

TUES
1504
FG34a
1996
Ej 1

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA



TRABAJO DE GRADUACION

**“Aplicación de instrumentos virtuales
en sistemas de instrumentación electrónica”**

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:

MARVIN MAURICIO FLORES GARCIA
EDUIN RUYE MENDOZA MALDONADO

PARA OPTAR AL TITULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

15101233
15101233

DICIEMBRE DE 1996.



SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTROAMERICA

Recibido el 10 de febr/96

DEPARTMENT OF EDUCATION

ENGINEERING EDUCATION

1970-1971 ANNUAL REPORT

THE ENGINEERING COUNCIL OF AUSTRALIA

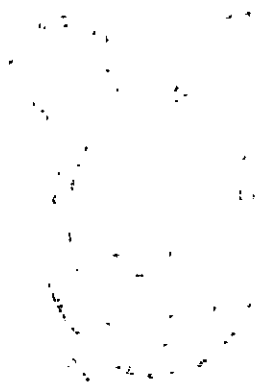
1970-1971 ANNUAL REPORT

1970-1971 ANNUAL REPORT

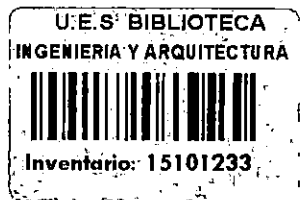
1970-1971 ANNUAL REPORT

1970-1971 ANNUAL REPORT

1970-1971 ANNUAL REPORT



THE ENGINEERING COUNCIL OF AUSTRALIA
1970-1971 ANNUAL REPORT



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

DR. BENJAMIN LÓPEZ GUILLEN

SECRETARIO GENERAL:

LIC. ENNIO LUNA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO:

ING. JOAQUIN ALBERTO VANEGAS AGUILAR

SECRETARIO:

ING. JOSÉ RIGOBERTO MURILLO CAMPOS

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

DIRECTOR:

ING. SALVADOR DE JESÚS GERMAN



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al grado de:

INGENIERO ELECTRICISTA

Título: **“Aplicación de instrumentos virtuales en sistemas
de instrumentación electrónica”**

Presentado por: **Marvin Mauricio Flores García**
Eduin Ruyé Mendoza Maldonado

Trabajo de Graduación aprobado por:


Coordinador y Asesor: Ing. José Roberto Ramos

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA
FACULTAD DE INGENIERIA
Y ARQUITECTURA
Universidad de El Salvador

San Salvador, Diciembre de 1996.

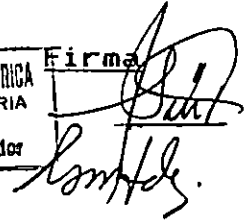
ACTA DE CONSTANCIA DE NOTA Y DEFENSA FINAL

En esta fecha, 29 de Noviembre de 1996, en el local de la Sala de Lectura de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, a las nueve horas, en presencia de las siguientes autoridades de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador:

- 1- Inq. Salvador de J. German
Director
- 2- Inq. Gerardo Marvin Jorge Hernández
Secretario

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA
FACULTAD DE INGENIERIA
Y ARQUITECTURA
Universidad de El Salvador

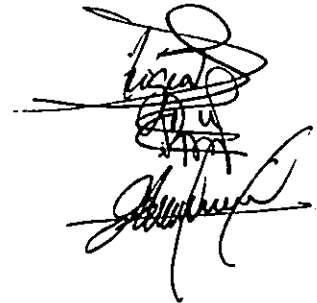
Firma



Y con el Honorable Jurado de evaluación integrado por las personas siguientes:

- 1- Inq. Diógenes Pérez Reyes
- 2- Inq. Carlos René Pérez
- 3- Inq. Francisco Romero Jovel

Firma



Se efectuó la defensa final reglamentaria del Trabajo de Graduación:

"Aplicación de instrumentos virtuales en sistemas de instrumentación electrónica"


A cargo de los Bachilleres:

FLORES GARCIA, MARVIN MAURICIO

MENDOZA MALDONADO, EDUIN RUYE

Habiendo obtenido el presente trabajo una nota final, global de 8.5

(OCHO PUNTO CINCO)



AGRADECIMIENTOS

A Dios todo poderoso

A mis padres, por su constante apoyo y fé en mí.

A mis hermanos y familiares, por su apoyo.

A mi novia, por su paciencia y comprensión.

A mis amigos, por su ayuda.

A mis profesores, por su enseñanza.

Al personal de la EIE, por su cooperación.

Gracias por ayudar a alcanzar este logro.

Marvin.

AGRADECIMIENTOS

A Dios todo poderoso

A mis padres, por su constante apoyo y fé en mí.

A mis hermanos y familiares, por su apoyo.

A mi novia, por su comprensión.

A mis amigos, por su ayuda.

A mis profesores, por su enseñanza.

Al personal de la EIE, por su cooperación.

Gracias por contribuir en alcanzar este logro.

Ruyé.

PREFACIO

Con las nuevas leyes de libre mercado, la industria y el comercio del país deben mejorar la calidad de producción para poder competir; dado que la principal fuente que alimenta las maquinarias y equipos productivos es la energía eléctrica se hace un problema real vigilar la calidad de la electricidad que suministran las compañías distribuidoras. Esto con el fin de garantizar que los equipos y maquinarias funcionen en condiciones adecuadas para que el producto final este de acuerdo con las normas de calidad nacionales e internacionales.

La urgente necesidad de medir la calidad de la energía eléctrica, sumado a las propuestas de ley que se refieren a la calidad de la energía, hacen necesario que tanto las empresas distribuidoras como los consumidores de la industria y el comercio se vean en el caso de monitorear el producto eléctrico. Los instrumentos que existen actualmente para estos fines al ser de propósitos específicos representan altos costos de adquisición y soporte técnico; ante tales circunstancias se vuelve necesario y conveniente la presentación de alternativas, estando nuestra estudio enmarcado en las técnicas de Instrumentación Virtual para diseñar un analizador de redes trifásicas y monofásicas que pueda medir los valores RMS del voltaje y corriente, la distorsión armónica en el sistema y otras características relacionadas con la calidad del producto eléctrico.

Los instrumentos virtuales ofrecen grandes ventajas con respecto a los instrumentos convencionales, ya que los primeros están basados en software y hardware. Esto minimiza los costos debido a que cambiando o modificando el software, el mismo instrumento puede servir para múltiples fines, mientras que los instrumentos convencionales son fijados por el fabricante y están limitados solamente a ser utilizados para el fin que fueron diseñados. El hardware de los instrumentos virtuales es mas barato porque es producido en serie y puede ser reutilizado siempre y cuando la necesidad no sobrepase sus características.

RESUMEN

Este trabajo se desarrolla alrededor de una de las tantas aplicaciones de los Instrumentos Virtuales, como lo es un Analizador de Energía para redes trifásicas. Las compañías eléctricas de El Salvador y los consumidores no cuentan con equipos que midan la calidad de la energía que distribuyen y consumen, respectivamente.

Se trata de resolver este problema diseñando un Analizador de Energía basado en la técnica de Instrumentos Virtuales. El instrumento se desarrolla utilizando una tarjeta de adquisición de datos industrial, la PCL-718 que estará ligada a una PC IBM/XT/AT o compatible.

Todo el proceso de la adquisición, tratamiento de la señal y la presentación de los datos es realizada utilizando software para instrumentación, LabWindows, que posee librerías de análisis, interfase gráfica de usuario, librería de adquisición y otras funciones que lo hacen ideal para el diseño del instrumento.

El analizador de Energía es capaz de presentar en forma gráfica y numérica el Contenido armónico de la señal de corriente por fase, Contenido armónico de la señal de voltaje por fase, Valor rms de la señal de corriente por fase, Valor rms de la señal de voltaje por fase, Potencias trifásicas, Potencias monofásicas, Factor de potencia para cada fase y trifásico, Distorsión armónica total de corriente y voltaje, Factor de Potencia de desplazamiento, etc.

TABLA DE CONTENIDOS

<i>Capítulo</i>	<i>Página</i>
LISTA DE TABLAS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
I. VARIABLES A MEDIR Y ALGORITMOS UTILIZADOS.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 VALORES RMS DE VOLTAJE Y CORRIENTE.....	1
1.2 POTENCIA ACTIVA.....	2
1.3 POTENCIA APARENTE.....	2
1.4 POTENCIA REACTIVA.....	3
1.5 FACTOR DE POTENCIA.....	3
1.6 FACTOR DE POTENCIA DE DESPLAZAMIENTO.....	3
1.7 DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL.....	4
1.8 DISTORSIÓN DE DEMANDA TOTAL.....	4
1.9 DERATING FACTOR.....	5
1.10 STANDARD DE ARMONICOS.....	5
CONCLUSIONES DEL CAPITULO I.....	7
BIBLIOGRAFÍA.....	8
II. POSIBLES SOLUCIONES.....	9
INTRODUCCIÓN.....	9
2.1 MEDIDOR DE WATT-HORA.....	9
2.2 USO DE MICROCONTROLADORES.....	10
2.3 INSTRUMENTOS VIRTUALES.....	10
CONCLUSIONES DEL CAPITULO II.....	12
BIBLIOGRAFÍA.....	13
III. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO.....	14
INTRODUCCIÓN.....	14
3.1 TRANSDUCTORES.....	14
3.2 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL.....	14
3.3 MUESTREO.....	18
3.4 HARDWARE DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	18
3.4.1 Descripción de la tarjeta PCL-718.....	18
3.4.2 Características.....	19
3.4.3 Formato y estructura de los registros de la tarjeta PCL-718.....	19
3.5 OPCIONES PARA CREAR UN VI.....	20

3.5 OPCIONES PARA CREAR UN VI.....	20
3.5.1 <i>Descripción del software.....</i>	20
3.5.2 <i>Software para Instrumentos Virtuales.....</i>	20
3.5.3 <i>Características de LabWindows.....</i>	21
3.5.4 <i>Características de LabVIEW.....</i>	21
3.6 DISEÑO DEL SOFTWARE.....	23
3.7 FLUJOGRAMA DEL PROGRAMA.....	24
CONCLUSIONES DEL CAPITULO III.....	25
BIBLIOGRAFÍA.....	26
IV. RESULTADOS OBTENIDOS.....	27
INTRODUCCIÓN.....	27
4.1 RESULTADOS OBTENIDOS.....	27
4.1.2 <i>Panel de configuración del instrumento.....</i>	27
4.1.3 <i>Panel principal.....</i>	31
4.1.4 <i>Panel de análisis.....</i>	34
4.1.5 <i>Panel de estadística.....</i>	38
4.1.6 <i>Panel de evaluación de normas.....</i>	41
CONCLUSIONES DEL CAPITULO IV.....	42
BIBLIOGRAFÍA.....	43
CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES.....	44
CONCLUSIONES.....	44
RECOMENDACIONES.....	45

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla</i>	<i>Pagina</i>
1.1 LIMITES DE DISTORSIÓN DE CORRIENTE IEEE 519 PARA CONSUMIDORES INDIVIDUALES.....	6
1.2 LIMITES DE DISTORSIÓN DE VOLTAJE IEEE 519.....	6
2.1 FÓRMULAS UTILIZADAS POR UN MEDIDOR DE WATT-HORA.....	9
2.2 VENTAJAS DE LOS VI's.....	11
3.1 RESUMEN DEL MAPA DE MEMORIA.....	19

