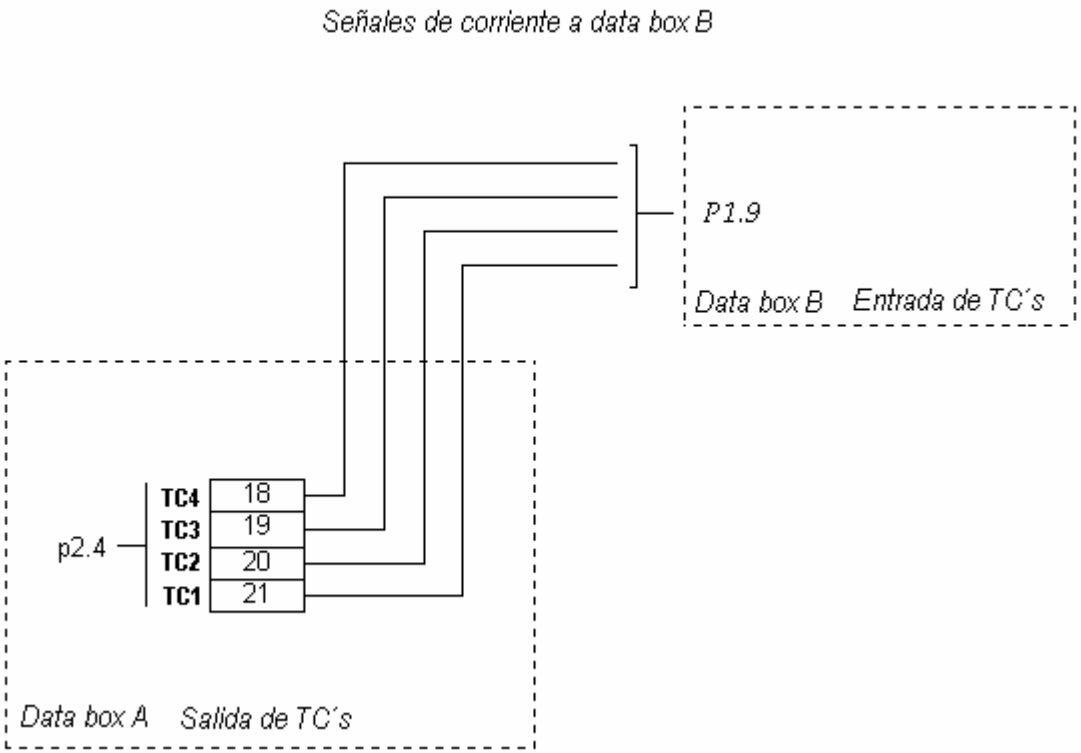
MONITOREO DE REDES ELECTRICAS	DISPOSITIVO : **TABLERO ELECTRICO**	P1.3



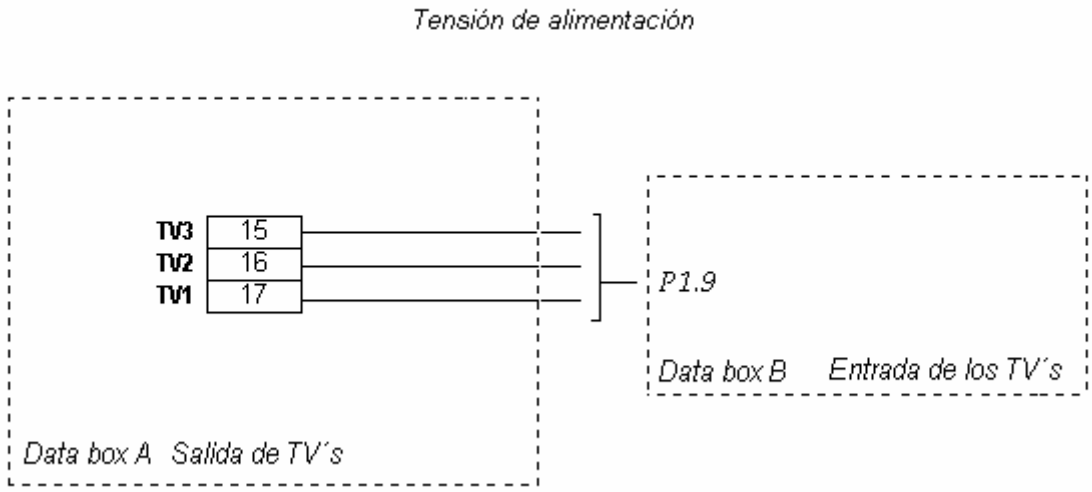
MONITOREO DE REDES ELECTRICAS	DISPOSITIVO : **SEÑAL DE CORRIENTE**	P1.4 Entrada



MONITOREO DE REDES ELECTRICAS	DISPOSITIVO : **SEÑAL DE TENSION**	P1.5 Entrada

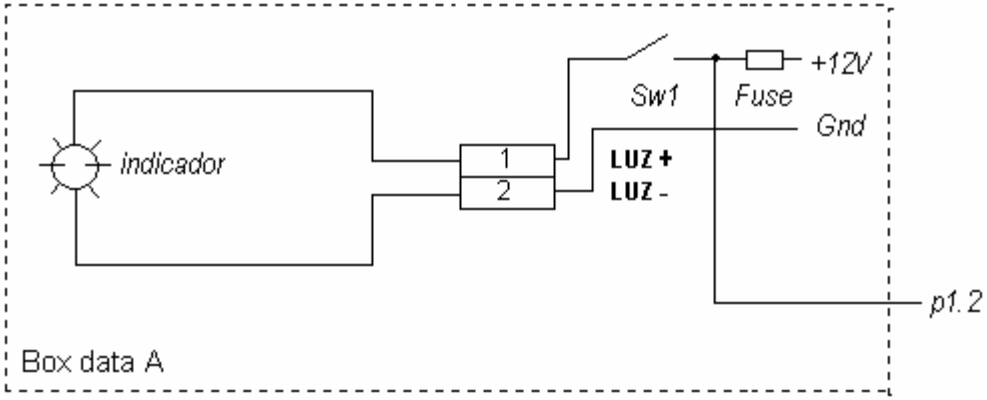


MONITOREO DE REDES ELECTRICAS	DISPOSITIVO : **SISTEMA**	P1.6

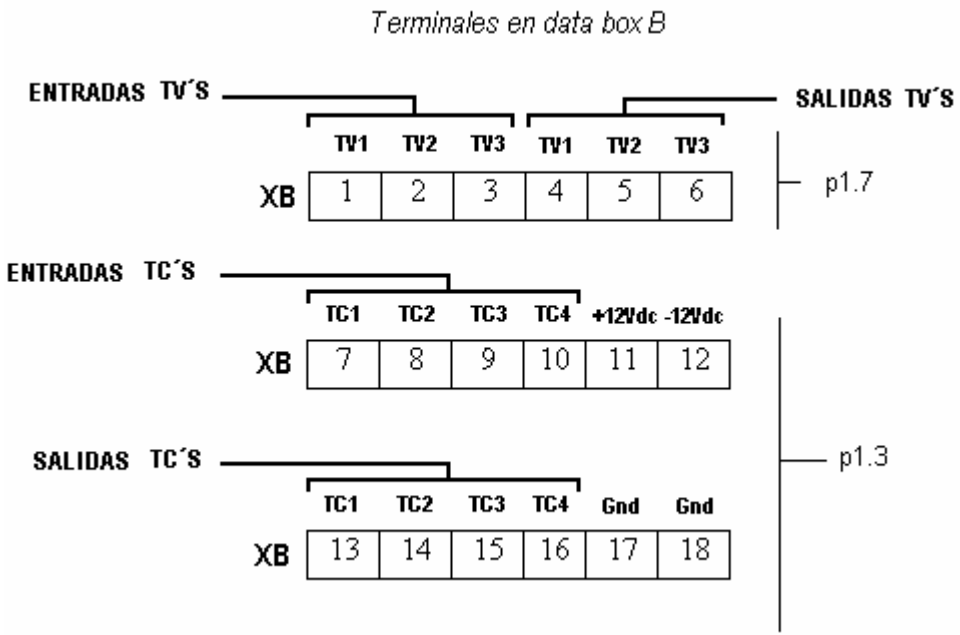


MONITOREO DE REDES ELECTRICAS	DISPOSITIVO : **SISTEMA**	P1.7

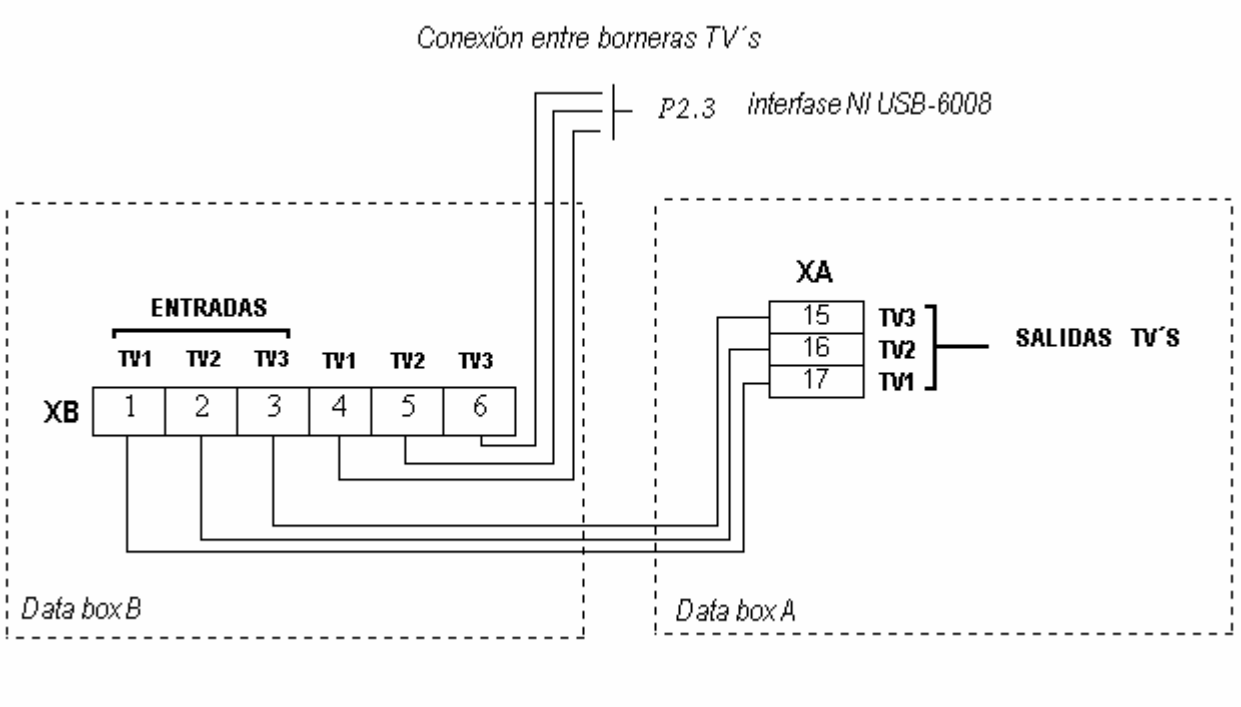
Indicador On Off



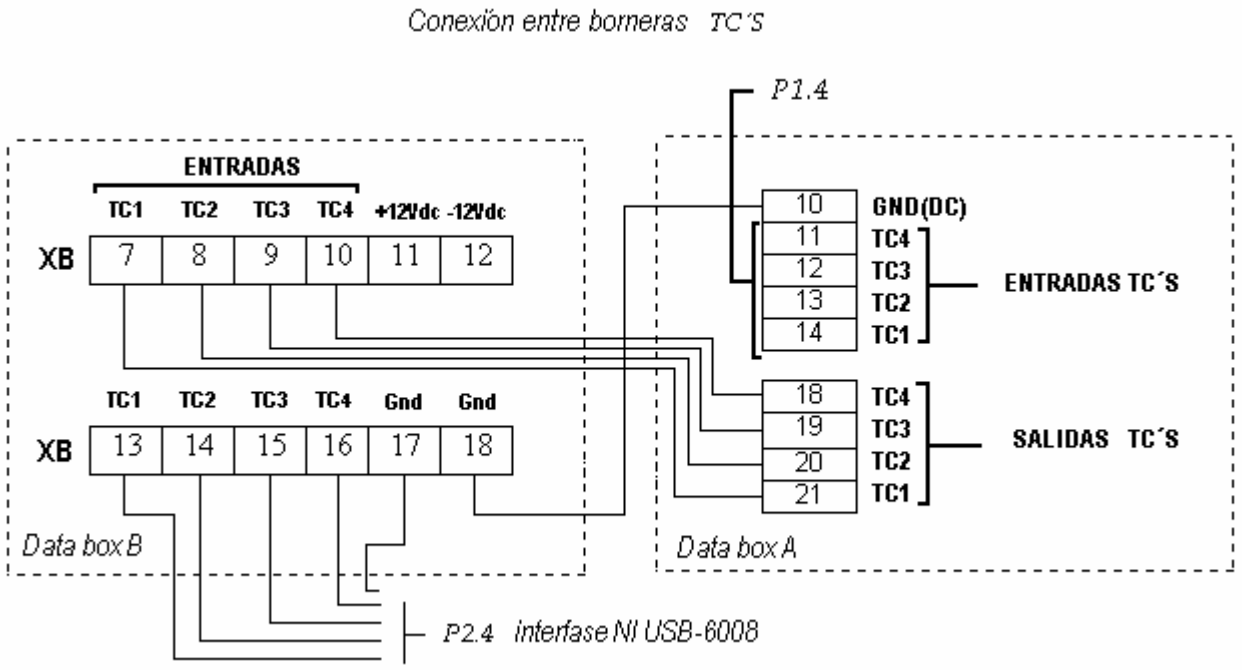
MONITOREO DE REDES ELECTRICAS	DISPOSITIVO : **INDICADOR**	P1.8



MONITOREO DE REDES ELECTRICAS	DISPOSITIVO : **BORNERA DATA BOX B**	P1.9

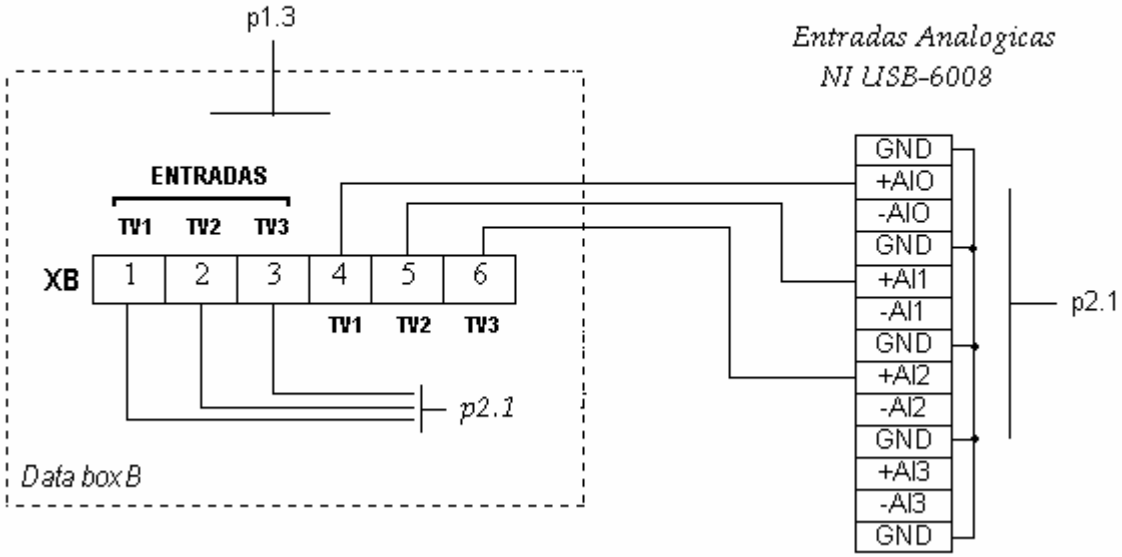


MONITOREO DE REDES ELECTRICAS	DISPOSITIVO : **SISTEMA**	P2.1

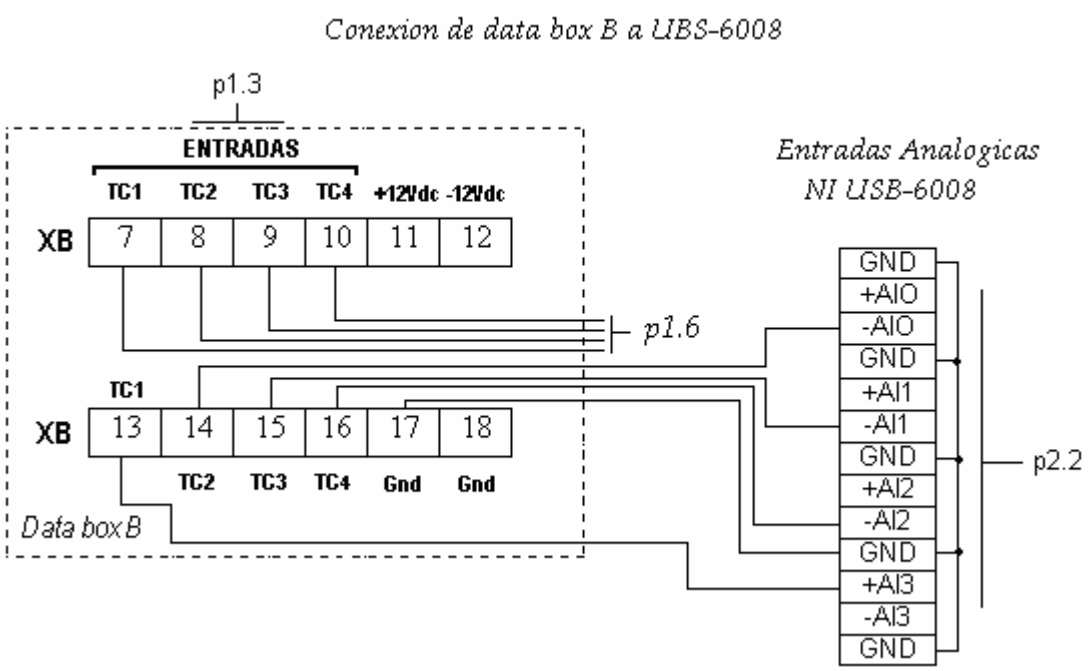


MONITOREO DE REDES ELECTRICAS	DISPOSITIVO : **SISTEMA**	P2.2

Conexion de data box B a UBS-6008



MONITOREO DE REDES ELECTRICAS	DISPOSITIVO : **INTERFASE USB-6008**	P2.3



MONITOREO DE REDES ELECTRICAS	DISPOSITIVO : **INTERFASE USB-6008**	P2.4

4.1 Pruebas finales del proyecto

Se finalizo la parte constructiva del proyecto y el cual fue sometido a prueba en el laboratorio de eléctrica en la universidad Don Bosco, las pruebas fueron de medición de un sistema trifásico con una carga en estrella, cubriendo todos los objetivos propuestos al inicio, el la figura 4.1 se muestra el funcionamiento del software. En esta prueba se utilizo una carga que demandaba una corriente en la fase U de 6.6 A en fase V de 6.4 A y en la fase W de 7.5 A con un voltaje de fase de 130Vac, demandando una potencia aparente de 865 VA y activa de 800 Watts, con un fp=0.93

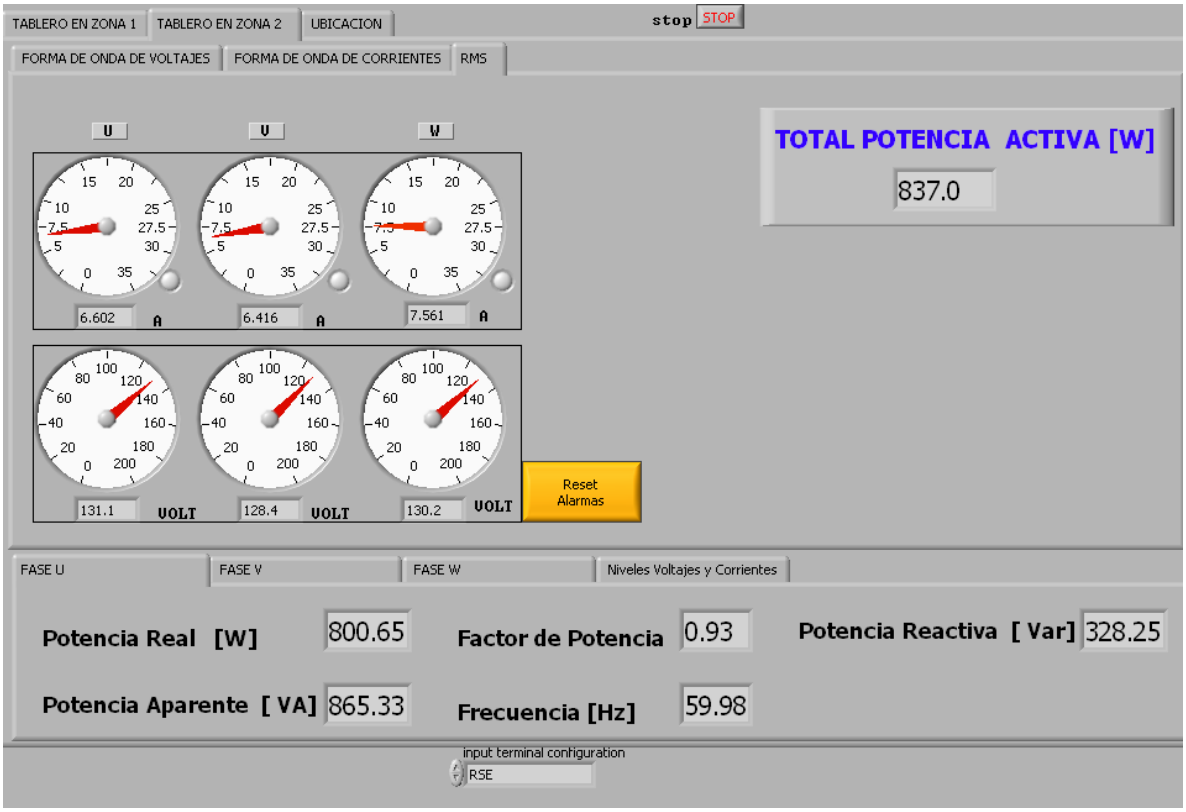


Figura 4.1. Pruebas del software con una carga trifasica.

A la vez se puede optar a la opción para observar las formas de onda de tensión de la red (U,V,W) ver figura 4.2, las cuales son mostradas en tiempo real en el plano Tensión–Tiempo, este tiempo puede ser ajustado de acuerdo a la necesidad.

