

TUES  
1504  
R788c  
2000  
EJ.2

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

"Clasificación de Perturbaciones Eléctricas Usando  
Instrumentos Virtuales"

PRESENTADO POR

ALEX ENRIQUE ROSALES APARICIO

PARA OPTAR AL TITULO DE

INGENIERO ELÉCTRICISTA



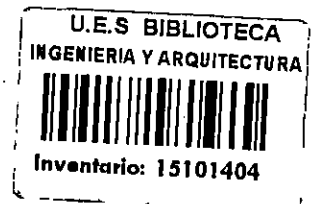
CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO DEL 2000.

*Recibido el 19 de julio 2000*

*15101404*

*15101404*

*4866*



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTORA:**

**DRA. MARIA ISABEL RODRÍGUEZ**

**SECRETARIA GENERAL:**

**LICDA. LIDIA MARGARITA MUÑOZ VELA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**DECAÑO:**

**ING. ALVARO ANTONIO AGULAR ORANTES**

**SECRETARIO:**

**ING. SAÚL ALFONSO GRANADOS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**DIRECTOR:**

**ING. RICARDO COLORADO**



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**Trabajo de Graduación previo a la opción de:  
INGENIERO ELECTRICISTA**

**Título :**

**"Clasificación de Perturbaciones Eléctricas Usando  
Instrumentos Virtuales"**

**Presentado por:**

**Alex Enrique Rosales Aparicio**

**Trabajo de Graduación aprobado por:**

**Coordinador y Asesor:**

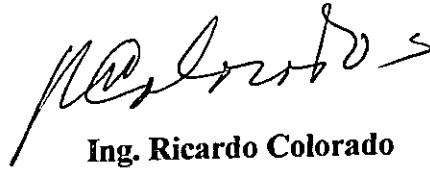
**Ing. Ricardo Colorado**



**San Salvador, Julio del 2000**

**Trabajo de Graduación aprobado por:**

**Coordinador y Asesor:**



**Ing. Ricardo Colorado**

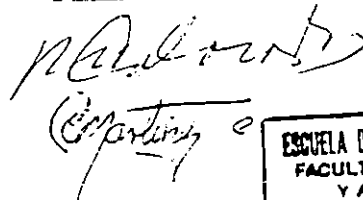


## ACTA DE CONSTANCIA DE NOTA Y DEFENSA FINAL

En esta fecha, 15 de julio de 2000 en el local de 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- Ing. Ricardo Alfredo Colorado  
Director
- 2- Ing. Carlos Eugenio Martínez  
Secretario

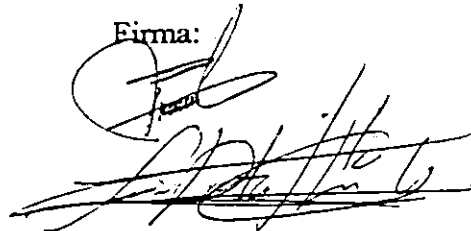
Firma:



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

- 1- Ing. Numa Pompilio Jiménez Cortez
- 2- M.I. Luis Roberto Chévez Paz

Firma:



Se efectuó la defensa final reglamentaria del Trabajo de Graduación:

“Clasificación de Perturbaciones Eléctricas usando Instrumentos Virtuales”

A cargo del Bachiller:

ROSALES APARICIO, ALEX ENRIQUE

Habiendo obtenido el presente Trabajo una nota final, global de: 8,6

( Ocho punto seis )

## **DEDICATORIA**

A mis Padres.

A mi Abuelo, que en paz descansa.

A la Universidad de El Salvador por ser la cuna donde se forjan verdaderos profesionales.

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Dios, por darme de nuevo la oportunidad de nacer y desarrollarme.

A mi Padre, Pedro Juan Rosales, por haberme brindado la oportunidad de alcanzar esta meta, por ser siempre el principal motivo y razón de esta constante lucha y por formarme el carácter necesario para no desistir.

A mi madre Gladis Isabel Aparicio de Rosales, por traerme al mundo y porque con su cariño, comprensión y dedicación me ayudo a alcanzar siempre mis metas.

A mis hermanos por su apoyo.

A mis docentes, por su enseñanza, especialmente al Ing. Ricardo Colorado, Ing. Salvador German, Ing. Marvin Hernández y M.I. Luis Chevez.

A mis compañeros, por su constante apoyo, especialmente a Wilber, Ramón, José Lito y Carlos.

A mis amigos, por su constante preocupación, especialmente a Oscar Hintz y Marlene Beltrán.

A Manlia, por darme todo su amor y apoyarme siempre.

Al personal de la EIE, por su constante ayuda.

Al personal del CIAN, especialmente al Ing. Mario Martínez por su dedicación y por facilitar los recursos necesarios para lograr concluir esta tarea.

Gracias a todos, sin ustedes hubiera sido imposible alcanzar este logro.

## PREFACIO

El estudio de las perturbaciones que se dan en los sistemas Eléctricos, ya que de esta forma adquiere la experiencia necesaria para poder dictar soluciones optimas y al mismo tiempo económicas que contrarresten los efectos negativos que algunos de estos fenómenos puedan tener sobre los equipos eléctricos y electrónicos.

De estos fenómenos los que mas efectos negativos tienen son las perturbaciones de variación de voltaje rms, estas perturbaciones pueden ser transitorias y/o de estado estable, en este caso particular ponemos mas atención en las de estado estable. Las perturbaciones de estado estable se clasifican en base a la magnitud de voltaje rms que alcance dicha perturbación, medida en base al nivel de voltaje en p.u.

Actualmente se cuenta en la Universidad de El Salvador con las herramientas necesarias que permitan desarrollar métodos por medio de los cuales los Estudiantes realicen el análisis de estos fenómenos, nos referimos en caso particular al paquete de la National Instrument, el cual cuenta con un software de aplicación muy versátil el cual permite crear cualquier tipo de instrumento virtual auxiliándose de las tarjetas de adquisición de datos.

No se encuentran precedentes en la escuela de un trabajo en el que se haya desarrollado un instrumento medición, análisis y clasificación de los disturbios eléctricos relacionados con la variación del nivel rms, que sea un instrumento virtual basado en el entorno de LabView, que sea capaz de medir el nivel de voltaje rms de un sistema eléctrico, determinar y clasificar las diferentes perturbaciones eléctricas.

Los beneficios que puede originar a la Universidad de El Salvador la realización de este trabajo son innumerables, como por ejemplo elevar el conocimiento objetivo en el área de las perturbaciones eléctricas, ampliar el conocimiento en el desarrollo de técnicas para medición a través de los instrumentos virtuales, al mismo abre la pauta para el desarrollo de nuevos trabajos que puedan perfeccionar el trabajo ahora concluido con lo cual la Universidad de El Salvador podría obtener un instrumento similar a este pero para aplicaciones practicas.



## RESUMEN

Inicialmente se hizo una recopilación de información la cual permitiera realizar la clasificación de las perturbaciones eléctricas en base a los estudios realizados por el IEEE, de lo cual se obtuvieron datos tabulados que clasifican a las perturbaciones eléctricas de estado estable. Posteriormente se realizó un estudio de las diferentes herramientas con las que cuenta LabView, determinando cuales de éstas serían indispensables para la realización del instrumento, con esto se procedió a desarrollar el software y a crear nuevas aplicaciones con las que no cuenta LabView (subrutinas) que permitieran que el programa principal fuera menos complicado. Se procedió a realizar el diseño de la etapa de acondicionamiento de señal de manera que nos proporcionara los niveles de voltaje adecuados para la tarjeta de adquisición de datos.

Básicamente el objetivo de este trabajo es proporcionar la información concerniente a la clasificación de las diferentes perturbaciones de estado estable, al mismo tiempo, proporcionar una herramienta para analizar la calidad de la energía eléctrica y que proporcione los resultados que permitan obtener los parámetros para caracterizar el comportamiento de una red eléctrica.

En el Capítulo I se estudia la clasificación de las perturbaciones eléctricas en general, haciendo énfasis especialmente en las perturbaciones de valor rms y específicamente las de estado estable.

En el Capítulo II se desarrolla el instrumento, aquí se describe el funcionamiento del instrumento, además se describe la función y modo de operación de cada una de las etapas (subrutinas) utilizadas para la implementación del software del instrumento, por otra parte se desarrolla la etapa de acondicionamiento de señal para la adquisición de datos y se describen las características de esta.

En el Capítulo III se elabora una guía de usuario para el instrumento, en el cual se detallan minuciosamente cada uno de los pasos a seguir para la operación correcta del instrumento para que de esta manera se obtengan los resultados que el usuario persigue.

## TABLA DE CONTENIDOS

CAPITULO		PAGINA
1	CLASIFICACION DE LOS FENÓMENOS POWER QUALITY.	1
1.1	INTRODUCCIÓN.	1
1.1.1	EL CONCEPTO DE POWER QUALITY.	1
1.2	CLASIFICACION GENERAL DE LOS FENÓMENOS.	2
1.3	FENÓMENOS POWER QUALITY.	2
1.3.1	CLASIFICACIÓN DEL FENÓMENO.	2
1.3.2	TRANSITORIOS.	6
1.3.3	TRANSITORIOS IMPULSIVOS.	6
1.3.4	TRANSITORIOS OSCILANTES.	7
1.3.5	VARIACIONES DE CORTA DURACIÓN.	9
1.3.5.1	INTERRUPCIONES.	9
1.3.5.2	SAGS.	10
1.3.5.3	SWELL.	11
1.3.6	VARIACIONES DE LARGA DURACIÓN.	12
1.3.6.1	SOBREVOLTAJES.	12
1.3.6.2	BAJOVOLTAJES.	12
1.3.6.3	INTERRUPCIONES SOSTENIDAS.	13
1.3.6.4	DESBALANCE DE VOLTAJE.	13
1.3.7	DISTORSIÓN DE FORMA DE ONDA.	14
1.3.7.1	OFFSET DC.	14
1.3.7.2	ARMONICOS.	14

1.3.7.3	INTERARMONICO.	15
1.3.7.4	NOTCHING.	15
1.3.7.5	RUIDO.	16
1.3.8	FLUCTUACIONES DE VOLTAJE.	17
1.3.9	VARIACIONES EN LA FRECUENCIA DEL SISTEMA	17
1.4	DEFINICIÓN DE LA CURVA CBEMA.	18
	CONCLUSIONES DEL CAPITULO I.	19
	BIBLIOGRAFÍA.	20
II	DISEÑO DEL ANALIZADOR VIRTUAL DE PERTURBACIONES ELÉCTRICAS DE VOLTAJE RMS.	21
2.1	INTRODUCCION.	21
2.2	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL DISEÑO DEL INSTRUMENTO.	21
2.3	INTERFAZ DE ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL.	21
2.3.1	DIVISOR DE VOLTAJE.	22
2.3.2	AMPLIFICADOR OPERACIONAL.	23
2.3.3	DIVISOR DE VOLTAJE SELECCIONADO POR SWITCH.	23
2.3.4	CONVERTIDOR DE VOLTAJE AC RMS EQUIVALENTE EN DC.	24
2.3.5	AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN.	24
2.3.6	DIODOS ZENER.	24

2.4	ADQUISICIÓN DE DATOS.	25
2.4.1	DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA TARJETA ATMIO-16E-10.	25
2.4.2	DIAGRAMA DE PINES DE LA TARJETA ATMIO-16E-10.	26
2.4.3	ESPECIFICACIONES DE LA TARJETA ATMIO-16E-10.	27
	CONCLUSIONES DEL CAPITULO II.	28
	BIBLIOGRAFÍA.	29
III	DISEÑO DEL SOFTWARE DEL ANALIZADOR DE PERTURBACIONES ELECTRICAS DE VOLTAJE RMS.	30
3.1	INTRODUCCION.	30
3.2	DESCRIPCIÓN DE LABVIEW Y SUS CARACTERÍSTICAS.	31
3.2.1	MULTITAREA.	31
3.2.2	LIBRERÍA E INSTRUMENTOS VIRTUALES.	32
3.3	HERRAMIENTAS DE TRADUCCIÓN Y DOCUMENTACIÓN.	33
3.3.1	BARRAS DE MENU.	34
3.3.2	HERRAMIENTAS DEL PANEL.	34
3.4	PALETA DE HERRAMIENTAS.	35
3.5	PALETA DE CONTROLES.	36
3.6	PALETA DE FUNCIONES.	39
3.7	DESCRIPCIÓN GENERAL DE SOFTWARE.	43
3.8	DESCRIPCIÓN DE LA SUBROUTINA START/STOP.	45
3.9	DESCRIPCIÓN DE LA SUBROUTINA LECTURA DE LA TARJETA A.	45

3.10	DESCRIPCIÓN DE LA SUBRUTINA TIME.	46
3.11	DESCRIPCIÓN DE LA SUBRUTINA TIPOS.	47
3.12	DESCRIPCIÓN DE LA SUBRUTINA CLASIFICA.	48
3.13	DESCRIPCIÓN DE LA SUBRUTINA RESULT.	50
3.14	DESCRIPCIÓN DE LA SUBRUTINA CONTEO.	51
3.15	DESCRIPCIÓN DE LA SUBRUTINA RESULT CBEMA.	51
3.16	DESCRIPCIÓN DE LA SUBRUTINA CBEMA.	53
3.17	DESCRIPCIÓN DE LA SUBRUTINA SAG ESTADÍSTICAS.	53
CONCLUSIONES DEL CAPITULO III.		55
BIBLIOGRAFÍA.		56
IV	MANUAL DE USUARIO DEL ANALIZADOR VIRTUAL DE PERTURBACIONES.	57
4.1	INTRODUCCION.	57
4.2	DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL INSTRUMENTO.	57
4.3	MANUAL DEL USUARIO.	60
4.4	RECOMENDACIONES PARA EL USO CORRECTO DEL INSTRUMENTO.	66
CONCLUSIONES DEL CAPITULO IV.		67
CONCLUSIONES GENERALES.		68
ANEXOS.		69

## LISTA DE TABLAS

TABLA	PAGINA
1.1 PRINCIPALES FENÓMENOS CAUSADOS POR PERTURBACIONES ELECTROMAGNÉTICAS.	4
1.2 CATEGORÍAS Y CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE FENÓMENOS ELECTROMAGNÉTICOS.	5
2.1 RESULTADOS DEL ATENUADOR DE SEÑAL AC.	22
2.2 DETALLE DEL NIVEL DE VOLTAJE A LA SALIDA DEL DIVISOR DE VOLTAJE SELECCIONADO POR SWITCH, PARA CADA NIVEL DE VOLTAJE.	23
2.3 DETALLE DE LAS GANANCIAS APLICADAS A LAS ENTRADAS ANALÓGICAS.	27
3.1 DESCRIPCIÓN DE HERRAMIENTAS DEL PANEL.	35
3.2 DESCRIPCIÓN DE PALETA DE HERRAMIENTAS.	36
3.3 DESCRIPCIÓN DE PALETA DE CONTROLES.	37
3.4 DESCRIPCIÓN DE PALETAS DE FUNCIONES.	39

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Pagina
1.1	Transitorio Impulsivo de Corriente Causado Por un rayo. . . . . 6
1.2	Corriente Generada Por Swicheo de Capacitores. . . . . 8
1.3	Voltaje Generado Debido a la Energización de Capacitores. . . . . 8
1.4	Interrupción Corta debido a una falla y a la Operación de recloser.. 10
1.5	Sag Causado por una falla remota. . . . . 11
1.6	Bajo Voltaje causado por el arranque de un motor. . . . . 13
1.7	Voltaje de Notching causado por la operación de un convertidor AC-DC. 16
1.8	Gráfica de la Curva CBEMA. . . . . 18
2.1	Circuito de la Interfaz de Acondicionamiento de señal. . . . . 22
2.2	Vista frontal y posterior de la tarjeta ATMIO-16E10. . . . . 25
2.3	Diagrama de bloques interno de la tarjeta ATMIO-16E10. . . . . 26
2.4	Diagrama de pines de la tarjeta ATMIO-16E10. . . . . 26
3.1	Entorno de programación y soluciones visuales. . . . . 31
3.2	Asistentes de programación. . . . . 32
3.3	Entorno de herramientas de documentación. . . . . 33
3.4	Entorno de herramienta de traducción. . . . . 34
3.5	Personalización de barras de menú del instrumento. . . . . 34
3.6	Paleta de herramientas. . . . . 35
3.7	Paleta de controles. . . . . 36
3.8	Paleta de funciones. . . . . 39

3.9	Diagrama interno de la subrutina start/stop.	45
3.10	Diagrama interno de la subrutina lectura de la tarjeta A.	46
3.11	Diagrama interno de la subrutina Time.	47
3.12	Diagrama interno de la subrutina Tipos.	48
3.13	Diagrama interno de la subrutina Clasifica.	49
3.14	Diagrama interno de la subrutina Result.	50
3.15	Diagrama interno de la subrutina Conteo.	51
3.16	Diagrama interno de la subrutina Result CBEMA.	52
3.17	Diagrama interno de la subrutina CBEMA.	53
3.18	Diagrama interno de la subrutina Sag Estadísticas.	54
4.1	Diagrama de Flujo de las Operaciones del Software del Instrumento.	58
4.2	Escritorio de PC Archivo Analizador de Perturbaciones Seleccionado.	60
4.3	Diagrama de Conexiones de la Interfaz de acondicionamiento.	61
4.4	Panel de Control del Analizador de Perturbaciones.	62
4.5	Esquema del Panel del Analizador de Perturbaciones Presentando la Grafica de la Curva CBEMA Sobreploteando esta sobre un Swell.	63
4.6	Esquema del Panel del Analizador de Perturbaciones Presentando la Grafica de la Forma de Onda.	64
4.7	Esquema del Panel del Analizador de Perturbaciones Presentando la Grafica del Voltaje RMS.	65



# **CAPITULO I**

## **CLASIFICACIÓN DE LOS FENÓMENOS POWER QUALITY.**

### **1.1 INTRODUCCIÓN.**

La atención en la calidad de la potencia necesaria para la operación exitosa de diversas cargas, en los límites prácticos de la capacidad para ofrecerla a los diversos usuarios, está dirigida a la economía de la relación productor y usuario y es un concepto de mucho interés para ambos ya que las operaciones normales de negocios e industrias se están volviendo excesivamente dependientes del funcionamiento de su equipo eléctrico y electrónico. Todos estos factores, al considerarlos de forma conjunta, hacen necesario pensar para el futuro, en la creación de estándares Power Quality (calidad de suministro) que resulten en un beneficio para ambas partes involucradas.

#### **1.1.1 EL CONCEPTO DE POWER QUALITY.**

El término Power Quality es ahora ampliamente usado y ha evolucionado de diversas formas desde la introducción del microprocesador. Anteriormente las responsabilidades de un ingeniero de potencia estaban ligadas al control de voltaje y en ocasiones especiales al flicker. En la actualidad, los equipos modernos de telecomunicaciones, microcomputadoras, etc. han reforzado a una nueva definición de Power Quality para acomodar las necesidades del equipo electrónico, de esta manera Power Quality envuelve además de los ingenieros de potencia, a los de control, de electrónica y de manufactura. Los fenómenos que anteriormente eran de una importancia secundaria tales como la distorsión armónica y sobrevoltajes transitorios, toman un significado trascendental, pero el criterio objetivo para la medida de la calidad de suministro, un prerequisite para cuantificar esta calidad, necesita una mejor definición. Un alto nivel de Power Quality es entendido como un bajo nivel de disturbios.

En la actualidad podemos encontrar una gran cantidad de definiciones para el término Power Quality entre las que se pueden mencionar:

- > Es el grado al cual ambas, la potencia suministrada y la potencia utilizada afectan el funcionamiento de un equipo eléctrico.
- > Cualquier problema manifestado en una desviación del voltaje, corriente o frecuencia que resulte en una falla o pérdida de operación en el equipo del usuario.
- > El concepto de alimentar y proteger equipo sensible de una manera que sea apropiada para la operación de tal equipo.
- > Es un término que se refiere a una amplia gama de variaciones en la potencia eléctrica suministrada a los usuarios.
- > Esta referido a la compatibilidad que existe entre la carga y el sistema de potencia.