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura</i>	<i>Pagina</i>
3.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN.....	14
4.2 RED DE ATENUACIÓN DE VOLTAJE.....	15
3.3 CIRCUITO DE AISLAMIENTO DE VOLTAJE.....	16
3.4 CONVERSIÓN DE CORRIENTE A VOLTAJE.....	17
3.5 AMPLIFICADOR DE AISLAMIENTO.....	17
3.6 FLUJOGRAMA UTILIZADO PARA EL DESARROLLO DEL PROGRAMA.....	24
4.1 PANEL DE CONFIGURACIÓN.....	28
4.2 SELECCIÓN DEL TIPO DE SISTEMA.....	28
4.3 RELACIÓN DE CORRIENTE Y POTENCIAL.....	29
4.4 INTERVALO DE ALMACENAMIENTO EN DISCO.....	29
4.5 PANEL DE SELECCIÓN DE VARIABLES A GUARDAR.....	30
4.6 ENTRADA DE I_{sc} E I_L	31
4.7 ENTRADA DE PERDIDAS POR CORRIENTES DE EDDY E I_T NOMINAL.....	31
4.8 PANEL PRINCIPAL DE ADQUISICIÓN.....	32
4.9 CONTROL DEL TIMER Y ENCENDIDO.....	32
4.10 SETEO DE HORAS Y FECHA DE INICIO Y FINALIZACIÓN.....	33
4.11 GRÁFICO DE CORRIENTE MUESTREADA A LA ENTRADA DE UN UPS.....	34
4.12 PANEL DE ANÁLISIS.....	35
4.13 RESULTADOS DE POTENCIAS.....	35
4.14 RESULTADOS DE LOS VALORES RMS DE VOLTAJE O CORRIENTE.....	36
4.15 SELECCIÓN DE VOLTAJE O CORRIENTE EN EL PANEL DE ANÁLISIS.....	36
4.16 RESULTADOS NUMÉRICOS DEL THD Y EL TDD.....	37

4.17 RESULTADOS DE LOS ARMÓNICOS DE LA CORRIENTE DE LA MEDICIÓN, EN EL EJE X PUEDE SER PRESENTADO EL ORDEN ARMÓNICO.....	37
4.18 BOTONES DE COMANDO PARA ACCESAR EL PANEL DE LA NORMA IEEE 519 Y EL PANEL DE ESTADÍSTICA.....	38
4.19 PANEL DE ESTADÍSTICA.....	38
4.20 SELECCIÓN DE LA FASE V E I, Y REPRESENTACIÓN DE RESULTADOS RMS.....	39
4.21 SELECCIÓN DEL TIPO DE POTENCIA.....	39
4.22 ENLACE CON CUALQUIER APLICACIÓN DE WINDOWS.....	40
4.23 PANEL DE LAS NORMAS IEEE 519 Y ANSI/IEEE C57.110-1986.....	41

CAPITULO I

VARIABLES A MEDIR Y ALGORITMOS UTILIZADOS

Introducción:

En este primer capítulo se hace un listado de las variables eléctricas que son esenciales en un analizador de la calidad eléctrica de las redes trifásicas y monofásicas que serán monitoreadas.

Se incluye las definiciones generales de cada variable, así como el algoritmo utilizado para realizar su cálculo. Además se presentan los límites de distorsión que establece el IEEE 519, así como también el derating factor de los transformadores de distribución.

1.1 Valores RMS de voltaje y corriente.

El valor eficaz de una función periódica es la raíz cuadrada del valor promedio del cuadrado de la función en un periodo de la señal [1].

La expresión matemática en el dominio del tiempo del valor RMS aplicada a la corriente se expresa como:

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_T i^2 dt} \quad (1.1.1)$$

Donde T es el periodo de la señal.

Los medidores (de bajo costo) que miden el valor RMS de voltaje y corriente, primero calculan el valor promedio de la señal rectificadas, multiplicándolo por el factor de forma de 1.11 (solo para ondas senoidales). El resultado obtenido de esta operación es incorrecto cuando la forma de onda que esta siendo medida no es senoidal (lo cual es frecuente en sistemas con cargas no lineales).

Para evitar mediciones erróneas se utiliza el equivalente de la ecuación 1 aplicándola al numero de muestras (512 muestras de la señal en 6 ciclos, f=60 Hz) adquiridas de la señal en monitoreo:

$$I_{R M S} = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{512} i_n^2}{N \text{ - p u n t o s}}} \quad (1.1.2)$$

En esta expresión no importa la forma de onda del cual se han extraído las muestras. Para el cálculo del voltaje RMS se sigue el mismo procedimiento.

1.2 Potencia Activa (P).

La potencia activa (real, promedio) es el promedio de los valores instantáneos de voltaje y corriente en un periodo. En el dominio del tiempo la potencia activa [1] viene dada por la expresión:

$$P = \frac{1}{T} \int_T v(t) * i(t) dt \quad (1.2.1)$$

Donde T es el periodo de la señal $v(t)$ e $i(t)$.

La expresión de la potencia promedio a partir de las muestras de voltaje y corriente se calcula como:

$$P = \frac{\sum_{n=1}^{512} v(n) * i(n)}{N \text{ - d e p u n t o s}} \quad (1.2.2)$$

1.3 Potencia Aparente (S).

La potencia aparente es el producto de los valores RMS del voltaje y la corriente [1]. Para su cálculo se utilizan las expresiones del voltaje y la corriente en forma digital y que se calculan a partir de la ecuación (1.1.2).

$$S = V_{RMS} * I_{RMS} \quad (1.3.1)$$

1.4 Potencia Reactiva (Q).

La definición de potencia reactiva en sistemas con cargas no lineales, es aun un tema en discusión por las personas que investigan este fenómeno [5] [6]. En un sistema en el cual no existen armónicos la potencia reactiva se define como el producto del voltaje y la componente fuera de fase de la corriente. Para el cálculo de Q se utilizará la siguiente expresión:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (1.4.1)$$

Donde S se calcula de la ecuación (1.3.1) y P de (1.2.2).

1.5 Factor de Potencia (FP).

El factor de potencia de un sistema es la relación de la potencia activa (W) entre la potencia aparente (VA) [1].

$$FP = \frac{P}{S} \quad (1.5.1)$$

Donde P viene dado por la ecuación (1.2.2) y S de (1.3.1)

1.6 Factor de Potencia de Desplazamiento (DFP).

Es el coseno del ángulo en que la componente fundamental de la corriente adelanta o atrasa el voltaje.

$$DFP = \cos(\theta_V - \theta_I) \quad (1.6.1)$$

Donde θ_v es el ángulo del voltaje y θ_i es el ángulo de la componente fundamental de la corriente.

El factor de potencia (FP) es muchas veces tomado igual que el factor de potencia de desplazamiento (DFP), lo cual es erróneo, ya que esta condición es solamente cierta si las formas de onda del voltaje y la corriente son completamente senoidales (es decir cargas lineales).

Algunos aparatos que miden el factor de potencia utilizan la definición de DFP para estos fines, por lo que sus datos involucra resultados no esperados.

1.7 Distorsión Armónica Total (THD) [2]-[4].

La distorsión armónica es causada por cargas no lineales tales como dispositivos ferromagnéticos, descarga de lámparas, dispositivos de arco, etc. En los últimos años con la llegada de rectificadores y sistemas de electrónica de potencia en sistemas industriales, el problema de distorsión armónica se ha agudizado en el sistema de potencia, por lo que se hace necesario medir esta distorsión en los voltajes y corrientes que alimentan una carga.

Los niveles de distorsión armónica se presentan en el standard IEEE 519 y pueden ser caracterizados mediante el espectro armónico con magnitud y fase. Cuando se habla de distorsión armónica es frecuente usar solamente una cantidad, La Distorsión Armónica total, THD y se expresa como la relación de los valores RMS del contenido armónico al valor RMS de la cantidad fundamental.

$$THD = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_{25}^2}}{V_{fundamental}} \quad (1.7.1)$$

1.8 Distorsión de Demanda Total (TDD)[2]-[4]

Este concepto es manejado para la caracterización de las corrientes armónicas y es similar al THD, excepto que la distorsión es expresada como porcentaje de la magnitud de la corriente demandada del sistema o de la corriente nominal del transformador de distribución.

$$TDD = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_{25}^2}}{I_L} \quad (1.8.1)$$

1.9 Derating Factor [3]

Los transformadores de distribución de diseños estándares son especificados para operar bajo condiciones senoidales. Ellos pueden suministrar potencias nominales (de placa) solamente si el voltaje y la corriente son ondas senoidales. Es muy común oír hablar de casos en que los transformadores fallan cuando suministran potencia a valores nominales, esto es provocado por el contenido armónico que se genera cuando las cargas son fuentes de distorsión. Una simple solución es aplicar alguna forma de "Derating".

La fórmula para calcular el derating factor de los transformadores se presenta a continuación:

$$I_{max} = \sqrt{\frac{P_{LL_R}(pu)}{1 + \left(\frac{\sum_{h=1}^{25} f_h^2 h^2}{\sum_{h=1}^{25} f_h^2} \right) * P_{EC_R}(pu)}} \quad (1.9.1)$$

Donde:

$P_{LL_R}(pu)$: Densidad de las pérdidas de carga en condiciones nominales (en por unidad a razón de carga con respecto a las pérdidas I^2R).

$P_{EC_R}(pu)$: Pérdida en los devanados debido a las corrientes de Eddy en condiciones nominales (en por unidad a razón de carga con respecto a las pérdidas I^2R).

f_h : Factor de distribución armónica de corriente "h" (igual a la componente armónica "h" de corriente dividida por la componente fundamental 60Hz de la corriente a un nivel de carga dado).

h: Orden armónico.

Mayor detalle de la obtención de esta fórmula puede ser encontrada en ANSI/IEEE standard C57.110-1986.

1.10 Standard de Armónicos [3]

Una norma muy importante para el control de la distorsión armónica de corriente en sistemas industriales es el IEEE 519 [2]. La tabla 1.1 muestra los límites de distorsión de corriente recomendados para usuarios (consumidores individuales) y para productores de potencia.

Tabla 1.1
Limites de distorsión de Corriente IEEE 519 para consumidores individuales

Orden Armónico* (Distorsión de corriente armónica en % de I_L calculada en base a tiempo de integración de 15 o 30 minutos)					
I_{sc}/I_L	$h < 11$	$11 < h < 17$	$17 < h < 23$	$23 < h < 35$	TDD
<20	4.0	2.0	1.5	0.6	5.0
20-50	7.0	3.5	2.5	1.0	8.0
50-100	10.0	4.5	4.0	1.5	12.0
100-1000	12.0	5.5	5.0	2.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	20.0

* Armónicos impares, las armónicas pares son el 25% de las impares

Donde:

I_{sc} : Corriente de cortocircuito máxima en el PCC

I_L : Demanda promedio (12 meses)

TDD: Distorsión de demanda total

La tabla 1.2 muestra los limites de distorsión de voltaje recomendados a productores y distribuidores de potencia según el voltaje en el bus de alimentación.

Tabla 1.2
Limites de distorsión de voltaje IEEE 519

Voltaje de Bus en PCC	Distorsión de armónicos individuales (%)	THD (%)
<69 KV	3.0	5.0
69 a 130 KV	1.5	2.5
>130 KV	1.0	1.5

Existen otros limites establecidos en el IEEE 519 que pueden ser consultados para mayor información.

CONCLUSIONES DE CAPITULO I

- En un analizador de calidad eléctrica son muy importantes los algoritmos que se usarán para determinar las condiciones en que esta trabajando el sistema ya que si se utilizan definiciones inadecuadas el diagnóstico será errado.
- En la utilización del algoritmo para el calculo del valor RMS de funciones (voltaje y corriente) es necesario tener claro, si el instrumento estará monitoreando señales no senoidales, de lo contrario se puede calcular el valor promedio y multiplicarlo por el factor de 1.11 que sería un resultado equivocado.
- El determinar los niveles de distorsión armónica tanto de voltaje como corriente podrá ayudar a tomar precauciones y evitar así posibles daños en el equipo.
- El Derating Factor es otro dato importante, ya que con el se conoce los niveles de carga a los que deben estar trabajando los transformadores de distribución en condiciones de carga no lineales sin sufrir daños

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ANSI/IEEE std 100-1988. "Standard Dictionary of Electrical and Electronics Terms.
- [2] IEEE std 519-1981. "IEEE Guide for Harmonic Control and Reactive Compensation of Static Power Converters".
- [3] ANSI/IEEE C57.110-1986. "IEEE Recommended Practice for Establishing Transformer Capability When Supplying Nonsinusoidal Load Currents"
- [4] Cristaldi Loredana, y Ferrero Alessandro. "Harmonic Power Flow Analysis for the Measurement of the Electric Power Quality". IEEE Transaction on Instrumentation and Measurement, Vol.44, No. 3, pp 683-685, June 1995.
- [5] Emanuel Alexander,. "On the Definition of Power Factor and Apparent Power in Umbalanced Poliphase Circuits with Sinusoidal Voltage and Currents". IEEE Transations on Power Delivery, Vol. 8, No. 3, pp 841-847, July 1993
- [6] Czarnecky Leszeck S. "Misinterpretations of some Power Properties of Electric Circuits". IEEE Transations on Power Delivery, Vol. 9, No. 4, pp 1760-1769, July 1993

CAPITULO II

POSIBLES SOLUCIONES

Introducción

Existen 3 posibles formas de diseñar un instrumento que sea capaz de medir la calidad de la electricidad en un sistema, estas son:

1. Medidor de Watt-Hora
2. Uso de Microcontroladores
3. Instrumentos Virtuales

2.1 Medidor de Watt-Hora [1]

Este instrumento lleva a cabo un trabajo bastante complejo de una manera muy simple.