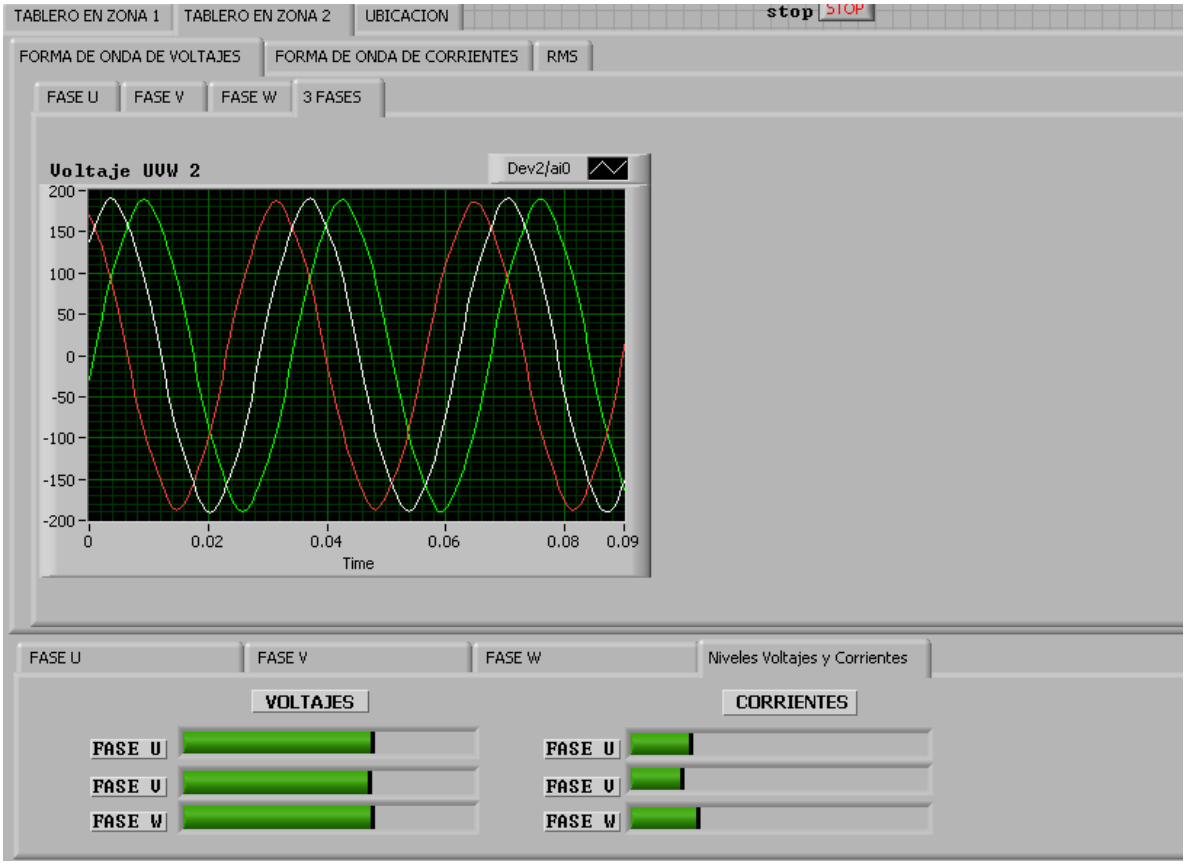


Figura 4.2 Formas de onda de tensión trifásicas

Es importante además el observar las formas de onda tanto de tensión y corriente de una misma fase en este caso se observo la fase W, la cual muestra un defase que corresponde al ángulo del factor de potencia, esto se observa en la figura 4.3, para efectos de visualización en pantalla, la ganancia de la señal de corriente se ha incrementado

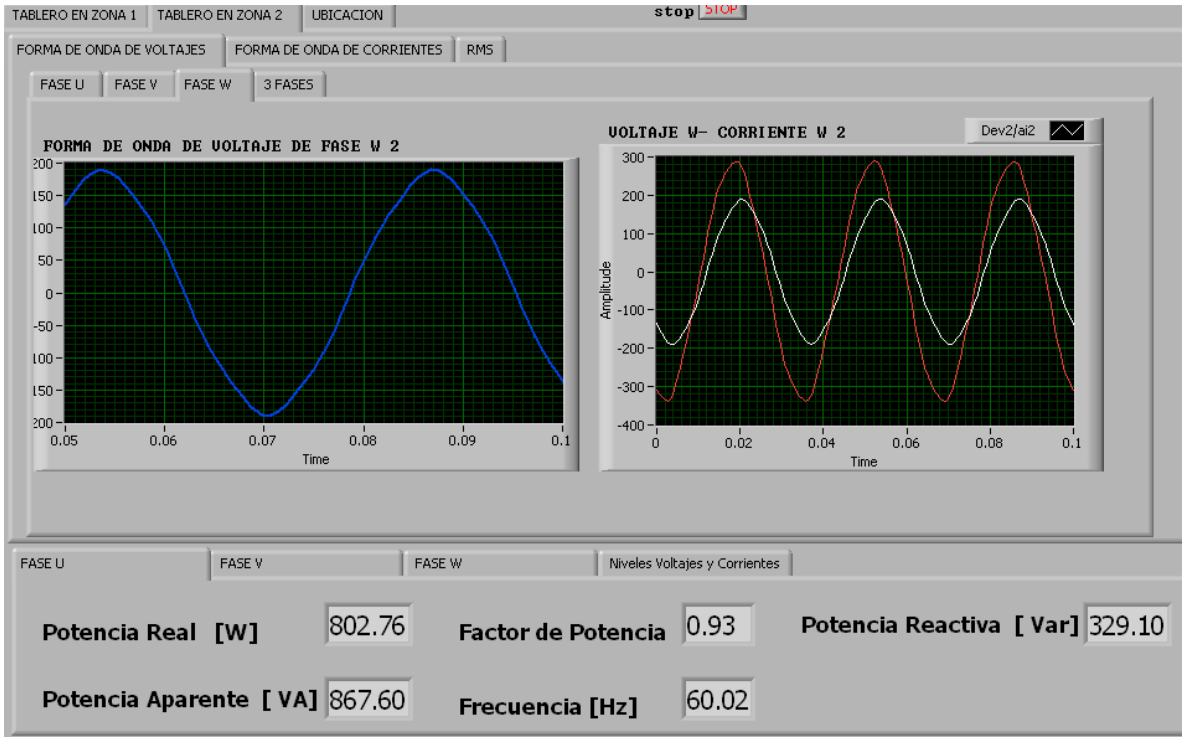


Figura 4.3 Señales de tensión y corriente

Atributos:

- Poder mostrar las diferentes señales de voltaje y corriente para un sistema trifásico en tiempo real.
- Poder llevar un control de los eventos realizados, almacenando datos en memoria; creando así reportes.
- El sistema tiene la capacidad de incrementar sus aplicaciones en un futuro tanto en el software como en el hardware.
- Poseer la capacidad de mostrar señales de alarmas en pantalla en caso de fallas eléctricas en la red.

Limitantes.

- Será exclusivamente un sistema de monitoreo; es decir que el sistema no tendrá la capacidad de controlar dispositivos externos, cerrar interruptores o hacer alguna otra modificación al entorno en el que actúa.
- Se medirán solamente las variables eléctricas más importantes, y las cuales han sido mencionadas anteriormente, es decir aunque virtualmente se podría realizar un análisis más a profundo de las diferentes señales que se observaran, por tratarse de un sistema prototipo esto no se hará.
- No contara con una computadora de respaldo en caso de alguna falla en la PC principal, aunque se sabe de la importancia de este detalle para efectos de funcionabilidad se considera solamente una fuente de energía de respaldo o UPS.
- El sistema de transmisión de las señales eléctricas tendrá una longitud máxima entre el transmisor (convertidor voltaje a corriente) y el receptor (convertidor corriente a voltaje) de aproximadamente de 1Km considerando una impedancia de 1KOhm entre ellos, y el conductor de 0.05Ohm/m. es decir que se puede alcanzar esta distancia sin sufrir una caída de voltaje de la señal a transmitir.
- La interfaz de adquisición de datos (DAQ) de LabVIEW podrá ser alejada de la computadora a un máximo permitido de 5m.

Conclusiones

- Se concluyó que además de ser utilizado en sistemas trifásicos con neutro aterrizado de cuatro hilos; se podrá tener la capacidad de operar correctamente en redes monofásicas bifilares, así como también redes bifásicas trifilares.

- Se concluyo que a partir de de los diseños realizados y los materiales utilizados en el proyecto, el sistema resulto ser de bajo costo, comparado con los equipos comercialmente disponibles.

- Mediante el trabajo en grupo se creo un algoritmo de aplicación que muestra el funcionamiento del programa creado en labVIEW, a través del cual se hace más comprensible el funcionamiento del mismo.

- Se concluyo, con los conocimientos adquiridos mediante la investigación bibliográfica, que la forma de programación en labVIEW resulta ser amigable para el programador, lo cual facilita realizar modificaciones en el programa para expandir sus capacidades.

- Una vez finalizado el proyecto se llego a la conclusión que los convertidores V-I, I-V diseñados para la implementación del proyecto manejan corrientes mas pequeñas que los utilizados bajo norma, esto debido a la corriente de operación de los amplificadores operacionales, pero por tratarse de un sistema prototipo la utilización de estos era la mas idónea.

- Se concluyo que la existencia tanto de planos eléctricos del sistema como de los planos arquitectónicos del mismo es una parte vital para el entendimiento del proyecto, y mediante los cuales la compresión del trabajo se vuelve mucho más versátil.

- Se determinó que el uso de materiales ferromagnéticos para la creación de los sensores del sistema conllevo a la creación del proyecto, por tanto se concluye que el sistema fue creado pensando en un prototipo y para que este opere correctamente a otros niveles de tensión mucho mas altos, el dimensionamiento de estos debe ser diferente debido a la no linealidad de este tipo de materiales.

- Se concluyo que el sistema de monitoreo y detección de fallas en redes eléctricas con conexión en estrella, cumple los requerimiento para poder ser implementado en una materia impartida por la escuela de eléctrica en la UDB.

Recomendaciones

- Por tratarse de un prototipo el presente trabajo no cuenta con todas las herramientas que debe poseer un analizador de redes, por tanto si se desea realizar un análisis más a profundidad se debe de incluir la calidad de la energía de la red que se esta monitoreando, es decir identificar la cantidad de armónicos presentes en la misma para ello se deben de obtener otros parámetros incluyendo el THD, para lo cual se necesitaría una modificación en el programa creado en labVIEW, además de otros arreglos de hardware, los cuales no fueron hechos por factores económicos y de tiempo.
- Para mayor rapidez de conexión entre el data box 1 y 2, además de mejorar significativamente la estética del sistema se recomienda incluir en el diseño hardware un conector macho y uno hembra para interconectar ambas unidades, utilizando cables multi-pares blindados para reducir ruido externo.
- Por tratarse de un sistema prototipo los TC's son relativamente pequeños en cuanto a su núcleo y su saturación se da cerca de los 55 amperios, por tanto si se desea monitorear magnitudes más grandes de corrientes, se recomienda aumentar el área transversal de los TC's y el numero de vueltas en las bobinas presentes en cada uno de ellos.
- Si se desea monitorear niveles de tensión superiores a los establecidos en el proyecto por ejemplo 480V, lo cual es un valor muy común en la industria se deberá cambiar los TV's utilizados por otros de un mayor rango preferiblemente de 480V-6V.
- La medición de corriente y tensión se hace a través de medidores que presentan características no lineales para mejorar la fidelidad de las lecturas en valores no especificados en el proyecto se deben hacer arreglos tanto a nivel de software como de hardware para hacer lo mas lineal las mediciones.

- Se recomienda el uso de amplificadores de instrumentación en lugar de solo operacionales.
- Se recomienda el uso de convertidores de Voltaje-Corriente y Corriente-Voltaje en los rangos estándar de 4 a 20 mA.

Bibliografía

- "Electric Machines theory operation application adjustment and control", Hubert, Charles I, Editorial Prentice Hall, 2002.

- "El amplificador operacional", Julio Forcada G, Editor ALFAOMEGA 1996

- "El ABC de las Maquinas Eléctricas", Transformadores Vol. 1 Harper, Gilberto Enríquez.

- Diseño e Implementación de un Sistema de Supervisión local y Remoto aplicado a la Subestación eléctrica de potencia de la UDB, Tesis, Rafael Cáceres, Fabricio Melgar, Universidad Don Bosco.
  Numero de clasificación 621.381 C118 2004.

- www.ni.com

Contactos:

Víctor Chicas cchicas507@yahoo.com
Juan Palma jpalma23@yahoo.com

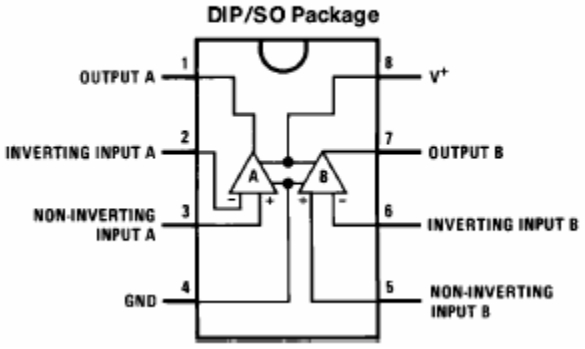
Anexos

Hoja técnica del LM358.

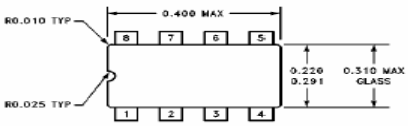
Características eléctricas más importantes.

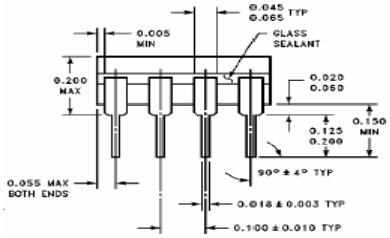
Tensión de alimentación.	
Una fuente	3 a 32V
Dos fuentes	+-1.5V a +-16V
Ancho de banda	1Mhz
Mínimo de tensión de entrada de offset	2mV.
Disipación máxima de potencia	830mW.
Corriente típica de salida	20mA.
Rango de temperatura de operación	0 – 70ºC.
Máxima temperatura (soldando 10seg)	260ºC

- **Diagrama de conexión.**



- **Dimensiones físicas**



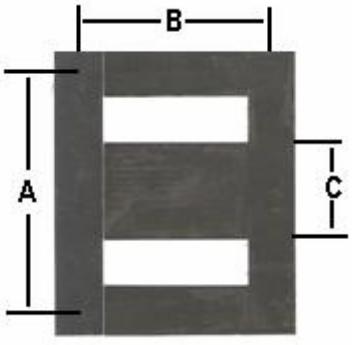


Datos técnicos del transformador de tensión

Transformador de tensión	**Tensión AC**
tensión nominal del primario	115V
tensión nominal del secundario	5V

ç**Bobinas**	**Número de vueltas**
primaria	600
secundaria	27
Relación de transformación	22

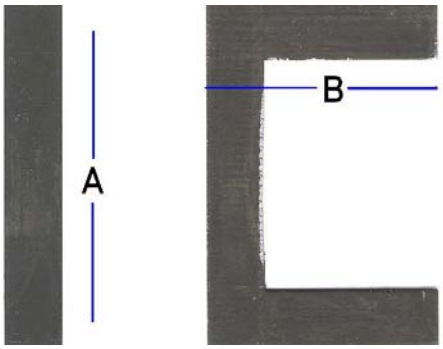
Núcleo (figura)	**M**
A	0.035
B	0.028
C	0.012
Longitud media	0.126



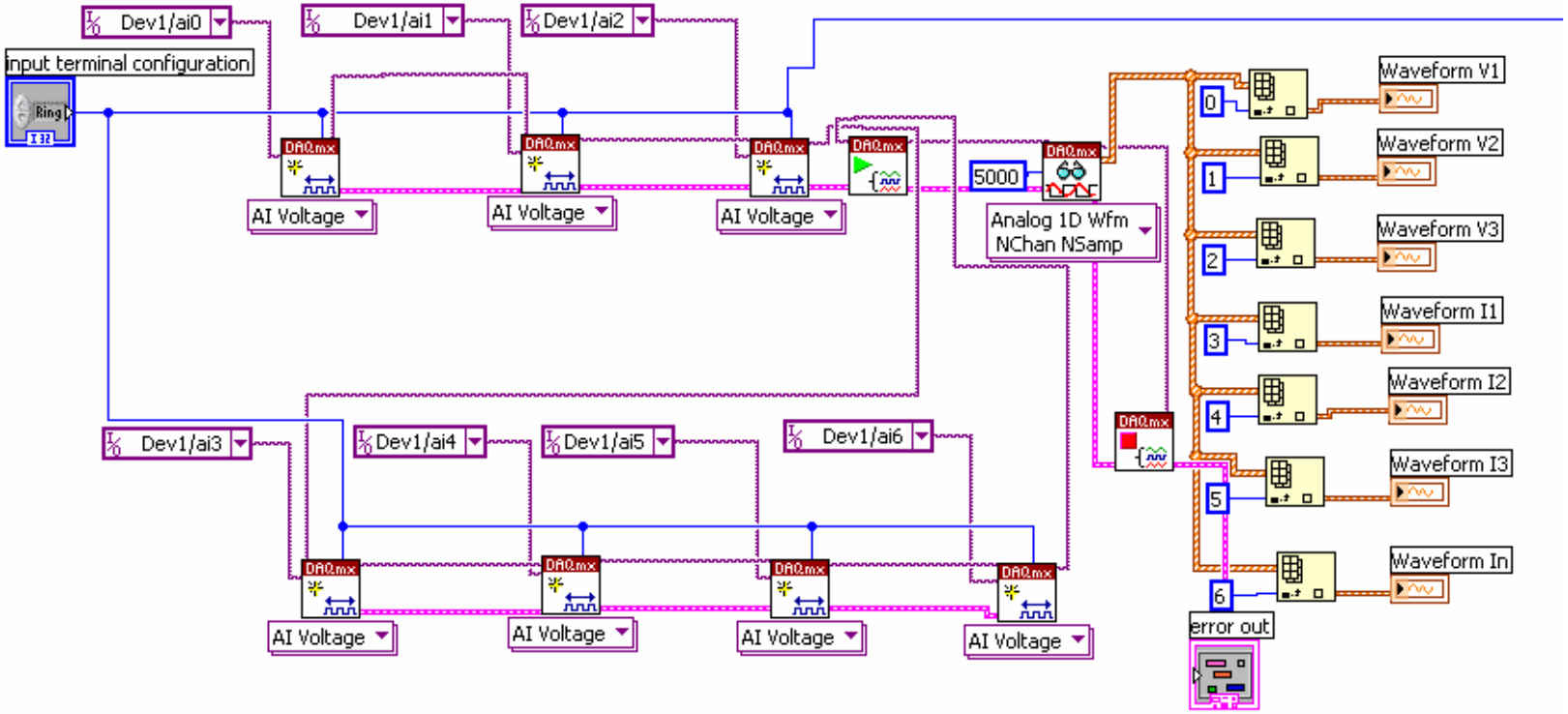
Dimensiones de láminas

		m
Largo	A	0.057
Ancho	B	0.047
Grosor	C*	0.008

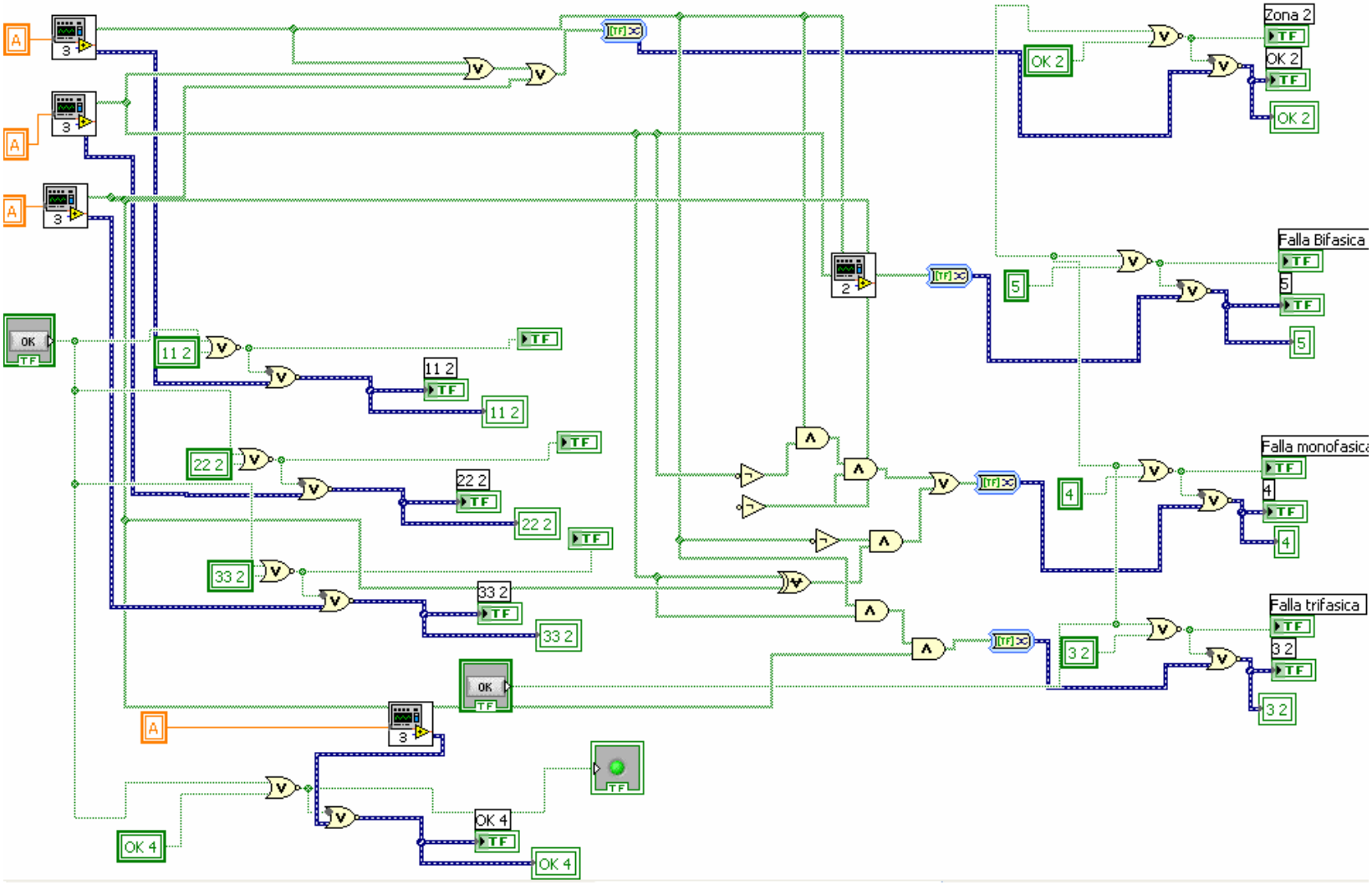
Datos técnicos del transformador de corriente



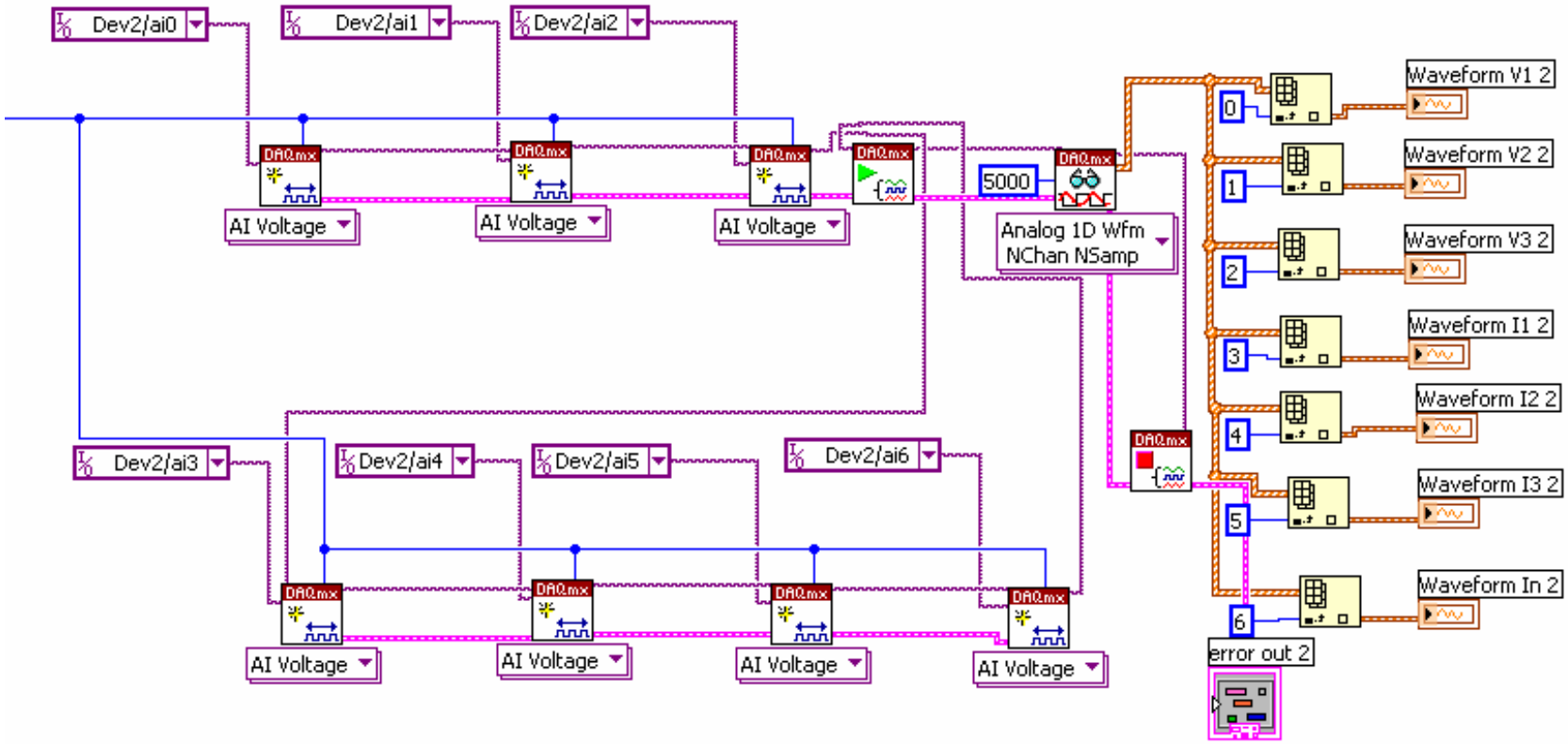
ADQUISICION DE DATOS (DAQ1)