- > El grado al cual el voltaje utilizado alcanza el caso ideal de una fuente estable, ininterrumpida, con cero distorsión y libre de disturbios.

## **1.2 CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS FENÓMENOS.**

Cuatro parámetros de los sistemas de potencia: frecuencia, amplitud, forma de onda y simetría puede servir como un marco de referencia para clasificar los disturbios de acuerdo a su impacto en la calidad de la potencia disponible. Sus impactos se pueden resumir en:

- > **Variación de Frecuencia:** aunque son raros en los sistemas de distribución (en el caso de nuestro país, si son frecuentes) en los sistemas de distribución basados en grupos motor-generador pueden experimentar variaciones en frecuencia debido a variaciones en la carga y mal funcionamiento de equipo.
- > **Variaciones de Amplitud:** pueden ocurrir en varias formas y su descripción esta estrechamente asociada con su duración. Su rango varia desde duraciones extremadamente breves, hasta condiciones de estado estable, volviendo su descripción y definición dificultosa, hasta controversial a veces. Sus causas y efectos necesitan un examen cercano para entender el mecanismo y para definir una solución apropiada.
- > **Variaciones de forma de onda:** ocurren cuando cargas no lineales extraen una corriente del sistema que no es senoidal. Podrían ser descritas también como una variación en amplitud o como una variación de forma de onda momentánea, pero el enfoque dado al significado del término es una variación de estado estable de la forma de onda de al menos un ciclo. Este tipo de disturbio pueden ser descritos como una distorsión armónica porque es fácil analizarlos como la superposición de armónicos a la frecuencia nominal del sistema de potencia.
- > **Asimetrías:** son también llamadas desbalance, y ocurren cuando cargas monofásicas desbalanceadas son conectadas a un sistema trifásico y causa la perdida de la simetría. Este tipo de disturbios esta ligado principalmente a maquinas rotatorias y rectificadores trifásicos y como tales no se les presta la atención debida. Es importante sin embargo, para los diseñadores y para los usuarios. El porcentaje por el cual el voltaje de una fase difiere del promedio de las otras tres, es la descripción usual de este tipo de disturbios.

## **1.3 FENÓMENOS POWER QUALITY.**

### **1.3.1 CLASIFICACIÓN DEL FENÓMENO.**

El IEC (International Electrotecnic Comite) clasifica los fenómenos electromagnéticos en varios grupos tal como se muestra en la tabla 1.1. Los términos alta y baja frecuencia no son definidos en términos de un rango específico de frecuencias, pero tienen el propósito de indicar la diferencia relativa en el contenido de frecuencias entre los fenómenos listados en cada categoría.

La práctica 1159 de la IEEE utiliza algunos términos relativos a la terminología IEC. Así el término SAG es usado por la comunidad Power Quality como un sinónimo del término Dip ( IEC ). La categoría VARIACIONES DE CORTA DURACIÓN es usado para referirse a Dips de voltajes e interrupciones cortas.

El término SWELL es introducido como un inverso de SAG. La categoría VARIACIONES DE LARGA DURACIÓN han sido incluidos de manera que sean compatibles con los límites C84.1 de ANSI ( American National Standard Institute).

La categoría DISTORSIÓN DE FORMA DE ONDA es usada como una categoría que contiene a los armónicos, interarmónicos, en redes AC o distintas categorías de fenómenos electromagnéticos usados por la comunidad Power Quality internacional.

Los fenómenos clasificados por la IEC se describen mejor listando ciertos atributos:

- > Amplitud.
- > Frecuencia.
- > Espectro.
- > Modulación.
- > Impedancia de la fuente.
- > Profundidad del punto (profundidad de una caída de voltaje con respecto al voltaje nominal)

Para estado no estable pueden requerir otros atributos:

- > Coeficiente de rizado.
- > Amplitud.
- > Duración.
- > Espectro.
- > Razón de ocurrencia.
- > Impedancia de la fuente.

Las categorías para los distintos fenómenos y sus descripciones son de gran importancia ya que facilitan la clasificación de resultados obtenidos a partir de medidas realizadas en pruebas de laboratorio, y para describir los fenómenos electromagnéticos que puedan causar problemas de Power Quality.

**TABLA 1.1 PRINCIPALES FENÓMENOS CAUSADOS POR PERTURBACIONES ELECTROMAGNÉTICAS**

<b>Conducidos por fenómenos de baja frecuencia</b>
Armónicos, Interarmónicos
Señal del sistema (línea portadora de potencia)
Fluctuaciones de voltaje
Declives de Voltaje de interrupciones
Desbalance de Voltaje
Variaciones de frecuencia- potencia
Inducciones de Voltajes e baja Frecuencia
DC en circuitos AC
<b>Fenómenos radiados en Baja frecuencia</b>
Campos Magnéticos
Campos Eléctricos
<b>Conducidos por Fenómenos de Alta Frecuencia</b>
Ondas continuas Inducidas de voltaje o corriente
Transientes unidireccionales
Transientes Oscilatorios
<b>Fenómenos radiados en Alta frecuencia</b>
Campos Magnéticos
Campos Eléctricos
Campos Electromagnéticos
Ondas continuas
Transientes
<b>Fenómenos de descargas electrostáticas ( ESD )</b>
<b>Pulsos Electromagnéticos Nucleares ( NEMP )</b>

**TABLA 1.2 CATEGORÍAS Y CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE FENÓMENOS ELECTROMAGNÉTICOS**

<b>Categoría</b>	<b>Contenido Espectral Típico</b>	<b>Duración Típica</b>	<b>Magnitud Típica de Voltaje</b>
1.0 Transitorios			
1.1 Impulsivos			
1.1.1 Nanosegundos	Elevación de 5 ns	< 50 ns	
1.1.2 Microsegundos	Elevación de 1us	50 ns - 1 ms	
1.1.3 Milisegundos	Elevación de 0.1ms	> 1ms	
1.2 Oscilatorios			
1.2.1 Baja Frecuencia	< 5 kHz	0.3 - 50 ms	0 - 4 pu
1.2.2 Media Frecuencia	50 - 500 kHz	20 us	0 - 8 pu
1.2.3 Alta frecuencia	0.5 - 5 MHz	5 us	0 - 4 pu
2.0 Variaciones de corta duración			
2.1 Instantáneas			
2.1.1 Interrupción		0.5 - 30 ciclos	0.0 pu
2.1.2 Sag		0.5 - 30 ciclos	0.1 - 0.9 pu
2.1.2 Swell		0.5 - 30 ciclos	1.1 - 1.8 pu
2.2 Momentáneos			
2.2.1 Interrupción		30 ciclos - 3s	0.0 pu
2.2.2 Sag		30 ciclos - 3s	0.1 - 0.9 pu
2.2.3 Swell		30 ciclos - 3s	1.1 - 1.4 pu
2.3 Temporales			
2.3.1 Interrupción		3s - 1 min.	0.0 pu
2.3.2 Sag		3s - 1 min.	0.1 - 0.9 pu
2.3.3 Swell		3s - 1 min.	1.1 - 1.2 pu
3.0 Variaciones de Larga Duración			
3.1 Interrupción, Sostenida		> 1 minuto	0.0 pu
3.2 Bajo Voltaje		> 1 minuto	0.8 - 0.9 pu
3.3 Sobre Voltaje		> 1 minuto	1.1 - 1.2 pu
4.0 Desbalance de Voltaje		Estado estable	0.52%
5.0 Distorsión de Forma de Onda			
5.1 Compensamiento DC	0 - 100 avo	Estado estable	0 - 0.1 %
5.2 Armónicos	Armónico	Estado estable	0 - 20 %
5.3 Entre Armónicos	0 - 6 kHz	Estado estable	0 - 2%
5.4 Ranuración		Estado estable	
5.5 Ruido	Banda Ancha	Estado estable	0 - 1%
6.0 Fluctuaciones de Voltaje	< 25 Hz	Intermitente	0.1 - 7%
7.0 Variaciones de Frecuencia		< 10 s	

### 1.3.2 TRANSITORIOS

El término transitorio ha sido usado en el análisis de variaciones en sistemas de potencia. Su nombre inmediatamente da la noción de un evento que es indeseable, pero momentáneo por naturaleza. El estándar 100-1992 de IEEE donde se define el transitorio refleja este concepto. La definición principal usa la palabra rápido y habla de frecuencias arriba de los 3 MHz cuando se define el transitorio en el contexto de sistema de evaluaciones de cables en subestaciones. La noción de un transitorio oscilatorio amortiguado debido a una red RLC es mencionada y este es el concepto que la mayoría de ingenieros asocian al oír la palabra transitorio.

En el estándar 100-1984 de IEEE se define el transitorio de la manera siguiente: “Es la parte del cambio de una variable que desaparece durante la transición de una condición de operación de estado estable a otra”. Los transitorios pueden ser clasificados en dos grandes categorías : impulsivos y oscilatorios, a continuación se analizan estas categorías.

### 1.3.3 TRANSITORIOS IMPULSIVOS

Un transitorio impulsivo es un cambio repentino en la condición de estado estable del voltaje, corriente o ambos que es unidireccional en polaridad (positivo o negativo).

Este tipo de transitorios están caracterizados normalmente por su tiempo de caída y rizado. Estos fenómenos pueden ser también descritos por su contenido espectral. La causa mas común de los transitorios impulsivos son las descargas eléctricas. En la figura 1.1 se muestra un transitorio impulsivo de corriente causado por un descarga eléctrica.

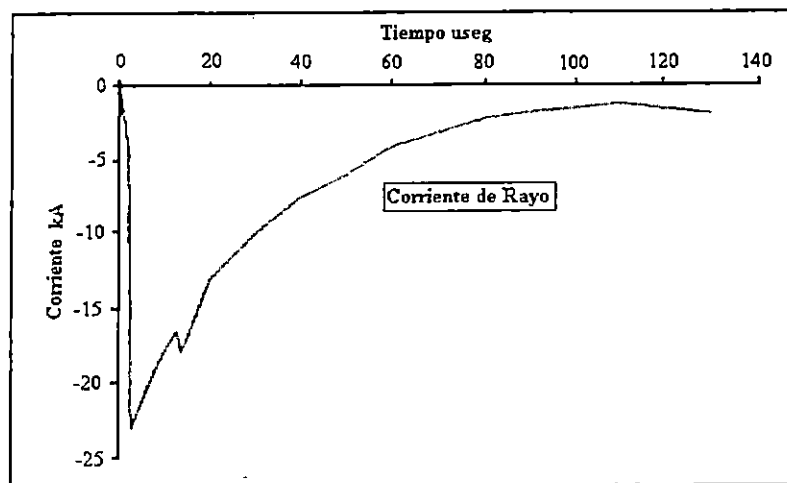


Figura 1.1 Transitorio Impulsivo de Corriente Causado por un Rayo

Debido a las altas frecuencias involucradas, los transitorios impulsivos son amortiguados rápidamente por los componentes resistivos de un circuito y no son trasladados lejos de su fuente de origen.

#### 1.3.4 TRANSITORIOS OSCILANTES.

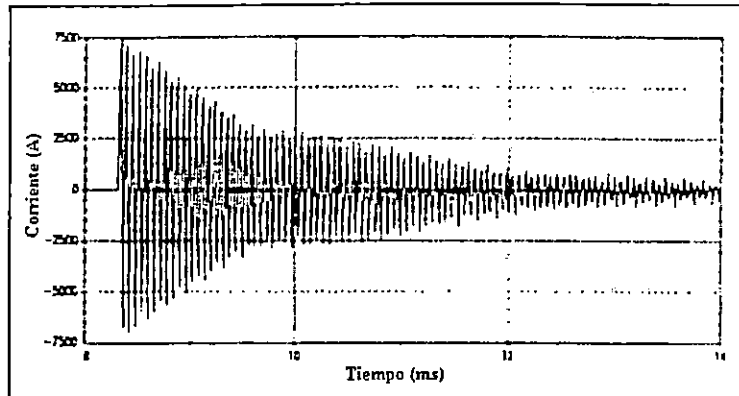
Un transitorio oscilante es un cambio repentino en la frecuencia, en condición de estado estable, de voltaje, corriente o ambos, que incluye ambos valores de polaridad: negativa y positiva.

Un transitorio oscilante consiste en un voltaje o corriente cuyos valores instantáneos cambian de polaridad rápidamente. Estos fenómenos son descritos por su contenido espectral (frecuencia predominante), su duración y magnitud. Los rangos de frecuencia para la clasificación son escogidos para coincidir con los transitorios oscilantes comunes.

Este tipo de fenómenos pueden ser medidos con o sin la componente de frecuencia fundamental incluida. Cuando el transitorio es caracterizado, es importante indicar la magnitud con y sin la componente fundamental. Si la componente de frecuencia primaria es mayor que 500 kHz y con una duración típica medida en microsegundos (o muchos ciclos de la frecuencia fundamental) entonces se considera al fenómeno como un transitorio oscilante de alta frecuencia. Este tipo de transitorios se deben, en la mayoría de casos, a algún tipo de evento de conmutación. Los transitorios oscilantes de alta frecuencia son a menudo el resultado de la respuesta de un sistema local a un transitorio impulsivo.

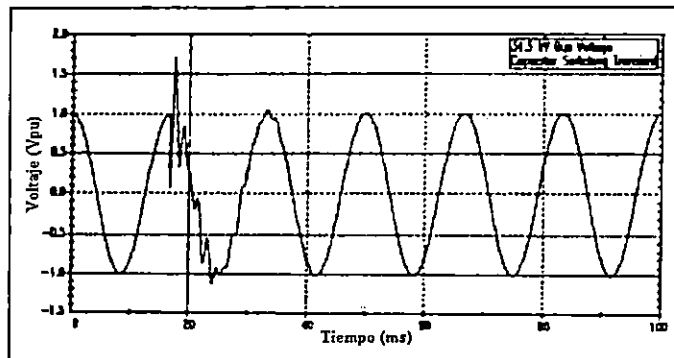
Los dispositivos electrónicos de potencia producen transitorios oscilantes de voltaje, como resultado de la conmutación y de la acción de circuitos RLC amortiguados. Los transitorios pueden ser en el rango de grandes kHz; y tener razones de repetición de muchas veces por ciclo y magnitudes de 0.1 pu (menos de la componente de 60 Hz). Un transitorio con una componente de frecuencia primaria entre 5 y 500 kHz con una duración en el orden de microsegundos (o algunos ciclos de la frecuencia principal) son llamados transitorios de frecuencia media.

La energización de capacitores interconectados origina corrientes transitorias oscilatorias en el orden de los kHz. Este fenómeno ocurre cuando un banco de capacitores es energizado en las cercanías de un circuito cerrado próximo a un banco de capacitores que ha estado en servicio. El banco energizado mira al desenergizado como una trayectoria de baja impedancia (limitado únicamente por la inductancia del bus por el cual los bancos están conectados, típicamente de un valor bajo). En la figura 1.2 se muestra un transitorio de corriente debido al fenómeno descrito anteriormente.



**Figura 1.2 Corriente Generada por Switcheo de Capacitores**

Un transitorio con un componente de frecuencia primaria de menos de 5 kHz y una duración desde 0.3 ms a 50 ms es considerado como un transitorio de baja frecuencia. Este tipo de fenómeno se presenta comúnmente en sistemas de distribución y subtransmisión y es causado por una gran variedad de eventos, siendo el más común la energización de bancos de capacitores. La energización de estos bancos típicamente resulta en un transitorio de voltaje oscilatorio con una frecuencia primaria comprendida entre 300 y 900 Hz. El transitorio tiene una magnitud pico que puede alcanzar los 2.0 p.u., pero típicamente es de 1.3 a 1.5 p.u. entre los últimos 0.5 y 3 ciclos, dependiendo del tipo de amortiguamiento del sistema, tal como se muestra en la figura 1.3.



**Figura 1.3 Voltaje Generado debido a la Energización de Capacitores.**

Los transitorios oscilantes con una componente de frecuencia menor a 300 Hz pueden ser encontrados en los sistemas de distribución. Estos típicamente están relacionados con la ferresonancia y energización de transformadores. Algunos transitorios asociados con capacitores en serie pudieran también caer en esta categoría. Estos ocurren cuando el sistema resonante resulta en una magnificación de la componente de baja frecuencia en la corriente de entrada del transformador (segunda o tercera armónica o cuando condiciones inusuales resultan en una ferresonancia).



### 1.3.5 VARIACIONES DE CORTA DURACIÓN

Esta categoría comprende las categorías de voltaje Dips e interrupciones cortas según IEC, así como su contraparte el Swell. Cada tipo de variación puede ser designada como instantánea, momentánea o temporal dependiendo de su duración definida en la tabla 1.2.

Las variaciones de voltaje de corta duración son casi siempre causadas por condiciones de falla, la energización de grandes cargas las cuales requieren elevadas corrientes iniciales, o pérdidas intermitentes de conexión en la red de potencia. Dependiendo de la localización de la falla y de las condiciones del sistema, la falla puede causar también temporalmente rizado de voltajes (Swell), caídas de voltaje (sags) o una pérdida completa de voltaje (interrupciones).

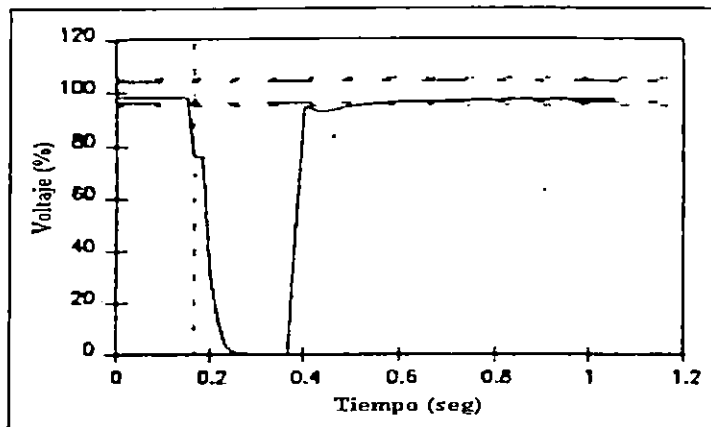
La condición de falla puede ser cercana o remota al punto de interés, es decir, el punto donde se ha detectado la falla. En cualquier caso, el impacto sobre el voltaje durante la condición actual de falla es una variación de corta duración. Los cambios en corrientes que caen dentro de la categoría tanto en duración y en magnitud son también incluidas en variaciones de corta duración.

#### 1.3.5.1 INTERRUPCIONES

Una interrupción ocurre cuando el voltaje de suministro o la corriente de carga decrece menos de 0.1 p.u. por un período de tiempo que no exceda 1 minuto.

Las interrupciones pueden ser el resultado de fallas en el sistema de potencia, fallas en equipos y controles defectuosos. Las interrupciones son medidas por su duración debido ya que la magnitud del voltaje es siempre menor que el 10 % del valor nominal. La duración de una interrupción debido a un falla en el sistema es determinada por los dispositivos de protección utilizados y el evento particular que este causando la falla. La duración de una interrupción debido al mal funcionamiento de equipo o pérdida de conexión puede ser irregular.

Algunas interrupciones pueden ser precedidas por un sag de voltaje cuando estas son originadas por fallas en la fuente de alimentación del sistema. El sag de voltaje ocurre entre el tiempo en que la falla inicia y el dispositivo de protección actúa. En el alimentador, en condición de falla, las cargas experimentan un sag de voltaje, seguida inmediatamente por una interrupción. La duración de la interrupción dependerá de la capacidad de reconexión del dispositivo protector. Los cierres instantáneos generalmente limitan la interrupción causada por una falla no permanente a menos de 30 ciclos. El retardo en el cierre del dispositivo protector puede causar una interrupción momentánea o temporal. En la figura 1.4 se muestra una gráfica de una interrupción corta debido a una falla en el sistema y a la operación de Recloser.