Un medidor de watt-hora almacena la energía consumida por una carga; realizando esta medición un vendedor de energía puede cobrar sin temor a engañar al consumidor al cual se le esta vendiendo el servicio. Un medidor de watt-hora debe ejecutar la siguiente operación aritmética:

$$\text{Kilowatt - Hora} = \frac{\text{Watts}}{1000} * \text{tiempo en horas} \quad (2.1.1)$$

Un medidor de watt-hora realiza esta operación de acuerdo al sistema en el que esta conectado. La siguiente tabla muestra la manera de calcular los watts consumidos.

Tabla 2.1

Fórmulas utilizadas por un medidor de watt-hora.

Para	Watts
3 alambres/monofásico	$V * I * FP$
3 alambres/trifásico	$\sqrt{3} * V_{LL} * I_L * FP$
4 alambres Y/trifásico	$3 * V_{LN} * I_L * FP$ o $\sqrt{3} * V_{LL} * I_L * FP$
4 alambres Δ/trifásico	$\sqrt{3} * V_{LL} * I_L * FP + V_{LL} * I_{S\phi} * FP$

Donde:

V_{LL} : Voltaje de línea a línea

V_{LN} : Voltaje línea a neutro.

Un ingeniero podrá decir que si la potencia es integrada (sumada) con respecto al tiempo, la integración o suma de la potencia será igual a la energía consumida (watt-hora).

De lo anterior se puede concluir que un medidor de watt-hora común solamente es capaz de medir la energía consumida por una carga pero no de medir el contenido armónico y otras variables importantes de conocer en los sistemas eléctricos.

2.2 Uso de Microcontroladores [2]

Este método implica utilizar un dispositivo inteligente para realizar la adquisición y parte del procesamiento de datos. Un sistema que utiliza microcontroladores posee la ventaja de portabilidad y capacidad de interactuar con PC's. El proceso de adquisición y el procesamiento de datos se realiza desarrollando rutinas en lenguaje ensamblador lo que hace el sistema mas rápido. En este trabajo se deja la inquietud de utilizar los microcontroladores para realizar instrumentos que monitoreen la calidad de la electricidad.

2.3 Instrumentos Virtuales [3]-[4]-[5]

Los Instrumento Virtuales (VI de sus siglas en Ingles) es una nueva técnica que se esta manejando para crear instrumentos y en el cual esta basado este trabajo de graduación.

Un VI esta constituido por botones, perillas, pantallas gráficas y otros controles e indicadores los cuales son determinados por software, una segunda parte es el hardware, que es el encargado de la adquisición de los datos que serán procesados.

Los instrumentos que existen actualmente para fines de monitoreo, control, etc. son de propósitos específicos incurriendo con ello en altos costos de adquisición y soporte técnico.

Los VI's ofrecen grandes ventajas con respecto a los instrumentos convencionales ya que los primeros están basados principalmente en software. Esto minimiza los costos, debido a que cambiando o modificando el software, el mismo instrumento puede servir para múltiples fines, mientras que los instrumentos convencionales son fijados por el fabricante y están limitados solamente a ser utilizados para el fin que fueron diseñados.

En la tabla IV se presenta un resumen de las ventajas de los VI respecto a los instrumentos tradicionales.

Tabla 2.2
Ventajas de los VI's

Instrumento Tradicional	Instrumento Virtual
El fabricante lo define	El usuario lo define
Función específica, independiente, con conectividad limitada	Orientado a sistemas, con conectividad a redes, periféricos, etc.
Hardware es la clave	Software es la clave
Costo elevado	Bajo costo, reusable
Mayores recursos para su desarrollo	Recursos mínimos para su desarrollo

CONCLUSIONES DEL CAPITULO II

- Los medidores tradicionales que utilizan las compañías eléctricas solamente pueden medir los kilowatt-hora demandados por una carga, pero no son capaces de terminar otros factores importantes en el sistema, como distorsión armónica, valores RMS etc.
- Una buena opción de construir un instrumento independiente, para monitorear los eventos que suceden en las redes eléctricas son los microcontroladores, ya que con ellos se puede adquirir y procesar parte de los datos sin el uso de una computadora.
- La técnica de los instrumentos Virtuales ha venido a revolucionar los diseños de los instrumentos de medida y control, debido a que si se producen en escala resultan mas baratos que los instrumentos tradicionales y con la ventaja que pueden ser modificados.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] General Electric. "Metering Guide "
- [2] Mottorolla. "M68HC11 Reference Manual"
- [3] Michael Santori. "Realization of a virtual instrument". IEEE SPECTRUM, Vol. 27, No. 8, pp Agosto de 1990.
- [4] National Instrument. "Catalog Reference and Catalogue". 1996.

CAPITULO III

DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO

Introducción

En este capítulo se presenta una breve descripción de las partes que conforman el diseño de sistema de acondicionamiento de señales.

Se tratará todo lo relacionado con las especificaciones del hardware de adquisición, la PCL1718 y la configuración interna de dicha tarjeta, todo esto con el propósito de analizar el diseño de la tarjeta para adecuarla a los objetivos del instrumento.

La figura 3.1 muestra el diagrama de bloques con los elementos fundamentales del sistema a utilizar para la adquisición y procesamiento de datos.

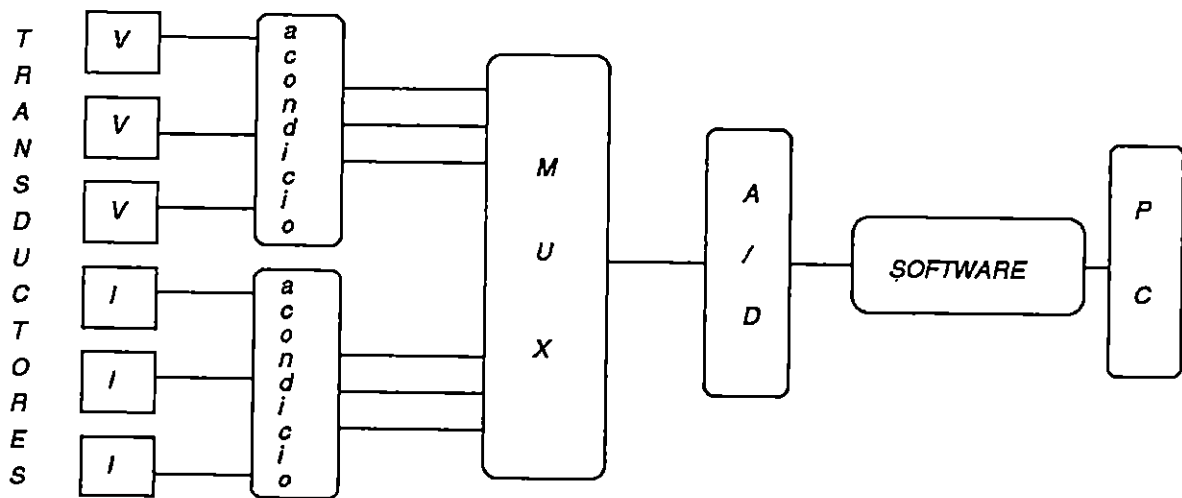


Figura 3.1. Diagrama de bloques del sistema de adquisición

3.1 Transductores.

Para realizar el monitoreo del voltaje en sistemas de media y baja tensión son necesarios los siguientes dispositivos:

Transformadores de Instrumentación [1]: El nombre de transformadores de instrumento es una clasificación general que abarca a los transformadores de corriente (CT) y los transformadores de potencial (PT) usados para cambiar corrientes y voltajes de una

magnitud a otra y realizar la función de aislamiento entre las fuentes de corriente y voltaje para seguridad del operario y del equipo en uso.

Para obtener la protección de instrumentos y las personas de las líneas de voltaje, el circuito secundario del transformador de instrumentación debe ser aterrizado.

El rango de salida de los secundarios en los transformadores de instrumentación son generalmente de magnitudes disponibles para instrumentos estándares, típicamente 120 Voltios para los PT's o 1 0 5 Amperios para CT's.

Un CT es un transformador de instrumento pensado para tener su devanado primario conectado en serie con el conductor que esta llevando la corriente a ser medida o controlada.

Un PT es un transformador de instrumentación cuyo devanado primario esta conectado en paralelo con el circuito de potencia que suministra el voltaje a ser medido o controlado.

Pinza de Corriente: Estas son utilizadas para mediciones en baja tensión, midiendo el campo magnético generado por la corriente a través del conductor que transporta la corriente transformándolo en voltaje a través de una resistencia burden interna. La relación típica de los amperios medidos es de 1 milivoltio por 1 Amperio circulando.

3.2 Acondicionamiento de la señal

El acondicionamiento de la señal consiste en llevar los niveles de voltaje entregados por los transductores a niveles que puedan ser interpretados por el convertidor A/D. A continuación se describen los circuitos utilizados para acondicionar las señales de voltaje y corriente.

Voltaje: Para diseñar la red de atenuación de voltaje se debe tomar en cuenta el rango de voltaje del convertidor A/D. Para la tarjeta de adquisición de datos PCL-718 es de $\pm 5V_{pp}$.

La figura 3.2 muestra la red de atenuación de voltaje:

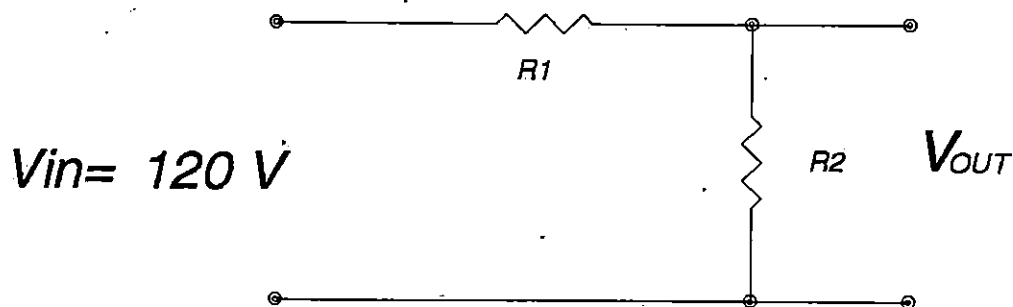


Figura 3.2. Red de atenuación de voltaje.

Por divisor de tensión y considerando variaciones de voltaje de 5% (125 V)

$$V_{OUT} = 120 * \frac{R_2}{R_1 + R_2}, \quad V_{OUT} = \pm 4.8 \text{ Vpp}$$

$$R_2 = \frac{4.8 * R_1}{120 - 4.8}, \quad \text{si } R_1 = 1 \text{ M}\Omega$$

$$R_2 = 41.66 \text{ K}\Omega$$

La máxima corriente a través del divisor de tensión será de $121.46 \mu\text{A}$, Por lo cual se utilizará un fusible de 0.5 A , para proteger las resistencias y evitar que en un momento dado que estas se cortocircuiten puedan producirse daños en los PT's.

Cabe mencionar que para redes trifásicas se utilizan tres circuitos idénticos para el acondicionamiento. El máximo voltaje permitido en V_{in} será de 120 V_{RMS} en redes monofásicas y 208 V_{RMS} (línea a línea) en redes trifásicas, si hacemos una conexión estrella de las redes de atenuación.

El voltaje en los secundarios de los transformadores de potencial oscilan entre $100\text{-}120 \text{ V}$ de plena escala [1] [2], por lo que la red de atenuación antes diseñada puede ser utilizada sin problema alguno.