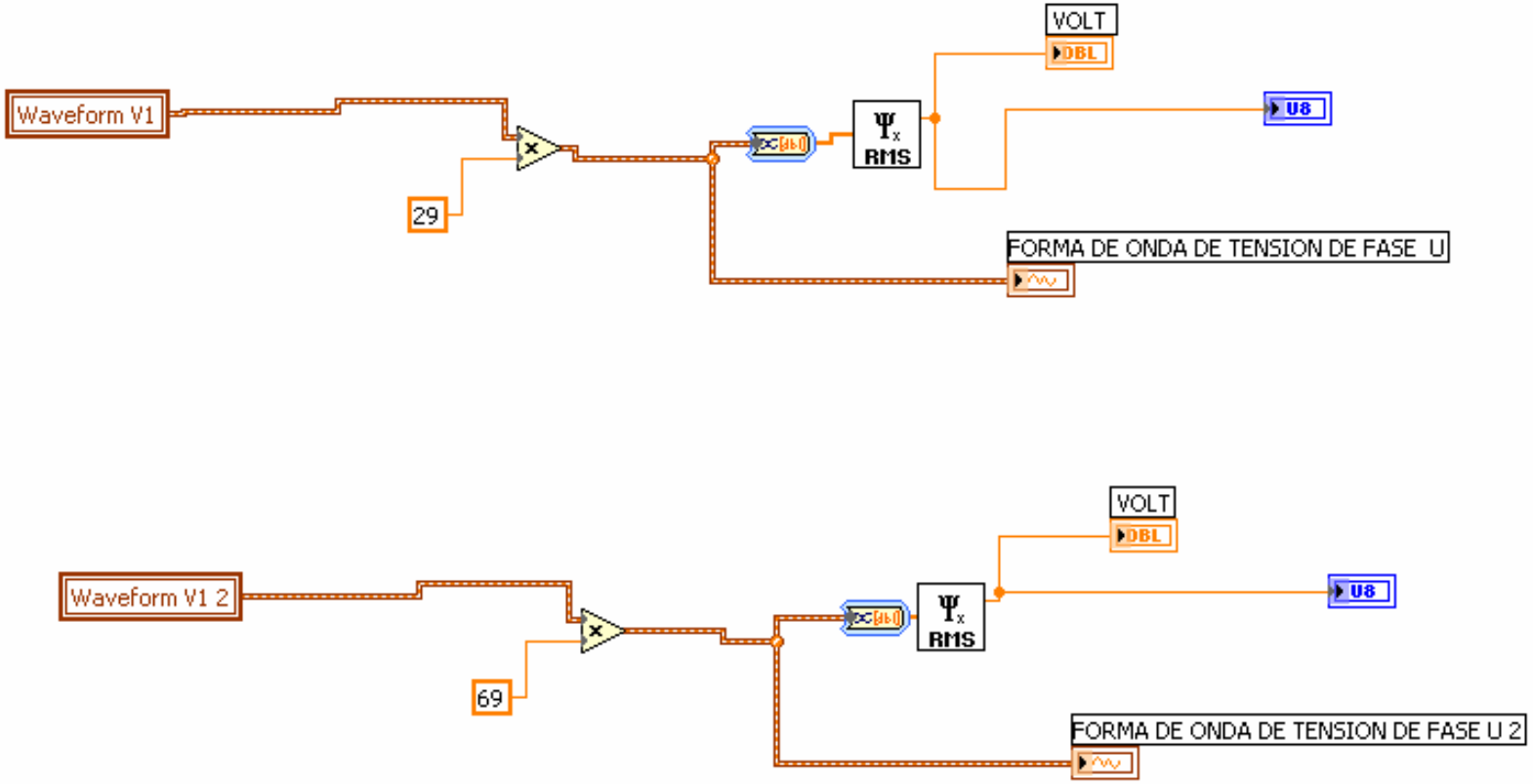
DETECCION DE FALLAS



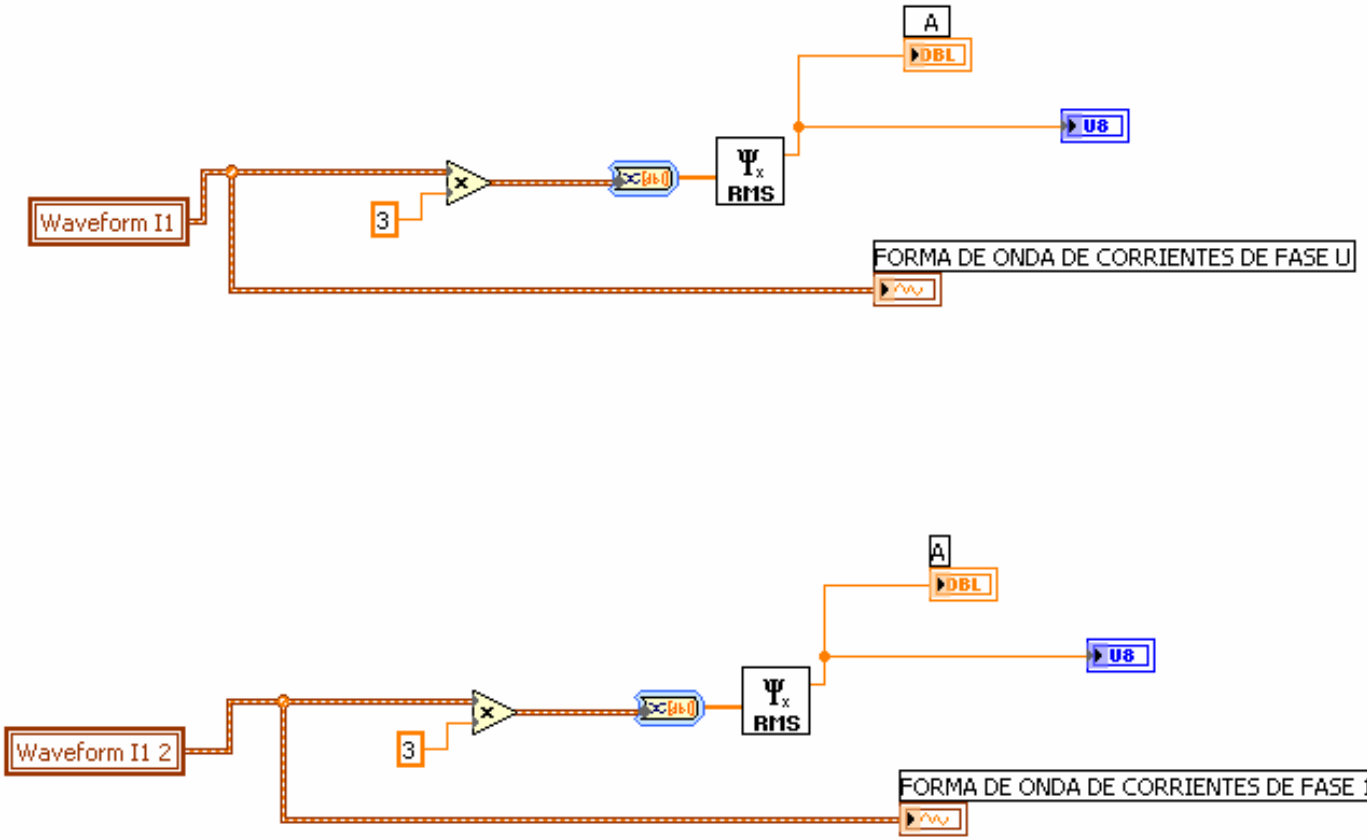
ADQUISICION DE DATOS(DAQ2)



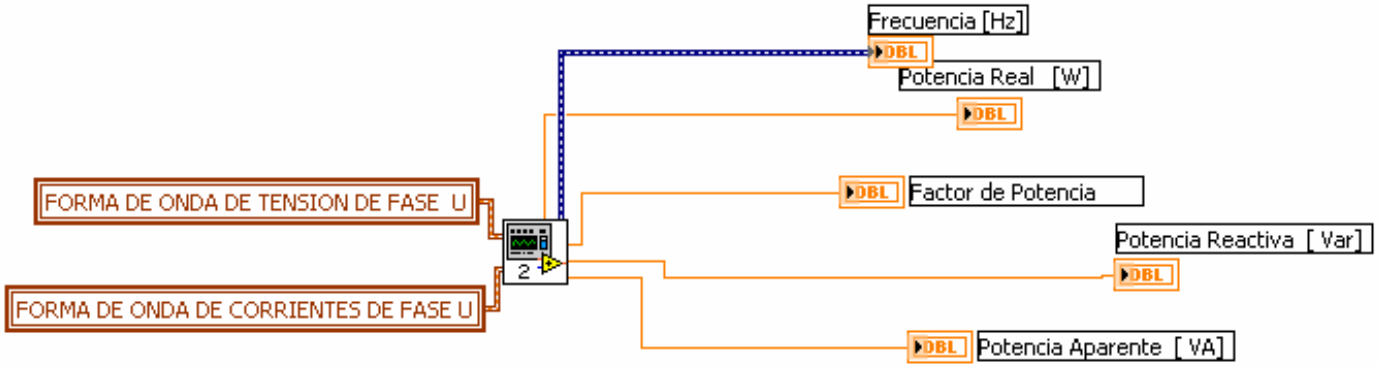
AJUSTE DE GANANCIAS DE TENSIÓN.

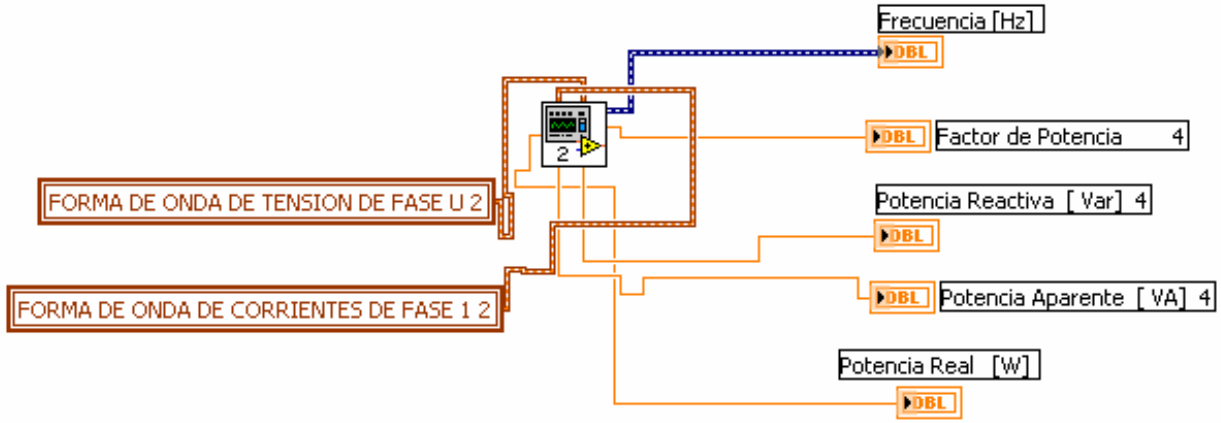


AJUSTE DE GANANCIAS DE CORRIENTES

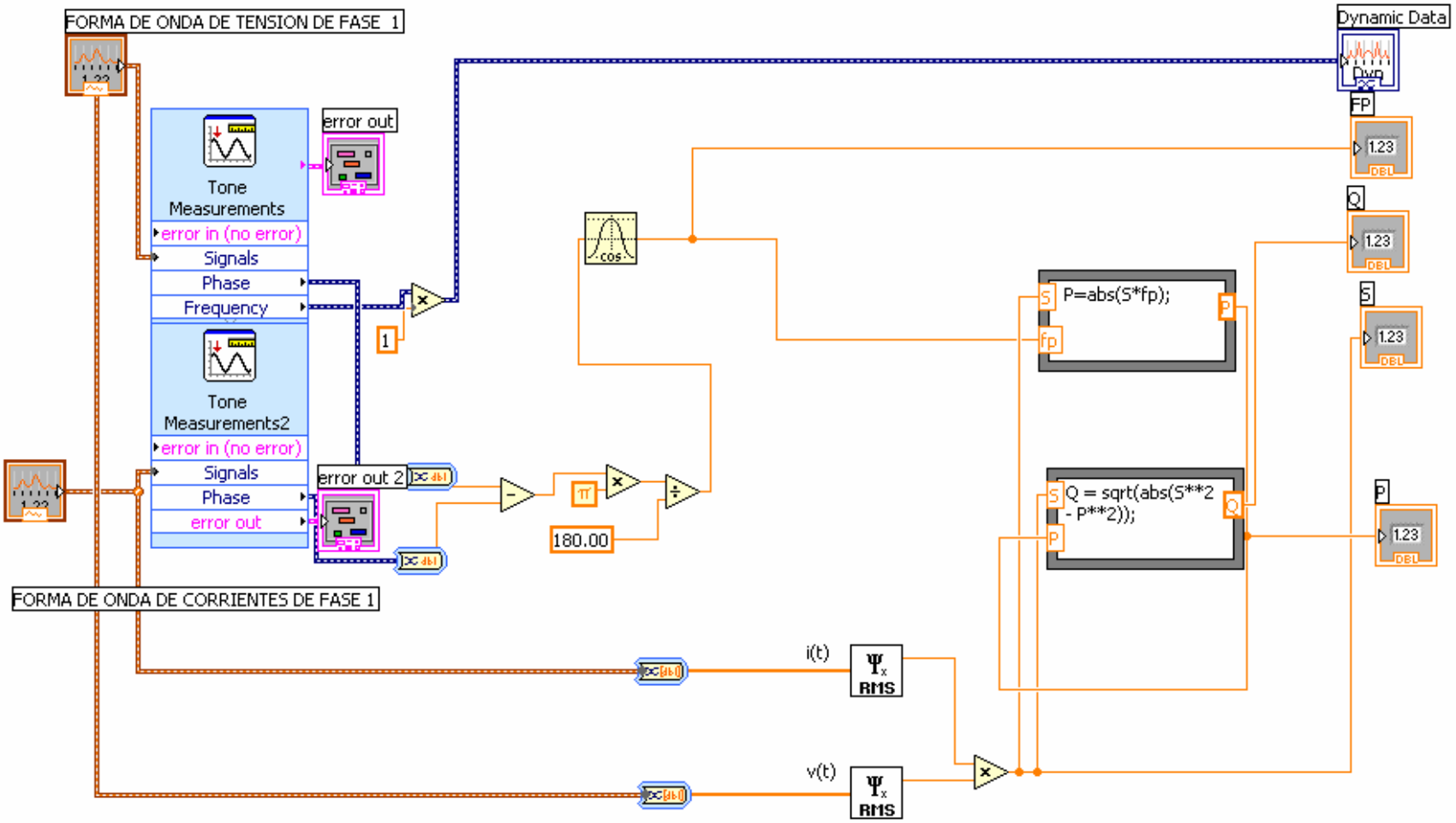


OBTENCION DE POTENCIAS, FRECUENCIA Y FP

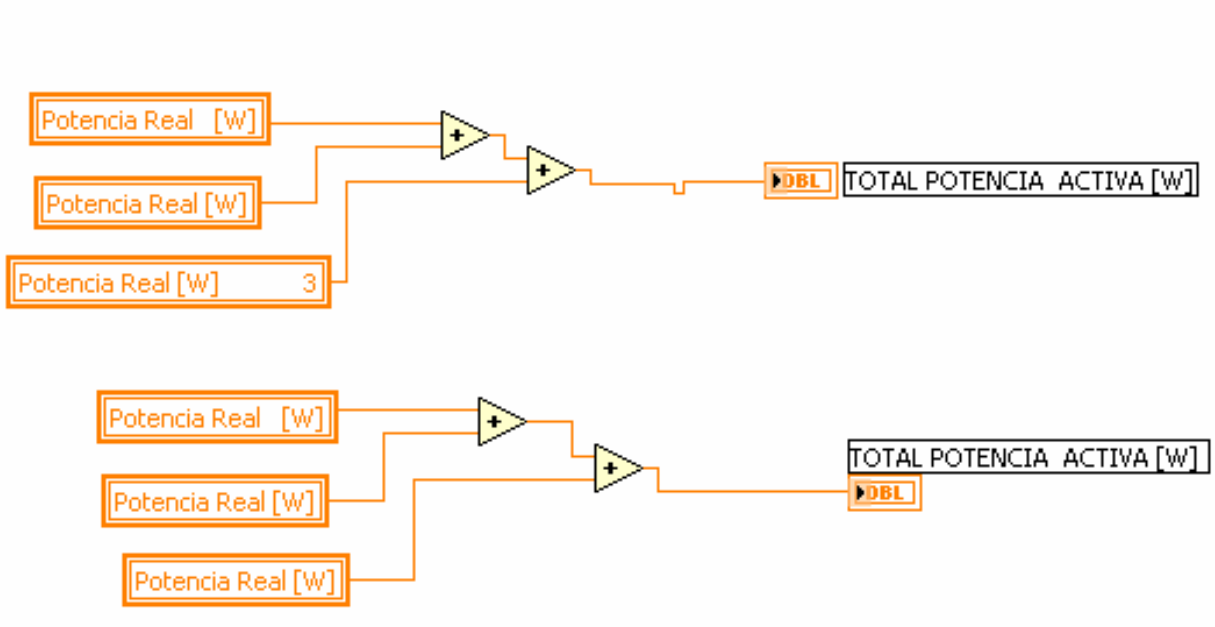




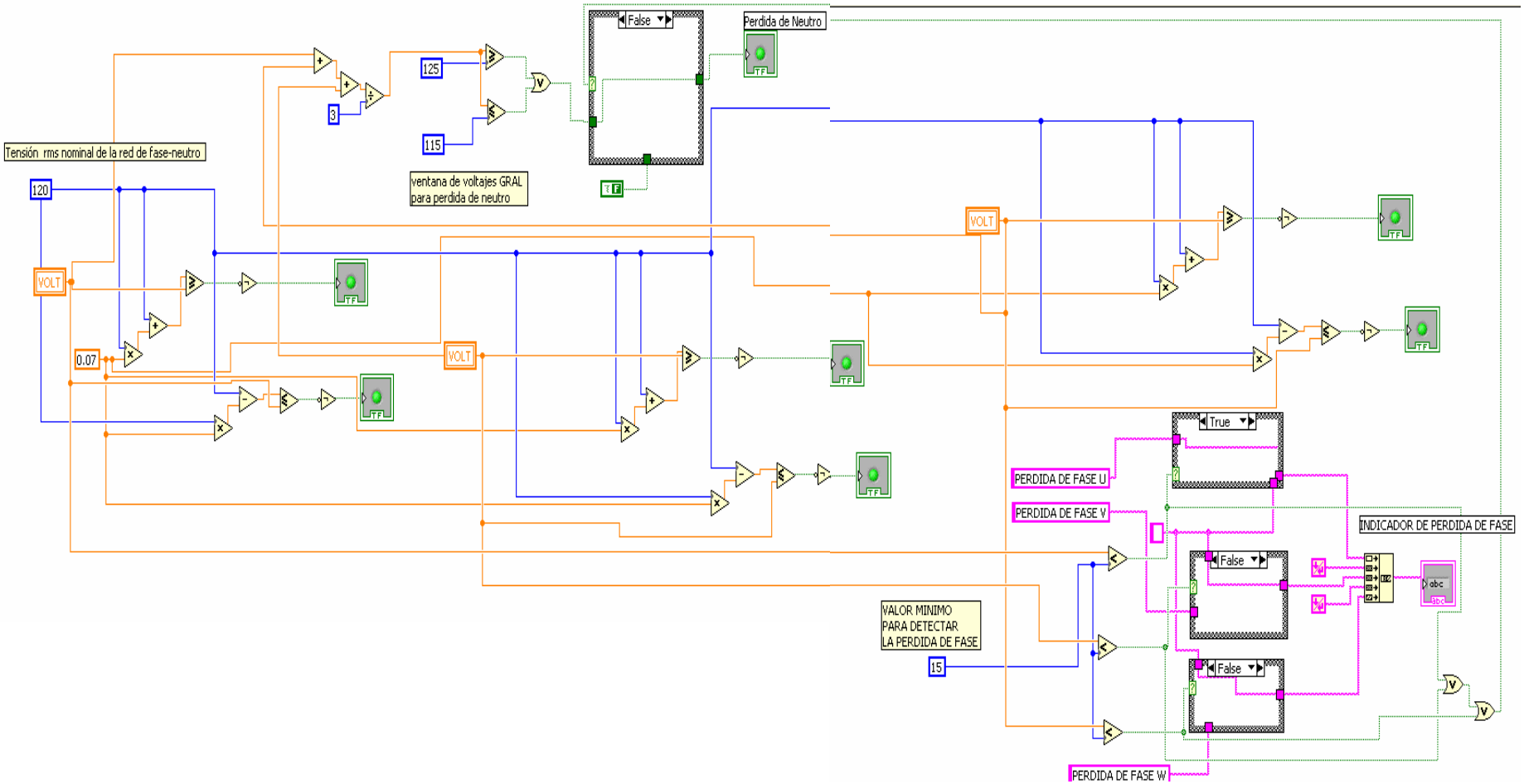
SUBVI DE OBTENCION DE POTENCIAS.



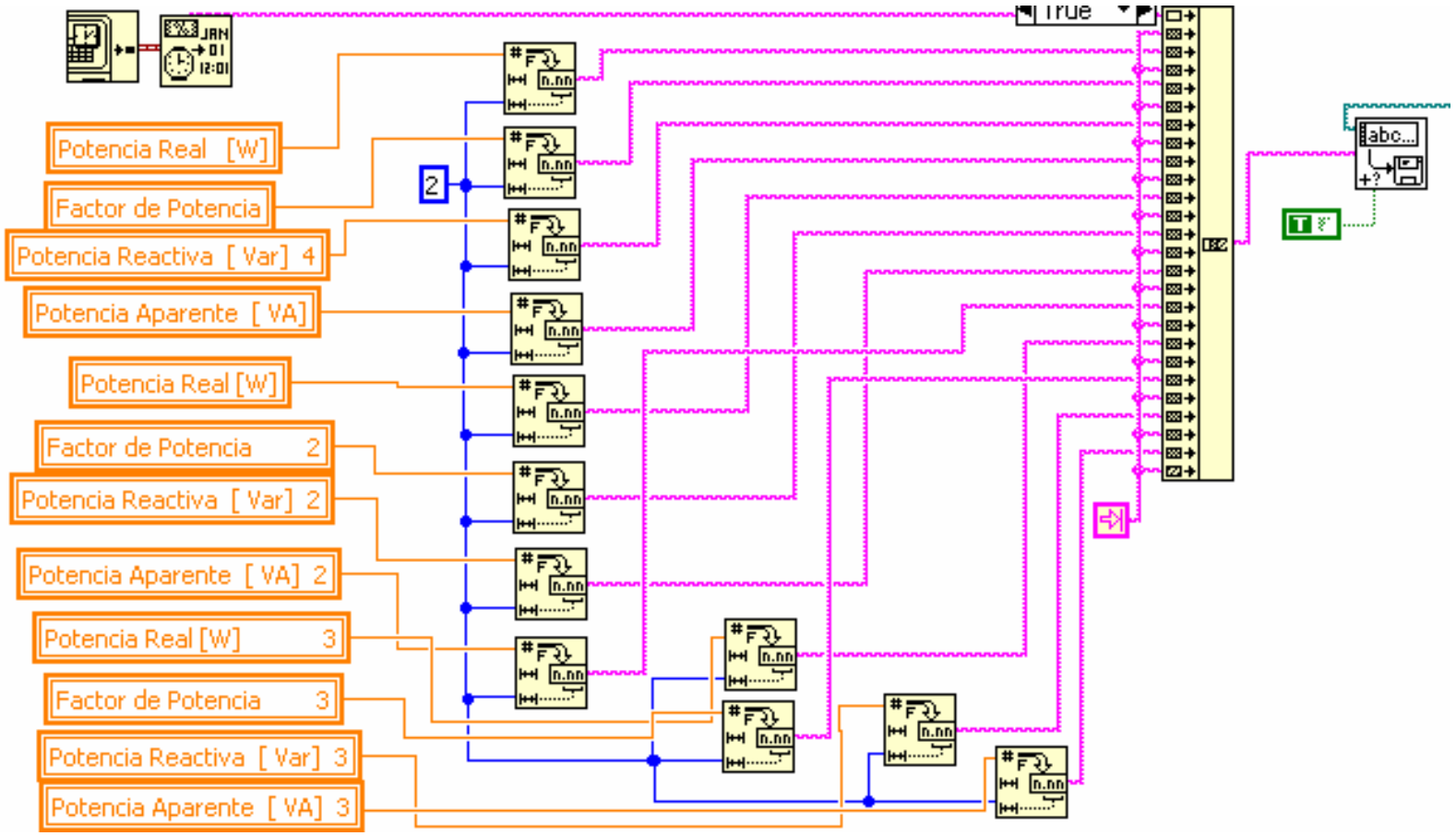
POTENCIA TOTAL ACTIVA



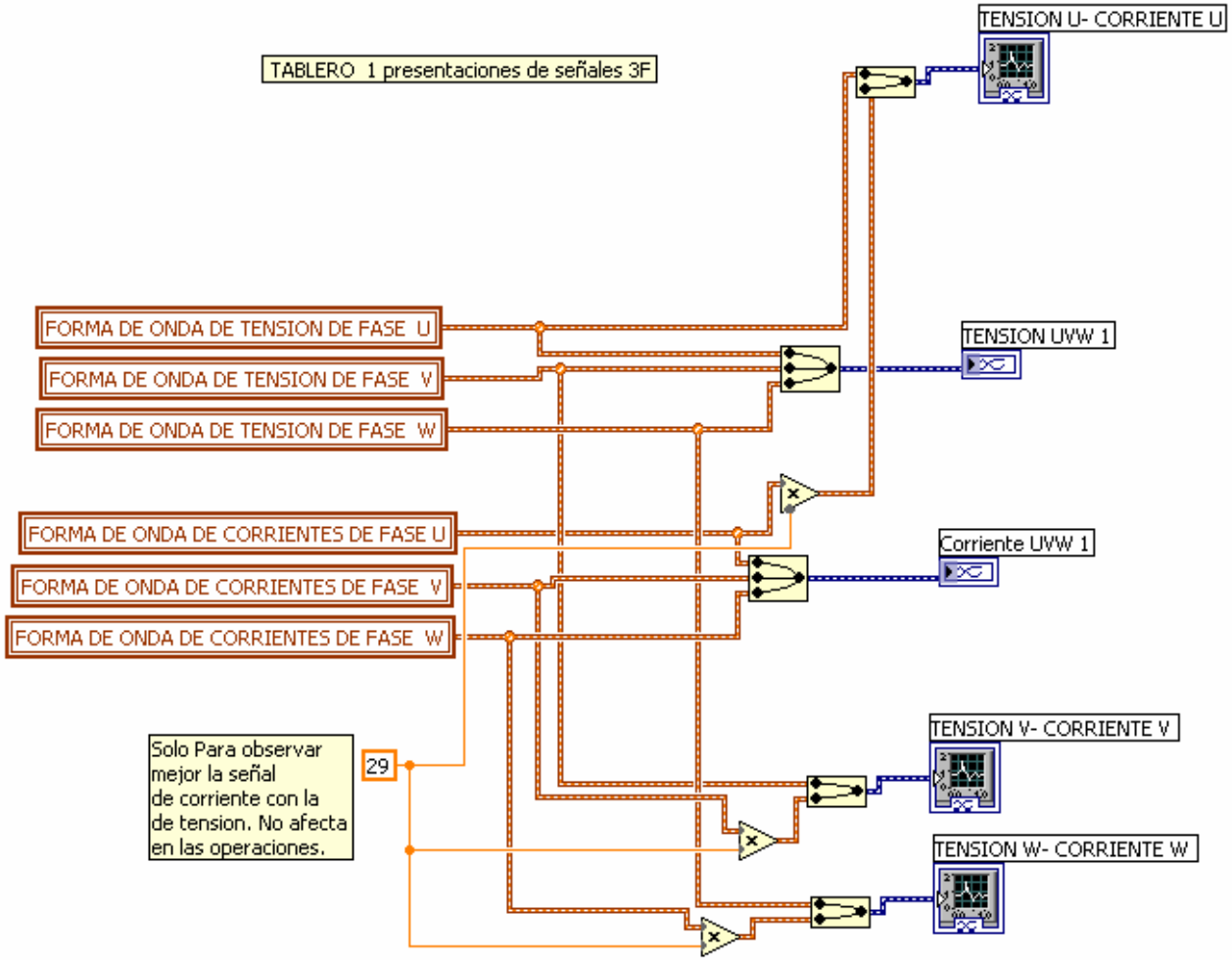
DETECCIÓN DE SOBRE Y BAJA TENSIÓN, PÉRDIDA DE FASES Y PÉRDIDA DE NEUTRO.