**Figura 1.4 Interrupción Corta debido a una Falla y a la Operación de Recloser**

### 1.3.5.2 SAGS

Un sag es un decremento en el voltaje o corriente RMS a la frecuencia del sistema con duración desde 0.5 ciclos hasta 1 minuto. Los valores típicos se encuentran entre 0.1 p.u. y 0.9 p.u.

La terminología utilizada para describir la magnitud de un sag de voltaje es a menudo confusa. Un sag de 20 % se puede referir a un sag que resulta en un voltaje de 0.8 p.u. o 0.2 p.u. Para evitar confusiones se usará el voltaje remanente. Así un sag del 80 % se refiere a un disturbio del cual resultó un voltaje de 0.8 p.u.

Los sag de voltaje son usualmente asociados con fallas en los sistemas y las fallas de línea-tierra (SLGF), son la causa más común de un sag de voltaje en una planta industrial. Además estos pueden ser causados por conmutación de cargas pesadas o el arranque de grandes motores. Los tiempos típicos de limpieza de este tipo de falla varía desde los tres hasta los treinta ciclos, dependiendo de la magnitud de la corriente de falla y del tipo de detección de sobrecorriente e interrupción.

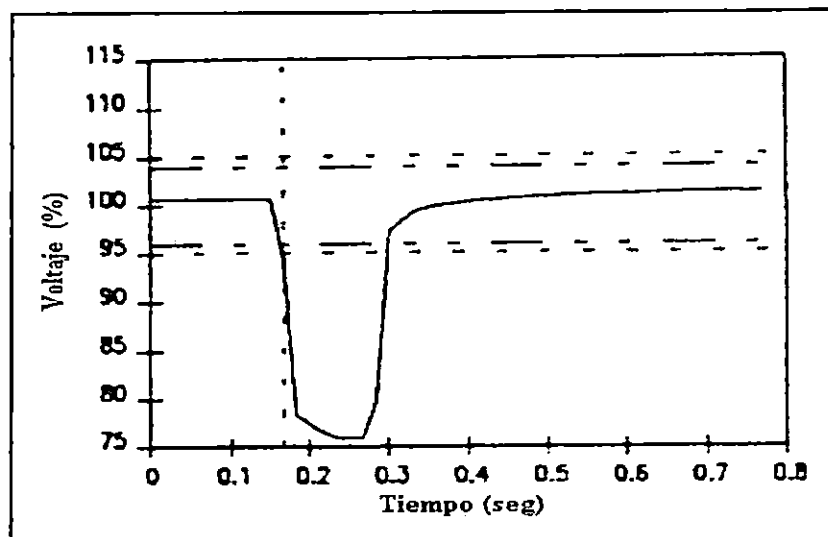
Los sag de voltaje pueden también ser causados por grandes cambios de carga o el arranque de motores, aunque estos últimos tienen una duración típica de alrededor de 30 ciclos, y la magnitud de voltaje asociada no es de mucha importancia, a pesar de que un motor de inducción tomara de 6 a 10 veces su corriente de plena carga durante el arranque. Esta corriente causa una caída de voltaje a través de la impedancia del sistema. Si la magnitud de la corriente es grande en comparación con la corriente de falla disponible del sistema, el voltaje resultante puede ser significativo.

El término Sag ha sido usado por la comunidad Power Quality por muchos años para describir un tipo de disturbio específico que es: un decremento en el voltaje, de corta duración. La definición según IEC para este fenómeno es Dip. Los dos términos

son considerados intercambiables, con una mayor aceptación de parte de la comunidad Power Quality internacional para Sag . La duración de un Sag se divide en tres categorías:

- > Instantáneos
- > Momentáneos
- > Temporales

Estas tres categorías coinciden con las tres categorías de Interrupción y Swell. Esta duración trata de coincidir con los tiempos de operación de los dispositivos de protección, así como las divisiones de duración recomendadas por organizaciones técnicas internacionales. En la figura 1.5 se muestra un sag de voltaje causado por una falla remota.



**Figura 1.5 Sag Causado por una Falla Remota**

### 1.3.5.3 SWELL

Un Swell se define como un incremento en el voltaje o corriente RMS a la frecuencia del sistema con un duración desde 0.5 ciclos hasta 1 minuto. Su magnitud típica varía entre 1.1 y 1.8 p.u. La magnitud del swell es descrita también por el voltaje remanente, en este caso, siempre mayor que 1.0 p.u.

Como sucede con los sag, los swell están asociados típicamente con condiciones de falla del sistema, pero son mucho menos comunes que un sag de voltaje. Un swell puede ocurrir debido a una sola falla de línea a tierra en el sistema, resultando en un rizado temporal en las fases que no están en falla. También pueden ser causados por la conmutación de una carga grande o de un banco de capacitores grande.

Los swells son caracterizados por su magnitud (valor rms) y su duración. La severidad de un swell de voltaje durante una condición de falla es función de la localización de la falla, la impedancia del sistema y la red de tierra. Cerca de una subestación, en un sistema aterrizado, no habrá rizado de voltaje en las fases bajo condición de falla, debido a que los transformadores de la subestación usualmente están conectados en delta-estrella, lo cual provee una trayectoria de baja impedancia de secuencia para la corriente de falla.

### **1.3.6 VARIACIONES DE LARGA DURACIÓN**

Las variaciones de larga duración comprenden desviaciones RMS a la frecuencia del sistema que sean mayores que un minuto.

La norma ANSI C84.1 especifica la tolerancia de estado estable esperada en un sistema de potencia. Estas magnitudes se reflejan en la tabla 1.2. Las variaciones de larga duración se considera que están presentes cuando los límites especificados por ANSI son excedidos por tiempos mayores que un minuto.

Las variaciones de larga duración pueden ser de dos tipos:

- > Sobrevoltaje
- > Bajovoltaje

Estos dos tipos de fenómenos no son causados, generalmente por fallas en el sistema. Su causa son las variaciones de carga en el sistema y operación de conmutación en el mismo. Estas variaciones están caracterizadas por gráficos de voltaje vrs. tiempo.

#### **1.3.6.1 SOBREVOLTAJES**

Un sobrevoltaje es un incremento en el valor RMS en el voltaje a la frecuencia del sistema, para una duración mayor que 1 minuto. Sus valores típicos son de 1.1 p.u. a 1.2 p.u.

Los sobrevoltajes pueden ser resultado de la conmutación de cargas o debido a variaciones en la compensación reactiva del sistema (conmutación en un banco de capacitores). Capacidades pobres de regulación o control en el sistema de voltaje pueden también resultar en sobrevoltajes en el sistema.

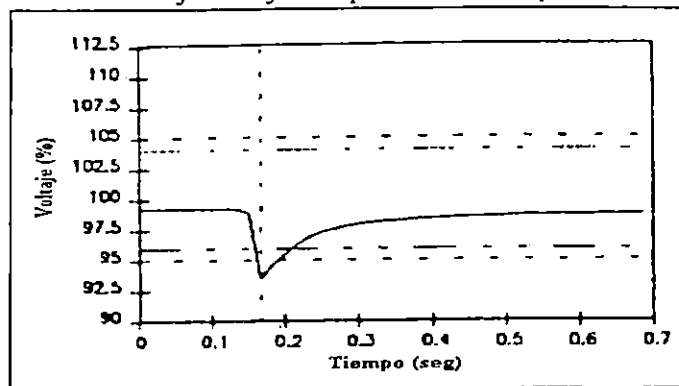
#### **1.3.6.2 BAJOVOLTAJES**

Un bajovoltaje es un decremento en el voltaje RMS a la frecuencia del sistema, para una duración mayor que 1 minuto. Su valor típico es de 0.9 p.u.

Los bajovoltajes son el resultado de eventos que son opuestos a los que causan sobrevoltajes. Una conmutación de cargas para la conexión o desconexión de un banco de capacitores puede causar un bajovoltaje, hasta que el equipo de regulación de voltaje

en el sistema pueda hacer volver al voltaje dentro de la tolerancia permitida. Circuitos sobrecargados pueden resultar también en un bajovoltaje.

La figura 1.6 muestra un bajovoltaje temporal causado por el arranque de motor.



**Figura 1.6 Bajo Voltaje Causado por el Arranque de un Motor**

### 1.3.6.3 INTERRUPCIONES SOSTENIDAS

El decremento hasta cero del voltaje de suministro por un periodo de tiempo que exceda un minuto, es considerado como una interrupción sostenida. Este tipo de interrupción son a menudo por naturaleza permanentes y requiere de una intervención manual para su restauración.

### 1.3.6.4 DESBALANCE DE VOLTAJE

Se define como la razón de la componente negativa o de secuencia cero, a la componente de secuencia positiva. Los voltajes negativos o de secuencia cero en un sistema de potencia generalmente resultan de cargas desbalanceadas, causando el flujo de corrientes negativas o de secuencia cero. El desbalance se puede estimar como la máxima desviación del promedio de los voltajes o corrientes de las tres fases, expresadas como un porcentaje. En forma de ecuación tenemos:

$$\text{desbalance de voltaje} = \frac{\text{máxima desviación del voltaje promedio}}{\text{voltaje promedio}}$$

La fuente primaria de los desbalances de voltaje menores del 2% se deben a cargas monofásicas desbalanceadas en un circuito trifásico. También este tipo de fenómenos pueden ser el resultado de anomalías en bancos de capacitores, tales como la ruptura de un fusible en un banco monofásico o trifásico. Desbalances severos (mayores del 5%) pueden resultar de condiciones monofásicas.

### **1.3.7 DISTORSIÓN DE FORMA DE ONDA.**

Se define como una desviación de estado estable, de la forma de onda senoidal ideal, caracterizada principalmente por el contenido espectral de la desviación.

Existen cinco tipos primarios de distorsión de forma de onda.

- Offset DC.
- Armónicos.
- Interarmónicos.
- Conmutación Escalonada (notching).
- Ruido.

#### **1.3.7.1 OFFSET DC**

La presencia de un voltaje o corriente DC en un sistema de potencia AC se conoce como offset de DC. Estos fenómenos pueden ocurrir como el resultado de disturbios geomagnéticos o por el efecto de la rectificación de media onda. Lámparas incandescentes de larga vida, por ejemplo, pueden consistir de diodos que reducen el voltaje RMS aplicado a la lámpara por medio de la rectificación de media onda. Las corrientes directas en redes de corriente alterna dañadas debido a un incremento en la saturación del transformador, esfuerzos adicionales en el aislamiento y otros efectos adversos.

#### **1.3.7.2 ARMÓNICOS**

Los armónicos son voltajes o corrientes senoidales que tienen frecuencias que son múltiplos enteros de la frecuencia a la cual el sistema de suministro está diseñado para operar (frecuencia fundamental, usualmente 50 o 60 Hz). Los armónicos combinados con el voltaje o corriente fundamental producen distorsión de forma de onda. La distorsión armónica existe debido a las características no lineales de los dispositivos y cargas en los sistemas de potencia.

Estos dispositivos pueden ser usualmente modelados como fuentes de corriente que inyectan corrientes armónicas al sistema. La distorsión del voltaje ocurre debido a que estas corrientes causan caídas no lineales a través de la impedancia del sistema. La distorsión armónica tiene un interés creciente, tanto para clientes como para el conjunto de sistemas de potencia, debido al incremento en las aplicaciones de equipos electrónicos de potencia.

Los niveles de distorsión armónica pueden ser completamente caracterizados por el espectro armónico completo, con la magnitud y el ángulo de cada componente armónica individual. También es común utilizar una sola cantidad, la Distorsión Armónica Total (THD) como una medida de la magnitud de la distorsión armónica.

Las corrientes armónicas resultan de la operación normal de dispositivos no lineales en los sistemas de potencia. Los niveles de distorsión de corriente pueden ser caracterizados por la distorsión armónica total, como se describió anteriormente pero esto puede ser a menudo engañoso.

Por ejemplo, muchos controladores ajustables de velocidad, tendrán un valor de Distorsión Armónica Total grande para la corriente de entrada cuando este operando con cargas muy grandes. Esto no es de mucho interés, debido a que la magnitud de la corriente armónica es pequeña, aun cuando su distorsión relativa sea grande.

### 1.3.7.3 INTERARMÓNICOS

Los voltajes o corrientes que tienen componentes de voltaje que no son múltiplos enteros de la frecuencia a la cual el sistema está diseñado para operar (50 o 60 Hz) son llamados interarmónicos. Estos pueden aparecer como frecuencias discretas o como un espectro de banda amplia.

Los interarmónicos pueden ser encontrados en redes de toda clase de voltaje. La fuente principal de este tipo de fenómeno son los convertidores de frecuencia estáticos, cicloconvertidores, motores de inducción y dispositivos de arco. Las señales portadoras en las líneas de potencia pueden ser consideradas como interarmónicos. Los efectos de interarmónicos no son muy conocidos, pero han mostrado afectar las señales portadoras en las líneas de potencia, además de inducir flicker en pantallas de dispositivos tales como los CRT (Tubos de Rayos Catódicos).

### 1.3.7.4 NOTCHING

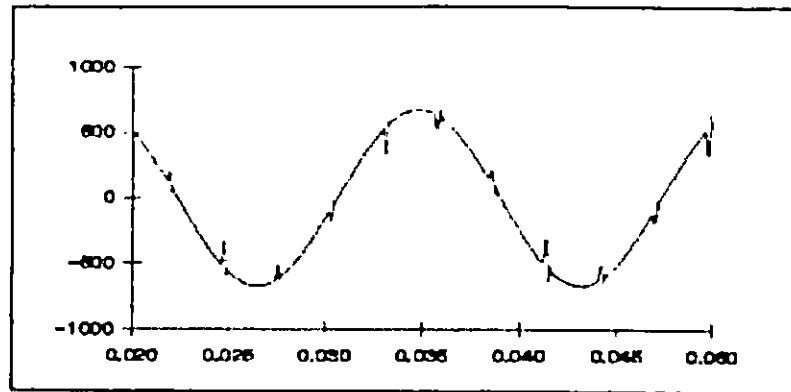
El notching (escalonamiento conmutado) es una distorsión periódica de voltaje causada por la operación normal de dispositivos electrónicos de potencia, cuando la corriente es conmutada de una fase a otra.

El escalonamiento de voltaje representa un caso especial que podría ubicarse entre distorsión armónica y transitoria. Debido a que el escalonamiento conmutado ocurre continuamente (estado estable), este puede ser caracterizado por medio del espectro armónico del voltaje afectado. Sin embargo, las componentes de frecuencia asociadas con el escalonamiento pueden ser altas y pueden no ser realmente caracterizadas con equipo de medición normalmente usado para el análisis de armónicos.

Los convertidores trifásicos que producen corriente continua son la causa más importante del escalonamiento de voltaje. Los escalonamientos ocurren cuando la corriente es conmutada de una fase a otra. Durante este periodo, existe un cortocircuito momentáneo entre las dos fases. La severidad del escalonamiento en cualquier punto del

sistema esta determinado por la inductancia de la fuente de suministro, y por la inductancia de aislamiento entre el convertidor y el punto que esta siendo monitoreado.

El notching es descrito con detalle en IEEE 519-1992 y en la figura 1.7 se muestra un ejemplo de un escalonamiento de voltaje causado por la operación de un convertidor.



**Figura 1.7 Ejemplo de un Voltaje de Notching Causado por la Operación de un Convertidor AC-DC**

### 1.3.7.5 RUIDO

El ruido (noise) se define como una señal eléctrica indeseada con un ancho de contenido espectral menor que 200 kHz, superpuesta sobre el voltaje del sistema de potencia o corriente, en los conductores de las fases, o encontradas en los conductores neutro o en las líneas de señales.

El ruido en los sistemas de potencia puede ser causado por dispositivos electrónicos de potencia, circuitos de control, equipo de soldadura, cargas con rectificadores de estado estable y por conmutaciones. Los problemas de ruido son a menudo originados por un sistema de tierra deficiente. Básicamente el ruido consiste entonces, de cualquier distorsión indeseada de la señal de potencia que no puede ser clasificada como distorsión armónica o transitorio.

El rango de frecuencias y los niveles de magnitud dependen de la fuente que produce el ruido y las características del sistema. Una magnitud típica de ruido es de menos del 1% de la magnitud del voltaje. El ruido influye grandemente en los dispositivos electrónicos tales como microcomputadoras y controladores programables.

El problema puede ser mitigado con filtros, transformadores de aislamiento, y algunos acondicionamiento de línea.



### 1.3.8 FLUCTUACIONES DE VOLTAJE

Estas son variaciones sistemáticas de la envolvente de voltaje de una serie de cambios aleatorios del mismo, la magnitud de tales variaciones normalmente no excede el rango de voltajes especificados por ANSI C84.1 de 0.95 p.u. hasta 1.05 p.u.

Cualquier carga que tenga variaciones significantes en el tiempo, especialmente en la componente reactiva, puede causar fluctuaciones de voltaje. Cargas que exhiben variaciones rápidas y continuas en la magnitud de la corriente de carga pueden causar variaciones de voltaje erróneamente referidas como flicker. El término flicker se refiere al impacto de una fluctuación de voltaje sobre la intensidad de iluminación. Las fluctuaciones de voltaje son un fenómeno electromagnético y el flicker es un resultado indeseable de este fenómeno.

Una causa común de las fluctuaciones de voltaje son los hornos de arco, tanto en los sistemas de distribución como en los de transmisión. La señal de voltaje es definida por esta magnitud RMS expresada como un porcentaje de la señal fundamental. El flicker es medido con respecto a la sensibilidad del ojo humano.

Las fluctuaciones de voltaje generalmente aparecen como una modulación de la frecuencia fundamental, por lo tanto, es fácil definir una magnitud para la fluctuación de voltaje como la magnitud RMS de la señal de modulación. Esta puede ser obtenida por la demodulación de la forma de onda, para remover la frecuencia fundamental y poder así medir la magnitud de las componentes de modulación. Típicamente, magnitudes pequeñas como 0.5% pueden resultar en un flicker perceptible, si la frecuencia esta en el rango de 6-8 Hz.

### 1.3.9 VARIACIONES EN LA FRECUENCIA DEL SISTEMA

Se define como la desviación de la frecuencia fundamental del sistema de potencia a su valor nominal especificado.

La frecuencia del sistema de potencia esta directamente relacionado con la velocidad de rotación de los generadores del sistema. En cualquier instante, la frecuencia depende del balance entre la carga y la capacidad de generación disponible. Cuando este balance dinámico cambia, ocurren pequeños cambios en la frecuencia.

El tamaño del cambio de frecuencia y su duración, dependen de las características de carga y de la respuesta del sistema de generación a los cambios de carga.

Las variaciones de frecuencia que están afuera de los límites aceptados para una operación normal de estado estable del sistema de potencia, son normalmente causadas por fallas en el sistema de transmisión, por la desconexión de un largo trayecto de cargas o por una gran fuente de generación que se está desconectando del sistema.

Las variaciones de frecuencia que afectan la operación normal de máquinas rotatorias, o procesos que derivan su sincronización del sistema de potencia (relojes) son raros en los sistemas de potencia modernos interconectados. Las variaciones en la frecuencia están mucho más propensas a ocurrir, cuando tal equipo está siendo alimentado por un generador aislado del sistema.

En tales casos, la respuesta de la magnitud gobernadora a los cambios abruptos en las cargas pueden ser no adecuados para la regulación dentro del estrecho ancho de banda requerido por el equipo sensible a la frecuencia.