Para aislar la parte de potencia de la parte digital del acondicionamiento de la señal se utiliza el amplificador de instrumentación AMP01 con ganancia igual a 1 (ver figura 3.3)

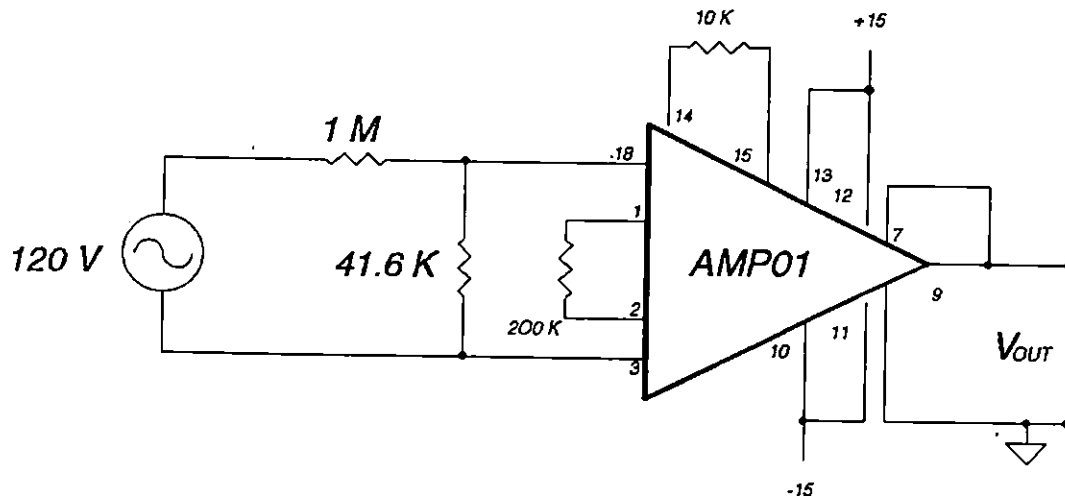


Figura 3.3. Circuito de aislamiento de voltaje

Corriente: Al igual que el voltaje es necesario tomar en cuenta el rango de voltaje del convertidor A/D ($\pm 5V_{pp}$). Como se menciono antes el rango típico de la salida del secundario de los CT's es de 5 o 1 Amperio [1] [2], por lo que se utiliza una burden de 0.2Ω para el CT de 5 Amp. Y una burden de 1Ω para CT de 1 Amp. Para ambos casos la salida de plena escala será de 1 Voltio.

La figura 3.4 muestra una pinza de corriente (o CT) con una resistencia burden para convertir la corriente a voltaje.

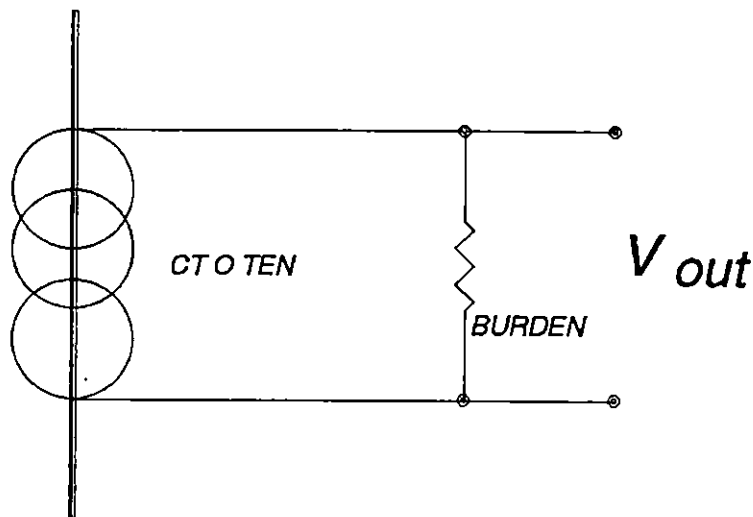


Figura 3.4. Conversión de corriente a voltaje

Para aislar el circuito de potencia de la parte digital se utiliza un amplificador de aislamiento [3] (ISO100) y tomando en consideración que el voltaje de plena escala en la burden es de 1 Voltio, se programa la ganancia del ISO100 a un valor de 3.535 (ver figura 3.5).

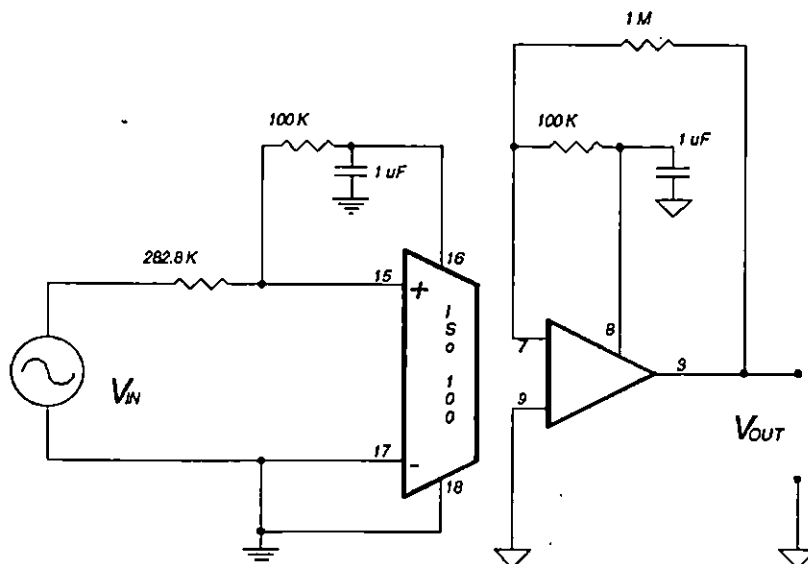


Figura 3.5. Amplificador de aislamiento

3.3 Muestreo

Un dato importante para la adquisición de datos es la frecuencia de muestreo, esta variara de acuerdo a si el sistema es monofásico o trifásico. Además el instrumento será capaz de presentar hasta la armónica No. 25.

Red monofásica: Para este caso se maestrearán dos canales (6 ciclos de la señal), uno de voltaje y otro de corriente. El teorema de Niquyst [] establece que la frecuencia de muestreo deberá ser por lo menos dos veces la frecuencia mas alta de interés.

$$f_s = 2 * 60 * 25 = 3000 \text{ Hz}$$

lo que equivale a 300 muestras en un intervalos de 6 ciclos.

De acuerdo al criterio de la FFT la frecuencia fina de muestreo será:

$$F_s = 3000 * (512 / 300) = 5120 \text{ s / canal}$$

la frecuencia total del sistema será de 10240 Hz.

Red trifásica: Se sigue el mismo procedimiento anterior con la salvedad de que se maestrearán 6 canales (3 de voltaje y 3 de corriente). Por lo que la frecuencia de muestreo del sistema será de 30720 Hz.

3.4 Hardware de adquisición de datos

Consideraciones básicas de las entradas analógicas: Las entradas analógicas pueden dar información de la capacidad y la exactitud del producto de DAQ (data acquisition), entre estas especificaciones básicas están el número de canales, la frecuencia de muestreo, resolución y los rangos de entrada. El número de los canales de entrada debe ser especificado para ambas entradas, sencillas y diferenciales en tarjetas que poseen ambos tipos.

3.4.1 Descripción de la tarjeta PCL-718 [4]

La PCL-718 es una tarjeta de adquisición de datos multifuncional para la IBM PC/XT/AT o compatible; posee alto rendimiento y alta velocidad. Las especificaciones de la tarjeta y el soporte de proveedores externos hacen ideal su uso para un amplio rango de aplicaciones

en la industria y laboratorios, en la adquisición de datos, control de procesos y automatización de sistemas en las fábricas.

3.4.2 Características:

- Canales de entrada analógica seleccionados por switch: 16 canales de modo común u 8 canales diferenciales.
- Un convertidor A/D industrial de 12 bits de aproximaciones sucesivas. El máximo rango de muestreo de la tarjeta es 60 kHz en modo DMA.
- Rangos de entrada analógicas seleccionables por switch
 Bipolar: $\pm 0.5V$, $\pm 1V$, $\pm 2.5V$, $\pm 5V$, $\pm 10V$.
 Unipolar: $+1V$, $2V$, $+5V$, $+10V$.
- Provee tres modos de disparo para el A/D: por software, por pasos programables y por pulsos externos.
- Los datos convertidos por el A/D pueden ser transferidos por control de programa, rutinas de interrupción o transferencia por DMA.
- Un IC INTEL 8254 (programmable timer/counter) provee el ritmo del paso desde 0.00023 Hz hasta 2.5 MHz a el convertidor A/D. La base de tiempo es seleccionable por switch: 10 MHz o 1 MHz. Un contador de 16 bits es reservado para aplicaciones que el usuario configura.
- 2 convertidores D/A de 12 bits multiplicativos para proveer 2 canales de salida.
- 16 canales de entrada digital y 16 canales de salida digital compatible con TTL.

3.4.3 Formato y estructura de los registros de la pcl718 [4]

La PCL718 requiere de 16 direcciones de I/O consecutivas. Uno de los aspectos mas importantes en la programación de la PCL718 es el comprender el significado de los 16 registros direccionables, desde la dirección base del puerto de I/O. A continuación se presenta un resumen del mapa de funciones y el formato de datos de cada uno de los registros.

Tabla 3.1
Resumen del mapa de memoria

Locación	Lectura	Escritura
BASE+0	Byte bajo y canal de la Conversión del A/D	Triger por Software
BASE+1	Byte alto del A/D	No disponible
BASE+2	Mux, búsqueda de canal	Mux búsqueda de canal
BASE+3	D/I byte Bajo	D/O byte bajo
BASE+4	No disponible	D/A 0 byte bajo

BASE+5	No disponible	D/A 0 byte alto
BASE+6	No disponible	D/A 1 byte bajo
BASE+7	No disponible	D/A 1 byte alto
BASE+8	Estado (status)	Limpia la interrupción de búsqueda
BASE+9	Control	Control
BASE+10	No disponible	Habilitar Contador
BASE+11	D/I byte bajo	D/O byte bajo
BASE+12	Contador 0	Contador 0
BASE+13	Contador 1	Contador 1
BASE+14	Contador 2	Contador 2
BASE+15	No disponible	Control del contador

Continuación de Tabla 3.1.

3.5 Opciones para crear un VI

3.5.1 Descripción del software [4]

El software para computadoras personales continúa progresando juntamente con estas, produciendo una jerarquía de software para resolver problemas que está disponibles a técnicos programadores. Los usuarios de PC en los laboratorios, industrias, etc. Están demandando herramientas de software mas sofisticadas y mas eficientes. Los diseñadores de software han respondido con una variedad de paquetes de software diseñados especialmente para instrumentación en ambientes de laboratorios.

Los requerimientos de software para cada usuario son diferentes, pero la mayoría demanda de él las siguientes características:

- Software para análisis de datos que sea fácil de aprender, usar y que este equipado con técnicas de análisis.
- Software de captura de datos que requiera mínima programación por el usuario; que controle algunos dispositivos de medición, que usen protocolos estándares (RS-232 y IEEE-488), y que almacene los datos adquiridos en la PC.
- La habilidad de ser rápido, fácil y repetitivo, preferentemente sin tener que cambiar herramientas de software.

3.5.2 Software para instrumentos virtuales [7] :

Estos hacen que los desarrolladores se acostumbren a diseñar instrumentos de la mejor manera en sus aplicaciones. Estos instrumentos virtuales pueden usar la gran mayoría de productos de DAQ para la PC. Algunas compañías también clasifican sus interfaces para el

software, denominando a este como software para instrumentación virtual. Los instrumentos toman ventaja del amplio uso de la tecnología electrónica. Por ejemplo, el primer instrumento electrónico hizo uso de capacitores variables, resistencias variables y tubos al vacío para radios, todos disponibles a bajo costo y con gran calidad. Similarmente osciloscopios, analizadores, y pantallas de computadoras fueron beneficiados por la manufacturación a gran escala y la distribución mundial de la televisión que usa tubos de rayos catódicos. Ahora los instrumentos virtuales explotan el creciente poder de procesamiento y la caída de los costos de las computadoras de tipo desktop y notebook. Se presenta una breve reseña de los software más populares y apropiados para el diseño de VI's estos son LabWindows[5] y LabVIEW. [6]. A continuación se mencionan algunas características de cada uno de estos paquetes:

3.5.3 Características de LabWindows [5]

LabWindows es un software diseñado para instrumentación, crea un entorno fácil de usar para una aplicación específica sin sacrificar la flexibilidad de la programación en los lenguajes de alto nivel. LabWindows ayuda al usuario a intercalar y depurar programas en QuickBASIC y C, mientras provee herramientas orientadas a programadores no técnicos.