GENERACIÓN DE REPORTES

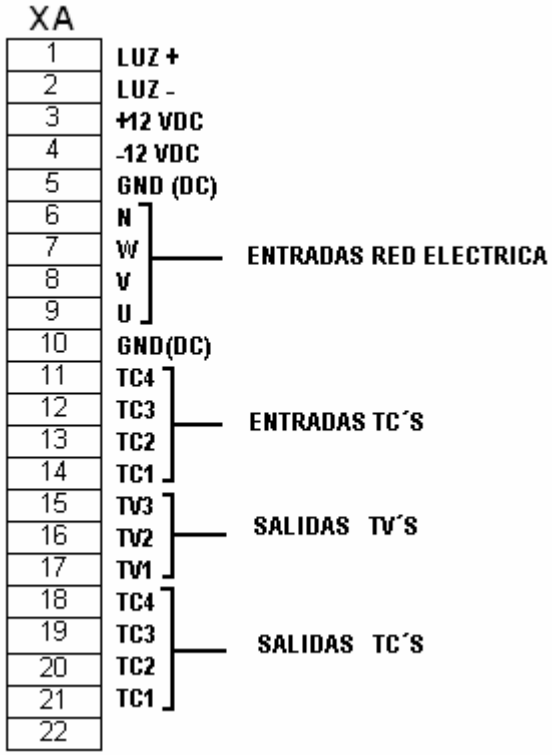


VISUALIZACION DE SEÑALES

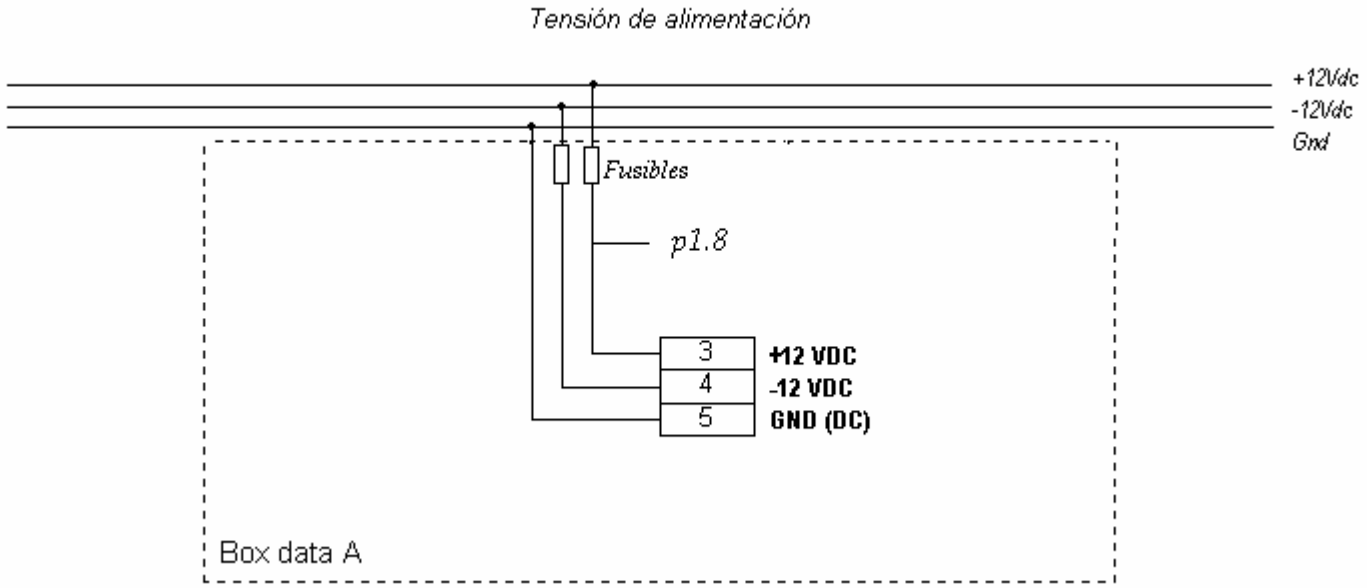


3.4 Planos eléctricos para la conexión del sistema.

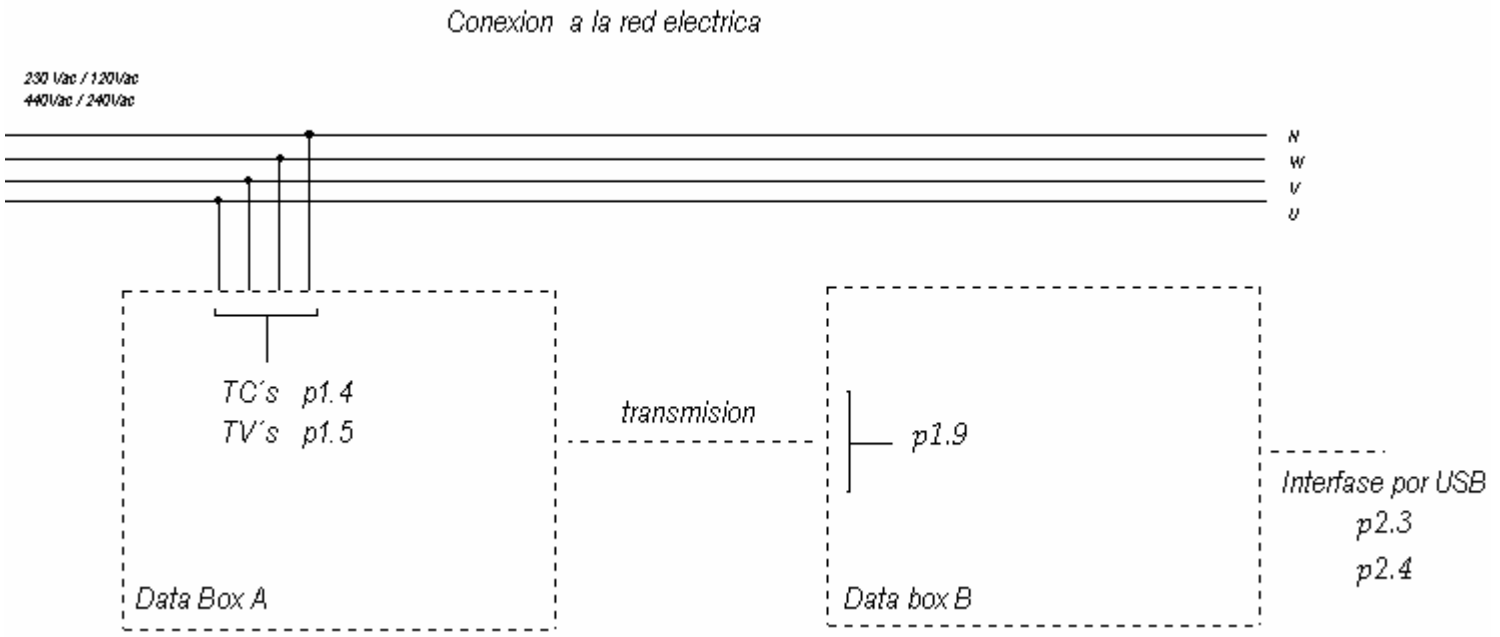
Terminales en data box A



MONITOREO DE REDES ELECTRICAS	DISPOSITIVO: **BORNERA DATA BOX A**	P1.1

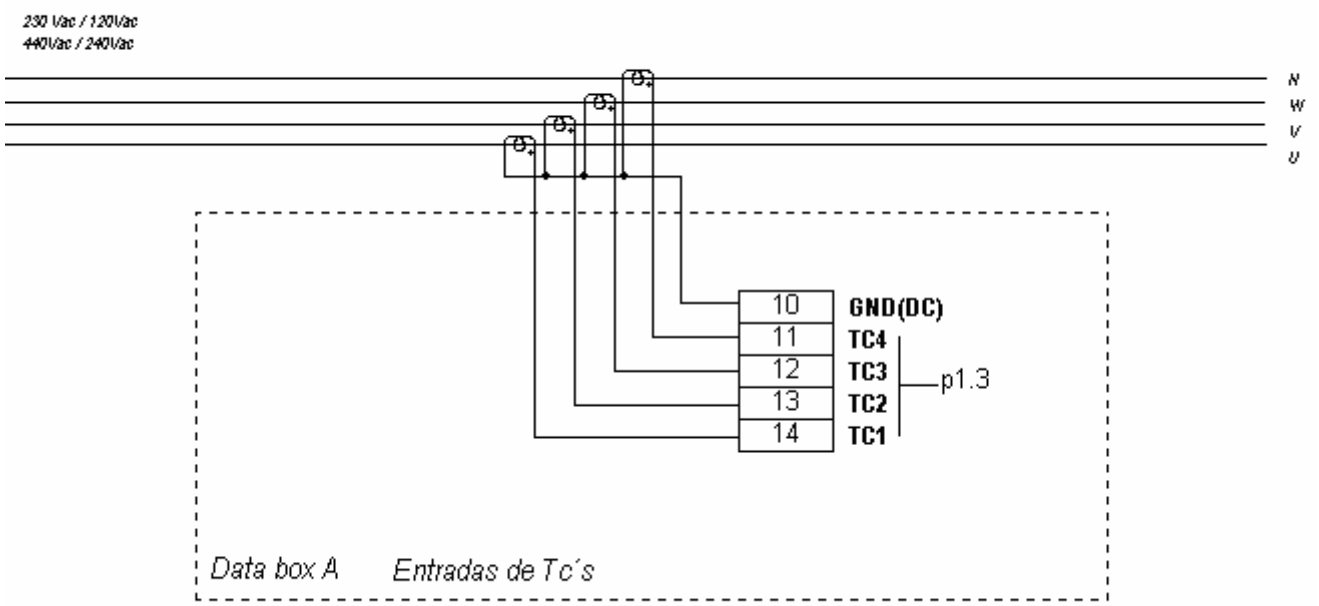


MONITOREO DE REDES ELECTRICAS	DISPOSITIVO : **TENSION DC ALIM**	P1.2

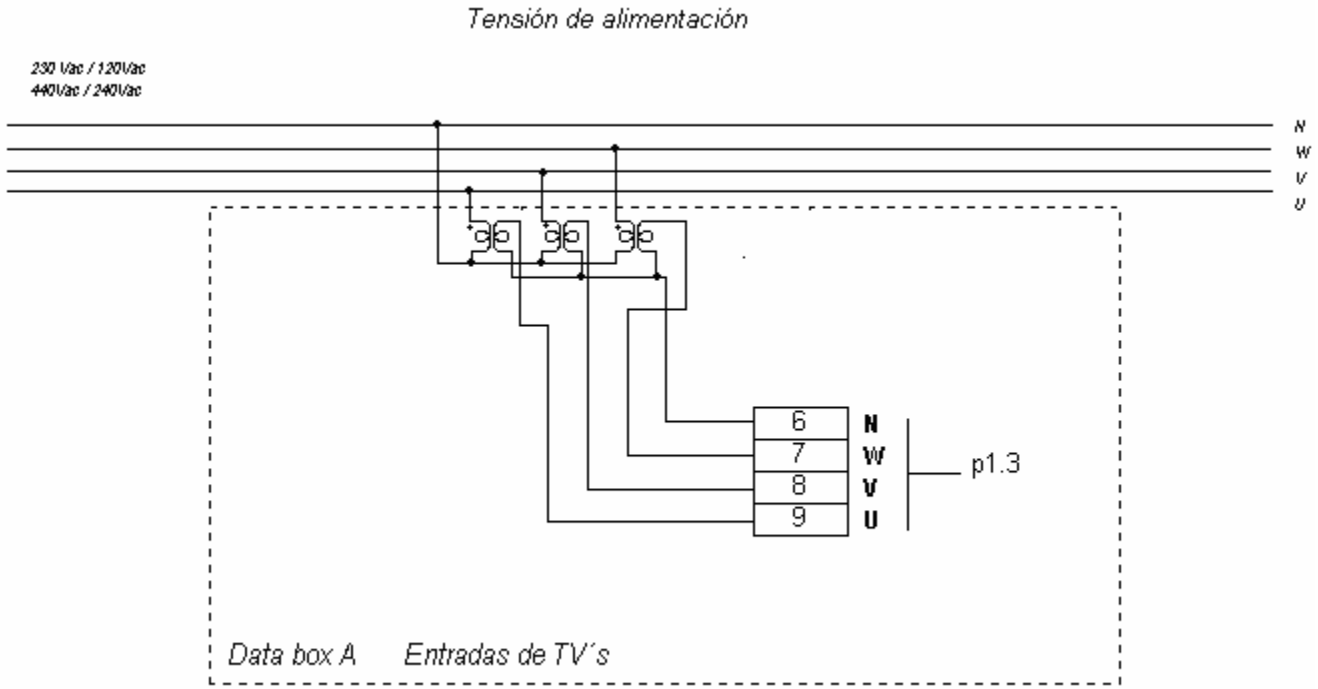


MONITOREO DE REDES ELECTRICAS	DISPOSITIVO : **TABLERO ELECTRICO**	P1.3

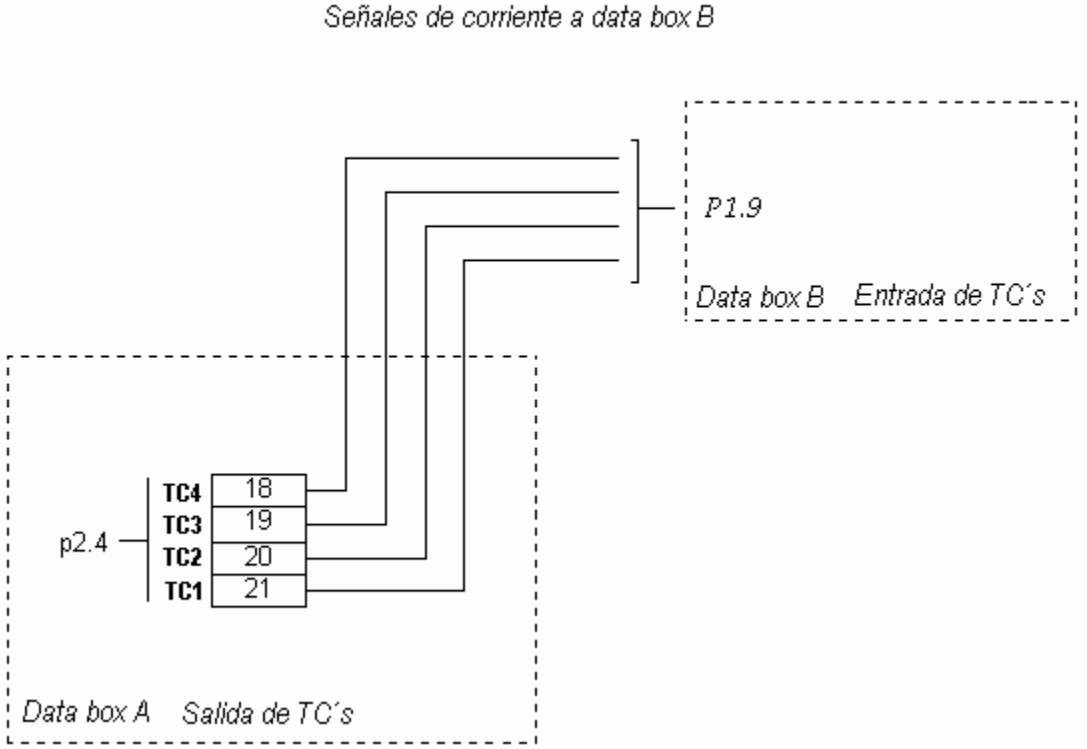
Conexion de transformadores de corriente



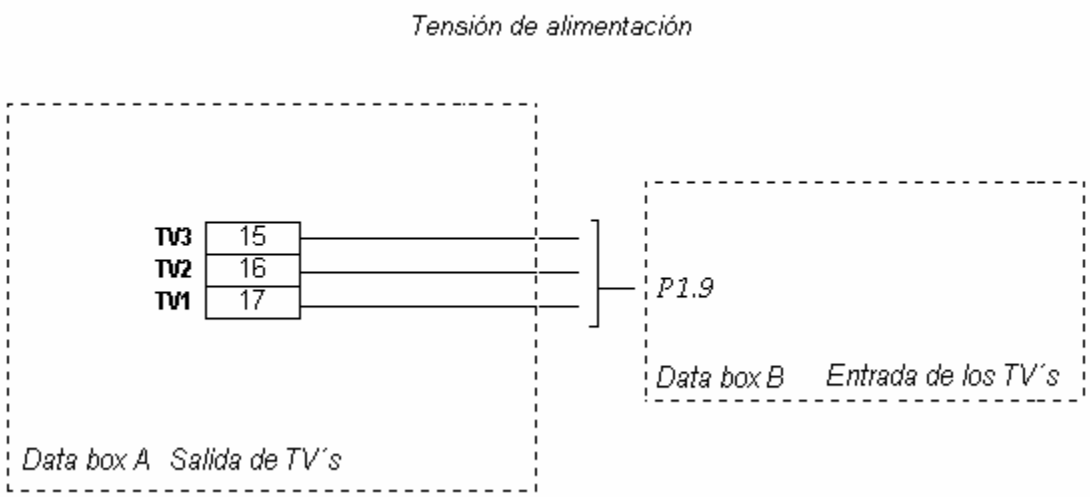
MONITOREO DE REDES ELECTRICAS	DISPOSITIVO : **SEÑAL DE CORRIENTE**	P1.4 Entrada



MONITOREO DE REDES ELECTRICAS	DISPOSITIVO : **SEÑAL DE TENSION**	P1.5 Entrada

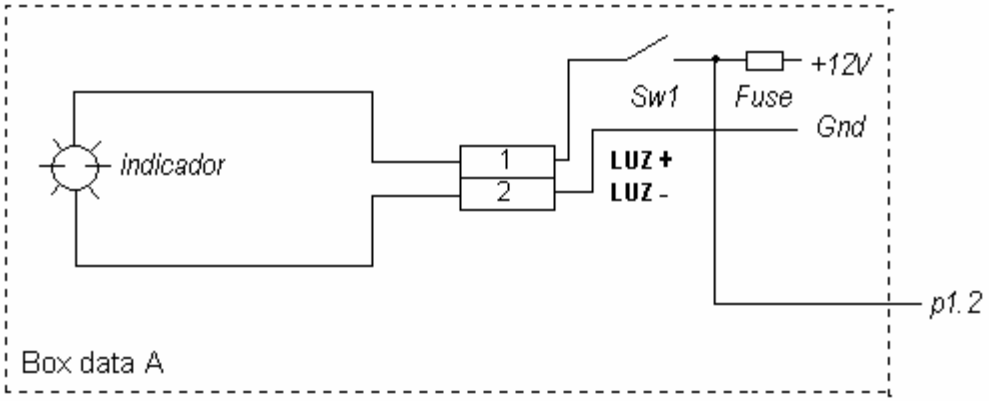


MONITOREO DE REDES ELECTRICAS	DISPOSITIVO : **SISTEMA**	P1.6



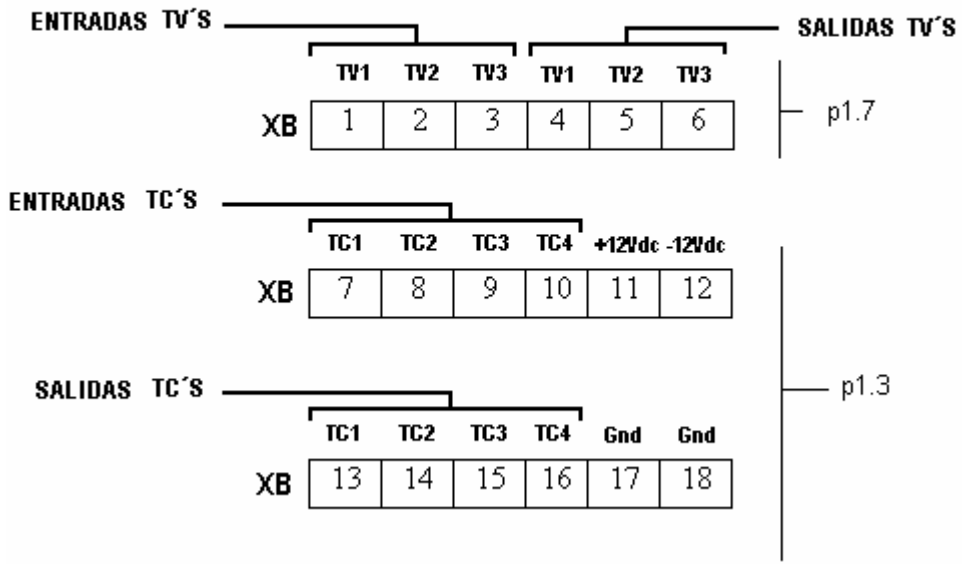
MONITOREO DE REDES ELECTRICAS	DISPOSITIVO : **SISTEMA**	P1.7