Los escalonamientos de voltaje pueden a veces causar errores en la frecuencia o sincronización en máquinas electrónicas de potencia, las cuales cuentan con cruces para la frecuencia o sincronismo, por lo tanto estos producen cruces por cero adicionales los cuales pueden producir errores en la frecuencia de sincronización.

#### 1.4 DEFINICIÓN DE LA CURVA CBEMA.

La curva CBEMA es un estándar para fábricas de computadoras, es una gráfica de dos líneas que delimitan los mínimos bajovoltajes (Sags) y los máximos sobrevoltajes (Swells) que las computadoras son capaces de soportar sin apagarse o sin dañarse, la curva cubre eventos de 0 a 1000 ciclos de duración como se muestra en la figura 1.8. En el eje horizontal se encuentra la duración de los eventos medido en número de ciclos, mientras en el eje vertical del gráfico el porcentaje del voltaje de los eventos medido en relación al voltaje rms nominal. Por ejemplo para un ciclo evento de 0.5 una computadora sería capaz de resistir un sag a cero voltios, y en 100 ciclos, la computadora sería capaz de resistir un sag de 87% del voltaje nominal.

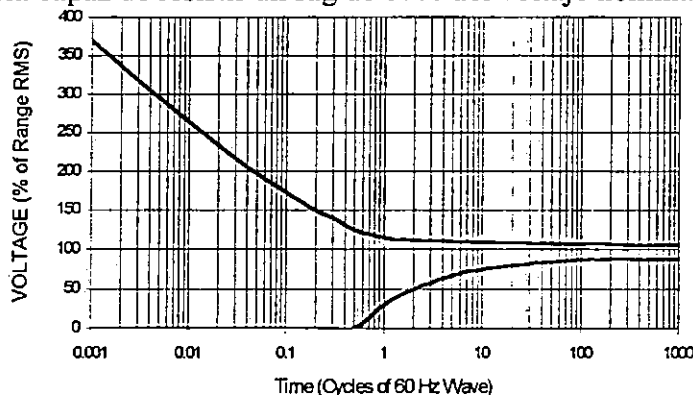


Figura 1.8 Gráfica de la Curva CBEMA.

## CONCLUSIONES DEL CAPITULO I

1. Es muy importante tener el conocimiento del comportamiento de las perturbaciones eléctricas y conocer su origen para presentar alternativas de solución que permitan contrarrestar los efectos negativos que estos tienen sobre los equipos eléctricos y electrónicos.
2. En la mayoría de los casos las perturbaciones eléctricas conocidas como sag vienen precedidas por una interrupción ya que por lo general se generan por la operación automática de los recloser al detectar una falla en el sistema
3. A través de la información de la curva CBEMA se pueden obtener los datos estadísticos para conocer la calidad de la energía en un sector determinado y determinar por medio de esto la necesidad de utilizar protecciones para los equipos electrónicos sensibles a las perturbaciones eléctricas.
4. Los fenómenos eléctricos Sags y Swells generalmente son el resultado de fallas en el sistema de distribución de la energía eléctrica, que generalmente son causadas por variaciones de carga en el sistema.

## BIBLIOGRAFÍA

IEEE Standard Department, Recommended Practice on Monitoring Electric Power Quality P1159/D6, December 22, 1994.

IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment.

Cristaldi Loredana y Ferrero Alessandro. "Harmonic Power Flow Analysis for the Measurement of the Power Quality". IEEE Transaction on Instrumentation and Measurement, Vol.44, No.3, pp 683-685, June 1995.

Chávez Hernández, Alfredo Armando, Análisis de las Perturbaciones Provocadas en Redes Eléctricas y Posibles Alternativas de Solución, Trabajo de Graduación, Universidad de El Salvador, Enero de 1998.

## **CAPITULO II**

### **DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE DEL ANALIZADOR VIRTUAL DE PERTURBACIONES ELÉCTRICAS DE VOLTAJE RMS**

#### **2.1 INTRODUCCIÓN.**

Un instrumento virtual es un instrumento en el cual todos o la mayor parte de los procesos necesarios para realizar las tareas que a él atañen son realizadas a través de un programa de computadoras.

Un analizador de perturbaciones eléctricas de voltaje rms, es un instrumento que realiza la medición del voltaje rms, tiene una base de datos que le permite realizar una comparación a través de la cual determina si el nivel de voltaje medido se encuentra dentro del rango nominal o si equivale a algún tipo de perturbación, al detectar una perturbación mide el tiempo de duración, clasifica la perturbación en base a este y al final generar un reporte de los resultados del periodo de análisis.

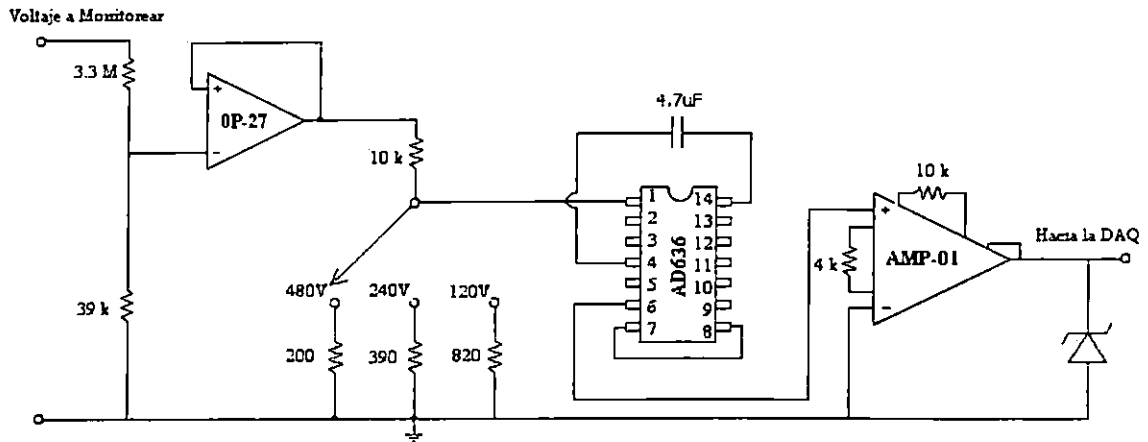
En el presente Capítulo se describe el diseño y el funcionamiento del hardware del instrumento virtual analizador de perturbaciones, y de las etapas que lo constituyen.

#### **2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL DISEÑO DEL INSTRUMENTO**

El Instrumento virtual analizador de perturbaciones eléctricas del voltaje rms, esta constituido básicamente por tres partes fundamentales a saber, una interfaz de acondicionamiento de señal, una tarjeta de adquisición de datos y el software que es el que constituye toda la inteligencia del instrumento.

#### **2.3 INTERFAZ DE ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL.**

En esta etapa es donde se realizan todas las operaciones electrónicas a través de circuitos integrados con el objetivo de convertir el nivel de voltaje AC de los sistemas que se analizaran a niveles de voltaje adecuados para poder ser introducidos en la tarjeta de adquisición de datos y al mismo tiempo, se realizan conversiones para obtener la información necesaria para que el software realice el análisis, el circuito se presenta en la figura 2.1



**Figura 2.1 Circuito de la Interfaz de Acondicionamiento de Señal.**

Esta etapa está formada por diferentes elementos, las cuales se detallan a continuación:

- Divisor de voltaje
- Amplificador Operacional
- Divisor de Voltaje seleccionado por switch
- Convertidor de voltaje ac a rms equivalente en dc
- Amplificadõr de instrumentaciõn.
- Diodos zener.

### 2.3.1 DIVISOR DE VOLTAJE

En esta etapa es donde se realiza la atenuaciõn de la seõal de voltaje AC a un nivel de voltaje ac adecuado para poder ser introducido en el convertidor de seõal AC a rms equivalente en DC.

El divisor de voltaje esta formado por dos resistencias de precisiõn una de 3.3 M $\Omega$  y una de 39 k $\Omega$  con el objetivo atenuar la seõal de voltaje ac, de acuerdo con la siguiente tabla.

**Tabla 2.1 Tabla de Resultados del Atenuador de Seõal AC.**

VOLTAJE DE ENTRADA (AC)	VOLTAJE DE SALIDA (AC)
120	1.402
240	2.570
480	5.606

### 2.3.2 AMPLIFICADOR OPERACIONAL

El amplificador operacional OP-27 esta configurado en este caso como un seguidor de voltaje, el objetivo de este es aislar la etapa de los circuitos convertidores de la etapa de atenuación de la señal ac.

### 2.3.3 DIVISOR DE VOLTAJE SELECCIONADO POR SWITCH.

Esta etapa esta constituida por cuatro resistencias de precisión y un switch de selección, la resistencia de 10 k $\Omega$  esta conectada en serie con el switch de selección, este ultimo sirve para seleccionar a cual de las otras tres resistencias se conectara de acuerdo a la selección del nivel de voltaje que el usuario desee.

Cada una de las tres resistencias sirve para atenuar el nivel de voltaje obtenido a la salida del seguidor de voltaje de acuerdo con el nivel de voltaje del sistema que se desea analizar.

Si el switch se selecciona para conectarse a la resistencia de 820  $\Omega$ , corresponde al nivel de voltaje 120 voltios, si el switch está seleccionado para conectarse a la resistencia de 390  $\Omega$ , se ha seleccionado el nivel de voltaje de 240 voltios y si el switch está seleccionado para conectarse en la resistencia de 200  $\Omega$ , la selección es el nivel de voltaje de 480 voltios.

Para cada una de las selecciones del switch, se obtiene un nivel de voltaje similar independientemente del nivel de voltaje que exista a la entrada del sistema, el objetivo es no perder resolución para los diferentes niveles de voltaje a los cuales el instrumento opera, ya que de no ser así, el nivel de voltaje tomando como parámetro el nivel mas alto que es el 480 voltios, el nivel de voltaje para 240 seria la mitad, y el nivel de voltaje para 120 voltios seria la cuarta parte.

Para cada nivel de voltaje el switch debe ser seleccionado en su respectivo nivel, para cada nivel de voltaje, se muestran en la tabla siguiente los voltajes obtenidos.

**Tabla 2.2 Nivel de voltaje a la salida del divisor de voltaje seleccionado por switch.**

SELECCIÓN DEL SWITCH	VOLTAJE SALIDA
120	0.1062
240	0.1052
480	0.1099

Como se puede observar en la tabla, el nivel de voltaje, para cada nivel de voltaje de operación del equipo, se encuentra en el mismo rango, con lo que se logra aprovechar la resolución de la tarjeta de adquisición de datos.

Es importante hacer notar que una selección incorrecta del switch selector a la hora de realizar el análisis de un sistema, tendría como resultado errores en los datos captados por la tarjeta de adquisición de datos, ya que interpretaría perturbaciones de diferentes tipo en casos en que talvez no existiese perturbación alguna, por esos es de suma importancia que se tenga en claro el nivel de voltaje nominal del sistema antes de realizar un análisis.

#### **2.3.4 CONVERTIDOR DE VOLTAJE AC A RMS EQUIVALENTE EN DC.**

Este es un circuito integrado de la Analog Devices, el cual se encarga de calcular a una señal de voltaje AC el valor rms y lo entrega a la salida como un nivel de dc, este circuito funciona con una plena escala de 200 mv de amplitud AC, es por eso que los niveles de voltaje se llevan a un nivel tan bajo en las etapas anteriores, teniendo el cuidado de no llegar una plena escala al nivel de voltaje nominal del sistema, ya que las perturbaciones eléctricas de voltaje rms conocidas como swell tienen un valor en por unidad mayor que el del voltaje nominal, hasta un valor de 1.9 Vp.u. lo cual dañaría el circuito convertidor.

Es por esta razón que se ha tomado como nivel de voltaje de entrada para el convertidor operando en el sistema nominal, la mitad del plena escala de este para que en el caso de un swell, no se dañe el convertidor y al mismo tiempo esta perturbación pueda ser detectada perfectamente por el analizador virtual de perturbaciones eléctricas.

#### **2.3.5 AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN.**

El amplificador de instrumentación se utiliza como un amplificador para la señal de voltaje dc obtenida del convertidor rms, ya que como se explicó anteriormente, el nivel de plena escala del convertidor es de 200 mV, y esto es un nivel de voltaje muy bajo como para que la tarjeta de adquisición de datos logre captar las variaciones que sucedan en una perturbación eléctrica.

El amplificador de voltaje se encarga de amplificar la señal de plena escala del convertidor rms, a un nivel de voltaje de plena escala de 10 Voltios dc, el cual es el nivel máximo que la tarjeta de adquisición de datos soporta a la entrada.



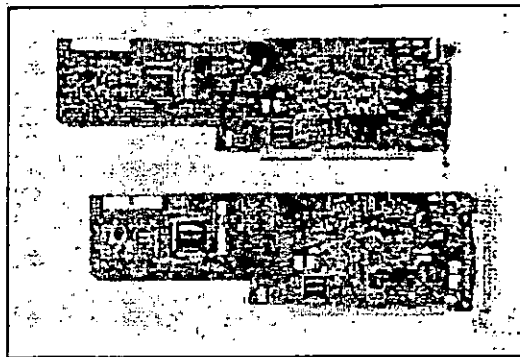
### 2.3.6 DIODOS ZENER.

El diodo zener tiene la misión de recortar cualquier señal de nivel de voltaje mayor a los 10 Voltios, con lo cual se impide que un nivel de voltaje mayor a este logre ingresar a la tarjeta, evitando así que esta se quemé por sobrevoltaje.

### 2.4 ADQUISICIÓN DE DATOS.

En esta etapa es donde se leen los niveles de voltaje entregados por la interfaz de acondicionamiento de señal, la salida de los diodos zener son los puntos de donde la tarjeta de adquisición datos obtiene la información necesaria para poder realizar el análisis.

Existen diferentes tarjetas de adquisición de datos las cuales varían sus características técnicas, las cuales pueden ser resolución, velocidad de muestreo, número de canales de entrada analógica y/o digital, rangos de voltaje de operación a la entrada, etc. en nuestro caso particular se ha utilizado la tarjeta ATMIO-16E-10 de la National Instrument, ya que es parte de los recursos técnicos con los que se cuenta para realizar este trabajo, al mismo tiempo que llena los requisitos que se necesitan en cuanto a rangos de voltaje de operación, velocidad de muestreo, número de canales de entrada, entre otros, en la figura 2.2 se muestra la forma física de esta.



**Figura 2.2 Vista frontal y Posterior de la Tarjeta ATMIO-16E-10**

#### 2.4.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA TARJETA ATMIO-16E-10.

La tarjeta de adquisición de datos ATMIO-16E-10, esta constituida por diferentes elementos entre los cuales se encuentran convertidores Digital-Análogo; convertidores Análogo-Digital, Amplificadores Operacionales, entre otros, a continuación se muestra el diagrama de bloques interno de la tarjeta ATMIO-16E-10 donde se pueden observar de una manera más clara los diferentes componentes de la tarjeta.

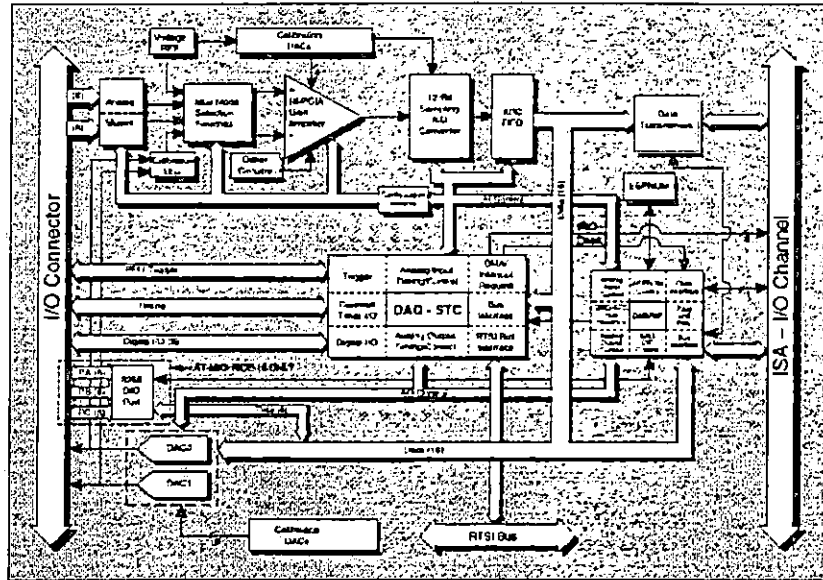


Figura 2.3 Diagrama de Bloques interno de la Tarjeta ATMIO-16E-10

#### 2.4.2 DIAGRAMA DE PINES DE LA TARJETA ATMIO-16E-10.

La tarjeta posee 68 pines de conexión los cuales constituyen entradas, salidas, señales de reloj, señales de control, entre otros, en la figura 2.4 se muestra el diagrama de pines en el cual se puede observar la función de cada uno de los pines.

ACH8	84	60	ACH0
ACH11	83	67	ACH3
ACH10	82	68	ACH9
ACH10	81	65	ACH2
ACH9	80	64	ACH0
ACH10	29	63	ACH11
ACH4	28	62	ARENSZ
ACH10	27	61	ACH12
ACH13	26	60	ACH5
ACH13	25	59	ACH10
ACH10	24	66	ACH14
ACH13	23	67	ACH7
DAC/OUT	22	68	AQND
DAC/OUT	21	65	AOQND
EXTREF	20	64	AOQND
DIO4	19	63	DQND
DQND	18	62	DIO0
DIO1	17	61	DIO5
DIO2	16	50	DQND
DQND	15	49	DIO6
5 V	14	48	DIO7
DQND	13	47	DIO9
DQND	12	46	DCANCLK
PF1/TRIG1	11	45	EXTSTROBE*
PF1/TRIG1	10	44	DBND
DQND	9	43	PF12CONVERT*
5 V	8	42	PF13POTRI_SOURCE
DQND	7	41	PF14POTRI_GATE
PF15UPDATE*	6	40	GPCTRI_OUT
PF15WTRIG	5	39	DQND
DQND	4	38	PF17STARTSCAN
PF18PCTRI_GATE	3	37	PF18PCTRI_SOURCE
GPCTRI_OUT	2	36	DQND
FREQ_OUT	1	35	DQND

Figura 2.4 Diagrama de Pines de la Tarjeta ATMIO-16E-10.

### 2.4.3 ESPECIFICACIONES DE LA TARJETA.

Valores típicos para 25°C a menos que se especifique lo contrario.

#### Entrada Análoga

- > Número de Canales: 16 simples u 8 diferenciales, seleccionable por software.
- > Tipo de ADC: Aproximación Sucesiva.
- > Resolución: 12 bits, 1 en 4096.
- > Rata máxima de Muestreo: 100 kS/s.

La ganancia aplicada a las entradas analógicas puede ser seleccionado por software en la configuración de la tarjeta, esta ganancia esta amarrada al rango de voltaje de operación en las entradas, en la tabla 2.3 se muestra el resumen de las ganancias.

Tabla 2.3 Detalle de las Ganancias Aplicadas a las Entradas Analógicas.

Ganancia (Seleccionable por Software)	Rango (Seleccionable por Software)	
	Bipolar	Unipolar
0.5	+/- 10 V	---
1	+/- 5 V	0 – 10 V
2	+/- 2.5 V	0 – 5 V
5	+/- 1 V	0 – 2 V
10	+/- 500 mV	0 – 1 V
20	+/- 250 mV	0 – 500 mV
50	+/- 100 mV	0 – 250 mV
100	+/- 50 mV	0 – 100 mV

#### Salidas Analógicas:

- > 2 canales de 12 bits de resolución .

#### Contadores y Temporizadores :

- > 2 Up/down, 24 bits de resolución.
- > Frecuencia máxima de 20MHz.

#### Compatibilidad:

Se pueden desarrollar aplicaciones compatibles con:

- > PCMCIA, PCI, PXI, ISA, NEC, VXI, USB, y puertos paralelos.
- > Perfectamente compatible con ISA.