Los entornos de programación estándares, tales como los hechos populares por la Borland (C, Turbo C, etc.), Turbo Pascal y Microsoft QuickBASIC, integran edición, depuración y funciones de ejecución como también provee menús colgantes. Estas características (mas una pantalla de edición que incluye cortar, pegar y búsqueda de funciones) son provistas por LabWindows.

Herramientas fundamentales de depuración, tales como ejecución de programas instrucción por instrucción y programas de interrupción, son también parte de LabWindows. Lo que diferencia a LabWindows y los lenguajes de alto nivel es el formato orientado al ambiente de programación junto con su interface gráfica de alto nivel.

Un objetivo importante de LabWindows es simplificar la adquisición de datos usando librerías y manejadores. El control de instrumentos, implica aprender el protocolo de programación de cada uno. Las Librerías de control para instrumentos, un set de funciones de alto nivel para la programación de instrumentos específicos, hace que LabWindows simplifique la programación de instrumentos. Estas funciones son manejadas por operaciones de bajo nivel para comunicarse con el instrumento y convertir los datos a un formato de fácil procesado por el usuario por los programas de aplicación del usuario. Los instrumentos creados con las herramientas de LabWindows son llamados Instrumentos Virtuales (VI) debido a su semejanza con los instrumentos convencionales.

3.5.4 Características de LabVIEW [6]

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench), Es un sistema de instrumentación poderoso, flexible y software de análisis para PC's corriendo bajo

Windows y computadoras Apple Machintosh. LabVIEW es un programa de aplicación, muy semejante a C, BASIC o LabWindows. Sin embargo LabVIEW es diferente, ya que se separa de la secuencia natural de los lenguajes de programación tradicionales basados en texto, LabVIEW, además, posee un ambiente de programación gráfica fácil de usar, incluyendo todas las herramientas necesarias para la adquisición, análisis y presentación de los datos. Con este lenguaje de programación gráfico, llamado "G", se puede programar usando método de diagrama de bloques que es compilado a código de máquina. Usar LabVIEW, puede resolver varios tipos de problemas en solo unas pocas fracciones de tiempo escribiendo rápidamente los códigos "convencionales". LabVIEW integra adquisición, análisis y presentación de datos en un solo sistema. Con LabVIEW al igual que LabWindows el software viene a ser la base del instrumento, ya que este define la funcionalidad de este.

Ya que LabVIEW es una herramienta de programación de propósito general, puede ser usado en una amplia variedad de aplicaciones industriales. A continuación se citan algunos ejemplos:

- Simulación de funciones del corazón
- Control de demanda
- Modelar los sistemas de potencia para analizar la calidad de la energía
- Medición de efectos físicos como la temperatura en hornos
- Control de movimiento de servomotores y motores de paso

Los programas creados en LabVIEW son llamados también Instrumentos Virtuales porque su apariencia y operación imitan a los instrumentos convencionales. Sin embargo, hay funciones idénticas a las utilizadas en lenguajes de programación convencionales. Los VIs poseen un interface interactiva con el usuario, un código fuente y acepta parámetros de alto nivel. Estas tres características se discuten a continuación:

- La interface que interactúa con el usuario de un VI es llamado *panel frontal*, porque simula el panel de un instrumento físico. El panel frontal contiene perillas, botones, gráficas y otros controles e indicadores. La entrada de datos se hace usando ratón y teclado, la presentación se visualizan en la pantalla.
- Los VIs reciben instrucciones de un diagrama de bloques, el cual se construye en G. El diagrama de bloques es una solución pictórica de un problema. El diagrama de bloques es también el código fuente del VI.
- Los VIs son módulos jerárquicos. Pueden utilizarse programas y subprogramas incluidos en otros programas y subprogramas.

Con estas características, LabVIEW promueve el concepto de *programación modular*.

3.6. Diseño del software:

En esta sección se trata de describir el algoritmo que se utilizó para diseñar programa que controla la tarjeta de adquisición de datos junto con las demás rutinas forman parte de instrumento virtual diseñado para ser un analizador de energía.

- 1.- La primera parte del programa comprende la inicialización de la tarjeta a través de sus puertos de entrada salida, así como también la inicialización de todas las variables y registros que se utilizan a lo largo de todo el programa.
- 2.- Una vez inicializadas todas las variables involucradas se procede a obtener del usuario los parámetros necesarios para iniciar la configuración de la tarjeta con el tipo de medición que se seleccione para esto se necesita que el programa lea de l teclado o el cambio de alguna variable por medio del un evento ocasionando por una acción del Mouse. Aquí es donde se programa la tarjeta para que las conversiones se realizan con el timer que esta abordo de la tarjeta y se programe con una frecuencia ya sea para leer dos o seis canales, también el programa se diseño para que este arrancara automáticamente cuando los datos de fecha y hora de inicio fuesen iguales a los del sistema (PC) de igual manera la finalización del programa de controla con los datos de fecha y hora de finalización.
- 3.-Con el paso anterior se logró obtener control de la tarjeta realizando la labor de conversión del A/D y almacenado dichas conversiones en arreglos temporales para luego ser procesados y almacenados.
- 4.- Análisis: En esta rutina se emplean todos aquellos algoritmos de calculo de las variables a medir definidas en el capítulo I tomando como entrada para cada algoritmo los arreglos de las señales muestreadas y almacenadas en los arreglos temporales poniendo los resultados en otros arreglos de memoria según el tipo de variable resultante.
- 5.- Presentación de los resultados , esto se logra mediante la visualización ya sea en forma gráfica o numérica de los resultados en un panel de acuerdo al tipo de variable. En la presentación se hace uso de las librerías de proporcionadas por el ambiente (LabWindows/CVI) para hacer uso de la interfaces gráfica que interviene en el diseño del analizador.
- 6.- La ultima parte consta de decidir que variables y cada cuanto tiempo serán almacenadas en disco, para ello se utiliza también una serie de funciones de la librería de entrada salida del ambiente de programación al igual que el uso de una herramienta como los es el, procesamiento de eventos de tiempo.

3.7 Flujoograma del programa

A partir del algoritmo de la sección anterior se logra esquematizar el siguiente flujoograma que sirve de base para el desarrollo del programa, se trata de simplificar todas las tareas en este diagrama. Se presentan aquí las tareas descritas en la sección anterior.

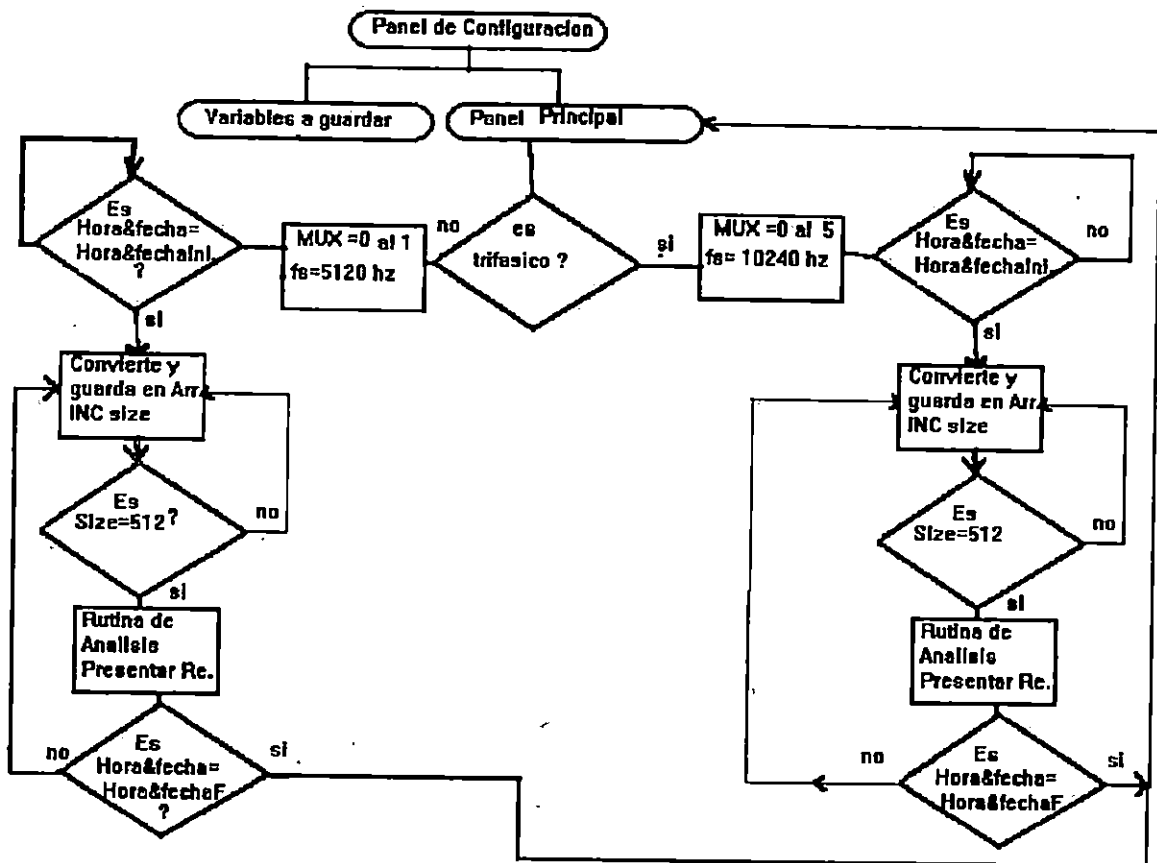


Figura 3.6 Flujoograma utilizado para el desarrollo del programa.

CONCLUSIONES DEL CAPITULO III

- Se conoció la estructura interna de los registros de la tarjeta PCL718 con el fin de utilizar estos para la programación de un driver para dicha tarjeta.
- Existen diversos ambientes en los cuales se puede desarrollar la programación de un instrumento virtual pero el uso de determinada plataforma dependerá de varios factores uno de ellos es a que este acostumbrado el programador y si cuenta con la mayoría de herramientas dentro del ambiente.
- Dentro de los ambientes mas populares de diseño de instrumentos virtuales hoy en día tenemos a LabWindows por su interacción con programas hechos en lenguaje C y LabVIEW por fácil programación gráfica.
- El diseño total de programa se baso en el desarrollo del algoritmo que se presenta en este capítulo y todas las modificaciones futuras del instrumento pueden en base a este esquema.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] General Electric. "Metering Guide "
- [2] Enrique Ras. "Transformadores de Potencia, de Medida y de Protección", 7 Edición, Alfaomega, marcombo.
- [3] Burr-Brown. "Data Book"
- [4] Advantech Co. "PCL718 High Performance Data Acquisition Card User manual. Octubre de 1989.
- [5] National instruments. "LabWindows Getting starter manual", agosto 1995.
- [6] "LabVIEW Student Edition Reference Manual", National instruments 1994.
- [7] Richard House National Instruments "choosing the right software for data acquisition" IEEE spectrum mayo de 1995.

CAPITULO IV

RESULTADOS OBTENIDOS

Introducción

Los resultados esperados del diseño del instrumento virtual se ven plasmados en este capítulo aunque la mejor forma de observar los resultados es la práctica en este capítulo se pretende mostrar de la mejor forma como el instrumento es capaz de realizar las tareas para las que fue diseñado esto se hacen con la ayuda de gráficos partes del propio instrumento y algunas expresan el resultado de la demostración del instrumento así como la explicación del funcionamiento de este.

4.1 Resultados obtenidos:

Se desarrolló un instrumento que es capaz de:

- Presentar resultados en forma gráfica y numérica de las variables relacionadas con la calidad de energía de un sistema (análisis armónico y potencias del sistema bajo medición).
- Evaluar la norma IEEE 519 (límites de distorsión de corriente para cargas no lineales).
- Evaluar la norma ANSI/IEEE C57.110-1986 (establecimiento de la capacidad de transformadores bajo cargas no senoidales).

A continuación en esta sección se detallan cada uno de los resultados obtenidos haciendo referencia a cada panel del instrumento donde se muestran dichos resultados.