Indicador On Off

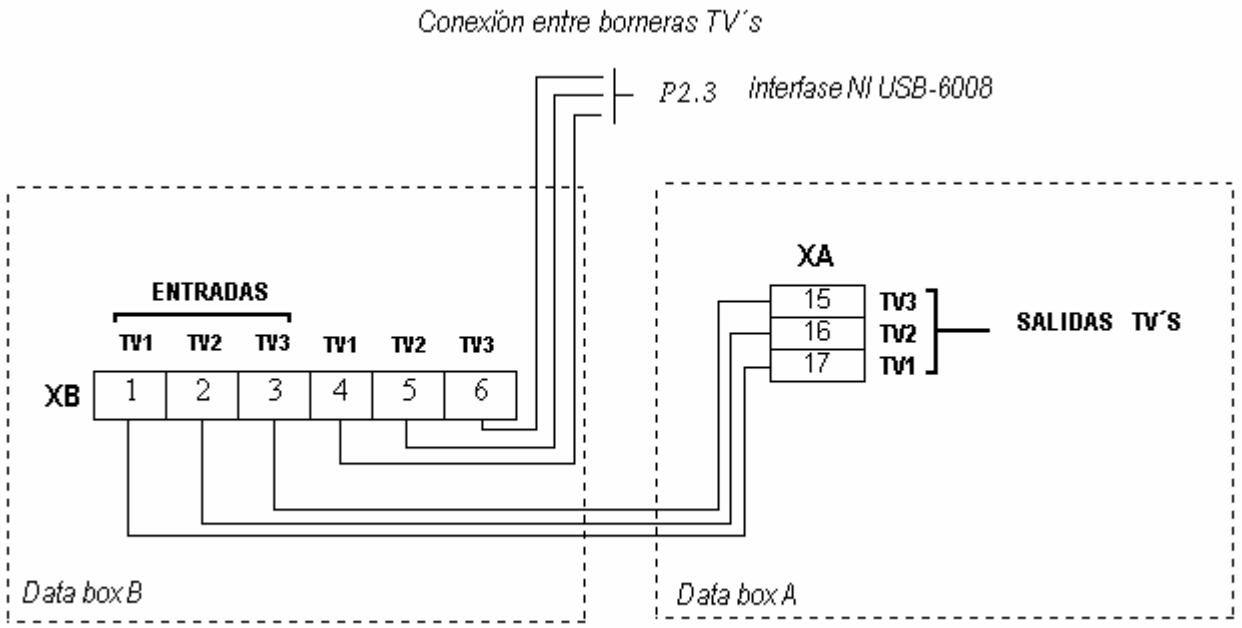


MONITOREO DE REDES ELECTRICAS	DISPOSITIVO : **INDICADOR**	P1.8

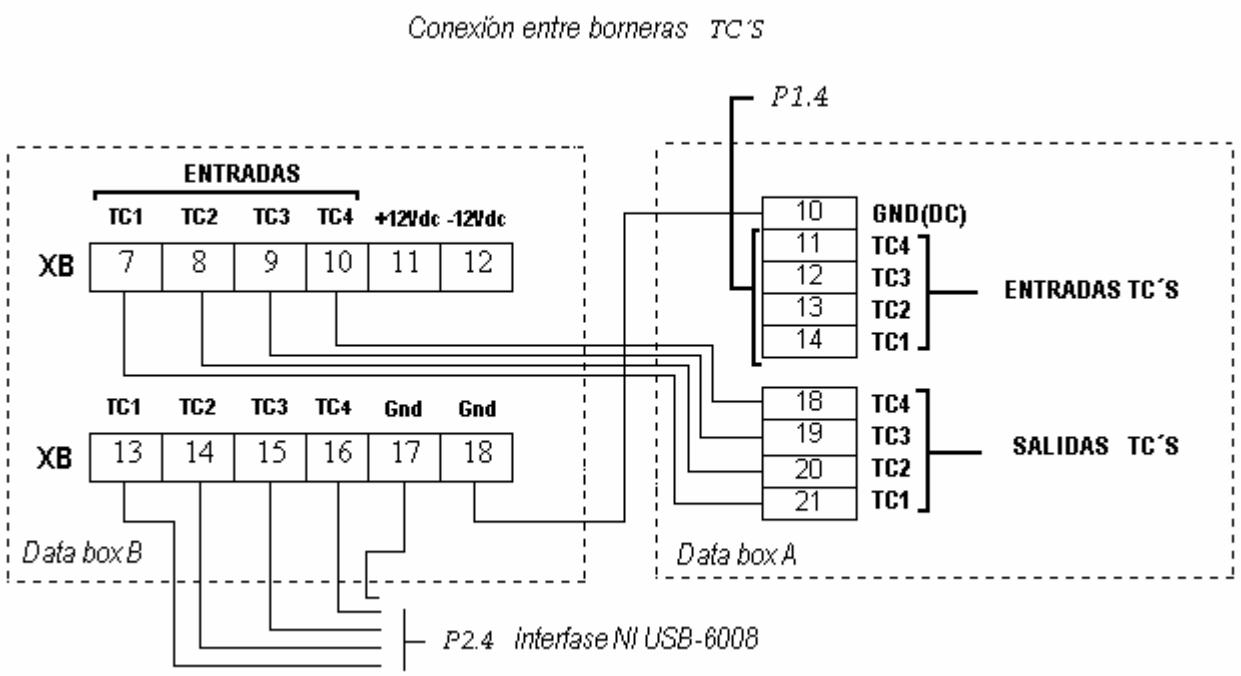
Terminales en data box B



MONITOREO DE REDES ELECTRICAS	DISPOSITIVO **: BORNERA DATA BOX B**	P1.9

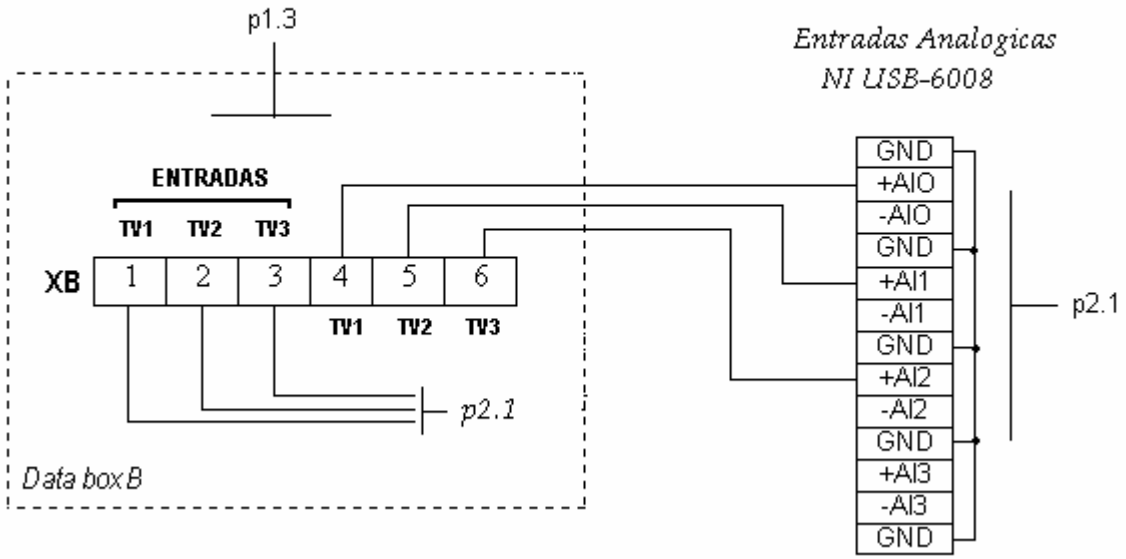


MONITOREO DE REDES ELECTRICAS	DISPOSITIVO : **SISTEMA**	P2.1



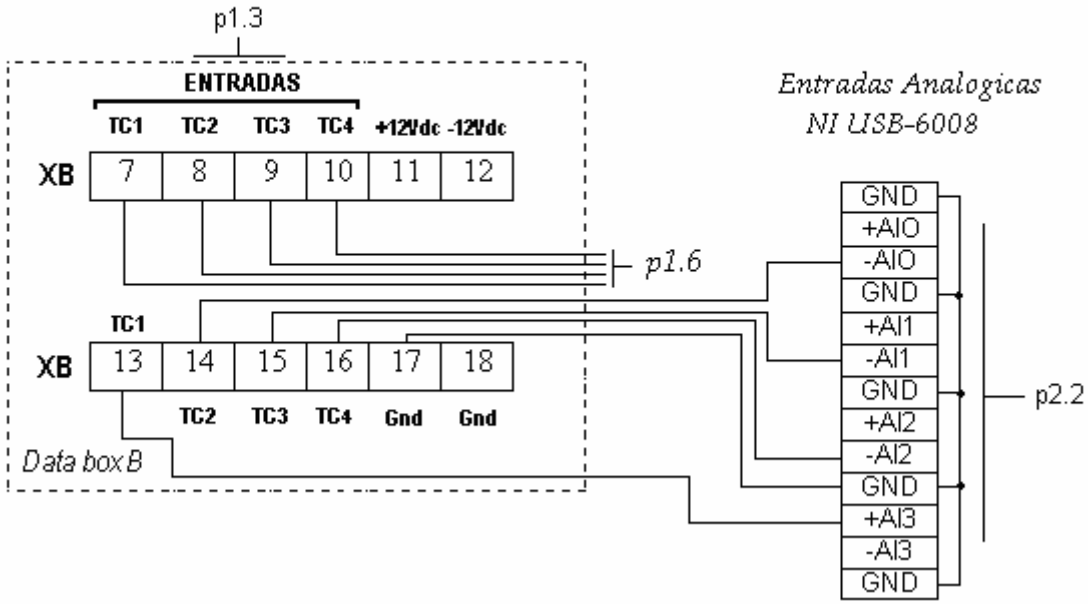
MONITOREO DE REDES ELECTRICAS	DISPOSITIVO : **SISTEMA**	P2.2

Conexion de data box B a UBS-6008



MONITOREO DE REDES ELECTRICAS	DISPOSITIVO : **INTERFASE USB-6008**	P2.3

Conexion de data box B a UBS-6008



MONITOREO DE REDES ELECTRICAS	DISPOSITIVO : **INTERFASE USB-6008**	P2.4

4.1 Pruebas finales del proyecto

Se finalizo la parte constructiva del proyecto y el cual fue sometido a prueba en el laboratorio de eléctrica en la universidad Don Bosco, las pruebas fueron de medición de un sistema trifásico con una carga en estrella, cubriendo todos los objetivos propuestos al inicio, el la figura 4.1 se muestra el funcionamiento del software. En esta prueba se utilizo una carga que demandaba una corriente en la fase U de 6.6 A en fase V de 6.4 A y en la fase W de 7.5 A con un voltaje de fase de 130Vac, demandando una potencia aparente de 865 VA y activa de 800 Watts, con un fp=0.93

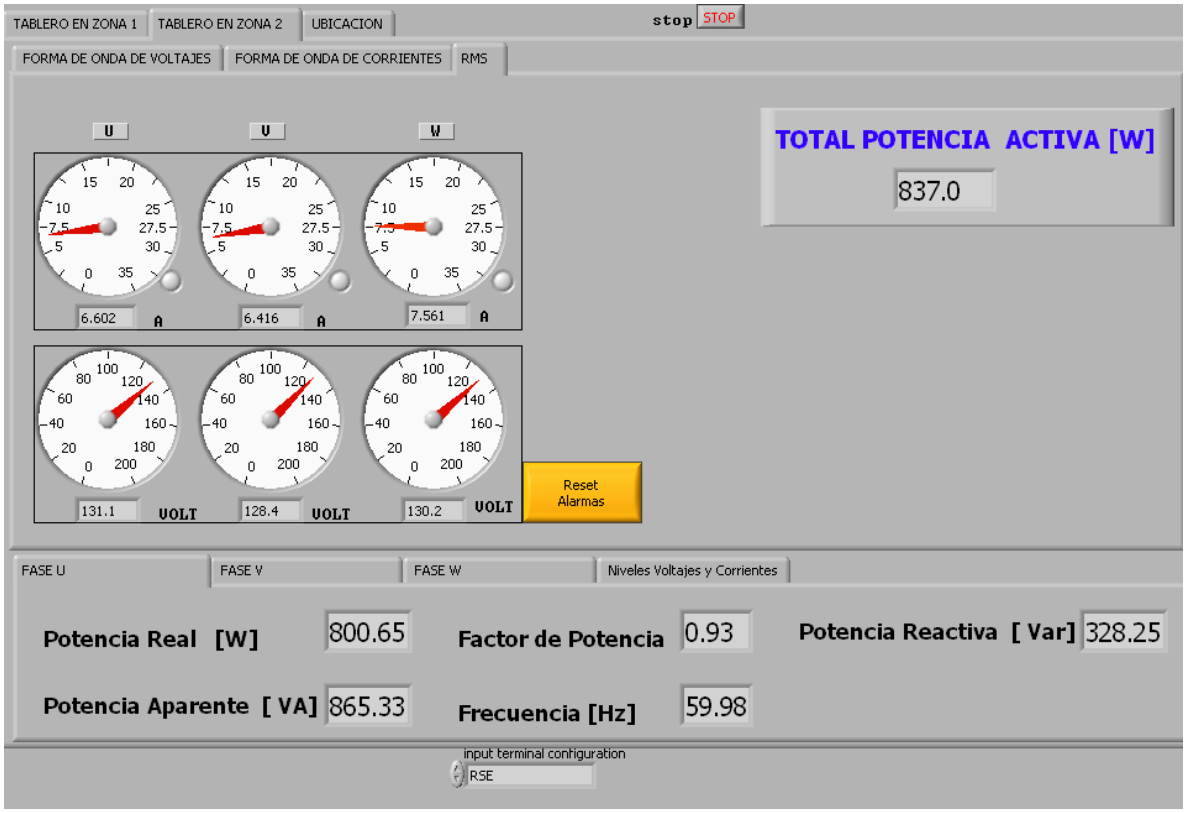


Figura 4.1. Pruebas del software con una carga trifasica.

A la vez se puede optar a la opción para observar las formas de onda de tensión de la red (U,V,W) ver figura 4.2, las cuales son mostradas en tiempo real en el plano Tensión–Tiempo, este tiempo puede ser ajustado de acuerdo a la necesidad.

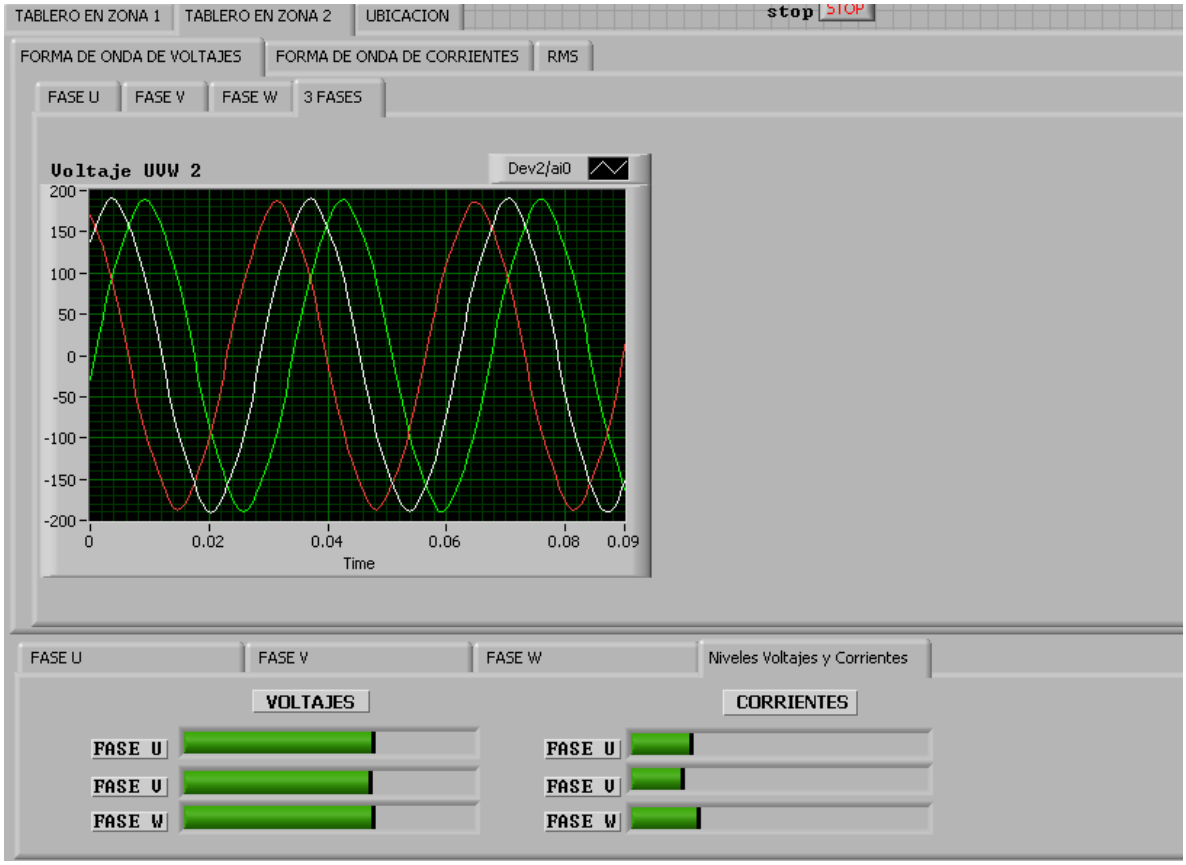


Figura 4.2 Formas de onda de tensión trifásicas

Es importante además el observar las formas de onda tanto de tensión y corriente de una misma fase en este caso se observo la fase W, la cual muestra un defase que corresponde al ángulo del factor de potencia, esto se observa en la figura 4.3, para efectos de visualización en pantalla, la ganancia de la señal de corriente se ha incrementado

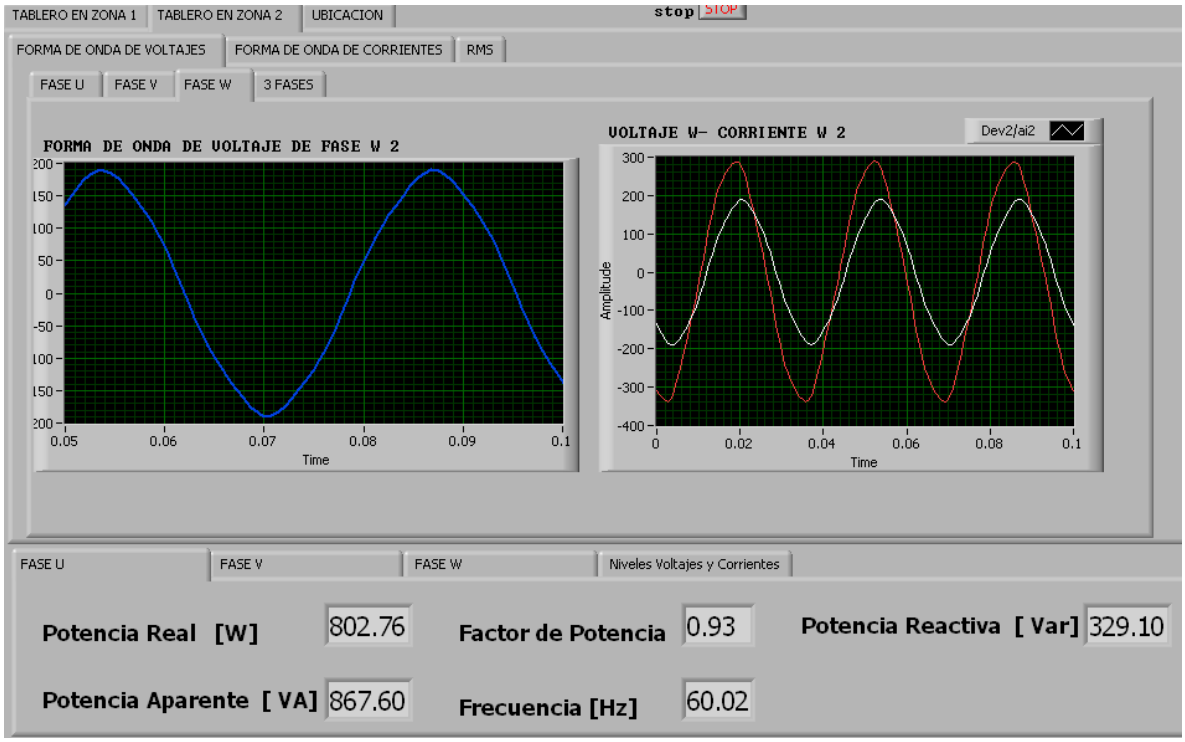


Figura 4.3 Señales de tensión y corriente

3.3 Manual de usuario

Monitoreo de redes eléctricas de baja tensión en ***Y****.*

Modelo VCP-1.0

1. Instrucciones básicas
2. Características generales
3. Instalación y puesta en marcha.
4. Funcionamiento.
5. Ajustes de parámetros.
6. Características técnicas
7. Mantenimiento.

3.3.1 Instrucciones básicas

El sistema de monitoreo para redes eléctricas en la mayoría de los casos no es capaz de evitar una falla pero en caso de que esta ocurra permitirá detectarla rápidamente, así como brindar información importante de la misma para su corrección, tal como la ubicación. Para que opere correctamente, el mismo, requiere que se utilice bajo condiciones que deben tenerse en cuenta como las siguientes.

- Mantener una temperatura ambiental adecuada. 20ºC- 35º C.
- Instalar el dispositivo bajo techo, nunca colocarlo a la intemperie.
- Evitar la exposición a la humedad, polvo, etc.
- Periódicamente proporcionarle mantenimiento, tal como limpieza y verificación del buen estado de los dispositivos que lo conforman.
- En caso de desperfectos de la unidad, permitir el mantenimiento del mismo solamente a personal cualificado.
- No obviar alguna señal que el mismo proporcione indicando que algo esta funcionando mal en su sistema, por ejemplo un recalentamiento fuera de lo normal.

- No exceder una tensión de entrada por mucho tiempo, además de no exceder sus valores nominales de operación.
- Verificar que la fuente de alimentación que requiere sea la adecuada y este operando correctamente.
- Mantener alejado de personas que podrían ocasionarle algún desperfecto, tales como niños.
- El dispositivo una vez puesto en marcha no presenta mayor calentamiento, pero para evitar desperfectos se requiere mantenerlo alejado de fuentes de calor.

3.3.2. Características generales.

Dentro de las características generales del dispositivo tenemos sus dimensiones, las cuales se especifican a continuación; en la figura 3.12 se observan las dimensiones físicas de la unidad que se encarga de recibir las señales que proporcionan los sensores.

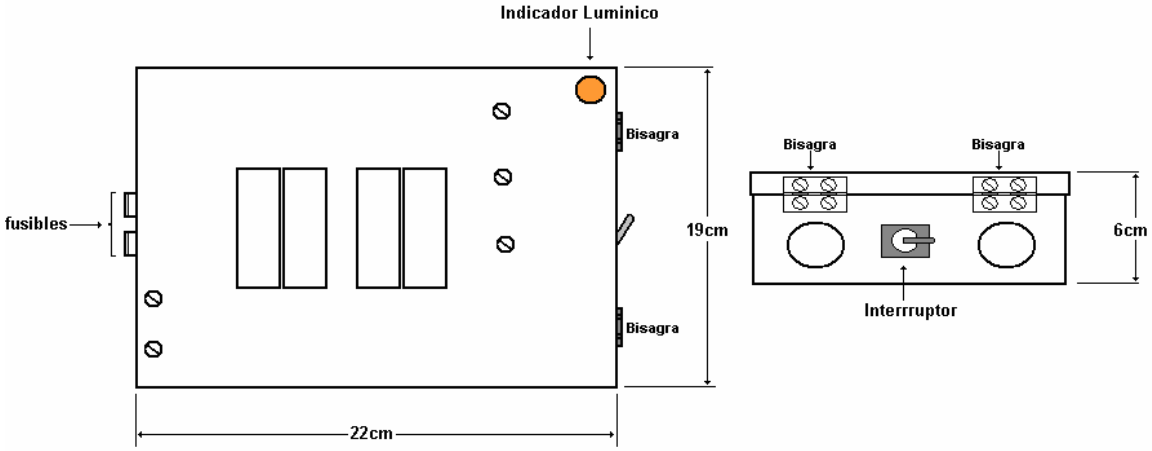


Figura 3.12 Data Box A

La siguiente etapa, encargada de recibir y acoplar las señales provenientes del primer dispositivo se muestran a continuación en la figura 3.13

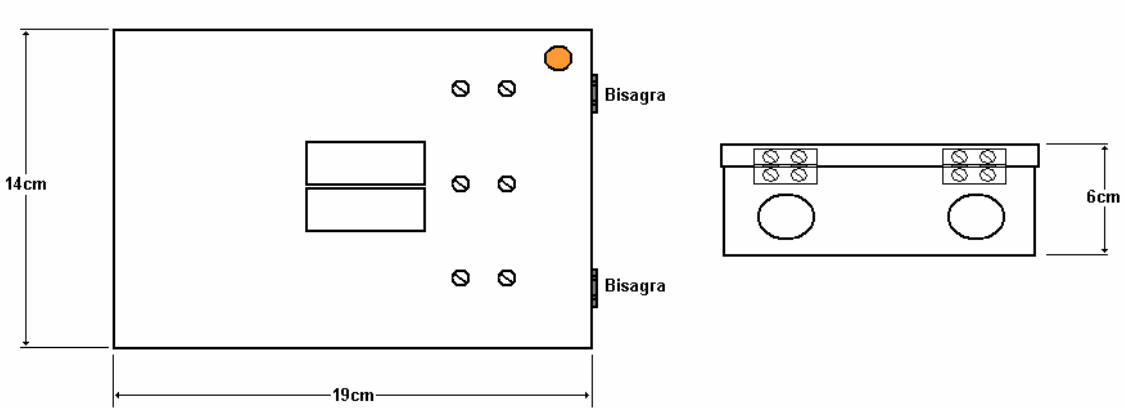


Figura 3.13 Data Box B

Cada unidad, ya sea la que transmite las diferentes señales de los medidores, posee internamente borneras, el uso de éstas es sumamente importante para un dispositivo como el VCP-1.0, la razón es que de esta manera se vuelve mucho mas práctico la solución de un problema, la instalación, o aislamiento del dispositivo; en la figura 3.14 se muestra la bornera correspondiente a la etapa de adquisición de señales provenientes del exterior, específicamente de los tableros que estarán en constante monitoreo.

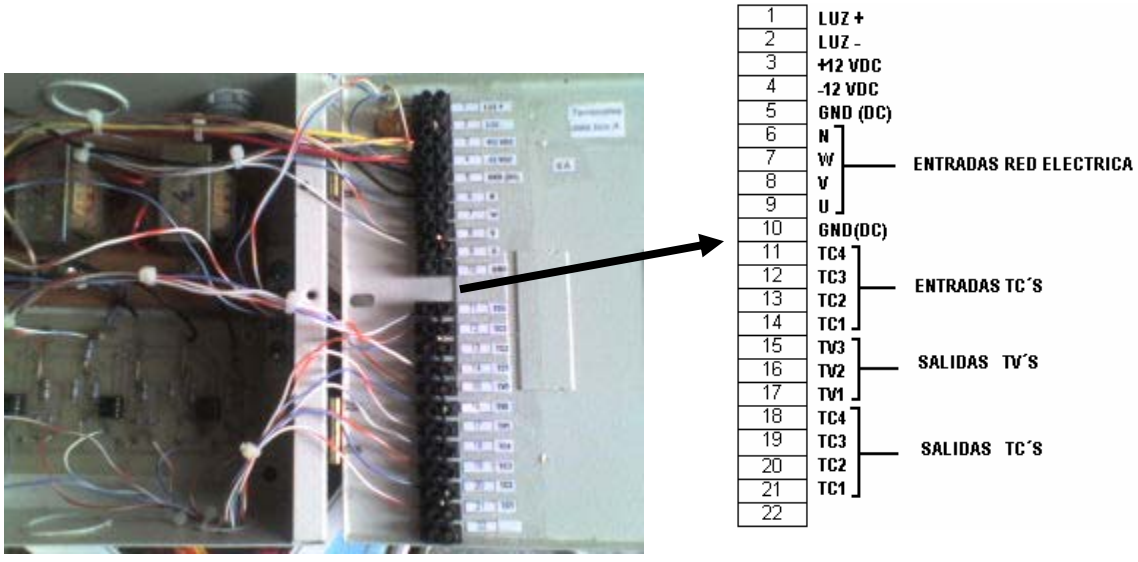


Figura 3.14 Numeración de Borneras en Data Box A

Se observa la distribución de las diferentes señales, algunas de salida, otras de entrada, alimentación del dispositivo, luces indicadoras y otras que se dejan libres para futuras actualizaciones del sistema.

Las que están indicadas con las iniciales TC, corresponden a las entradas de los transformadores de corrientes, encargados de monitorear la misma en cada fase, de la misma manera están marcadas las salidas que van directo al circuito. Las que corresponden a las iniciales TV se refieren a las señales relacionadas con medición de tensión, que van directo al circuito, y las entradas de tensión de la red eléctrica están indicadas con U V W y neutro N. Las entradas de alimentación de corriente directa, así como las luces indicadoras del sistema.

La bornera correspondiente al circuito de recepción ubicado cerca de la interfase y de la PC se observa en la figura 3.15.