## CONCLUSIONES DEL CAPITULO II

1. Cuando se diseña un sistema que opere a diferentes niveles de voltaje en el que es necesaria la adquisición de datos es importante tomar en cuenta la resolución de la tarjeta de adquisición de datos y buscar alternativas en la etapa de acondicionamiento que eviten el perder la resolución.
2. En un circuito de acondicionamiento de señal los amplificadores operacionales y los amplificadores de instrumentación tienen un rol indispensable, ya que estos permiten aislar etapas y al mismo tiempo aplicar ganancias precisas a las señales de voltaje que se desean muestrear.
3. Las etapas de acondicionamiento de señal permiten una adaptación entre un sistema eléctrico y una PC, ya permite realizar conversiones de señales en tiempo real y a altas velocidades para analizar la calidad de la energía eléctrica.
4. La velocidad de muestreo de la tarjeta de adquisición de datos ATMIO-16E-10, permite la detección de variaciones de voltaje de alta velocidad lo que la hace ideal para monitorear la calidad de la energía.

## BIBLIOGRAFÍA

Flores García, Marvin Mauricio y Mendoza Maldonado, Eduin Ruyé. Aplicación de los Instrumentos Virtuales en Sistemas de Instrumentación Electrónica. Trabajo de Graduación, Universidad de El Salvador, Diciembre de 1996.

Analog Devices, Linear Products DataBook, 1990

PMI Databook, Precision Analog Integrated Circuits, 1988

DAQ ATMIO Series User Manual, National Instrument, June 1996 Edition.

## CAPITULO III

### DISEÑO DEL SOFTWARE DEL ANALIZADOR DE PERTURBACIONES ELÉCTRICAS DE VOLTAJE RMS.

#### 3.1 INTRODUCCIÓN.

La mayoría de los lenguajes de programación han aumentado de poder y flexibilidad en sus aplicaciones para un desarrollo óptimo de un programa. Los programadores demandan más aplicaciones como maximización del sistema, facilidad de acceso, compartir tareas, compatibilidad con muchos paquetes para que el usuario final este contento y satisfecho de la tarea que hizo el programador.

Muchos de los lenguajes de programación están trabajando con un paradigma del lenguaje escrito, donde el programador necesariamente debe aprender la mayoría de las palabras claves y la importancia que estas tienen en el desarrollo del programa. Una ausencia o una mala escritura de un signo o una palabra en el lenguaje, puede causarle al programador tiempo innecesario que puede perjudicar a el o a la empresa contratista.

LabView es un programa que cambia totalmente el paradigma de programación, es un programa donde no requiere un aprendizaje de los diferentes comandos escritos que se necesitan para desarrollar un paquete. LabView es un lenguaje de programación G (gráfico), donde le da al usuario una simplicidad y rápidas herramientas de desarrollo. Es un lenguaje donde el usuario debe aprender a diferenciar las "gráficas de programación", es un lenguaje que continuamente le está mostrando al usuario si la aplicación puede ser ejecutada.

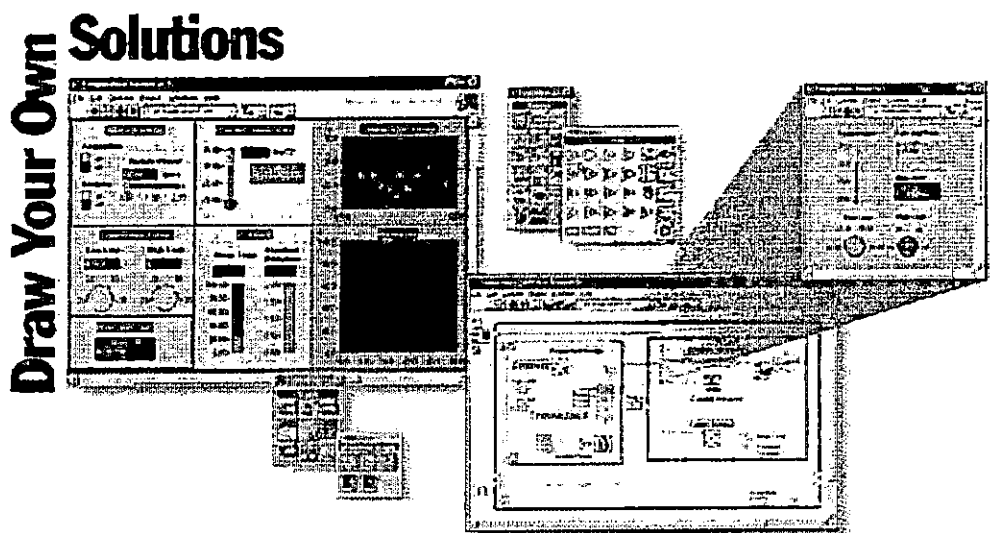
La etapa en la que se realizan todos los análisis del instrumento analizador de perturbaciones eléctricas es la etapa del software, podríamos decir que el instrumento es básicamente el software ya que este constituye toda la inteligencia del instrumento, las demás etapas son únicamente las herramientas necesarias para que el software pueda obtener la información del sistema eléctrico que se desea analizar.

Dentro del programa principal del instrumento existen diferentes etapas (subrutinas) que realizan una actividad específica dentro del programa principal, y en la mayoría de los casos son repetitivas; LabView cuenta con muchas subrutinas que realizan determinada actividad, pero además de estas se han diseñado subrutinas propias donde se ha empaquetado algunas subrutinas de LabView con el objetivo de hacer mas sencillo el diagrama completo del programa principal.

En este Capítulo se da una explicación general del funcionamiento del programa principal del instrumento, al mismo tiempo se describen detalladamente cada una de las etapas (subrutinas) utilizadas para conformar el programa principal.

### 3.2 DESCRIPCION DE LABVIEW Y SUS CARACTERÍSTICAS.

LabView (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es un poderoso lenguaje de instrumentación y análisis para PCs que se ejecutan en Microsoft Windows, Apple Macintosh, Sun SPARCstation, y HP-UX workstation. LabView parte de un lenguaje de programación natural y unas características de programación gráfica que involucran todas las herramientas que se necesitan para la adquisición de datos, análisis y presentación como se muestra en la figura 3.1. Con este lenguaje de programación gráfica, llamado G, se puede programar en una notación de diagrama de bloques, el cual utilizan los científicos y los ingenieros para hacer sus diseños, luego LabView compila estos diagramas en código de máquina.



**Figura 3.1 Entorno de Programación y Soluciones Visuales**

LabView integra adquisición de datos, análisis y presentación en un solo sistema. Para la adquisición de datos y el control de instrumentos, LabView utiliza RS232/422, IEEE 488 (GPIB), y VXI, incluyendo un arquitectura de software de instrumentación virtual (VISA) tan buena como el Plug-in en adquisición de datos (DAQ). Contiene también una librería de instrumentación con manejadores para cientos de instrumentos simplificados para aplicaciones de control de instrumentación. En el análisis de datos la librería contiene extensas funciones para generar señales, procesar, filtros, ventanas, estadísticas, álgebra lineal y regresiones.

#### 3.2.1 MULTITAREA.

Genera desempeño y fiabilidad fuera de las tareas complicadas de programación. Es muy seguro en aplicaciones con plataformas PC, sistemas operativos modernos como

Microsoft Windows NT, Windows 95/98, Sun Solaris. Las ventajas de un sistema con multitarea son:

- > Eficiencia del CPU.
- > Mejor confiabilidad.
- > Toma ventajas de máquinas con multiprocesos.
- > Mejor función.

LabView es un programa de multitareas muy simple de usar, por que la tecnología de multitareas es difícil de implementar. LabView es un lenguaje de programación de diagramas de flujo, la cual se puede programar en paralelo y ejecutar los bloques simultáneamente y en tareas por separado. El usuario no necesita de aprender un nuevo lenguaje para poder hacer un programa con multitareas debido a que construye en el formato base de programación del LabView que es un instrumento virtual (VI).

### 3.2.2 LIBRERÍA DE INSTRUMENTOS VIRTUALES.

LabView tiene una serie de librerías de "drivers" de los instrumentos que se encuentran en un laboratorio común por ejemplo osciloscopios, multímetros, plataformas Mac OS, contadores, temporizadores, etc. Mediante el menú Instrument Wizard (ver figura 3.2), el usuario puede reconocer un instrumento que este conectado al computador, inmediatamente LabView instala el "driver" y genera un ejemplo en pantalla de un instrumento virtual del aparato que está conectado al computador.

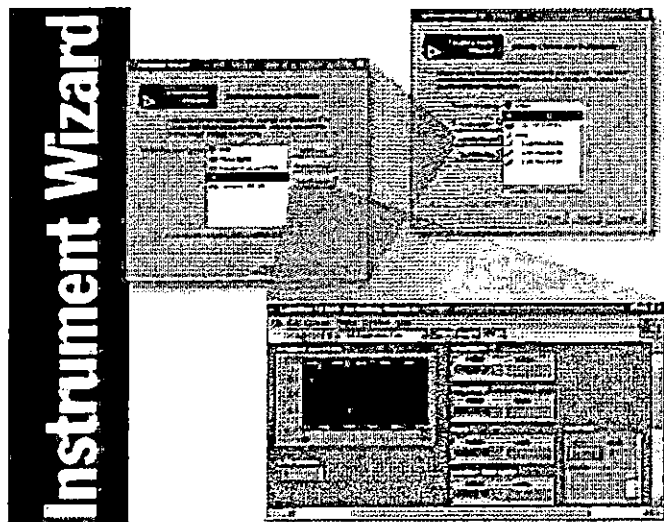


Figura 3.2 Asistentes de Programación (Wizard Instrument)



También el LabView permite modificar el diagrama de bloques del instrumento virtual generado, o utilizarlo dentro de otra aplicación; generando así flexibilidad y simplicidad al programar.

### 3.3 HERRAMIENTAS DE TRADUCCIÓN Y DOCUMENTACIÓN.

**Diferenciación de herramientas gráficas:** La herramienta "Graphical Differencing Tool", tiene la característica de comparar y obtener las diferencias entre dos programas de LabView. Mostrando una lista de las diferencias de cada programa.

**Herramientas de computación distribuidas:** LabView puede crear programas que necesariamente sean ejecutados por diferentes computadores en un sistema de producción, por ejemplo. Solamente es crear el programa inicial para cada computador y luego mediante un computador principal crear el programa de base que los ejecute y los controle, sin necesidad de ejecutar LabView.

**Herramientas de traducción y documentación:** LabView tiene la herramienta de crear automáticamente el programa de documentación en la forma HTML, RTF, texto; con solo ir al menú de "Print Documentation" como se muestra en la figura 3.3.

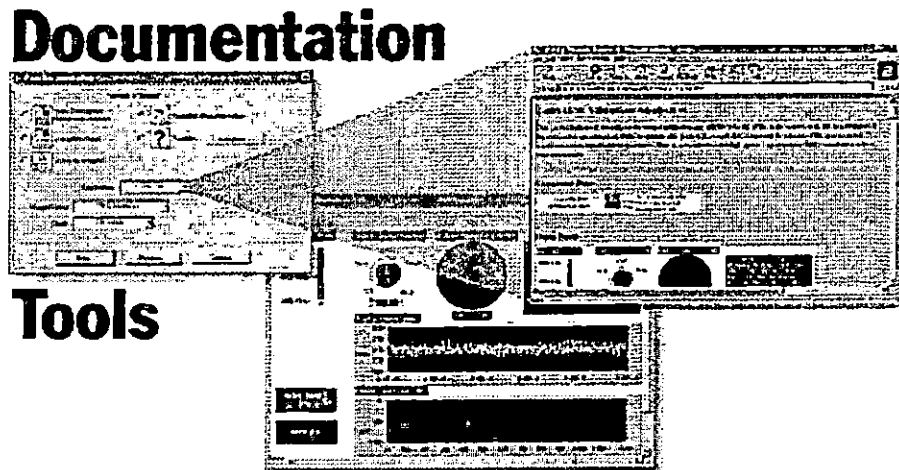


Figura 3.3 Entorno de Herramienta de Documentación

Usando "Translation Tools" el usuario puede traducir todo un texto asociado con un LabView VI, también puede crear un menú de idiomas para el usuario final que puede ser ejecutado en tiempo real; ahorrando tiempo en la internacionalización del programa. La figura 3.4 muestra el entorno de esta herramienta.

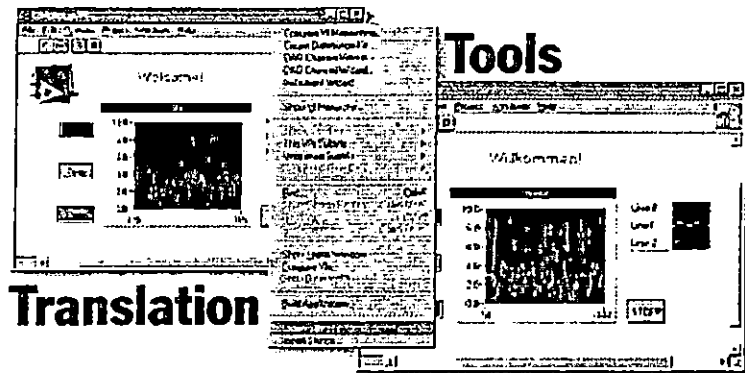


Figura 3.4 Entorno de Herramienta de Traducción

### 3.3.1 BARRA DE MENUS.

La mayoría de los programas de hoy en día tienen la propiedad de visualizar una barra de herramientas donde le permiten al usuario, desarrollar diferentes aplicaciones que el necesita hacer para cumplir su objetivo. LabView permite al programador hacer estas barras de una forma fácil y gráfica como se muestra en la figura 3.5.

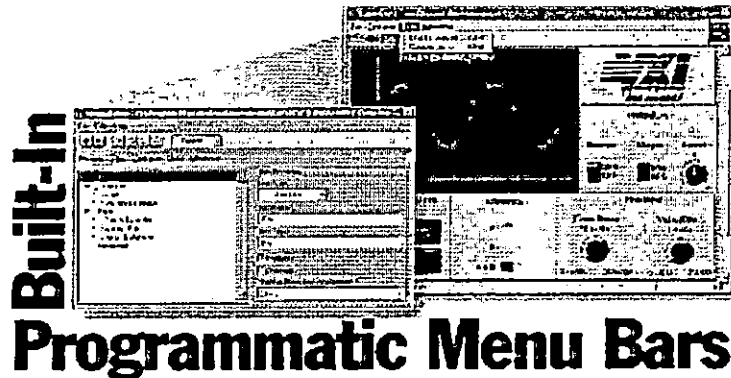









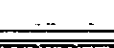



Figura 3.5 Personalización de Barras de Menú del Instrumento

### 3.3.2 HERRAMIENTAS DEL PANEL.

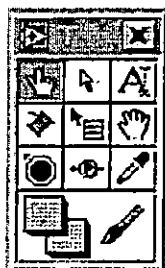
Las ventanas del panel frontal y el diagrama de bloques contienen una barra de comandos que indican el estado en que se encuentra el programa del VI (Virtual Instrument). La tabla 3.1 describe brevemente cada una de las herramientas del Panel.

**Tabla 3.1 Descripción de Herramientas del Panel**

	Botón de ejecución.
	Indica que el programa se está ejecutando.
	Indica que el programa no se puede ejecutar.
	Botón de continua ejecución. Indica que el programa se ejecuta varias veces.
	Stop. Detiene el programa.
	Pause.
	Tipo, tamaño y color de la letra.
	Alinea los objetos.
	Permite ver el diagrama de bloques, como el programa se ejecuta paso a paso.
	Salta un paso del programa.
	Reposiciona los objetos.











### 3.4 PALETA DE HERRAMIENTAS.

Con esta barra se puede crear, modificar, y suprimir errores de los VI. Usando las herramientas localizadas en la paleta.



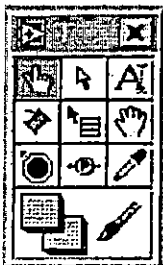
**Figura 3.6 Paleta de Herramientas**

**Tabla 3.1 Descripción de Herramientas del Panel**

	Botón de ejecución.
	Indica que el programa se está ejecutando.
	Indica que el programa no se puede ejecutar.
	Botón de continua ejecución. Indica que el programa se ejecuta varias veces.
	Stop. Detiene el programa.
	Pause.
<input type="text" value="13pt Application For"/>	Tipo, tamaño y color de la letra.
	Alinea los objetos.
	Permite ver el diagrama de bloques, como el programa se ejecuta paso a paso.
	Salta un paso del programa.
	Reposiciona los objetos.

### 3.4 PALETA DE HERRAMIENTAS.

Con esta barra se puede crear, modificar, y suprimir errores de los VI. Usando las herramientas localizadas en la paleta.

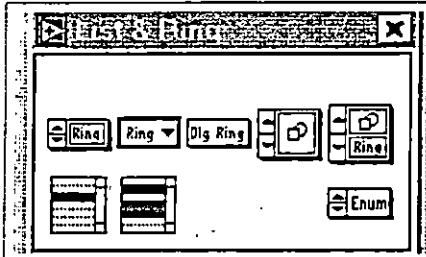


**Figura 3.6 Paleta de Herramientas**

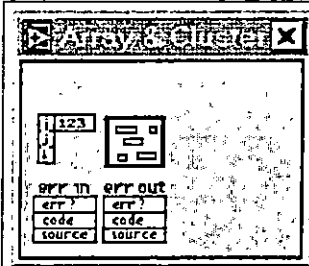
A continuación está el desglose de cada una de las opciones dentro de la paleta de Control. Es decir cada botón de la paleta anterior es una Subpaleta que se explica a continuación en la tabla 3.3:

**Tabla 3.3 Descripción de Paleta de Controles**

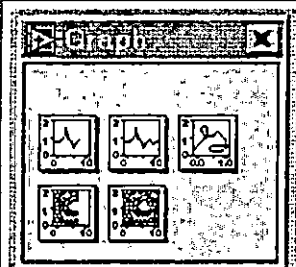
	<p>Contiene indicadores y controles para insertar datos numéricos en el panel frontal. Los indicadores pueden ser modificados por el usuario los controles no.</p>
	<p>Contiene indicadores y controles con valores booleanos, falso o verdadero ,encendido o apagado etc..</p>
	<p>Contiene indicadores y controles para tablas y string.</p>



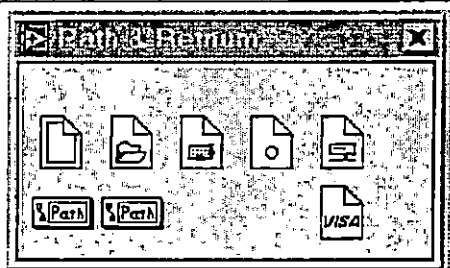
Contiene indicadores y controles para un menú de listas y alarmas (ring)



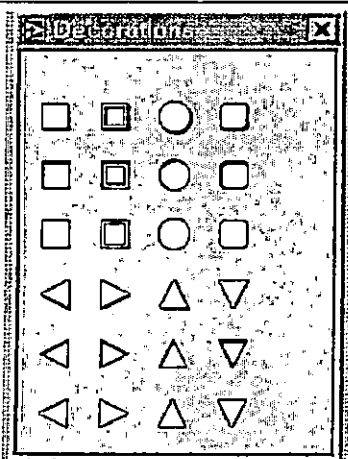
Contiene indicadores y controles que se agrupan de acuerdo a el tipo de dato.



Contiene gráficas que pintan gráficos o caracteres en tiempo real.



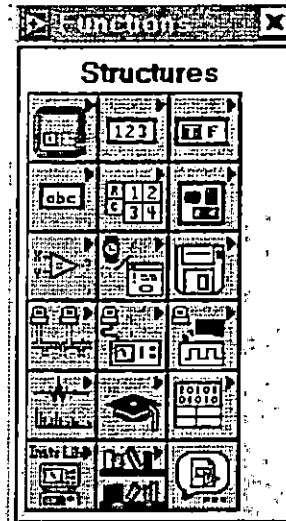
Contiene indicadores para el manejo de archivos.