4.1.2 Panel de configuración del instrumento:

Es aquí donde el usuario provee al instrumento de los datos necesarios para su operación de acuerdo al análisis y al tipo de medición de que este desee realizar.

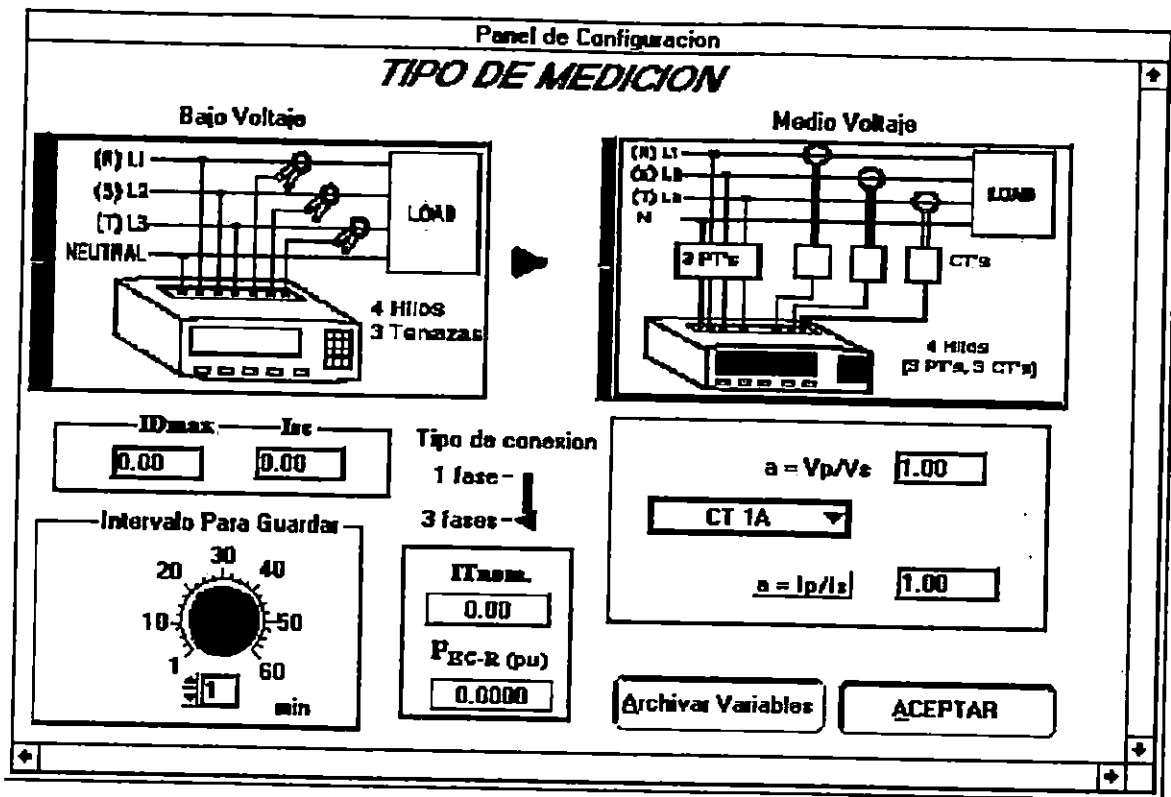


Figura 4.1. Panel de configuración.

Este panel necesita que el usuario primeramente seleccione el tipo de medición ya sea monofásica o trifásica. Ver figura 4.2.

Tipo de conexion

1 fase -
3 fases -

Figura 4.2. Selección del tipo de sistema

Si se selecciona una medición trifásica el instrumento nos da la opción de seleccionar si la medición se realizará en baja o media tensión por medio del interruptor (figura 4.2); dentro de estas dos categorías podemos escoger dos tipos de conexión, de acuerdo a un menú en el que se presenta en forma gráfica el tipo de conexión, esto permite al instrumento saber si tiene que medir una tercer línea de entrada o calcular esta a partir de las otras dos.

Cuando el usuario selecciona medir en medio voltaje, se habilitan en el mismo panel dos ventanas de datos de entrada para las relaciones de transformación de los CT's (transformadores de corriente y PT's (transformadores de potencial); dentro de los CT's existe la posibilidad de escoger salidas de 1 o 5 amperios en el secundario.

The image shows a rectangular window with a black border. At the top, it displays the equation $a = V_p/V_s$ followed by a text box containing the value "1.00". Below this is a dropdown menu with "CT 1A" selected and a downward arrow. At the bottom, it displays the equation $a = I_p/I_s$ followed by another text box containing the value "1.00".

Figura 4.3. Relación de corriente y de potencial.

Para mediciones en bajo voltaje estas opciones de entradas se deshabilitan y las relaciones de transformación de voltaje y corriente se hacen igual a 1 y las entradas de corriente se ven afectadas por un factor que depende del tipo de tenaza de corriente que se este utilizando.

Además en este panel se puede seleccionar el intervalo de tiempo entre almacenamiento en disco de las variables seleccionadas,

The image shows a rectangular window with a black border. At the top, it is titled "Intervalo Para Guardar". Below the title is a circular dial with a needle pointing to the number "1". The dial has markings for 10, 20, 30, 40, 50, and 60. Below the dial is a small square box containing the number "1" with a downward arrow. To the right of the box, the word "min" is written.

Figura 4.4. Intervalo de almacenamiento en disco.

Dichas variables pueden ser seleccionadas oprimiendo el botón de comando llamado "Variables a Archivar" el cual nos permite ver un panel adicional en el cual el usuario puede seleccionar cualquier variable con solo hacer un click en el recuadro pequeño que aparece a la izquierda de cada variable,

PANEL PARA ARCHIVAR

Archivos de Potencias

- Potencia Real por fase
- Potencias Real trifasica
- Potencia Aparente por fase
- Potencias Aparente Trifasica
- Potencias Reactiva por fase
- Potencias Reactiva Trifasica

Archivo de Armonicos y Rms

- Armonico de voltaje
- Armonicos de Corriente
- RMS de Voltajes
- RMS de Corrientes

Archivo de THD y FP

- THD de voltajes
- THD de Corriente
- FP por fases
- FP total

Nombrar Archivos

Aceptar

Figura 4.5. Panel de selección de variables a guardar

Una vez seleccionadas las variables presionando el botón de "nombrar archivos" teniendo cuidado de poner el nombre del archivo sin extensión, ya que el instrumento se encarga asignar las extensiones de acuerdo a las variables que se hayan seleccionado (e.i. variables, Potencia aparente como nombre.apr, armónicos de corriente nombre.Arc), cuando se ha terminado dicho procedimiento se puede regresar al panel de configuración por medio del botón llamado aceptar.

En el panel de configuración existe una sección que espera por datos de entrada para el calculo de las posibles limites de la norma IEEE 519 [1] (establece los limites de distorsión armónica de corriente), estos parámetros de entrada son la corriente de demanda máxima en los últimos 12 meses I_L , (con mediciones en intervalos de 15 o 30 minutos) y la Corriente de corto circuito en el punto de común acople (PCC), I_{sc} .

I_{Dmax}	I_{sc}
0.00	0.00

Figura 4.6. Entrada de I_{sc} e I_L .

Para el cálculo de I_{max} a la cual un transformador debe estar trabajando bajo cargas no lineales (norma ANSI/IEEE C57.110-1986) [2] se necesita que el usuario digite las pérdidas debido a corrientes de Eddy en p.u. proporcionadas por el fabricante y además la corriente nominal de dicho transformador.

$I_{Tnom.}$
175.00
P_{EC-R} (pu)
0.1500

Figura 4.7. Entradas de pérdidas por corrientes de Eddy e $I_{Tnominal}$.

Con esto finaliza la configuración del instrumento y al presionar el botón llamado "aceptar" la configuración se almacena y el panel se guarda presentando el panel principal de la adquisición.

4.1.3 *Panel principal:*

El usuario puede comandar el inicio y finalización en que el instrumento permanecerá trabajando adquiriendo además permite la visualización de las señales muestreadas.

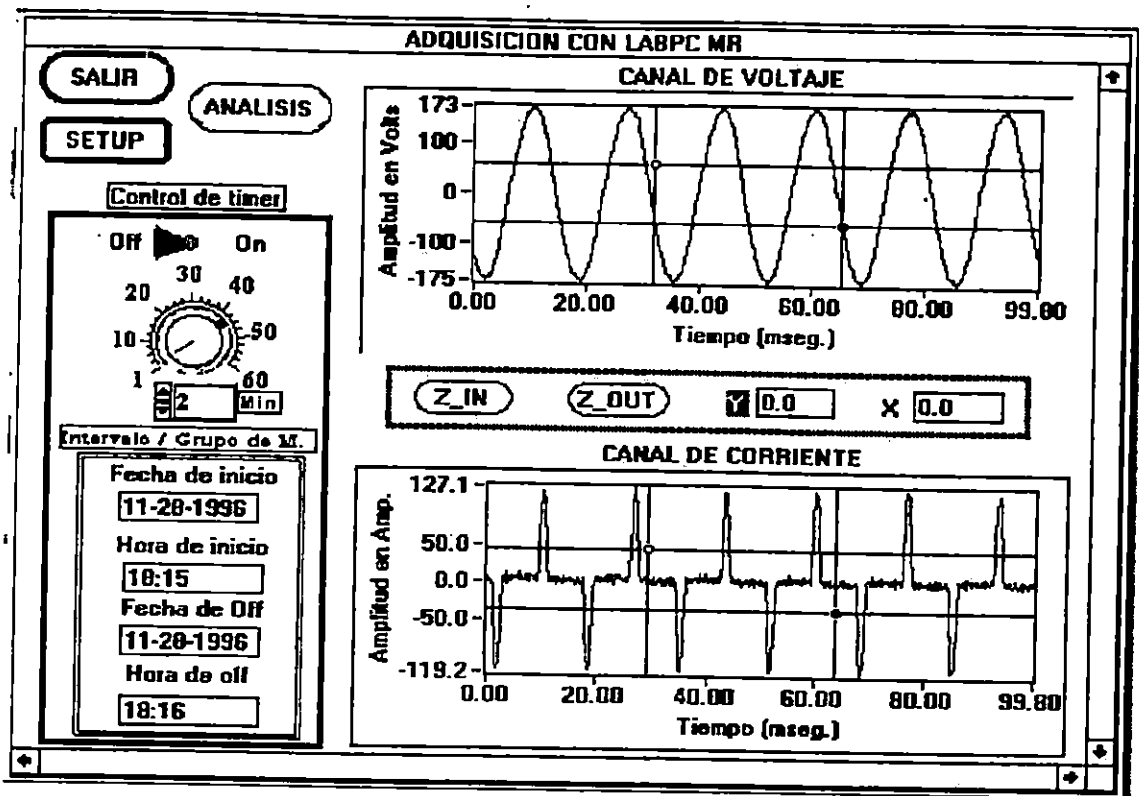


Figura 4.8. Panel principal de adquisición

En este se presenta la opción de escoger el intervalo de tiempo entre cada grupo de muestras (512) a adquirir, esto se realiza por medio de la perilla girando esta en el sentido que el usuario desee, posee un rango en minutos desde 1 a 60.

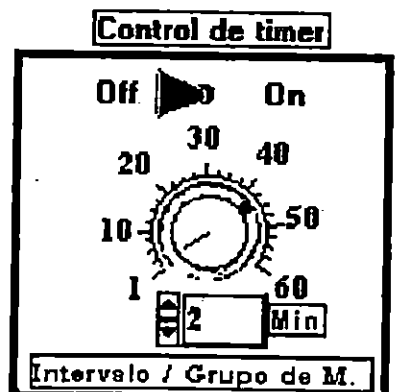


Figura 4.9. Control del timer y encendido

La selección de la hora y fecha en que el instrumento debe comenzar las adquisiciones se digitan en las ventanas rotuladas con fecha y hora de inicio con el siguiente formato, para la fecha MM-DD-YY y la hora en formato de 24 horas así HH:MM:SS.

Fecha de inicio
11-28-1996
Hora de inicio
18:15
Fecha de Off
11-28-1996
Hora de off
18:16

Figura 4.10. Seteo de horas y fechas de inicio y finalización.

El mismo formato descrito anteriormente se utiliza para la hora y fecha en que el instrumento debe dejar de hacer adquisiciones. Se digitan en las ventanas rotuladas con fecha y hora de off.