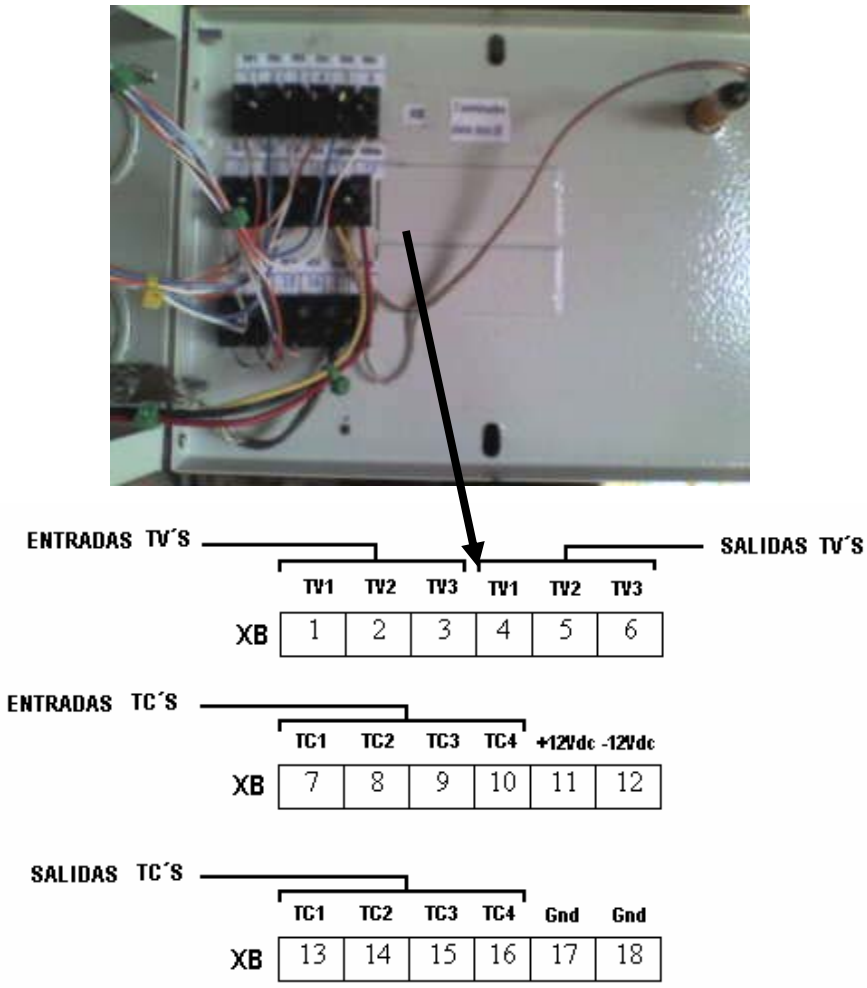


Figura 3.15 Numeración de bornera en Data Box B

Las primeras tres han sido asignadas para las señales correspondientes al tensión de cada fase, cuya información proviene del data box A; las siguientes son las salidas de dichas señales que van al circuito, los siguientes cuatro espacios han sido asignados a la bornera para recibir las señales de corriente de cada fase y neutro, los siguientes dos espacios se utilizan para alimentación continuando con los siguientes cuatro que son las mismas señales de corriente, pero estas ya van directamente a la tarjeta electrónica.

Finalmente en la figura 3.16 se muestran las dimensiones físicas de la interfase USB 6008/6009, después de esta parte sigue la computadora, la cual sus dimensiones y características pueden variar de acuerdo al modelo y tipo de esta que se este utilizando.

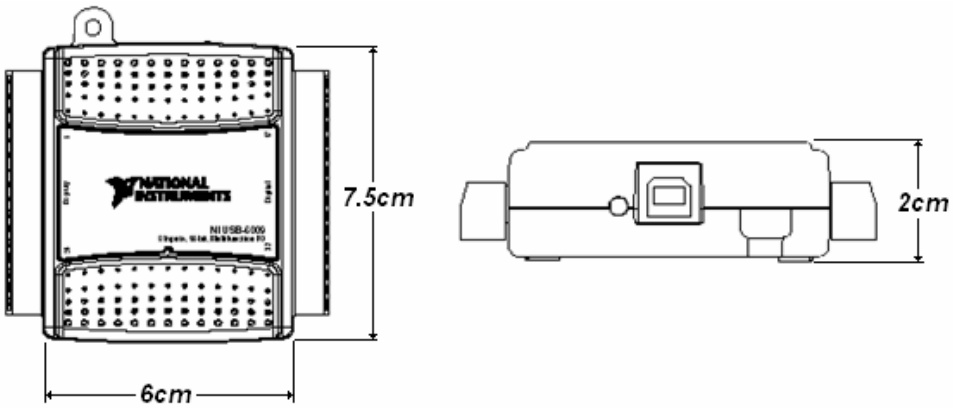


Figura 3.16 Dimensiones de la USB-6008/9

3.3.3. Instalación y puesta en marcha.

Para la instalación del VCP-1.0 primero se debe identificar el lugar idóneo donde se colocara tanto el data box A como el data box B dicho lugar debe estar libre de humedad, con una temperatura ambiente que no sobrepase los límites especificados en este manual y sobre una superficie rígida, una vez hecho esto se debe proceder al montaje, el cual deberá realizarse por personal cualificado. Además de verificar cuidadosamente las conexiones en ambas cajas A y B, con ayuda de los planos eléctricos presentados.

Identifique las 3 fases de la red eléctrica si es un sistema trifásico, que aplica para el sistema presentado, para identificarlas se debe observar los colores de las cintas establecidas que se entienden de la siguiente manera.

COLOR DE CINTA	FASE
Amarillo	U
Rojo	V
Azul	W
Verde	Neutro a tierra

La conexión utilizada para la toma de tensión de la red se utiliza cables previamente identificados como se muestra en la figura 3.17

Figura 3.17 Identificador de cables de fases

Además se identifica de la misma manera los medidores de corriente que deben coincidir con la misma fase de tensión para obtener un lectura de potencia correcta y verificar el sentido de flujo de corriente entrante donde se encuentra marcado. Esto se observa en la figura 3.18 y 3.19 respectivamente.

Figura 3.18 TC´s 3 fases y neutro.

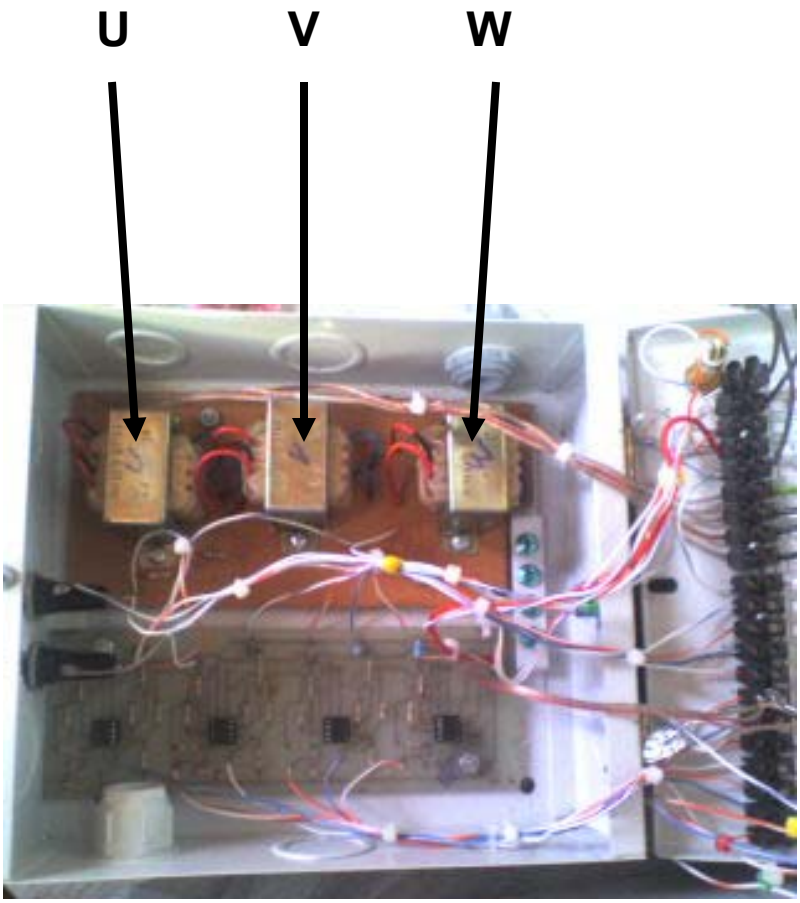


Figura 3.19 TV´s U, V, W

Las señales de salida que van para el data box B idealmente deben ir canalizadas como por ejemplo con tubería conduit MT o similar, esto con el fin de proteger las señales que van dentro, de cuya exactitud depende la precisión del sistema.

El data box B debe instalarse de manera similar sobre una superficie que cumpla los requisitos antes mencionados, por otro lado la alimentación DC para el funcionamiento de este proviene de data box A

La interfase USB-6008 no debe exceder con un máximo de 5 metros al data box B, al igual que desde la interfase a la PC, esto debido a las características de un cable USB, si se sobrepasa esta longitud la señal tiende a atenuarse y a producir ruido.

Una vez conectado física y eléctricamente el dispositivo se debe de hacer uso de una PC que tenga instalado en su sistema una versión para este caso de labVIEW versión 7, después solamente se ejecuta el archivo correspondiente para el monitoreo de redes eléctricas.

El sistema se encuentra protegido ante una falla eléctrica, ambos fusibles ubicados en data box A deben de ser de 150mA como máximo. Ver figura 3.20

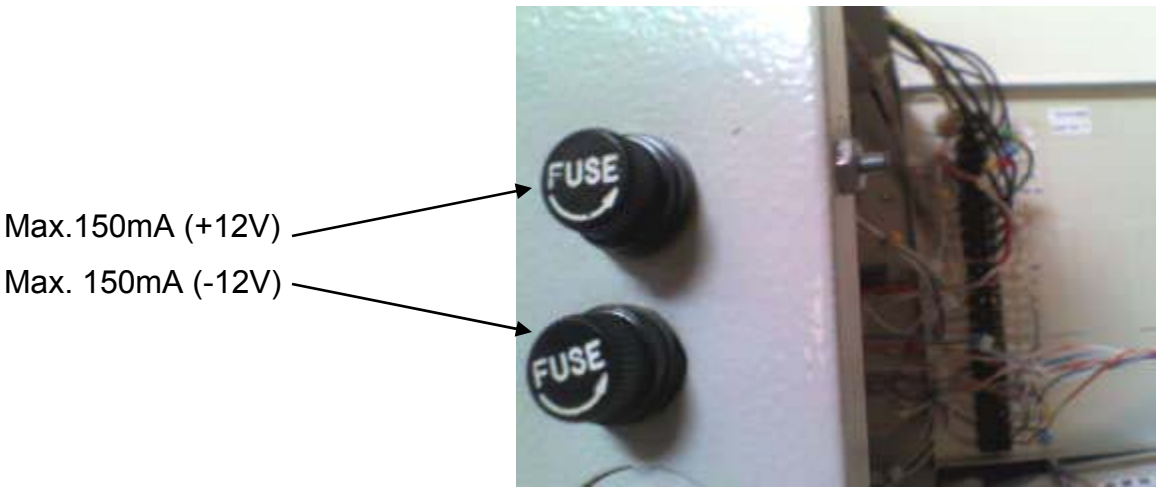


Figura 3.20 Ubicación de fusibles

Ante una posible corriente de fuga debido a una falla el sistema se encuentra aterrizado en su parte metalizada, con el objetivo de reducir el riesgo de electrocución. La forma se observa en la figura 3.21

Figura 3.21 Aterrizaje ante fugas de corrientes

Finamente cuando las conexiones de los dispositivos se hayan terminado se puede activar el interruptor a la posición de “ON”, este se encuentra en la parte derecha del data box A, luego la luz encenderá indicando que el sistema ha sido activado, esto puede observarse en la figura 3.22

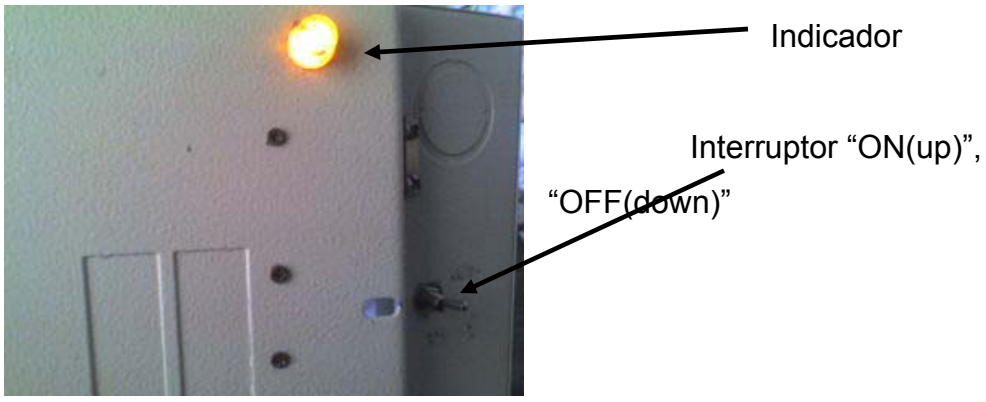


Figura 3.22 Activación del equipo

3.3.4. Funcionamiento.

El VCP-1.0 es un dispositivo que ha sido creado con la intención de beneficiar a las industrias, o a cualquier persona que este interesada en monitorear los parámetros eléctricos de su instalación, está integrado por varias partes, que interactúan entre si para dar como resultado un sistema de monitoreo de redes. A través de sensores de corriente y tensión ubicados en el o los tableros a monitorear se obtiene la información necesaria que pasa a través de un circuito electrónico compuesto de dos partes, encargado de acoplar las señales para que finalmente lleguen a una interfaz que hace posible la comunicación externa con un programa en ambiente labVIEW; dicho programa posee la capacidad de interpretar las señales y presentarlas en pantalla en un ambiente amigable al operador.

A través del programa se pueden detectar fallas, además de imprimir reportes en los que se lleve un control específico de los parámetros eléctricos más importantes del sistema. Se pueden observar las diferentes formas de onda de tensión o corriente de cada fase, además de presentar en pantalla niveles de tensión y corriente, valores de potencias, factor de potencia. Lo más importante es que todo lo anterior se está monitoreando en tiempo real.

El programa con extensión (.exe) puede ejecutarse bajo las siguientes condiciones

- Windows 2000/NT/XP
- 128Mb de RAM
- Pentium 4
- 20Mb de disco duro

Para correr el programa de monitoreo de redes eléctricas se debe dar doble clic al icono del programa, luego se presentará una ventana como la que se observa en la figura 3.23

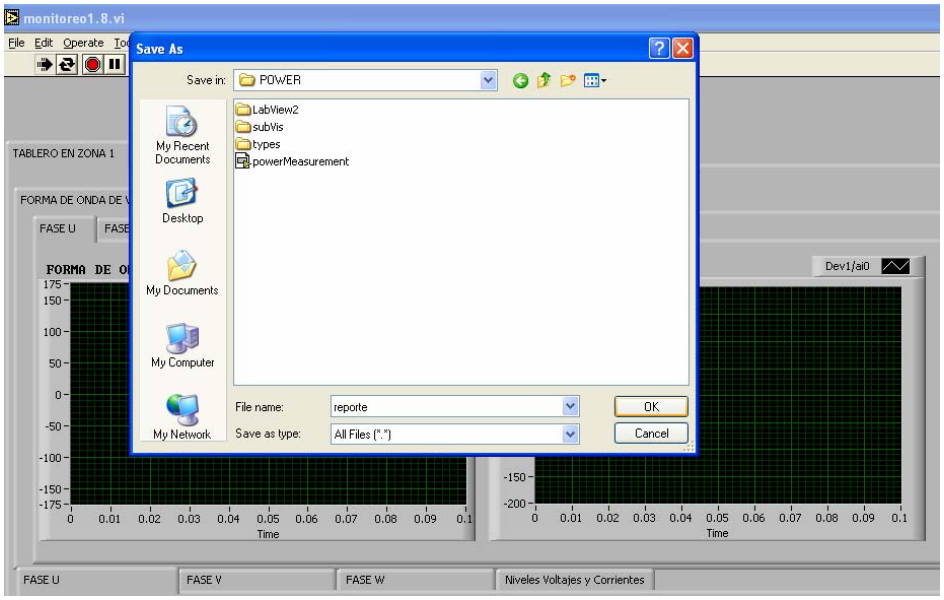


Figura 3.23 Inicio, archivo de reporte

Deberá buscar la carpeta donde esta el archivo historial e ingresar el nombre de este en el cual será guardado el reporte de las variables eléctricas mas importantes, luego este archivo podrá abrirse fácilmente mediante Excel.

Se debe tener en cuenta también el ajustar a RSE así como se muestra, ya que las entradas están referenciadas a 0V. Ver figura 3.24

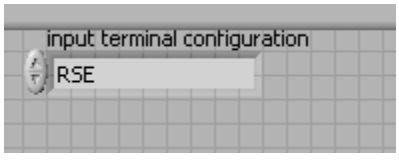


Figura 3.24 Modo RSE de adquisición de señales

Se puede elegir tanto el tablero de **zona** 1 como la **zona 2** ambos poseen similares opciones de muestreo de señales en este caso se ha elegido tablero en **zona 1** con la opción de señales de tensión de la cual se estará observando la **fase U** en la figura 3.25

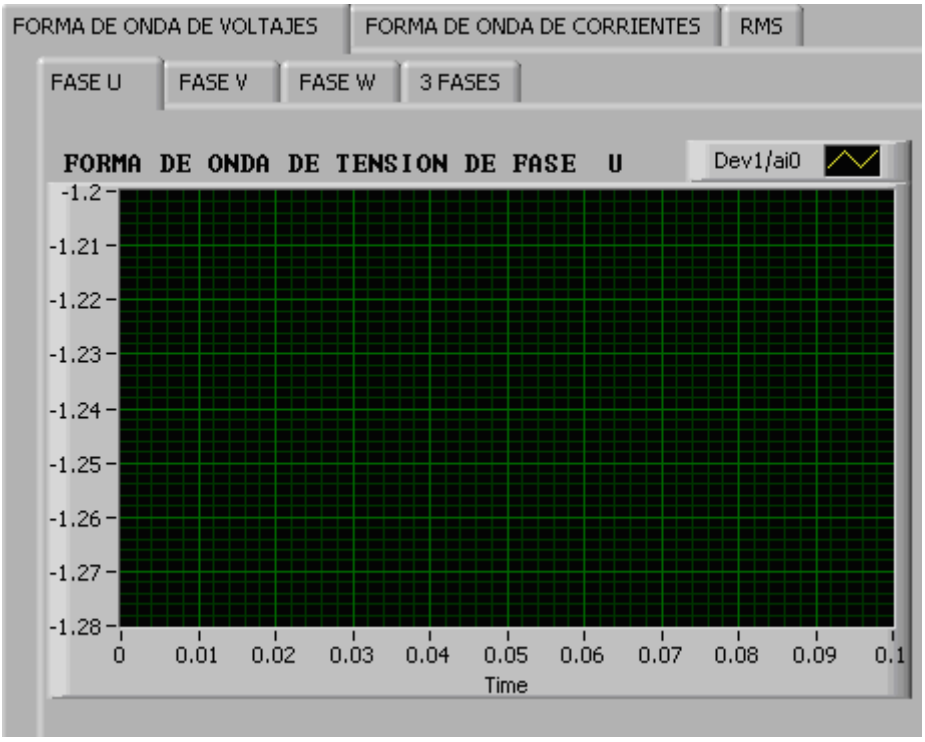


Figura 3.25 Visualización de señales de voltaje

En la figura 3.26 se observa la forma de presentar las variables de mayor importancia de la red eléctrica, puede observar las corrientes de línea RMS que circulan en cada fase de un sistema estrella (U,V,W) y tensión de fase, se muestra además frecuencia, potencia real, potencia aparente y potencia reactiva. Luego, cuando se presenta una falla en alguna de las fases, indicadores ubicados en la parte inferior derecha de cada medidor de corriente, destella y permanecerá encendido. Cuando la sobre corriente se haya eliminado

y se requiera borrar las alarmas se le deberá dar un clic en el botón de (reset Alarmas),

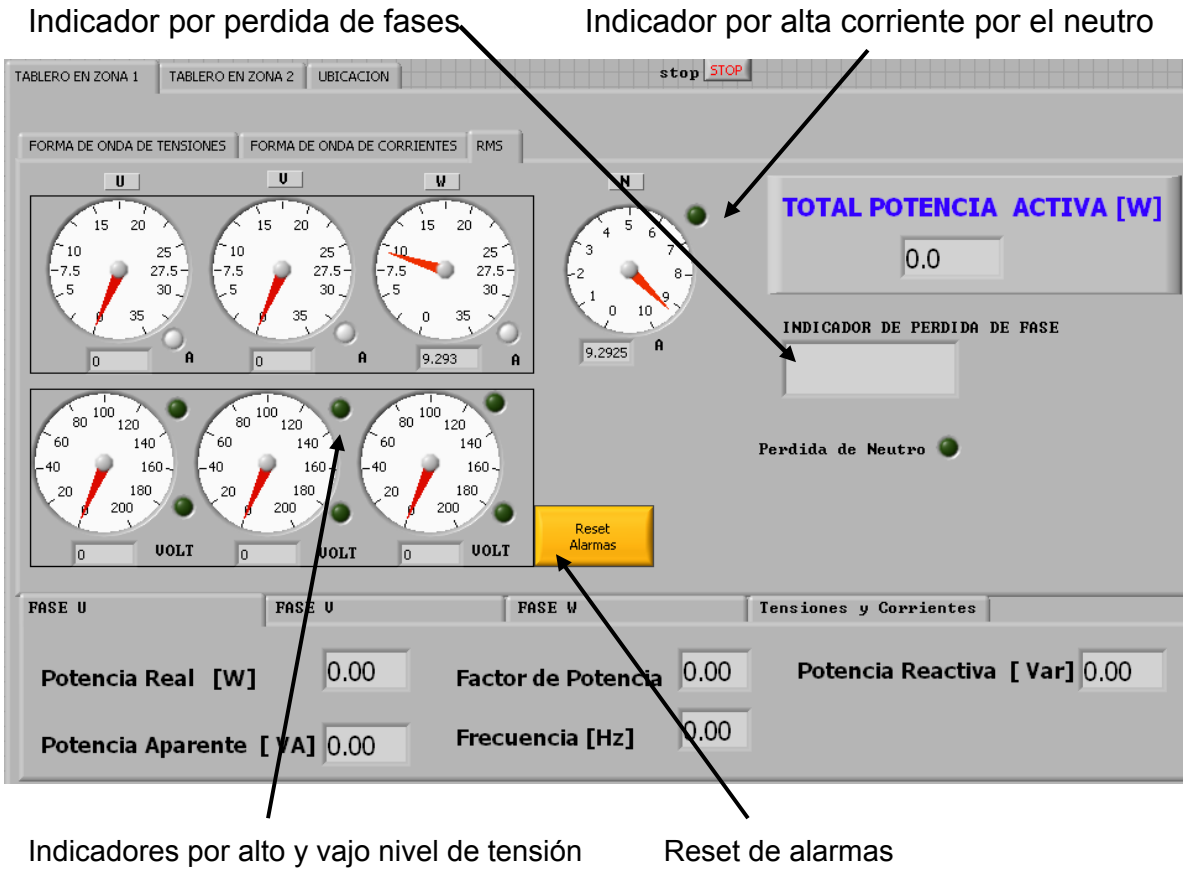
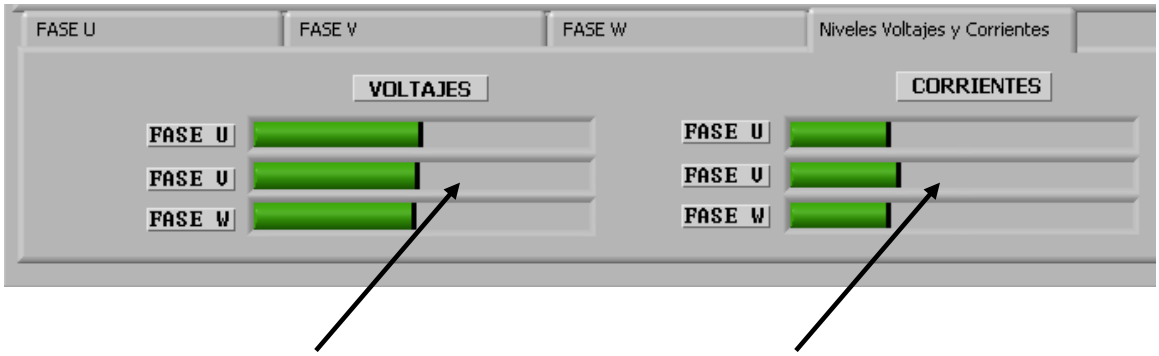


Figura 3.26 Variables RMS de la red, potencia, frecuencia

Si se desea ver el estado de las corrientes y tensión en forma de barras para determinar el balanceo de cargas del sistema. Se elige esa opción presente en el programa, la cual se muestra en la figura 3.27



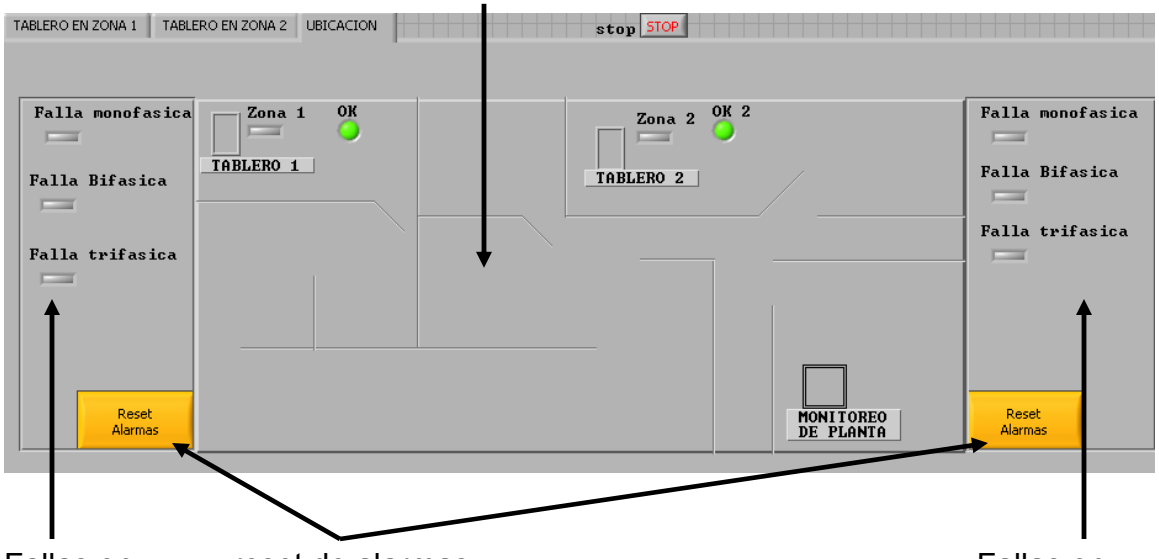
Ajustes a 200 V máximos 35A máximos

Figura 3.27 Variables RMS mostrados en grafico de barras

Además se muestra un diseño esquemático vista de planta para ver de una mejor forma en donde físicamente se encuentran los tableros y la PC. Y así poder crear el modelo de la industria en que se instalaría. Ver figura 3.28

El sistema se encuentra funcionando correctamente cuando los indicadores (OK y OK2 están activados), y cuando surge una alarma el indicador Zona 1 o Zona 2 es activado.