Contiene gráficos de objetos para adornar el panel frontal.

### 3.6 PALETA DE FUNCIONES.

Con esta paleta se puede construir un diagrama de bloques, esta paleta contiene subpaletas que de acuerdo a su función facilitan el manejo de los diagramas.

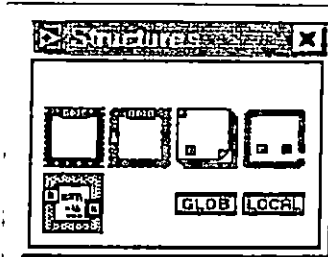


**Figura 3.8 Paleta de Funciones**

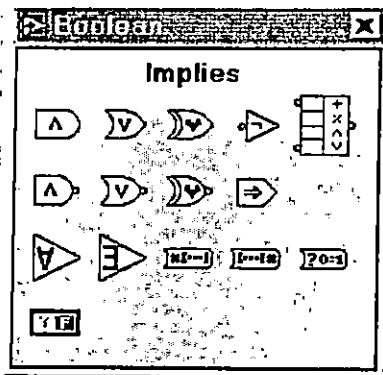
Los siguientes son las funciones desglosadas que explican brevemente cómo usar cada opción de la paleta.

**Tabla 3.4 Descripción de Paleta de Funciones**

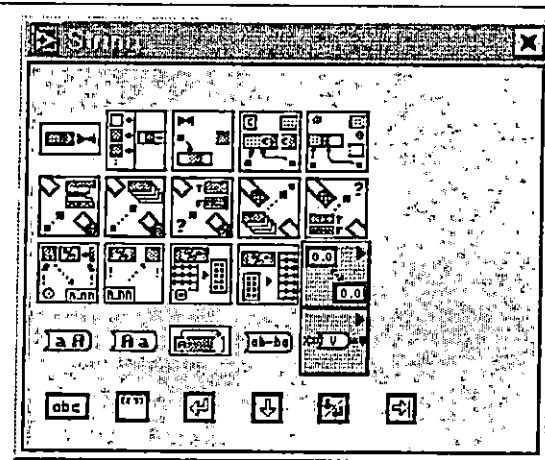
	<p>Contiene funciones numéricas como algoritmos, logaritmos, aritmética y trigonometría.</p>
--	--



Contiene programas para el control de estructuras tales como el for loop, while, case, etc

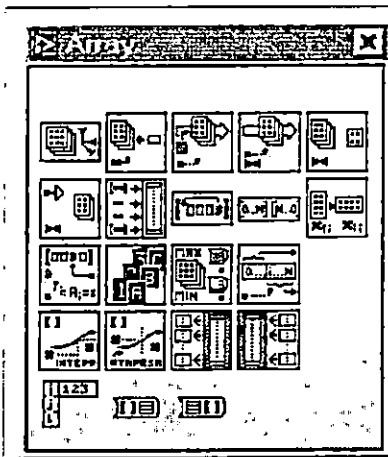


Contiene funciones de lógica booleana, And, Or, Exor, etc

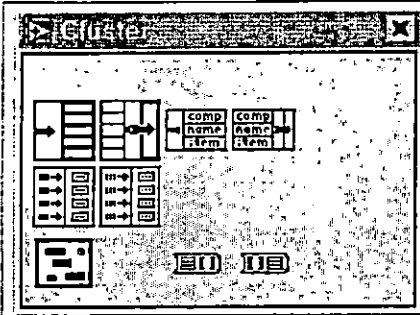


Contiene funciones para manipular los String.

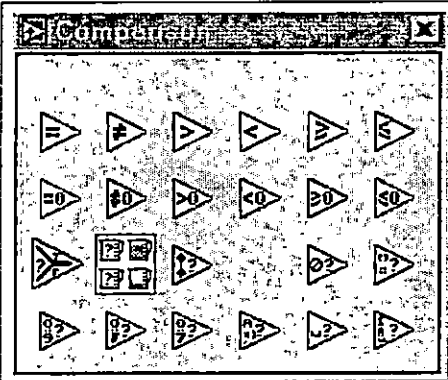




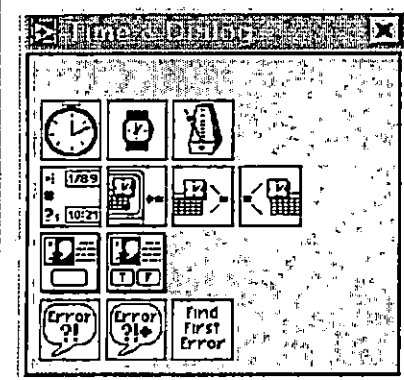
Contiene funciones para procesar los Arreglos.



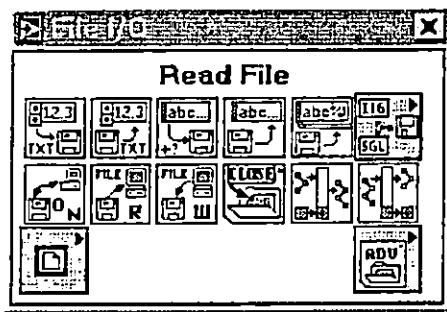
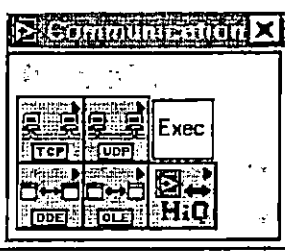
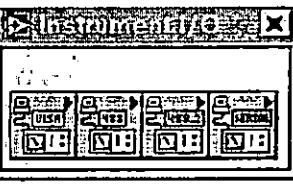
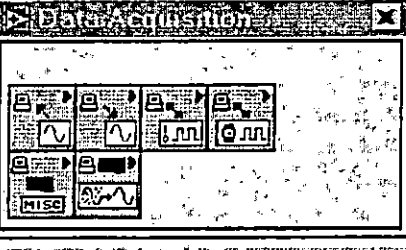
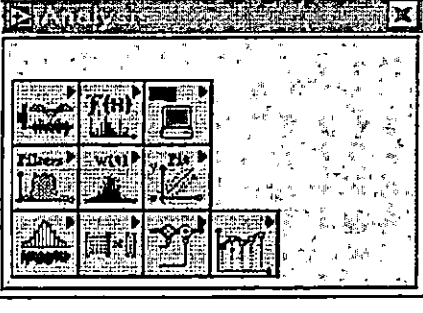
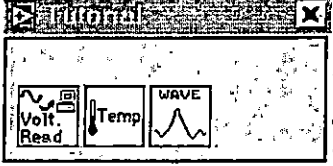
Contiene funciones para el manejo de cluster ,es decir el agrupamiento de señales.

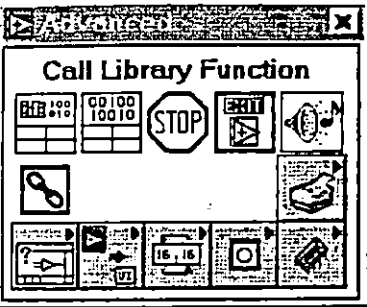
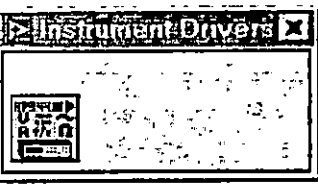


Contiene funciones para comparar números, lógica booleana y string.



Contiene funciones para el dialogo entre ventanas ,tiempos de retardo, y mensajes.

	<p>Contiene funciones y subVIs para los archivos de entrada y salida.</p>
	<p>Consiste en una red de trabajo.</p>
	<p>Consiste de VIs para los GPIB, serial, y VISA de control de instrumentos.</p>
	<p>Consiste de VIs para el manejo de la tarjeta de adquisición de datos.</p>
	<p>Contiene VIs para análisis tales como estadística, curvas de gauss.</p>
	<p>Contiene SubVIs para utilizar al manejar LABVIEW.</p>

	<p>Contiene funciones misceláneas tales como el llamado a librerías, control de VIs, manipulación de datos, etc</p>
	<p>Manejo de instrumentos.</p>

### 3.7 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SOFTWARE.

El analizador de perturbaciones eléctricas realiza diferentes procedimientos para realizar el análisis de un sistema determinado; a continuación se describen los diferentes pasos enumerado de acuerdo al orden de su ejecución.

1. Procede a ejecutar la subrutina Start / Stop (sección 3.8) que es la que se encarga de determinar si se ejecuta o no el análisis, verifica la salida booleana de esta subrutina, si la salida de esta es cierto, se inicia el lazo en el cual se ejecutan todos los procedimientos del instrumento.
2. Procede a ejecutar la subrutina Lectura de la Tarjeta A (sección 3.9) que es la que se encarga de leer la tarjeta, la salida Forma de Onda, es introducida a un display grafico llamado GFO, la salida voltaje rms es introducida a un display numérico llamado RMS y a un display grafico llamado RMS al mismo tiempo, la salida voltaje p.u. es introducida a una serie de comparadores y al mismo tiempo a un display numérico llamado PU, el objetivo de los display es permitir que el usuario visualice en la pantalla el estado del sistema al momento en que se esta realizando el análisis.
3. Procede a determinar a través de los comparadores si el nivel de voltaje en p.u. corresponde o no a una perturbación de voltaje rms.
4. Si pertenece a algún tipo de perturbación, inicia un lazo do while, que se ejecuta infinitamente mientras exista la perturbación.
5. Dentro del lazo se encuentra también un comparador, el cual verifica que el valor de voltaje en p.u. corresponda a la perturbación que se analiza en este lazo.
6. La salida del comparador es también introducida dentro de dos display leds, uno llamado RMS que muestra en pantalla que existe una perturbación y otro que muestra el tipo de perturbación, este ultimo led puede ser el llamado swell, el llamado sag o el llamado Inter.; según sea el caso de cada perturbación.

7. Dentro del lazo ejecuta una subrutina propia de LabView llamada wait esta se encarga de medir el tiempo transcurrido en milisegundos (ms).
8. La salida de la subrutina wait (ms), es introducida en la entrada de la subrutina Time (sección 3.10) esta se encarga de convertir los milisegundos en formato de hh:mm:seg:mseg y al mismo tiempo en la subrutina Tipos (sección 3.11) que es la que se encarga de ir clasificando cada perturbación según el tiempo transcurrido.
9. La salida de Time es introducida en un display alfanumérico llamado TI, para que el tiempo de duración de la perturbación que esta ocurriendo en ese momento pueda ser observado por el usuario.
10. Las cuatro salidas de la subrutina Tipos, son introducidas en los display leds llamados ins, mom, tem o LD cada uno en la salida correspondiente, con el objetivo de que usuario pueda visualizar la clasificación de la perturbación de acuerdo al tiempo que esta tenga de duración en cada momento.
11. Dentro de los lazos se encuentran 2 botones boléanos llamados GRMS y GFO, los cuales sirven para seleccionar cual de las tres graficas de señal se desea visualizar en cada momento, estas pueden se la gráfica de la forma de onda, la gráfica de la señal de voltaje rms, o la gráfica de la curva CBEMA.
12. La salida del botón GRMS es conectada al display grafico GRMS, la salida del botón GFO es conectada al display grafico GFO, además las salidas de ambos son conectadas a las entradas de una compuerta lógica X-Or y la salida de esta ultima se conecta al display grafico CBEMA, para mostrār la curva CBEMA y los puntos correspondientes a las perturbaciones ocurridas hasta ese momento.
13. Existen diferentes lazos dentro de los cuales se analiza cada perturbación, es por eso que las funciones se repiten.
14. A la salida de los lazos se obtiene como resultado el tiempo total de duración de cada perturbación, esta salida es introducida en la subrutina Clasifica (sección 3.xx) que se encarga de clasificar y entregar en formato string la clasificación de cada perturbación, de esta existen 3 diferentes, una para cada tipo de perturbación.
15. Las salidas de la subrutina Clasifica, son introducidas a la subrutina Result (sección 3.12), esta se encarga de enviar hacia un archivo de texto los resultados del análisis para cada perturbación.
16. La salida RMS de la subrutina Lectura de Tarjeta A, es introducida a la subrutina conteo (sección 3.13) que sirve para poder realizar un conteo del total de perturbaciones de cada tipo ocurridas durante el periodo de análisis.
17. La salida de los lazos y la salida PU de la subrutina Lectura de la Tarjeta A, son introducidas a la subrutina Result CBEMA (sección 3.14), esta se encarga de guardar los valores de voltaje en por unidad y el tiempo de duración de cada perturbación.
18. La subrutina CBEMA se utiliza por el programa principal para representar en pantalla la grafica donde se plotean las perturbaciones ocurridas sobrepuestas a las graficas de la curva CBEMA.

19. La subrutinas Sag estadísticas, Swell estadísticas e Inter. Estadísticas, son utilizadas por el programa principal para realizar el conteo del total de cada uno de los tipos de perturbaciones existentes y poder presentarlas en el reporte final del periodo de análisis.

### 3.8 DESCRIPCION DE LA SUBRUTINA START/STOP.



Esta subrutina es la que se encarga de determinar si inicia y/o termina la ejecución del lazo que realiza todos los procedimientos de análisis del instrumento, en la figura 3.9 se muestra el diagrama interno de esta subrutina.

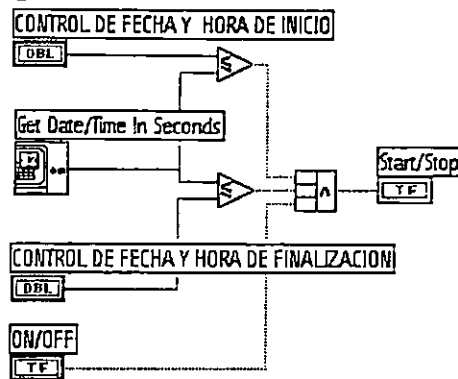


Figura 3.9 Diagrama interno de la Subrutina Start/Stop.

Como primer paso, la subrutina lee la fecha y hora del sistema (de la PC), el cual debe estar ajustado con la hora real, posteriormente lee las entradas control de fecha y hora de inicio y control de fecha y hora de finalización, compara ambas entradas con la fecha y hora del sistema, si la fecha y hora del sistema es mayor o igual que la de la entrada control de fecha y hora de inicio y menor o igual que la de la entrada control de fecha y hora de finalización, procede a la lectura de la entrada ON/OFF, y si el valor de esta entrada es cierto entonces se inicia el periodo de análisis; con una de estas condiciones que no se cumpla, el instrumento no inicia su período de análisis.

### 3.9 DESCRIPCION DE LA SUBRUTINA LECTURA DE LA TARJETA A.



Esta subrutina es la que se encarga de la lectura de las entradas de la tarjeta de adquisición de datos ATMIO-16E-10, además se encarga de aplicar los factores al nivel de voltaje leído por la tarjeta para llevarlo al nivel de voltaje estándar determinado por el usuario; al mismo tiempo se encarga de proporcionar a las etapas de análisis del instrumento los valores necesarios para poder realizar dicho análisis, estos valores son Forma de Onda, Voltaje RMS y Voltaje P.U. En la figura 3.10 se puede visualizar el esquema de programación.

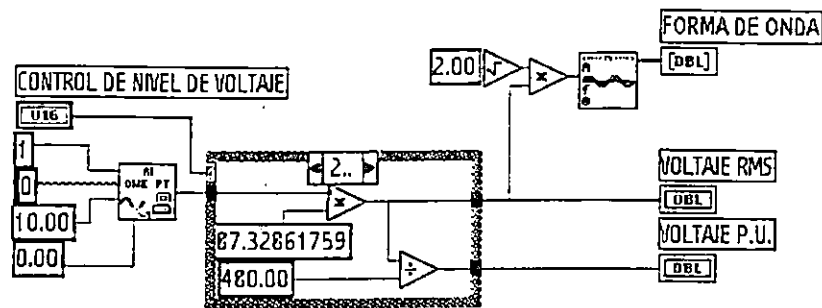
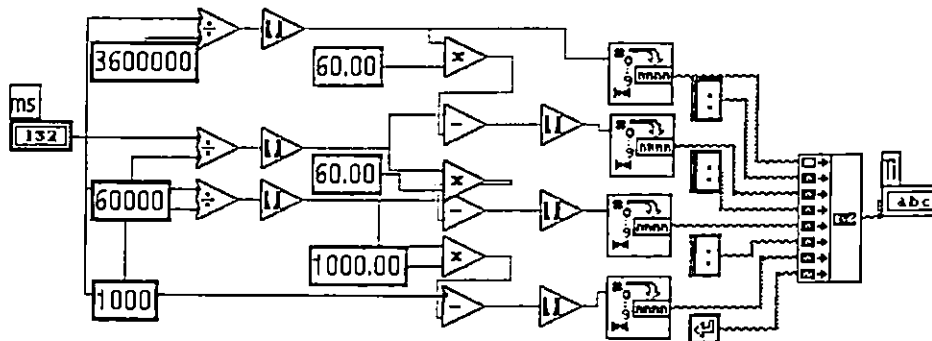


Figura 3.10 Diagrama interno de la Subrutina Lectura de la Tarjeta A.

El primer paso de esta subrutina es leer la tarjeta ATMIO-16E-10 utilizando un vi para lectura de tarjetas propio de LabView el cual necesita que algunos parámetros le sean especificados como se puede visualizar en la figura 3.10, a continuación se describe la función de cada parámetro, 1 es el numero de dispositivo asignado a la tarjeta que se desea leer, 0 es el canal de la tarjeta que se desea leer, 10.00 es el valor máximo que se necesita que lea la tarjeta y 0.00 es el valor mínimo que se desea leer. Posteriormente la salida de la tarjeta es introducida a un Case el cual esta condicionado por la entrada Control de nivel de voltaje (seleccionado por el usuario según el sistema que desea analizar), el Case este se encarga de aplicar los factores a la señal obtenida de la tarjeta para llevarlo a un nivel de voltaje estándar y luego divide entre el nivel de voltaje estándar para obtener el valor de voltaje el P.U. luego de esto procede a multiplicar la salida del voltaje rms un factor de  $\sqrt{2}$  para obtener la amplitud de la señal de voltaje ac, esta amplitud es introducida a un vi de LabView, el cual se encarga de generar la forma de onda senoidal para poder ser representada en pantalla.

### 3.10 DESCRIPCION DE LA SUBROUTINA TIME.

Esta es la subrutina que se encarga de la conversión de los milisegundos de duración de una perturbación en formato hh:mm:ss:mss, para que el usuario sepa interpretar de manera fácil la duración de los eventos, en la figura 3.11 se muestra el diagrama interno de esta subrutina.



**Figura 3.11 Diagrama Interno de la Subrutina TIME.**

Como primer paso la subrutina lee la entrada ms obtenida del contador de milisegundos de duración que se encuentra en el lazo de cada perturbación, le aplica diferentes factores a los milisegundos.

Para el caso de las horas, divide los milisegundos entre 3,600,000, le trunca la parte fraccionaria, y luego la introduce a un convertidor de numérico a string y al mismo tiempo lo introduce a un multiplicador por 60.

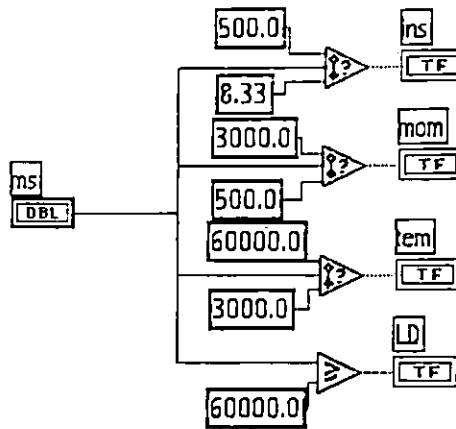
Para el caso de los minutos, divide los milisegundos entre 60,000, le trunca la parte fraccionaria luego a este resultado le resta el resultado del multiplicador de las horas y el resultado de esto lo introduce al igual que el resultado de las horas a un convertidor de numérico a string y al mismo tiempo a otro multiplicador por 60.