Una vez se ha establecido estos parámetros iniciales puede poner en marcha el instrumento a través de el interruptor localizado en la parte superior de la sección titulada control del timer, de la misma manera puede detenerlo haciendo click en dicho interruptor.

Cuando se ha hecho la primer adquisición el usuario podrá visualizar las señales adquiridas en las ventanas de gráficos tituladas con canal de voltaje y corriente respectivamente; el eje "y" presenta la magnitud en voltios o amperios respectivamente mientras que el eje "x" el tiempo en mili segundos.

Las señales adquiridas pueden ser examinadas ampliando el sector o área que el usuario desee encerrando dicha área con el par de cursores que aparecen en el gráfico y luego presionado el botón de Z_IN (zoom in) o regresar a forma original por medio del botón Z_out (zoom); para ambos canales muestreados.

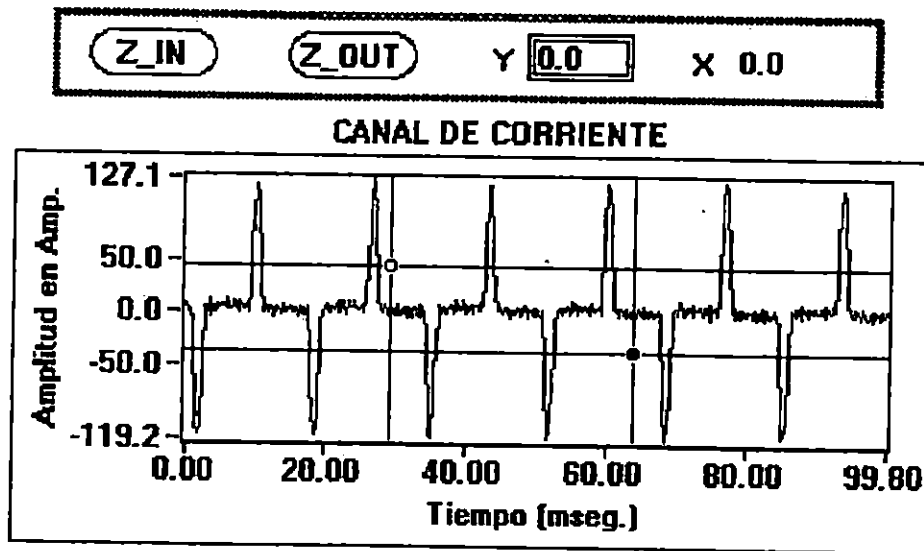


Figura 4.11. Gráfico de corriente muestreado a la entrada de un UPS.

Para salir del programa basta presionar el botón de SALIR y el programa termina inmediatamente su ejecución.

Si se desea volver al panel de configuración se presiona el botón de comando titulado SETUP inmediatamente volverá al panel inicial donde podrá cambiar los parámetros iniciales que desee como también acceder las variables que desea guardar.

Presionando con el mouse el comando Análisis podrá ver un nuevo panel que presenta los primeros datos resultantes del análisis de los grupos de muestras adquiridos que se visualizan en el panel principal de la adquisición.

4.1.4 Panel de análisis:

Presenta la mayoría de resultados obtenidos del cálculo tanto en forma numérica como gráfica el análisis armónico de la corriente, el voltaje y las demás variables calculadas durante la adquisición ya sea para un sistema monofásico o trifásico.

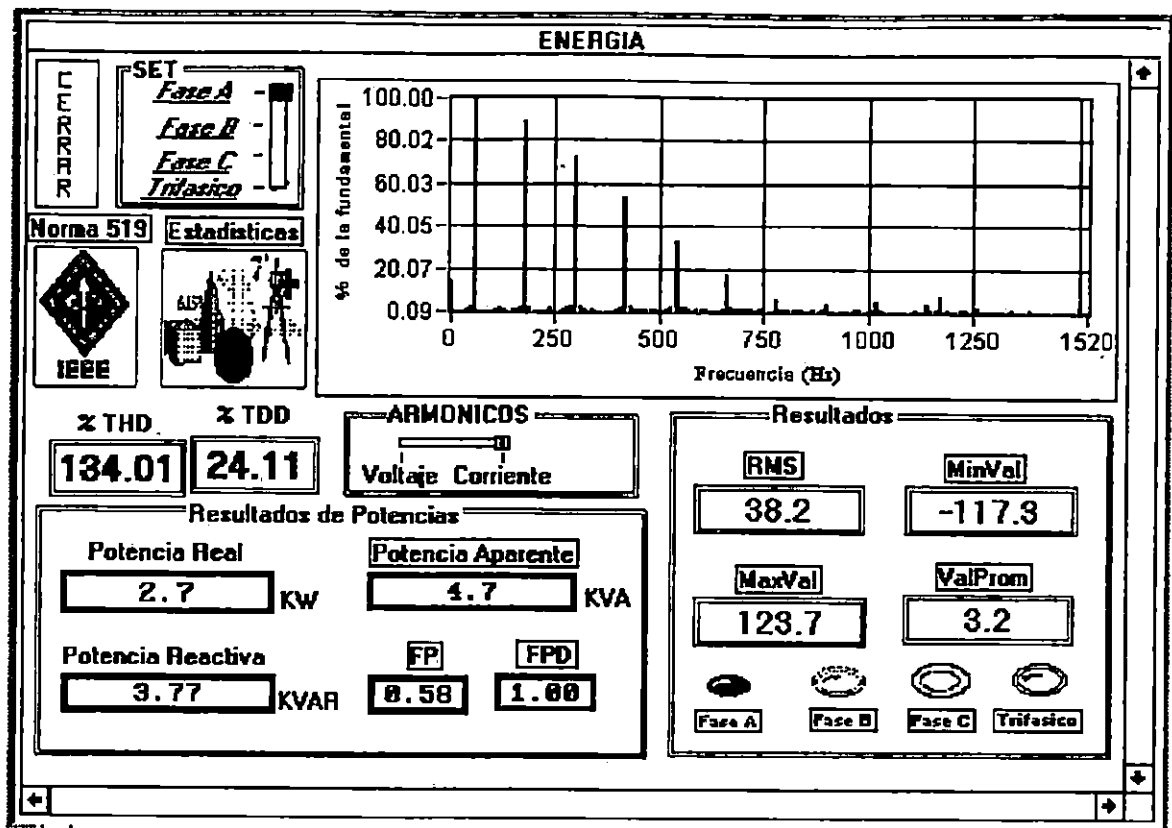


Figura 4.12. Panel de análisis

En la parte inferior izquierda de el panel aparecen los resultados (numéricos) de las potencias real, aparente, reactiva; el factor de potencia (FP) y el factor de potencia de desplazamiento (FPD), estos resultados cambian cada vez que una nueva adquisición se ha realizado actualizando cada casilla respectivamente.

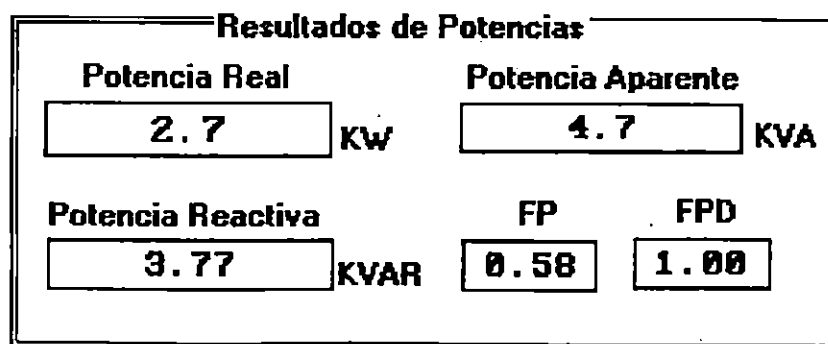


Figura 4.13. Resultados de potencias

Otros resultados importantes son presentados en la parte inferior derecha como lo son del valor RMS, amplitud máxima y mínima y el valor promedio de la señal de voltaje o corriente,

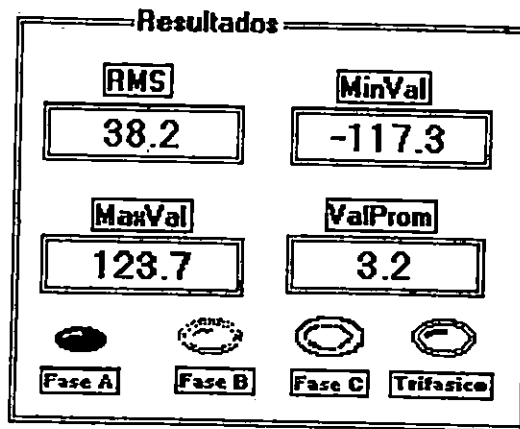


Figura 4.14. Resultado de los valores rms de voltaje o corriente

Seleccionado por el interruptor, dependiendo en que posición este el interruptor de selección de fase así se presentara el voltaje o la corriente de la fase seleccionada.

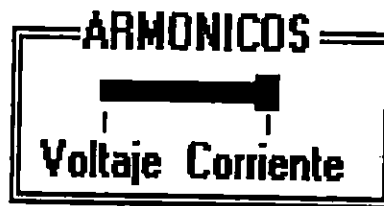


Figura 4.15. Selección de voltaje o corriente en el panel de análisis.

Con los datos que el usuario proporciona en el panel de configuración se calcula una cantidad muy significativa para la corriente como lo es el TDD (distorsión de demanda total), y es presentada junto con el THD (Distorsión armónica total) de voltaje en la misma sección del panel de análisis en forma numérica.

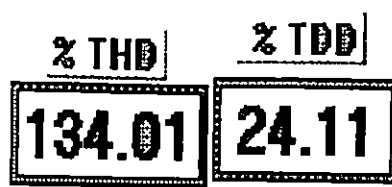


Figura 4.16. Resultado numérico del THD y TDD.

Uno de los resultados mas significativos en este panel es la visualización en forma de gráfico de barras de el contenido armónico de la señal de corriente y voltaje expresadas en porcentaje en relación a la componente fundamental de cada una de ellas; estas al igual que los otros resultados de este panel se actualizan cada vez que se hace una nueva adquisición.

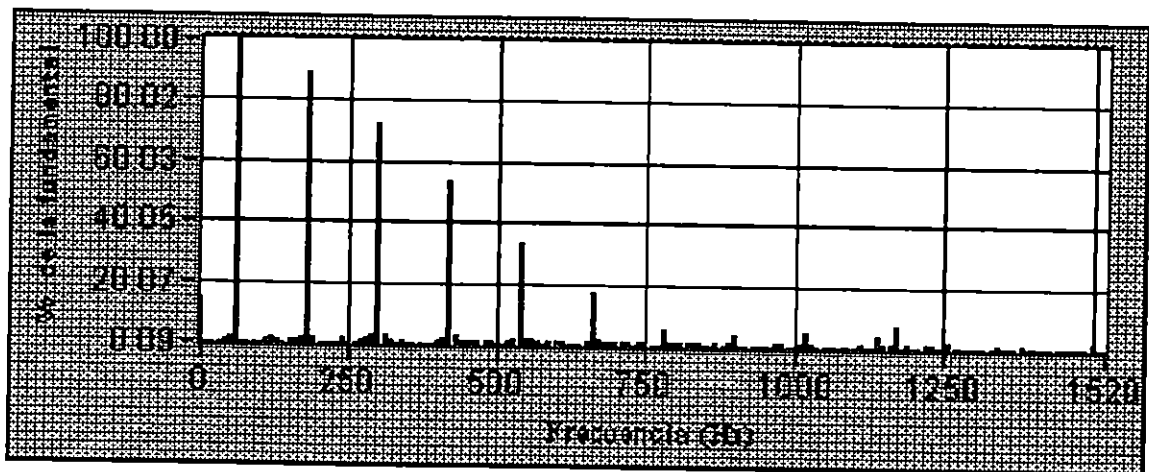


Figura 4.17. Resultados de los armónicos de corriente de la medición en el eje 'x' puede ser presentado el orden del armónico.

En la parte superior de los resultados de las potencia están dos botones de comando el primero que aparece titulado normas IEEE [2][3]es para acceder el panel de evaluación de dichas normas, el otro esta titulado con estadísticas, es para observar los valores anteriores o valores almacenados en las últimas adquisiciones de algunas variables de suma importancia para el análisis de la calidad de potencia del sistema bajo medida.