Diagrama de la planta



Fallas en Tablero 1

reset de alarmas

Fallas en Tablero 2

Figura 3.28 Diagrama de esquemático de una planta

- Vista del panel frontal del analizador de redes

En la figura 3.29 se muestra de una de las principales pantallas del software de monitoreo ya que aquí se presentan la mayoría de las variables eléctricas del SCADA.

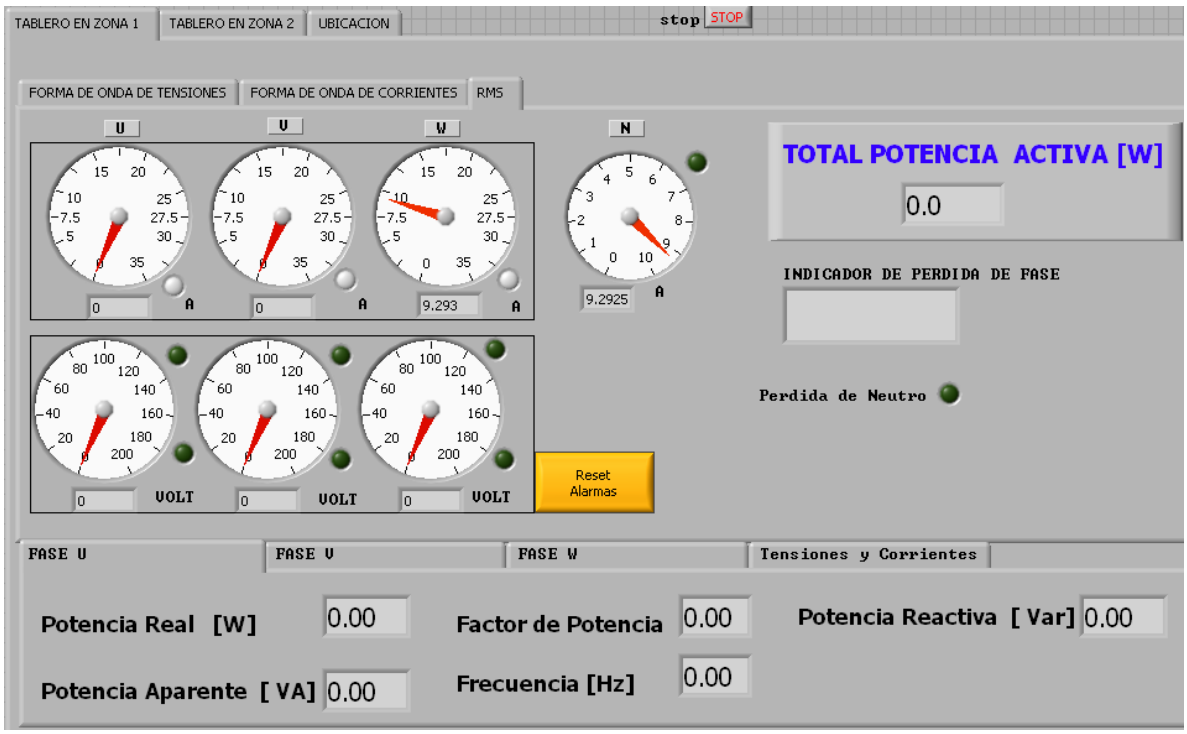


Figura 3.29 Presentación del software de aplicación

3.3.5. Ajuste de Parámetros.

Con la ayuda de los potenciómetros ubicados en data box B y ajustes dentro del programa, podemos ajustar la amplitud tanto de tensión como de corriente el incremento es pequeño aproximadamente un +/- 10% de la señal captada esto puede verse en la figura 3.30

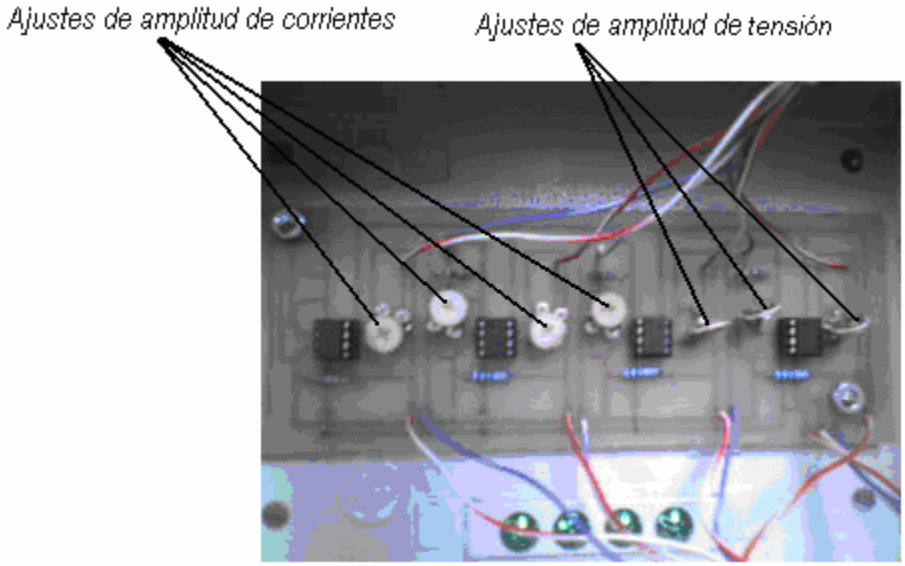


Figura 3.30 Ajustes externos de amplitud de las señales

3.3.6. Características técnicas.

A continuación se presentan las características técnicas más importantes del sistema

- Circuito alimentador

La fuente de poder encargada de suministrarle la alimentación al VCP-1.0 debe entregar una tensión de +12Vdc, -12Vdc y Gnd para luego ser conectado al circuito; para mejores resultados de funcionamiento del sistema dicha fuente debe tener un excelente filtrado.

- La corriente del sistema en condiciones de operación nominal es aproximadamente de: 50-75mA dc.
- Tensión de medición: 115VAc fase neutro, 230VAc fase-fase; 240VAc fase-neutro y otras tensiones menores a 240VAc fase-neutro.
- Tipo de red eléctrica: Estrella neutro-aterrizada
- Frecuencia de operación: 50-60Hz
- Dimensiones:
  - Local data box A= $190 * 220 * 60$ mm $L * A * P$
  - Local data box B= $140 * 190 * 60$ mm $L * A * P$

- Masa:

- Local data box A= 1700gr.
- Local data box B= 725gr.

- Entrada y salida de señales:
  - Terminales de tornillo de 12 espacios para local data box1.
  - Terminales de tornillo de 06 espacios para local data box2.
- Corriente nominal para los TC´s:
  - 35 Amperios.

3.3.7. Mantenimiento

El VCP-1.0 no necesita de un mantenimiento especial, se aconseja evitar en la medida de lo posible todo ajuste, ó reparación con el equipo abierto. Si en caso se requiera ajustar algún parámetro deberá efectuarlo personal cualificado bien informado acerca del funcionamiento del equipo.

Cuando se observe un fallo en el equipo se deberá dejar fuera de servicio hasta corregir la falla, asegurándose de dejar el equipo con falla, aislado y desconectado de cualquier fuente de alimentación para luego ser reparado, ya que el diseño del circuito permite sustituir los diferentes dispositivos de una forma rápida.

Conclusiones

- Se concluyó que además de ser utilizado en sistemas trifásicos con neutro aterrizado de cuatro hilos; se podrá tener la capacidad de operar correctamente en redes monofásicas bifilares, así como también redes bifásicas trifilares.

- Se concluyo que a partir de de los diseños realizados y los materiales utilizados en el proyecto, el sistema resulto ser de bajo costo, comparado con los equipos comercialmente disponibles.

- Mediante el trabajo en grupo se creo un algoritmo de aplicación que muestra el funcionamiento del programa creado en labVIEW, a través del cual se hace más comprensible el funcionamiento del mismo.

- Se concluyo, con los conocimientos adquiridos mediante la investigación bibliográfica, que la forma de programación en labVIEW resulta ser amigable para el programador, lo cual facilita realizar modificaciones en el programa para expandir sus capacidades.

- Una vez finalizado el proyecto se llego a la conclusión que los convertidores V-I, I-V diseñados para la implementación del proyecto manejan corrientes mas pequeñas que los utilizados bajo norma, esto debido a la corriente de operación de los amplificadores operacionales, pero por tratarse de un sistema prototipo la utilización de estos era la mas idónea.

- Se concluyo que la existencia tanto de planos eléctricos del sistema como de los planos arquitectónicos del mismo es una parte vital para el entendimiento del proyecto, y mediante los cuales la compresión del trabajo se vuelve mucho más versátil.

- Se determinó que el uso de materiales ferromagnéticos para la creación de los sensores del sistema conllevo a la creación del proyecto, por tanto se concluye que el sistema fue creado pensando en un prototipo y para que este opere correctamente a otros niveles de tensión mucho mas altos, el dimensionamiento de estos debe ser diferente debido a la no linealidad de este tipo de materiales.

- Se concluyo que el sistema de monitoreo y detección de fallas en redes eléctricas con conexión en estrella, cumple los requerimiento para poder ser implementado en una materia impartida por la escuela de eléctrica en la UDB.

Recomendaciones

- Por tratarse de un prototipo el presente trabajo no cuenta con todas las herramientas que debe poseer un analizador de redes, por tanto si se desea realizar un análisis más a profundidad se debe de incluir la calidad de la energía de la red que se esta monitoreando, es decir identificar la cantidad de armónicos presentes en la misma para ello se deben de obtener otros parámetros incluyendo el THD, para lo cual se necesitaría una modificación en el programa creado en labVIEW, además de otros arreglos de hardware, los cuales no fueron hechos por factores económicos y de tiempo.
- Para mayor rapidez de conexión entre el data box 1 y 2, además de mejorar significativamente la estética del sistema se recomienda incluir en el diseño hardware un conector macho y uno hembra para interconectar ambas unidades, utilizando cables multi-pares blindados para reducir ruido externo.
- Por tratarse de un sistema prototipo los TC's son relativamente pequeños en cuanto a su núcleo y su saturación se da cerca de los 55 amperios, por tanto si se desea monitorear magnitudes más grandes de corrientes, se recomienda aumentar el área transversal de los TC's y el numero de vueltas en las bobinas presentes en cada uno de ellos.
- Si se desea monitorear niveles de tensión superiores a los establecidos en el proyecto por ejemplo 480V, lo cual es un valor muy común en la industria se deberá cambiar los TV's utilizados por otros de un mayor rango preferiblemente de 480V-6V.
- La medición de corriente y tensión se hace a través de medidores que presentan características no lineales para mejorar la fidelidad de las lecturas en valores no especificados en el proyecto se deben hacer arreglos tanto a nivel de software como de hardware para hacer lo mas lineal las mediciones.

- Se recomienda el uso de amplificadores de instrumentación en lugar de solo operacionales.
- Se recomienda el uso de convertidores de Voltaje-Corriente y Corriente-Voltaje en los rangos estándar de 4 a 20 mA.

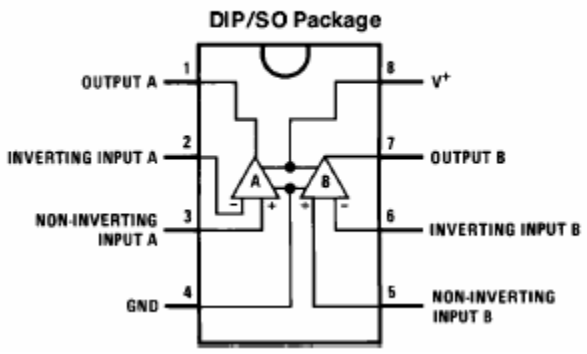
Anexos

Hoja técnica del LM358.

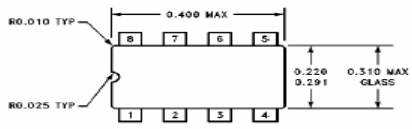
Características eléctricas más importantes.

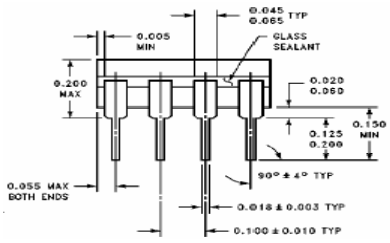
Tensión de alimentación.	
Una fuente	3 a 32V
Dos fuentes	+-1.5V a +-16V
Ancho de banda	1Mhz
Mínimo de tensión de entrada de offset	2mV.
Disipación máxima de potencia	830mW.
Corriente típica de salida	20mA.
Rango de temperatura de operación	0 – 70ºC.
Máxima temperatura (soldando 10seg)	260ºC

- **Diagrama de conexión.**



- **Dimensiones físicas**



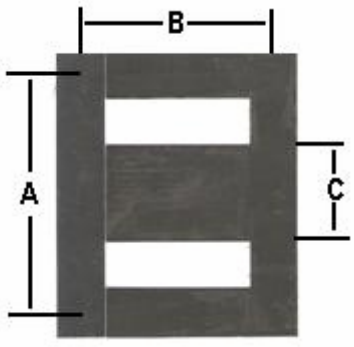


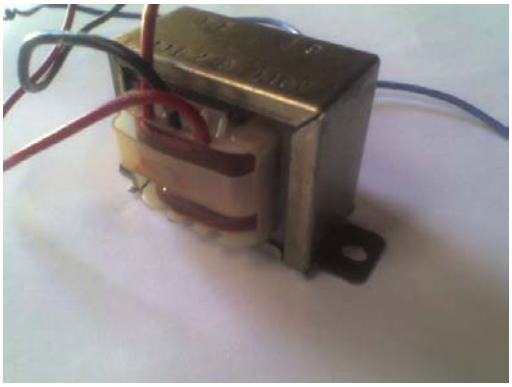
Datos técnicos del transformador de tensión

Transformador de tensión	Tensión AC
tensión nominal del primario	115V
tensión nominal del secundario	5V

çBobinas	Número de vueltas
primaria	600
secundaria	27
Relación de transformación	22

Núcleo (figura)	M
A	0.035
B	0.028
C	0.012
Longitud media	0.126

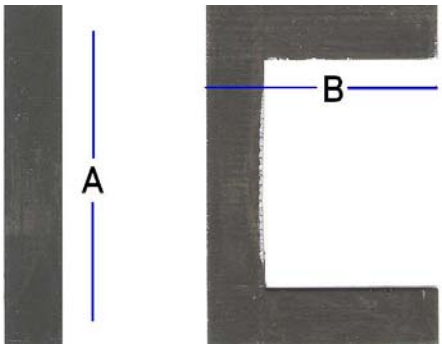




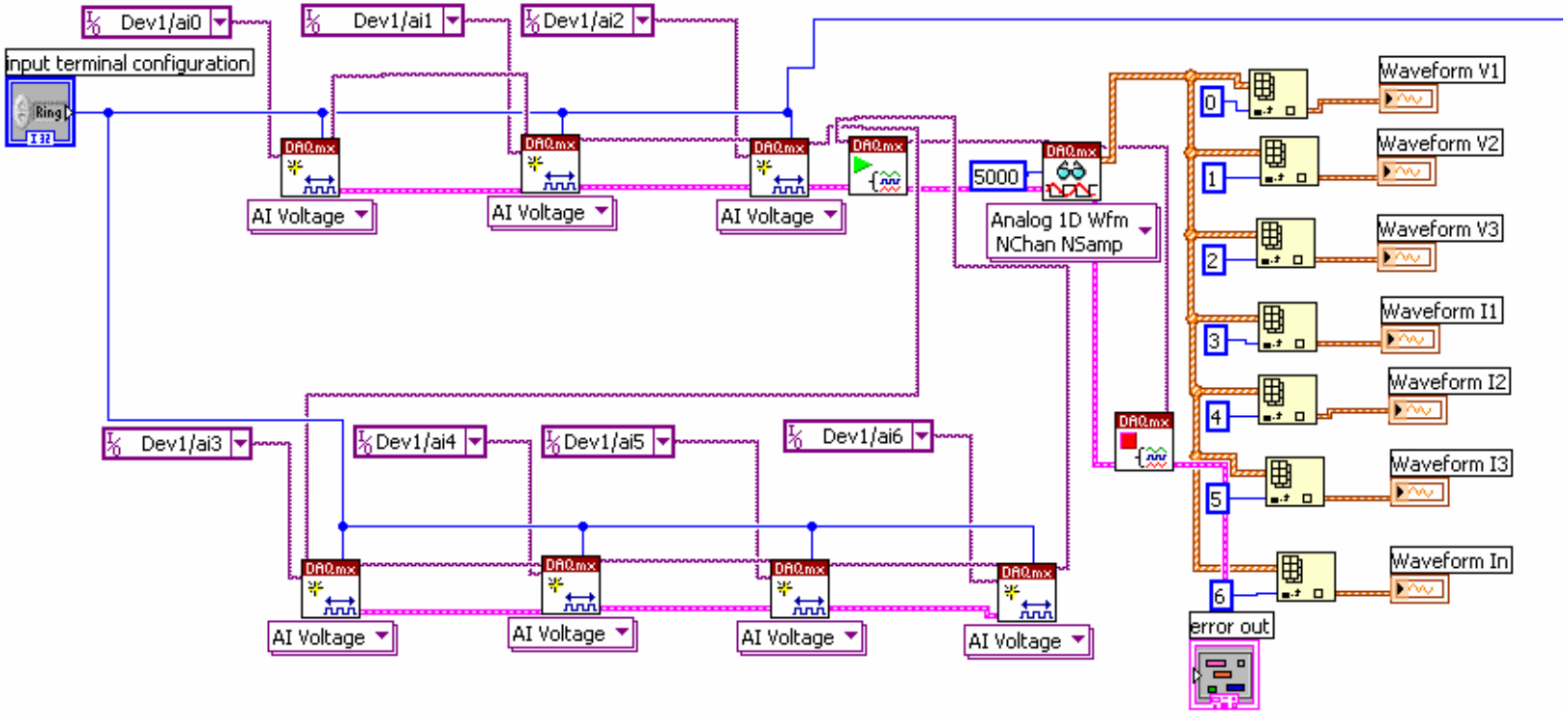
Datos técnicos del transformador de corriente

Dimensiones de láminas

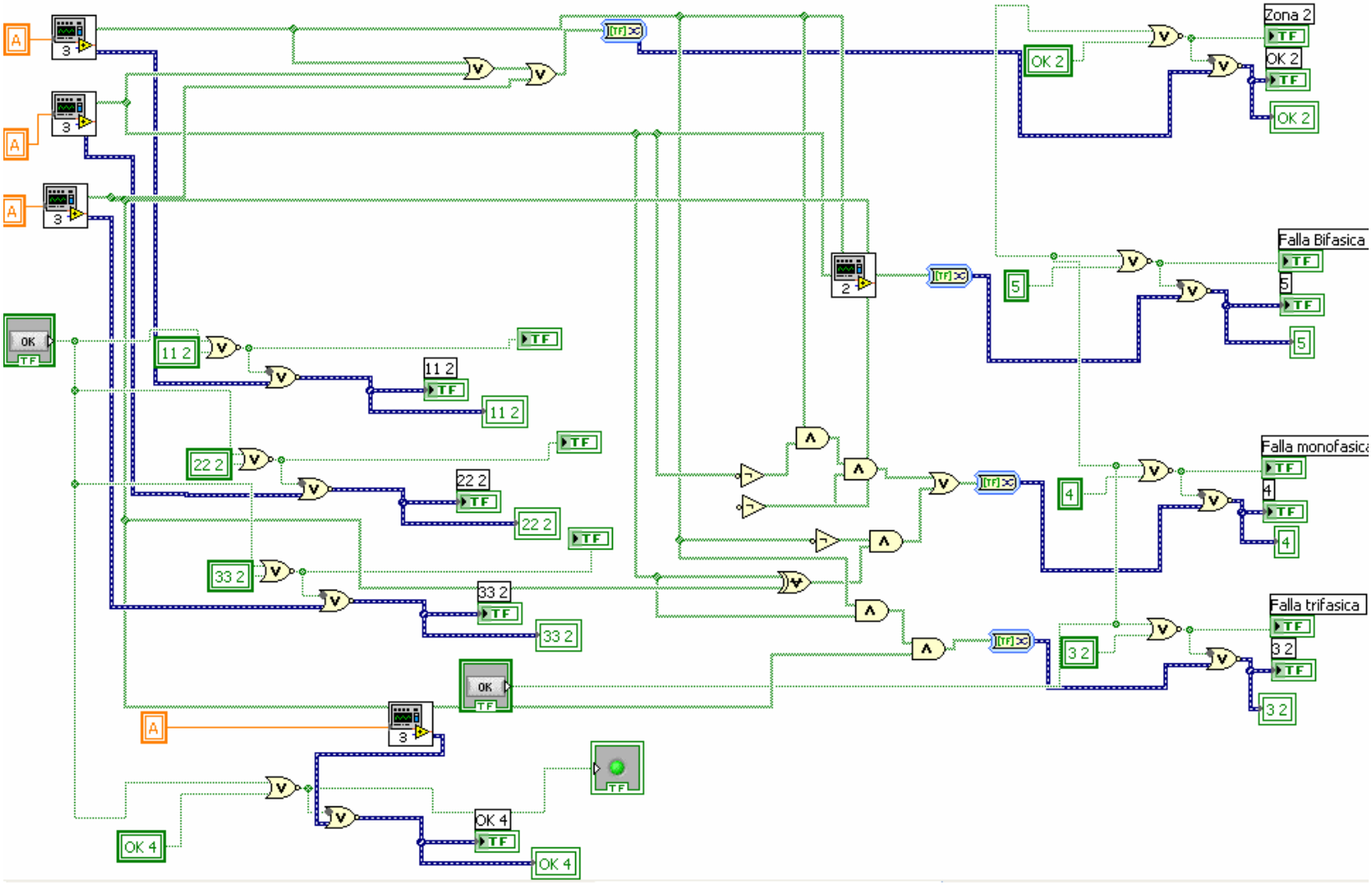
		m
Largo	A	0.057
Ancho	B	0.047
Grosor	C *	0.008



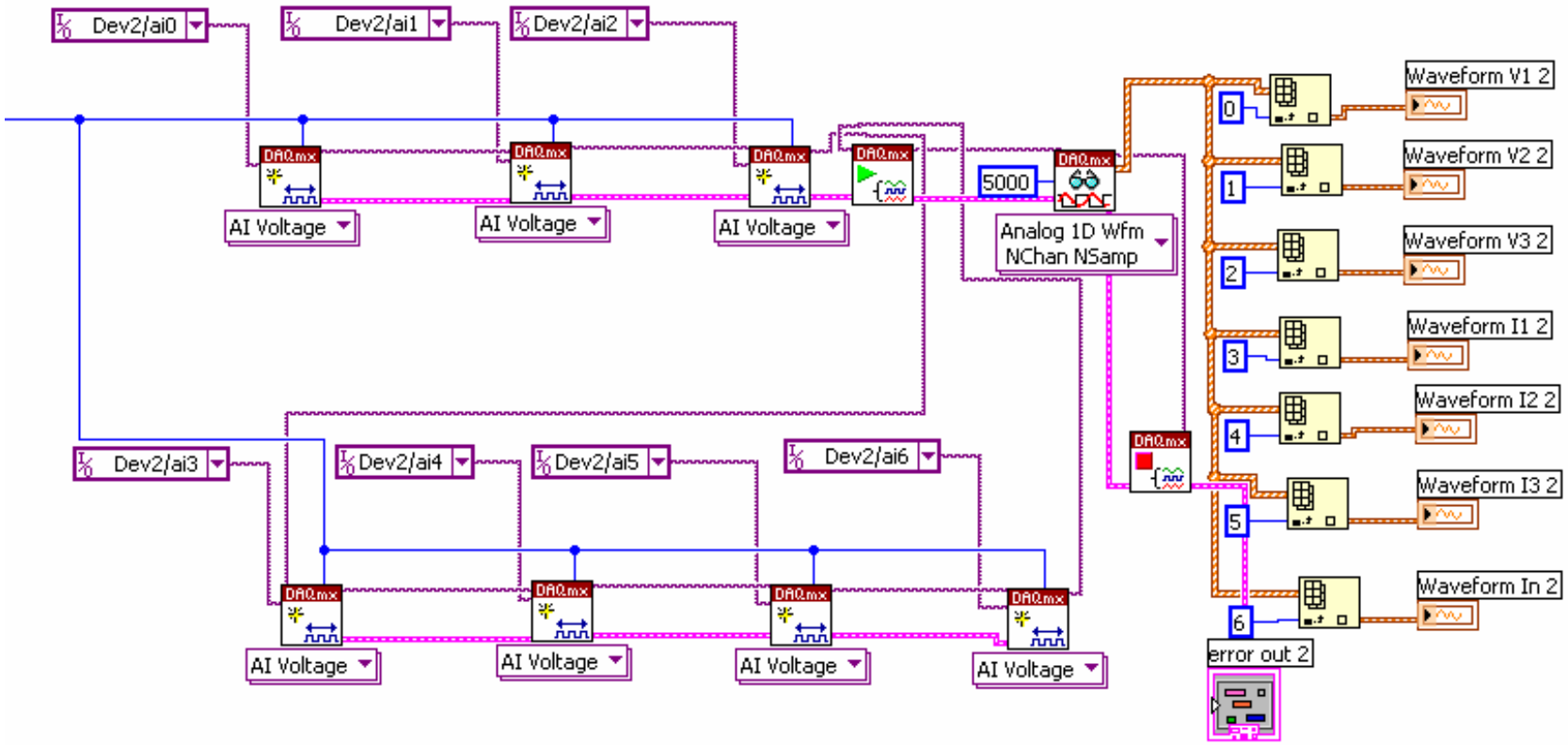
ADQUISICION DE DATOS (DAQ1)