Para el caso de los segundos, divide los milisegundos entre 1000, le trunca la parte fraccionaria y al resultado de esto le resta el resultado del multiplicador de los minutos y al igual que en los casos anteriores lo introduce al convertidor y al mismo tiempo a un multiplicador por 1000. Para el caso de los milisegundos resta a los milisegundos el resultado del multiplicador de segundos y este resultado lo introduce al convertidor. Cada una de las salidas de los convertidores las introduce en el orden que se han descrito pero intercalando entre ellas el carácter string ":" a un vi de LabView empaquetador de string, para unirlos, para poder obtener el resultado final en el formato hh:mm:ss:mss. La salida del empaquetador es enviada a la entrada Duración de la subrutina Result.

### 3.11 DESCRIPCION DE LA SUBRUTINA TIPOS.



Esta Subrutina es la que se encarga de representar en pantalla la clasificación de cada tipo de perturbación de acuerdo al tiempo que tiene de duración la perturbación hasta que esta finaliza, la figura 3.12 muestra el diagrama interno de esta subrutina.



**Figura 3.12 Diagrama interno de la Subrutina Tipos.**

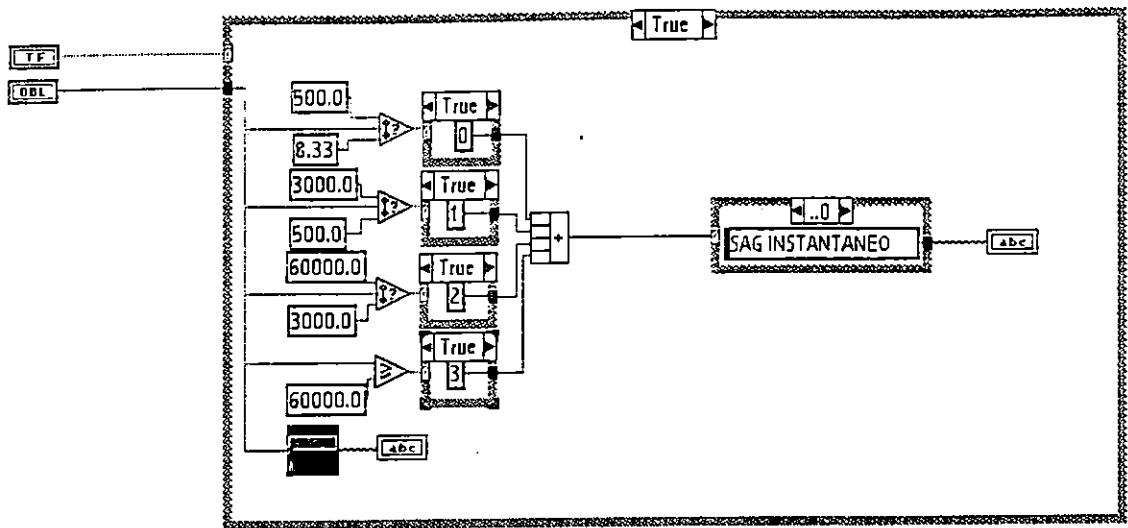
Esta subrutina tiene la información correspondiente a la clasificación de las perturbaciones de acuerdo al tiempo de duración, en cuatro comparadores de rangos, el tiempo transcurrido en milisegundos es introducido a los cuatro comparadores, estos determinan a cual de los rangos pertenece el tiempo transcurrido y cuando pertenece a uno de los rangos este activa un display Led. Cuando el tiempo transcurrido se encuentra en el rango de 8.33 a 500 milisegundos, se enciende el Led que indica que la perturbación es instantánea, cuando se encuentra en el rango de 500 a 3000 milisegundos se enciende el Led que indica que la perturbación es Momentánea, cuando se encuentra en el rango de 3,000 a 60,000 milisegundos se enciende el Led que indica que la perturbación es Temporal y por ultimo cuando es mayor que 60,000 milisegundos se enciende el Led que indica que la perturbación es de Larga Duración que permite al usuario visualizar la clasificación de la perturbación a cada momento mientras esta se mantiene.

### 3.12 DESCRIPCION DE LA SUBROUTINA CLASIFICA.



Existen tres subrutinas para la misma aplicación Clasifica 1, 2 y 3, cada una para un tipo de perturbación, esta subrutina es la que se encarga para clasificar las perturbaciones eléctricas en base al nivel de voltaje rms y al tiempo de duración de cada perturbación, específicamente tiene como objetivo fundamental presentar en el reporte final las perturbaciones debidamente clasificadas para que al usuario sepa interpretar los resultados fácilmente, la figura 3.13 muestra el diagrama interno de esta subrutina.





**Figura 3.13 Diagrama Interno de la Subrutina Clasifica.**

La subrutina ejecuta como primer paso el leer la entrada booleana del Case, esta entrada debe ser conectada a algún comparador que verifica si el nivel de voltaje en p.u. corresponde a algún tipo de perturbación, si esta condición se cumple el Case permite de la entrada numérica que esta conectada en el programa principal a la salida de los lazos correspondientes a cada perturbación, la entrada numérica se conecta al lazo que corresponde al comparador que se ha conectado la entrada booleana, los milisegundos de duración de cada perturbación los compara con diferentes rangos de tiempo los cuales constituyen los rangos de cada clasificación como en el caso de la subrutina Tipos con la diferencia de que Tipos mide el tiempo que esta transcurriendo y en este caso Clasifica mide el tiempo total de duración de la perturbación. La salida de los comparadores de rango se conectan a otros Case los cuales tienen la única función de asignar un valor numérico específico para dicho rango. Los valores numéricos son introducidos a un bloque sumador y la salida de este es introducida a un Case múltiple. El objetivo de asignar un valor numérico específico, es tener condiciones diferentes para el Case múltiple ya que como es evidente, si el tiempo de duración se encuentra dentro de un rango, el case correspondiente a este rango se activara y los demás serán inactivos entonces el resultado de la suma será el valor numérico del Case activo. Las condiciones del Case Múltiple presentan dependiendo del rango en el que se encuentre la duración de la perturbación los datos string Sag, Swell o Interrupción Instantánea si el tiempo de duración se encuentra dentro del rango 8.33 a 500 ms; Sag, Swell o Interrupción Momentánea si el tiempo de duración se encuentra dentro del rango 500 a 3,000 ms; Sag, Swell o Interrupción Temporal si el tiempo de duración se encuentra dentro del rango 3,000 a 60,000 ms y por ultimo Bajo Voltaje, Sobre Voltaje o Apagón si el tiempo de duración es mayor a 60,000 ms. La salida del Case Múltiple es enviada a una salida que es conectada a la entrada Perturbaciones de la subrutina Result. Otro procedimiento que se realiza en esta subrutina es obtener la duración de la perturbación en formato

hh:mm:ss:mss, utilizando dentro de Clasifica la subrutina Time, el procedimiento se ejecuta de la siguiente manera, la entrada de los milisegundos de duración obtenida de los lazos, se introduce dentro del Case y posteriormente a la entrada Milisegundos de Time y la salida de este es enviada a la salida duración de Clasifica.

### 3.13 DESCRIPCION DE LA SUBROUTINA RESULT.

Esta subrutina es la que se encarga de guardar en el archivo de resultados con el nombre elegido por el usuario todas las características de las perturbaciones ocurridas durante un periodo de análisis. En la figura 3.14 se muestra el diagrama interno de esta subrutina.

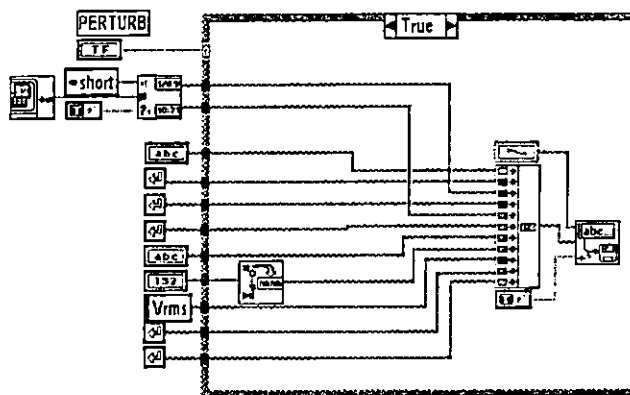


Figura 3.14 Diagrama Interno de la Subrutina Result.

Primordialmente el Case evalúa la entrada booleana para determinar si ha existido una perturbación, esta entrada debe estar conectada a la salida de uno de los comparadores que determinan si existe o no una perturbación, si la condición se cumple, permite la entrada de las características como la fecha y la hora a la que ocurrió; para obtener la fecha y hora se utiliza el vi de LabView Fecha y Hora en milisegundos, el cual lee la fecha y la hora de la PC y entrega el resultado en milisegundos, la salida de este es introducida en otro vi de LabView convertidor de milisegundos en dos salidas, una corresponde a la fecha en formato string y la otra salida corresponde a la hora siempre en formato string.

Las salidas del convertidor son introducidas un vi de LabView Empaquetador de string junto al tipo de perturbación que se obtiene de la salida Perturbación de la subrutina Clasifica, al tiempo de duración que se obtiene de la salida Duración de la subrutina Clasifica y nivel de voltaje rms de la perturbación que se obtiene de la salida RMS de la subrutina Lectura de la Tarjeta A; la salida el empaquetador de string es introducida en el vi de LabView Guardar Archivo para que sea guardado en el archivo

de reporte de resultados, este procedimiento se ejecuta cada vez que existe un perturbación.

### 3.14 DESCRIPCION DE LA SUBROUTINA CONTEO.

Esta subrutina tiene la función de guardar el valor rms de las perturbaciones de un solo tipo ocurridas durante el periodo de análisis, es decir que guarda en un archivo diferente cada tipo de perturbación, en la figura 3.15 se muestra el diagrama interno de esta subrutina.

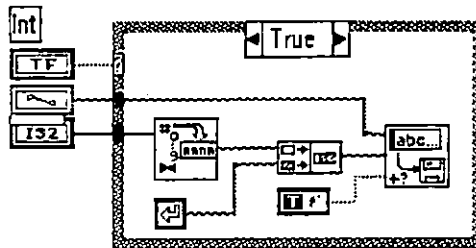
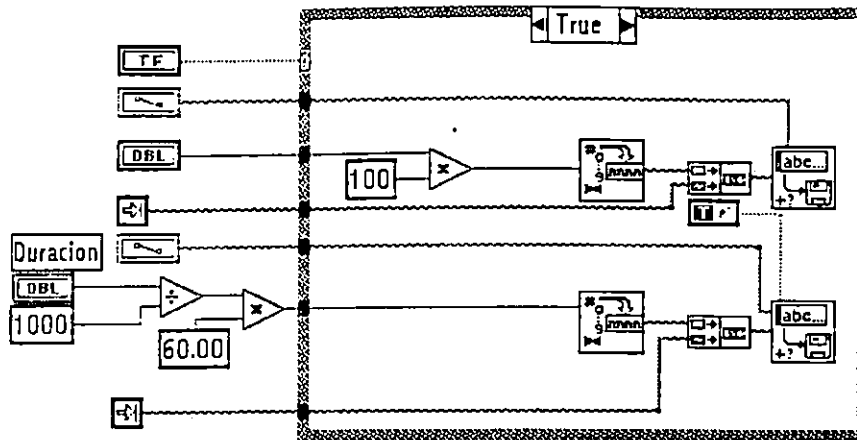


Figura 3.15 Diagrama Interno de la Subrutina Conteo.

El primer paso de esta subrutina es verificar si se ha dado algún tipo de perturbación, para determinar esto se la entrada booleana Int se conecta a la salida de los comparadores que verifican si el voltaje por unidad equivale a una perturbación, si es cierta esta condición el Case permite el ingreso del nivel de voltaje y el path del archivo, el cual puede ser Sag.txt, Swell.txt o Inter.txt según sean los comparadores a los que se haya conectado, ingresa el path correspondiente al vi de LabView Guardar Archivo, este se encarga de guardar el nivel de voltaje rms de cada perturbación en una pila de una columna, cada voltaje rms que ingresa es una posición en la pila, con el objetivo de determinar a través de la longitud de la pila al final del periodo de análisis el total de cada perturbación.

### 3.15 DESCRIPCION DE LA SUBROUTINA RESULT CBEMA.

Esta subrutina es la que se encarga de guardar en dos archivos separados el voltaje en por unidad y el tiempo de duración de duración de las perturbaciones. En la figura 3.16 se muestra el diagrama interno de esta subrutina.



**Figura 3.16 Diagrama Interno de la Subrutina Result CBEMA.**

El primer procedimiento de esta subrutina es leer la entrada booleana del Case que debe estar conectada a la salida de uno de los comparadores que verifican si el valor en p.u. corresponde a una perturbación, si esta condición se cumple, se lee el voltaje por unidad leído de la subrutina Lectura de la Tarjeta A y el tiempo de duración en milisegundos de duración de las perturbaciones obtenido de los lazos, el tiempo de duración se divide entre 1000 para obtener el tiempo en segundos y posteriormente se introduce a un multiplicador por 60 para obtener el numero de ciclos ya que la frecuencia del sistema es de 60 ciclos/seg, además son introducidos los path de los archivos Voltaje.txt y Ciclos.txt, el voltaje por unidad se introduce a un multiplicador por 100 para obtener el nivel de voltaje en porcentaje con respecto al nivel de voltaje estándar, la salida de este es introducida al vi de LabView convertidor de numérico a string y la salida de este se introduce al vi de LabView Guardar Archivo.

Por otra parte al resultado del multiplicador por 60 del tiempo de duración de los segundos se introduce al igual que en el caso del voltaje al convertidor de numérico a string y también al vi Guardar Archivo. El objetivo de esta subrutina es permitir plotear sobre las curva CBEMA el voltaje en porcentaje vrs. Tiempo de duración en ciclos.

### 3.16 DESCRIPCION DE LA SUBROUTINA CBEMA.

Esta subrutina es la que se encarga de plotear la curva CBEMA y al mismo tiempo sobreplotear sobre esta los puntos correspondientes a las perturbaciones ocurridas, los cuales han sido almacenadas por la subrutina Result CBEMA, el diagrama interno de esta subrutina se muestra en la figura 3.16.

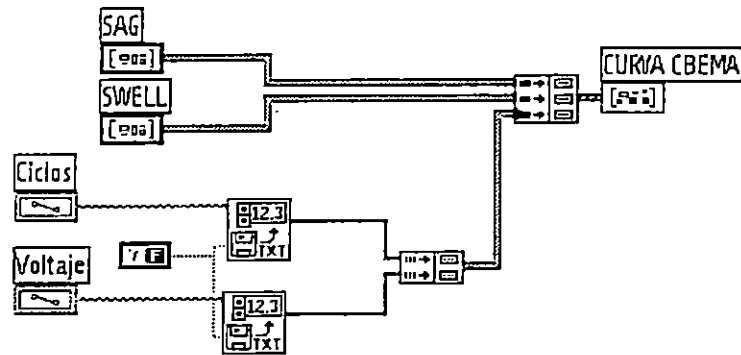
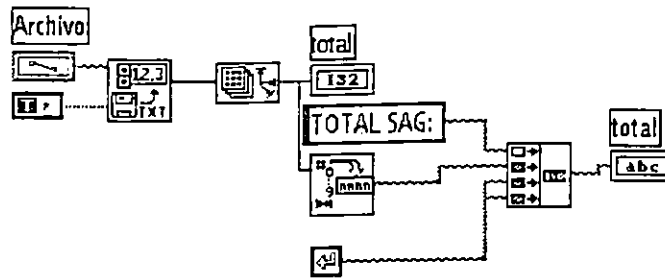


Figura 3.17 Diagrama Interno de la Subrutina CBEMA.

Como primer paso esta subrutina lee los Cluster llamados Sag y Swell, estos Cluster contienen la información de una matriz los datos correspondientes a las asíntotas de la Curva CBEMA cada uno de estos cluster son introducidos al vi de LabView empaquetador de Cluster, posteriormente los path de archivo Voltaje y Ciclos son introducidos al vi de LabView Lectura de archivos para lograr leer los datos almacenados por la subrutina Result CBEMA en los archivos Voltaje.txt y Ciclos.txt, de estos archivos se obtienen los datos del voltaje en p.u. y el tiempo duración en numero de ciclos almacenados en vectores. Las salidas de Lectura son introducidas a un vi de LabView Empaquetador de Vectores, el cual entrega a la salida los vectores empaquetados convertidos en un Cluster y este es introducido al anexador al que se introducen Sag y Swell, a la salida entrega un solo Cluster con toda la información, esta salida es introducida a un display grafico el cual permite que el usuario visualice la curva CBEMA junto a los puntos correspondientes a cada perturbación ocurrida.

### 3.17 DESCRIPCION DE LA SUBROUTINA SAG ESTADÍSTICAS.

De esta subrutina existen tres, Sag estadísticas, Swell estadísticas, Inter. estadísticas, la función es la misma para los tres, pero como es evidente una se utiliza para cada tipo de perturbación. La figura 3.18 muestra el diagrama interno de esta subrutina.



**Figura 3.18 Diagrama Interno de la Subrutina Sag Estadísticas.**

La función de esta subrutina es determinar la cantidad de perturbaciones de cada tipo que han sucedido durante un periodo de análisis. Como primer paso esta subrutina lee el archivo guardado por la subrutina Conteo, el cual puede ser Sag.txt, Swell.txt o Inter.txt utilizaron el vi de LabView Lectura de Archivos, la salida de Lectura se introduce un vi de LabView que mide la longitud de un archivo, la salida de este vi es enviado a un display numérico para que el usuario pueda a cada momento el estado de las perturbaciones ocurridas, al mismo tiempo esta salida es introducida a un convertidor de numérico a string y la salida de este es introducida a un empaquetador de string en el cual también se introduce los datos string "Total Sag", ":", también puede ser "Total Swell" o "Total Interrupciones", lo cual permite presentar en el reporte final estos datos que son de mucha importancia para el usuario.

### CONCLUSIONES DEL CAPITULO III

1. La inteligencia de una PC permite realizar procedimientos de gran escala en tiempos mínimos lo que hace propicios a los instrumentos virtuales para el análisis de eventos de corta y larga duración como lo son las perturbaciones eléctricas.
2. El sistema de programación visual de LabView lo hace un software de fácil manejo, ya que la programación se limita a la conexión de bloques previamente definidos por el fabricante o por el usuario, para obtener los resultados de un proceso determinado.
3. Las herramientas de LabView hacen más fácil el desarrollo de instrumentos para aplicaciones que exigen alta velocidad en el análisis de los datos muestreados como las variaciones de voltajes ocurridas durante una perturbación eléctrica.
4. La versatilidad de LabView hace posible crear subrutinas que se encarguen de tareas repetitivas dentro de un programa, lo cual permite desarrollar instrumentos de gran escala, reduciendo con esto la complejidad del programa principal.

## **BIBLIOGRAFÍA**

LabView User Manual National Instrument Corporation, Versión 4.1.