Norma 519



Estadísticas

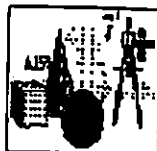


Figura 4.18. Botones de comando para acceder a los paneles de la norma IEEE 519 y al panel de estadísticas.

Con el botón de comando cerrar vuelve a el panel principal cerrando esta aplicación de análisis.

4.1.5 Panel de estadística

Este panel consta de cuatro áreas de gráficos en forma de puntos unidos por una línea, en cada una se presenta los valores calculados de alguna variable seleccionadas por el interruptor de fase y el de voltaje y corriente.

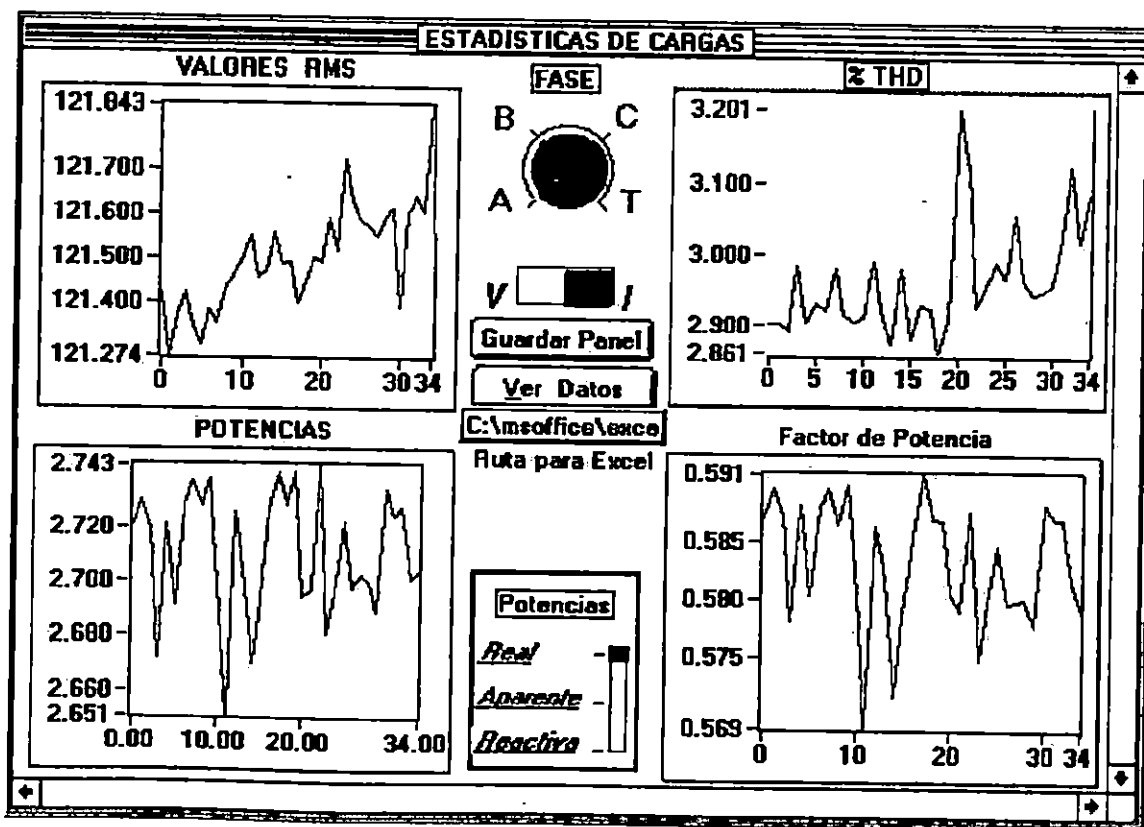


Figura 4.19. Panel de estadística

Para poder seleccionar la fase los valores de corriente o voltaje para el área de gráfico de los valores RMS y THD se hace mediante la perilla llamada FASE y el interruptor marcado con VI.

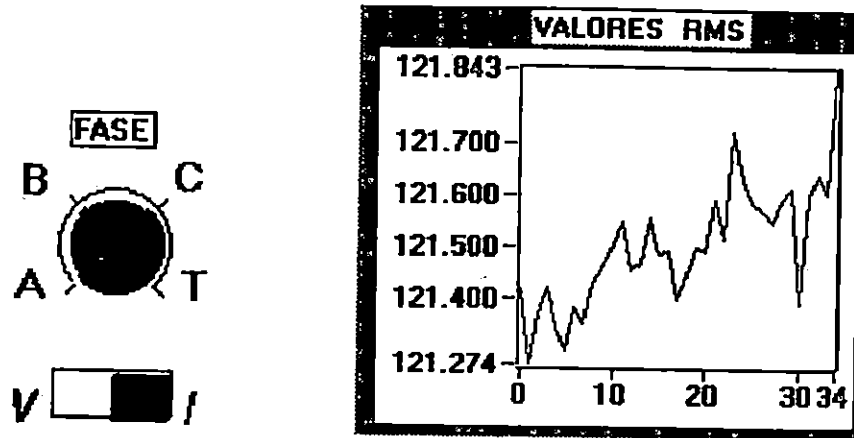


Figura 4.20. Selección de la fase, V e I y presentación de resultados (RMS)

En la parte inferior izquierda aparece un recuadro de gráfico para las potencias real, aparente y reactiva cada una puede ser seleccionada para ser presentada en dicha área de gráfico por medio del interruptor de selección de potencias colocado justo a un lado de este gráfico.

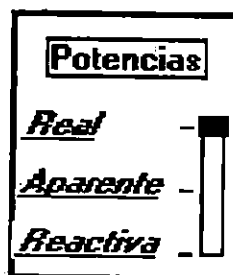


Figura 4.21. Selección de tipo de potencias

Todas las áreas de gráficos se actualizan continuamente hasta que el instrumento haya terminado la adquisición.

También desde este panel podemos acceder cualquier aplicación de Windows digitando la ruta y comando de ejecución en la ventana localizada en el centro del panel y luego presionando el botón de comando titulado "Ver datos". Como aplicación inicial aparece

una hoja electrónica (EXCEL) para poder abrir los archivos de las variables seleccionadas que fueron almacenadas cuando el instrumento realizaba la adquisición.

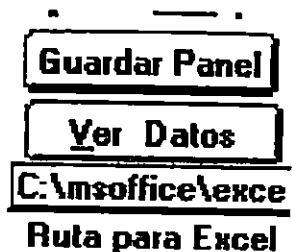


Figura 4.22. Enlace con cualquier aplicación de Windows.

El usuario puede cerrar este panel y volver al panel análisis presionando el botón de guardar panel.

4.1.6 Panel de evaluación de las normas IEEE:

El panel presenta en una tabla el resumen de la norma IEEE 519 [1] (ver figura 4.24) que trata sobre los niveles armónicos de la corriente, esta se clasifica de acuerdo a los resultados de la relación de entre la corriente de corto circuito (I_{sc}) y la corriente de demanda máxima ambos datos obtenidos a través del usuario en el panel de configuración; dependiendo del rango en que se de este resultado así se opacarán las columnas que no se utilicen quedando activa solamente la columna que la norma asigna de acuerdo al resultado de la relación I_{sc}/I_L . Una vez establecida la columna se procede a enviar los resultados de los armónicos en porcentaje con respecto la componente fundamental de la corriente bajo análisis y si algún valor sobre pasa el porcentaje establecido por la norma (de acuerdo al armónico correspondiente) el borde de esta casilla se tornara de color rojo por el contrario si el valor esta dentro de los rangos aceptables se tornara de color verde, volviendo la comprensión de la norma sencilla.

Norma IEEE 519 y ANSI/IEE C57.110-1986			
[Arm] / [Isc/IL]	<20 =	20-50	50 - 100
h<11	4.0	7.0	10.0
h3	90.27	0.00	0.00
h5	74.60	0.00	0.00
h7	57.69	0.00	0.00
h9	39.21	0.00	0.00
11<= h<17	2.0	3.5	4.5
h11	23.02	0.00	0.00
h13	9.24	0.00	0.00
h15	1.33	0.00	0.00
17<=h<23	1.5	2.5	4.0
h17	3.78	0.00	0.00
h19	4.82	0.00	0.00
h21	3.34	0.00	0.00
23<=h<35	0.6	1.0	1.5
h23	0.57	0.00	0.00
h25	0.90	0.00	0.00
TDD	5.0 23.19	8.0 0.00	12 0.00

Cerrar

Fase

A -

B -

C -

45.06

Figura 4.24. Panel de normas IEEE/519 Y ANSI/IEEE C57.110-1986

Se presenta una ventana con un valor llamado "Derating Factor"[2] que no es mas que la evaluación del norma ANSI/IEEE C57.110-1986.

Que proporciona el valor en porcentaje que un transformador conectado a cargas no lineales debe estar trabajando para que este se vea afectado o dañado por las componentes de dichas cargas.

CONCLUSIONES DEL CAPITULO IV

- **Los instrumentos virtuales son actualmente una de las mejores opciones en lo que a adquisición y control se refiere debido a su versatilidad y costo de desarrollo.**
- **Los resultados obtenidos por el analizador virtual pueden considerarse para evaluar la calidad de energía de un sistema.**
- **Es importante comprender que un instrumento virtual es capaz de facilitar la interpretación de muchos resultados en forma sencilla para el usuario por ejemplo la aplicación de las normas IEEE 519 y ANSI/IEEE C57.110-1986.**

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ANSI/IEEE std 100-1988. "Standard Dictionary of Electrical and Electronics Terms.
- [2] IEEE std 519-1981. "IEEE Guide for Harmonic Control and Reactive Compensation of Static Power Converters".
- [3]- PC-LabCard. "User's Manual PCL-718 High Performance Data Adquisition Card"
- [4] National Instruments. "Instrumentation Reference and Catalogue". 1995
- [5] National Instruments. "Instrupedia (CD)".

CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- 1. Debido a la versatilidad en la modificación de los Instrumentos Virtuales a través del software estos se convierten en una buena solución al momento de decidirse en la obtención de un instrumento ya sea para medición, monitoreo u otra finalidad. Además el costo de mantenimiento de los Instrumentos Virtuales es mucho menor que el de los Instrumentos tradicionales, haciéndolos mas factibles.**
- 2. En el salvador la latente necesidad, tanto para las empresas distribuidoras como los consumidores de monitorear la calidad de la energía que distribuyen o consumen, por lo que se hace inevitable el uso de un instrumento capaz de realizar dicha tarea. Los VT's juegan un rol muy atractivo debido a sus características.**
- 3. Cuando se diseña un Instrumento Virtual, es importante tomar en cuenta que los algoritmos que se utilicen se acerquen lo mas posible a la respuesta que cumplan los objetivos planteados.**
- 4. La disponibilidad de software especializado para la creación de Instrumentos Virtuales como LabWindows y LabVIEW, hacen mas fácil el poder diseñar un instrumento similar a los convencionales (perillas, botones , pantallas gráficas, etc.) y con mayores capacidades que este.**
- 5. El que el instrumento posea la capacidad de poder determinar el contenido armónico de cualquier sistema es muy importante, ya que si se toman las precauciones del caso se puede evitar caer en gastos innecesarios en la reparación o sustitución completa de equipos que trabajan en condiciones fuera de las estipulada por los fabricantes.**

RECOMENDACIONES

1. Cuando se diseña un Instrumento Virtual no importando la aplicación se tiene que tener en cuenta si la plataforma (software) bajo la cual se piensa diseñar es la adecuada.
2. Se debe tener especial cuidado con los requerimientos que un instrumento tendrá al concluir el desarrollo, ya que este demandará una cantidad de memoria, velocidad de la PC, espacio en disco, etc.
3. Para determinar el tipo de hardware de DAQ que se va a utilizar en cierto instrumento se tiene que tener en cuenta la clase de evento que se desea monitorear ya que el hardware de DAQ posee características como velocidad de adquisición, exactitud o resolución del convertidor que lo clasifican para determinado tipo de evento.
4. El diseño del sistema de acondicionamiento debe poseer un grado muy alto de confiabilidad o seguridad, ya que de él depende la seguridad del sistema y del operario.