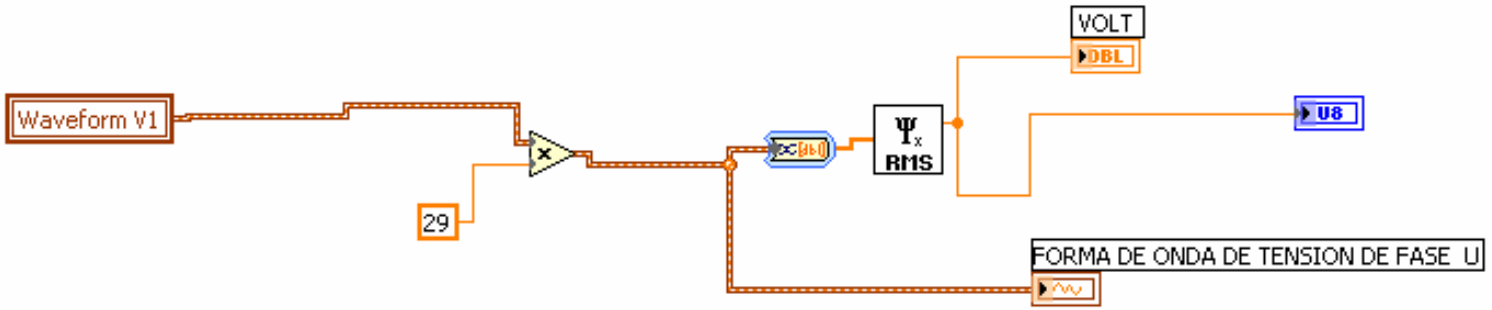
DETECCION DE FALLAS

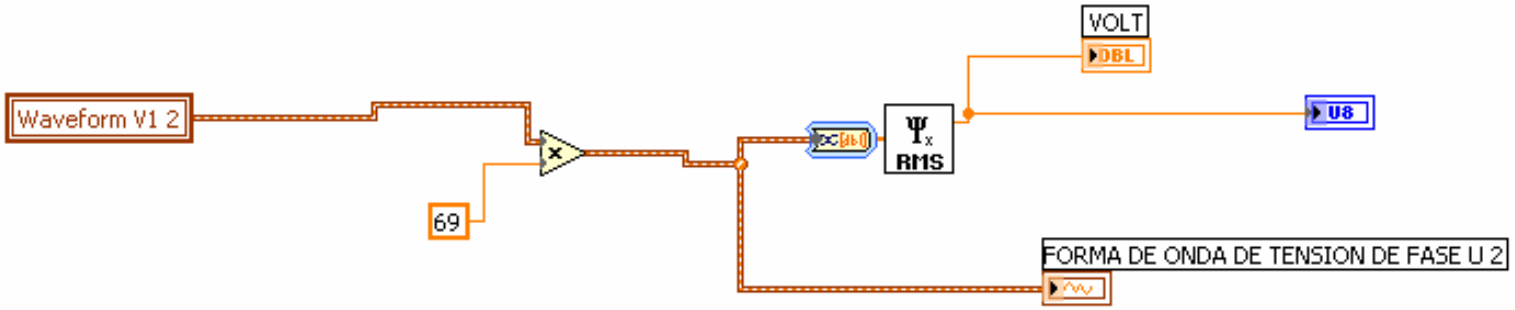


ADQUISICION DE DATOS(DAQ2)

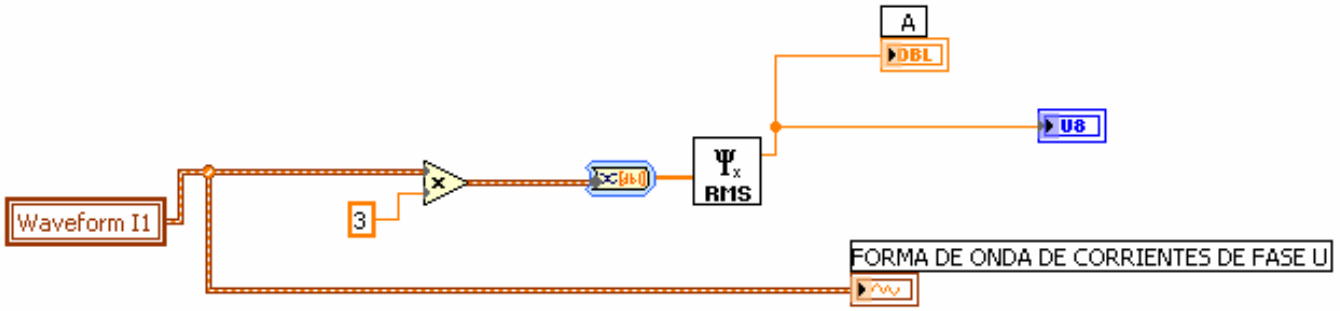


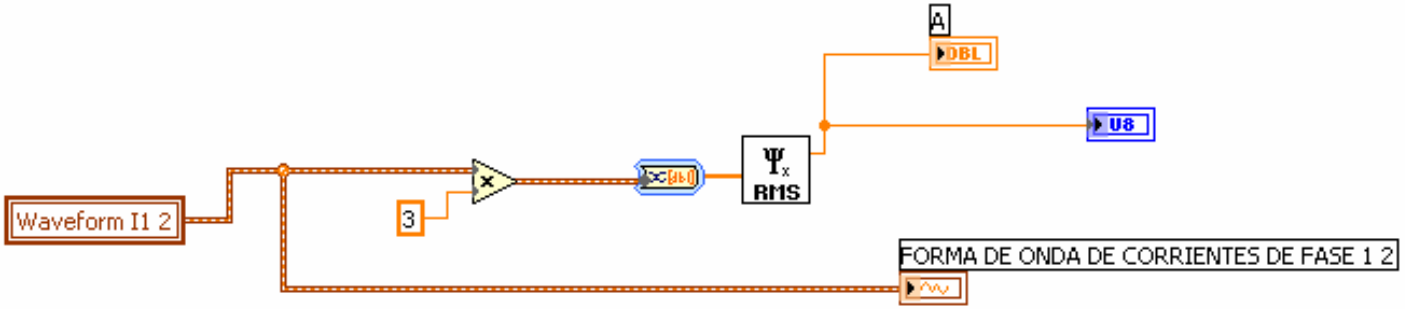
AJUSTE DE GANANCIAS DE TENSIÓN.



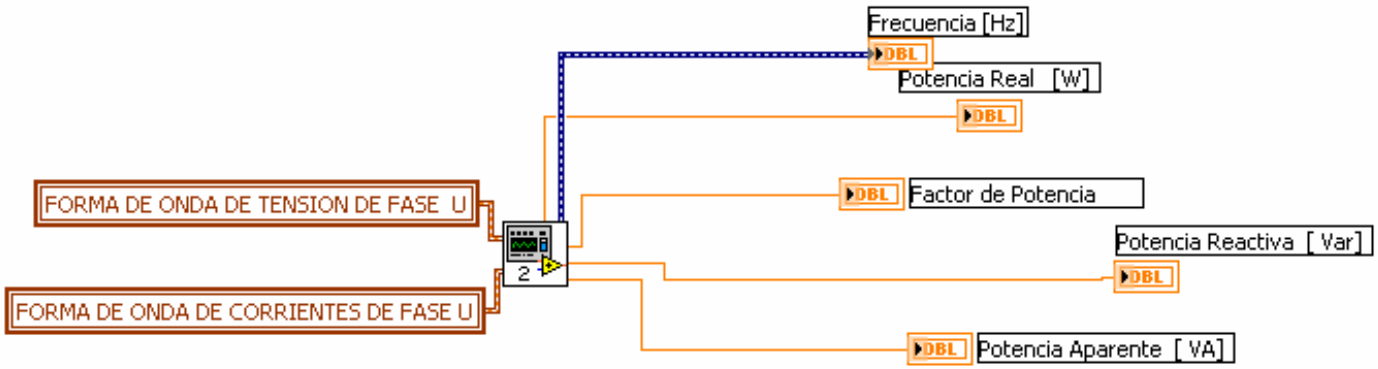


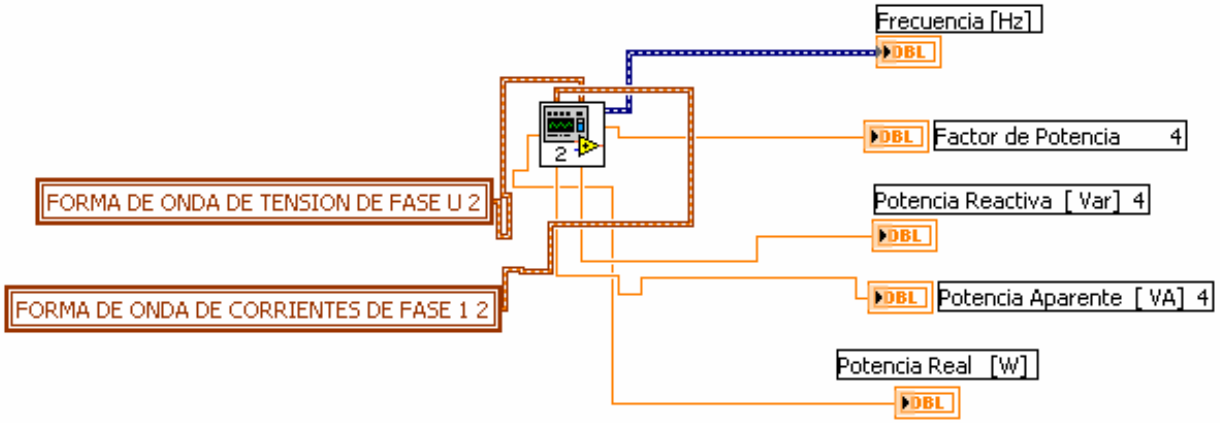
AJUSTE DE GANANCIAS DE CORRIENTES



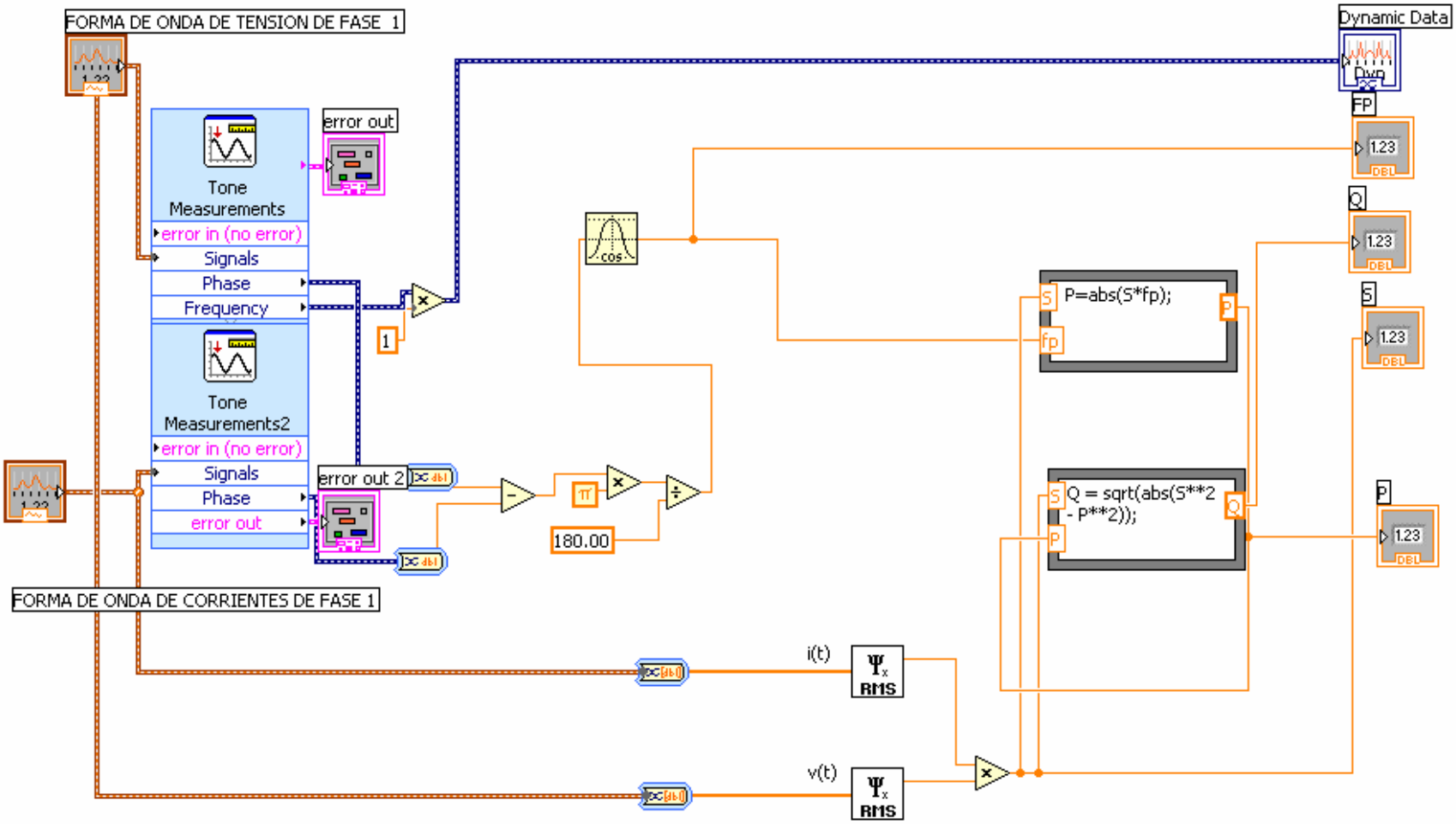


OBTENCION DE POTENCIAS, FRECUENCIA Y FP

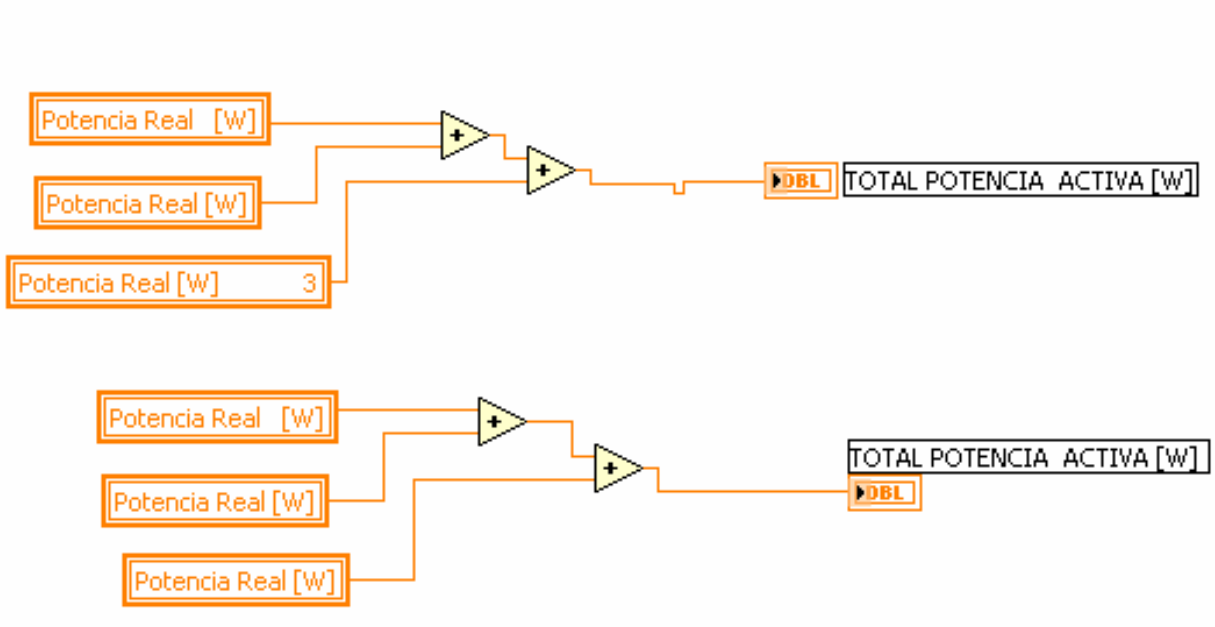




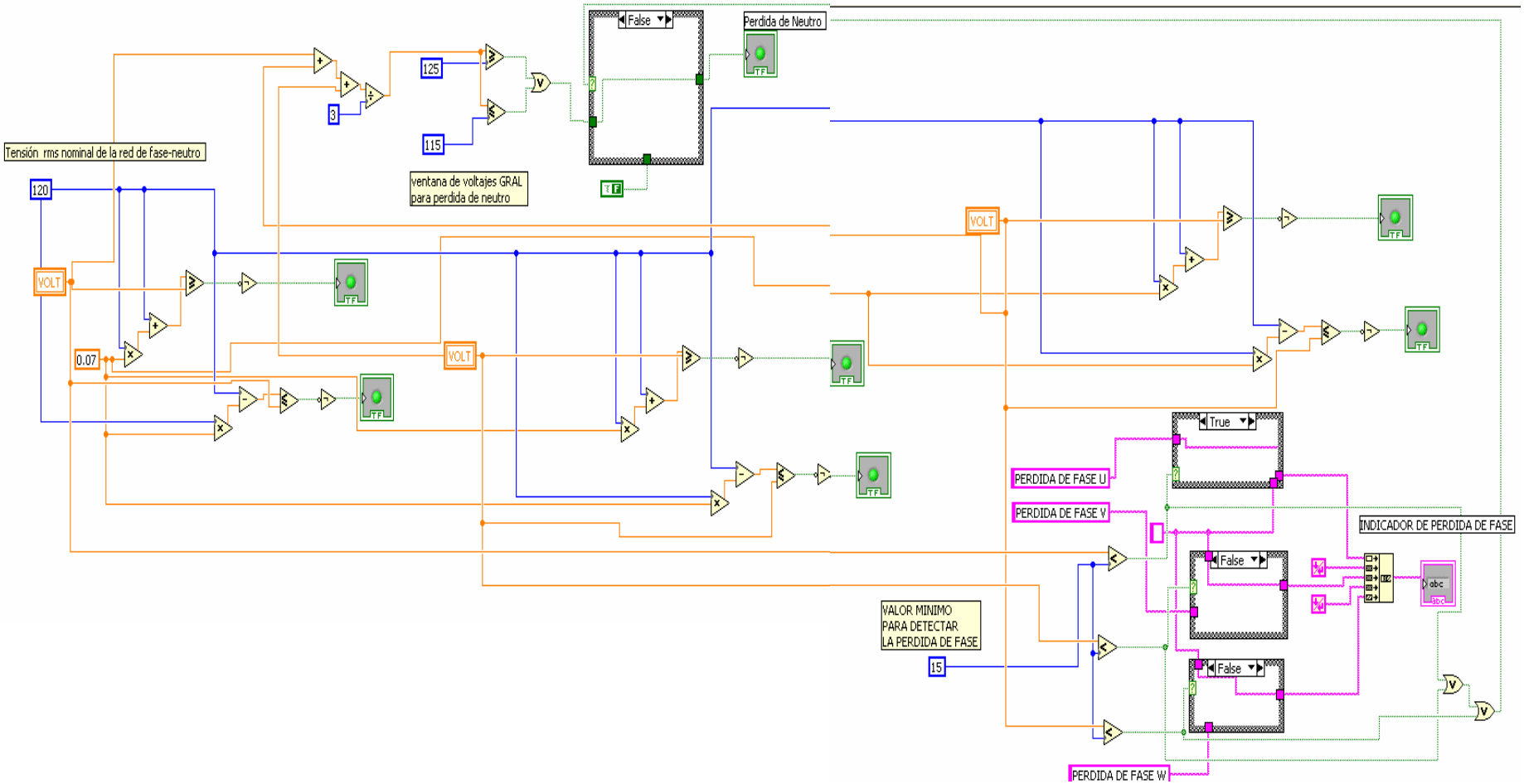
SUBVI DE OBTENCION DE POTENCIAS.



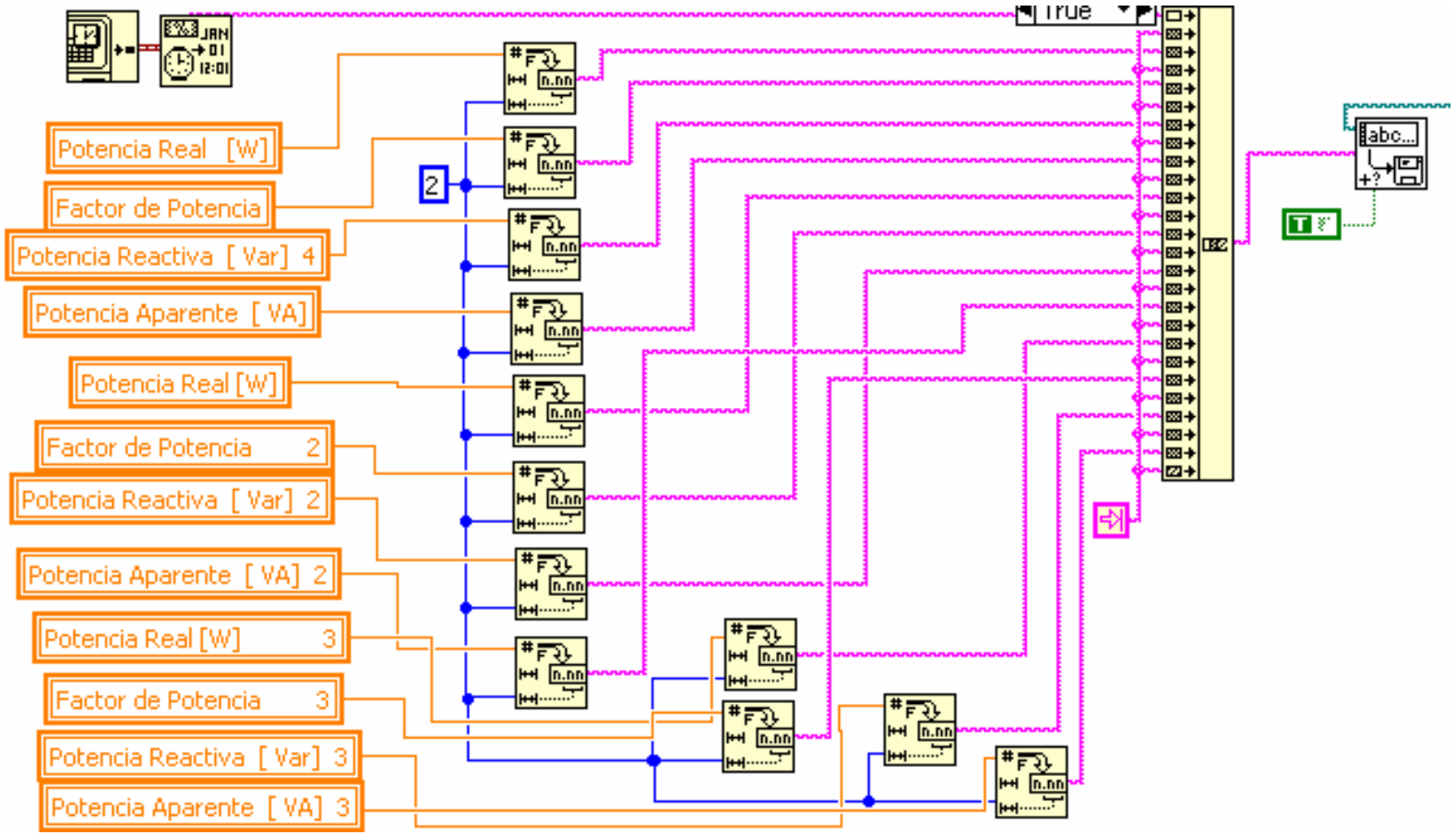
POTENCIA TOTAL ACTIVA



DETECCIÓN DE SOBRE Y BAJA TENSIÓN, PÉRDIDA DE FASES Y PÉRDIDA DE NEUTRO.



GENERACIÓN DE REPORTES



VISUALIZACION DE SEÑALES