## CAPITULO IV

### MANUAL DE USUARIO DEL ANALIZADOR VIRTUAL DE PERTURBACIONES

#### 4.1 INTRODUCCIÓN.

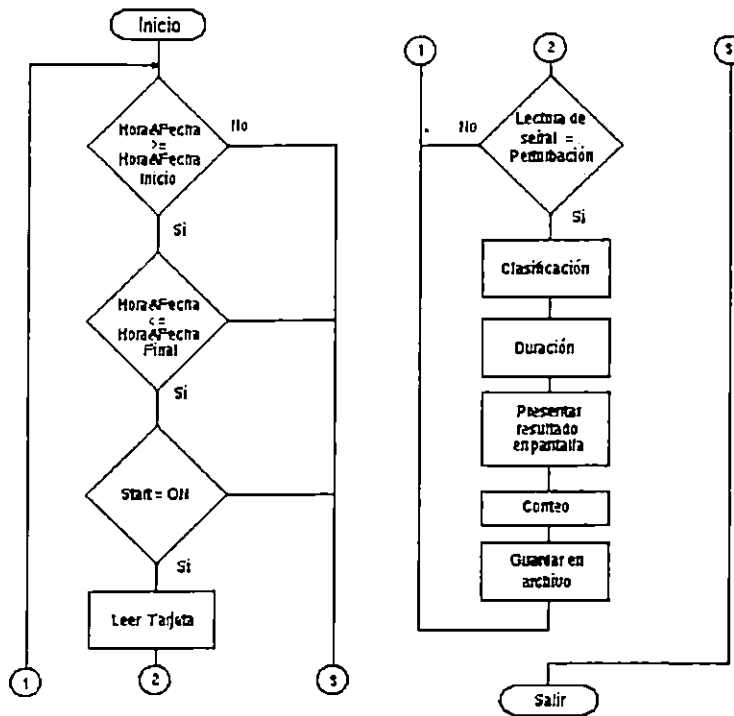
El instrumento virtual analizador de perturbaciones eléctricas de voltaje rms, presenta gran facilidad para que el usuario pueda seguir los pasos necesarios que le permitan realizar el análisis de un sistema eléctrico determinado, al mismo tiempo le permite interpretar fácilmente los resultados que se le presentan en pantalla ya que el instrumento ha sido implementado bajo un ambiente visual.

Este Capítulo hace una explicación detallada del funcionamiento total del instrumento, además se detallan los pasos que el usuario debe seguir, así como también se da una guía de recomendaciones sobre parámetros que el usuario debe tener presentes y que muy fácilmente se pueden olvidar a la hora de realizar el análisis, para evitar que se produzcan errores a la hora analizar un sistema.

#### 4.2 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL INSTRUMENTO.

El instrumento virtual analizador de perturbaciones eléctricas, realiza diferentes procedimientos para ejecutar el análisis de un sistema eléctrico, a continuación se detallan los procedimientos seguidos por el instrumento según el orden de ejecución.

1. En primer lugar, la etapa de acondicionamiento de señal, se encarga de convertir la señal de voltaje AC, a una señal de voltaje DC equivalente RMS multiplicado por un factor de escala, para obtener un nivel de voltaje que pueda ser leído y que al mismo tiempo no dañe la Tarjeta de Adquisición de Datos ATMIO-16E-10, en la figura 4.1 se muestra el diagrama de flujo de ejecución del software.
2. Cuando el tiempo real de la PC se encuentra dentro del periodo programado de análisis, y se ejecuta el Software, en primer lugar, el voltaje a la entrada de la DAQ ATMIO-16E-10, es leído por el Software y lo convierte nuevamente a su magnitud de voltaje RMS real.
3. El voltaje rms obtenido del sistema es dividido entre el valor RMS estándar del sistema que se esta analizando (el cual fue seleccionado previamente, tanto en el panel, como en la etapa de acondicionamiento de señal) para obtener el nivel de voltaje en p.u.
4. Estos valores de voltaje rms y p.u. son introducidos en display numéricos y display gráficos para que el usuario pueda visualizarlos a la hora de estar realizando el análisis.



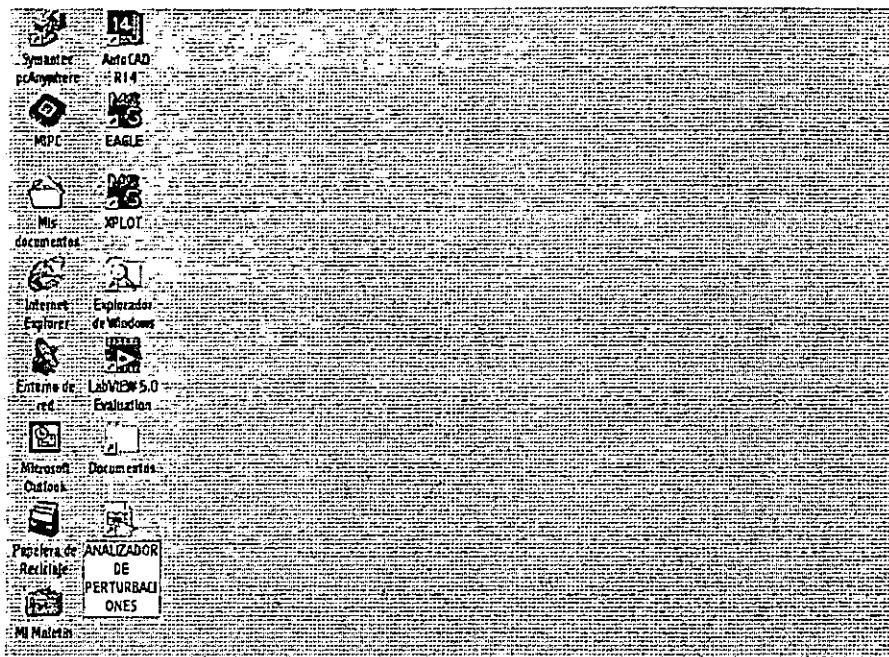
**Figura 4.1 Diagrama de Flujo de las Operaciones del Software del Instrumento.**

5. Al voltaje rms se multiplica por  $\sqrt{2}$  para poder generar la gráfica de la forma de onda de la señal ac del sistema, la cual se presenta en forma gráfica en el panel del instrumento.
6. Luego se procede a realizar el análisis que consta de diferentes pasos, el primero de estos es el verificar el nivel de voltaje en p.u. de la señal, por medio de este paso se determina si el nivel de voltaje corresponde una perturbación o no. Para poder determinar si es una perturbación, se compara el nivel de voltaje en p.u. con diferentes rangos de voltaje también en p.u. (0-0.1, 0.1-0.8, 1.1-1.8) dependiendo del rango de voltaje en que se encuentre, se identifica el tipo de perturbación que este ocurriendo o en su defecto que no haya perturbación.
7. Cuando se detecta un tipo de perturbación, se inicia un lazo el cual tiene como principal objetivo el medir el tiempo de duración de la perturbación, cuando la perturbación ha pasado, termina el lazo y proporciona a la salida el total de milisegundos que duro la perturbación.

8. El tiempo de duración en milisegundos obtenido de los es convertido en formato hh:mm:ss:mss, para que el usuario sepa interpretar la duración de la perturbación fácilmente.
9. Al mismo tiempo, cuando ocurre una perturbación el instrumento lee la fecha y la hora del sistema y la guarda en una variable para luego ser enviada al archivo de resultados al finalizar la perturbación.
10. Cuando se finaliza la perturbación son guardados en un archivo los datos de cada perturbación, tales como tipo de perturbación, fecha y hora a la que ocurrió, el nivel de voltaje rms de la perturbación y el tiempo de duración en el formato antes mencionado.
11. Al mismo tiempo dentro de los lazos se encuentran los procedimientos que permiten presentar en pantalla mediante un Led que existe una perturbación, mediante otro Led indica que tipo de Perturbación es la que esta ocurriendo.
12. También dentro de los lazos se realizan los procedimientos que están midiendo el tiempo duración en cada instante y determinando según la duración la clasificación de la perturbación, mediante cuatro Leds que indican si la perturbación es instantánea, momentánea, temporal o de larga duración.
13. Cuando la perturbación a finalizado el instrumento guarda también en tres archivo diferentes uno para cada perturbación el nivel de voltaje rms de la perturbación y cada que finaliza una perturbación cuenta el total de perturbaciones de cada tipo que han ocurrido.
14. En la pantalla se muestran mediante tres Display numéricos el total de cada tipo de perturbación que han ocurrido, esto con el objetivo que el usuario visualice en el panel el estado del sistema en cualquier momento que el lo desee.
15. Al mismo tiempo al finalizar las perturbaciones se guarda en otro archivo el nivel de voltaje p.u. convertido en porcentaje y el tiempo de duración convertido en ciclos, para poder generar los puntos ciclos vrs. Voltaje en porcentaje sobre la curva CBEMA.
16. El usuario puede seleccionar a través de los botones del panel de control que gráfica quiere visualizar, ya sea la gráfica de la forma de onda, la gráfica del voltaje rms o la gráfica de la curva CBEMA.

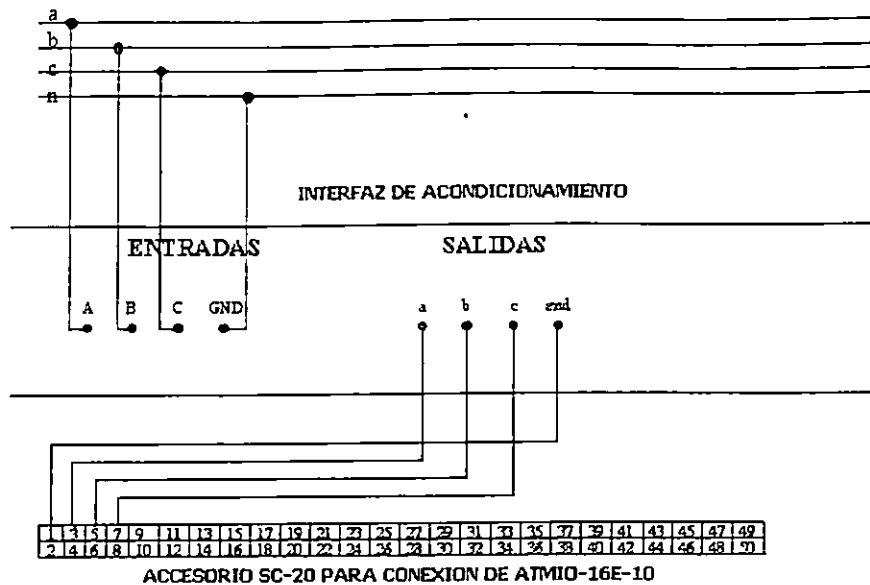
### 4.3 MANUAL DEL USUARIO

Existen diferentes parámetros en instrumento analizador de perturbaciones eléctrica desarrollado en este trabajo, que el usuario necesita establecer en el panel de control y en la interfaz de acondicionamiento para que el instrumento obtenga la información verdadera y evitar obtener información errónea, a continuación se detallan los pasos que el usuario debe seguir para hacer que el instrumento funcione y para establecer estos parámetros.




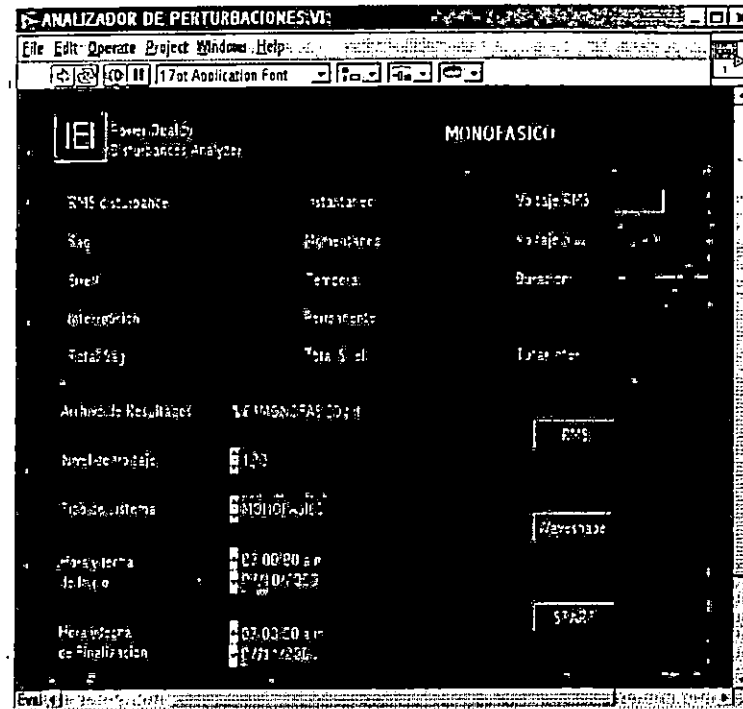
**Figura 4.2 Escritorio de PC Archivo Analizador de Perturbaciones Seleccionado.**

1. En primer lugar es necesario realizar las conexiones adecuadas en la etapa de acondicionamiento de señal, chequear que todas las conexiones estén de acuerdo al diagrama de conexiones que se muestra en la figura 4.3
2. En primer lugar es necesario encender la PC y al mismo tiempo conectar la interface de acondicionamiento de señal al UPS, conectar la entradas de la interfaz al sistema que se desea analizar.



**Figura 4.3 Diagrama de Conexiones de la Interfaz de acondicionamiento.**


3. Una vez la PC halla arrancado, se debe proceder a abrir el archivo Analizador de Perturbaciones que aparece en escritorio de la PC, como se muestra en la Figura 4.1, haciendo doble click sobre el.
4. Una vez cargado el archivo aparecerá el panel del instrumento y el puntero del Mouse en la ventana del panel de control tendrá la forma  con el cual podrá operar las ventanas de control en las cuales se deben hacer las siguientes especificaciones.
5. Dentro del Panel del instrumento se existen varias ventanas de control donde se deben establecer los parámetros, entre los cuales esta se encuentra la ventana donde se establece el archivo donde se desean guardar los resultados del análisis, esta ventana como puede verse en la figura 4.2 aparece identificado como Archivo de Resultados y dentro de la casilla aparece C:\MONOFÁSICO.txt, para poder establecer este parámetro, el usuario deberá dar un click dentro de ella, borrar el contenido de esta y digitar el path y el nombre del archivo en el cual desea que se guarden los resultados.

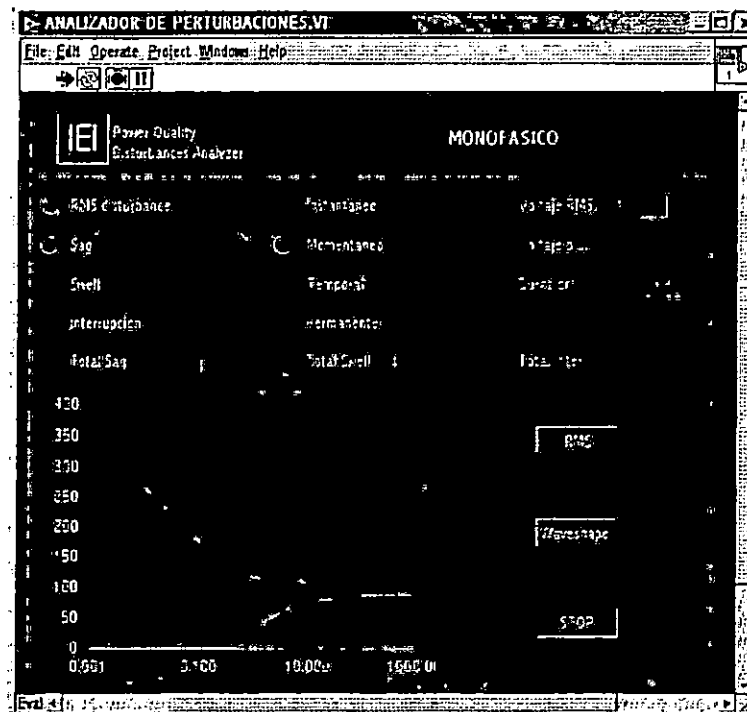


**Figura 4.4 Panel de Control del Analizador de Perturbaciones.**

6. Definir el nivel de voltaje el cual puede ser 120, 240 o 480 Voltios rms. en la ventana de control numérico que aparece identificada como Nivel de Voltaje y dentro de la ventana aparece 120 como puede visualizarse en la figura 4.2 , para poder cambiar el nivel de voltaje el usuario deberá colocar el puntero del Mouse en las flechas ascendente o descendente según sea el nivel de voltaje que desee seleccionar, por cada click la ventana cambia una vez.
7. Definir el tipo de sistema, si es MONOFÁSICO o TRIFÁSICO en el control string identificado como Tipo de Sistema y dentro de la ventana de control aparece MONOFÁSICO como puede observarse en la figura 4.2, se logra cambiar con el mismo procedimiento descrito para el nivel del voltaje este parámetro, por cada click la ventana cambia de MONOFÁSICO a TRIFÁSICO y viceversa.
8. Se debe definir la fecha y hora de inicio y la fecha y hora de finalización, en las controles de fecha identificados como Hora y Fecha de Inicio y Hora y Fecha de Finalización, y que en la figura 4.2 están establecidos así, 7:00 a.m. 07/10/2000 y 7:00 a.m. 07/11/2000 respectivamente, la mecánica de cambio en estas ventanas en la misma descrita en el numeral anterior, y por cada click se obtiene una variación de 30 minutos en la hora.

Nota: en realidad el orden en que se establezcan estos parámetros no importa, pero si es importante definirlos todos antes de iniciar el análisis de un sistema determinado.

9. Luego de haber establecido todos los parámetros antes mencionados se debe presionar el botón start utilizando el puntero del Mouse y dando un click sobre él, para extraer el botón, se da otro click sobre el mismo botón.
10. Una vez presionado el botón start, para que el ANALIZADOR DE PERTURBACIONES inicie el análisis una vez se llegue la hora de inicio, es necesario presionar el icono  que aparece en la barra de menús, dando un click sobre él.
11. Si se desea terminar antes de finalizar el periodo de análisis, se debe presionar el botón start y el análisis terminara inmediatamente después de que termine una perturbación, en el caso de que la halla y si no existe perturbación, el instrumento finalizara el análisis al instante.

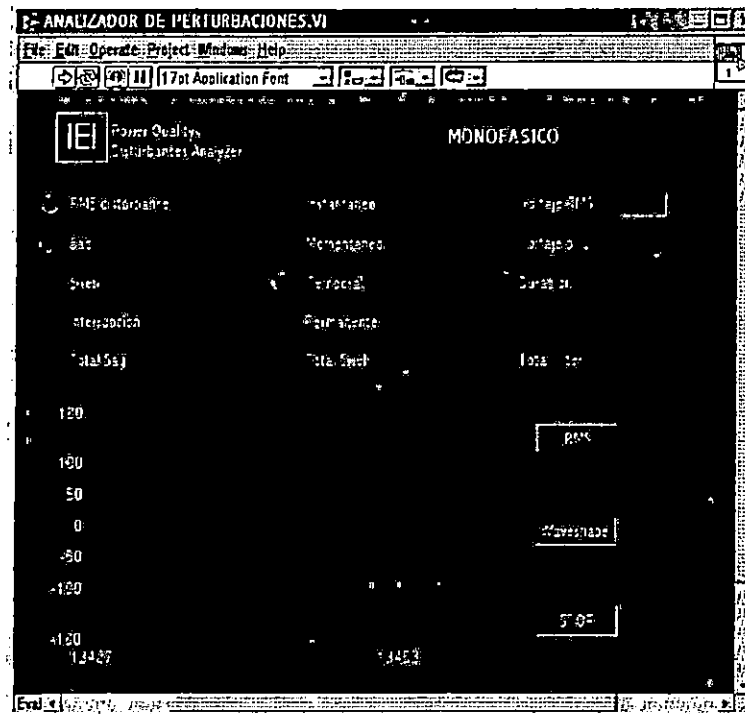


**Figura 4.5 Esquema del Panel del Analizador de Perturbaciones Presentando la Gráfica de la curva CBEMA sobreploteando sobre esta un Swell.**

12. Cuando se inicia el análisis del instrumento desaparecen todas las ventanas de control y aparece en su lugar la gráfica de la Curva CBEMA, mostrando únicamente las dos trazas de la curva si no han existido perturbaciones, una vez ocurra y finalice

algún tipo de perturbación, aparecerá ploteada sobre la curva, como puede observarse en la figura 4.3.

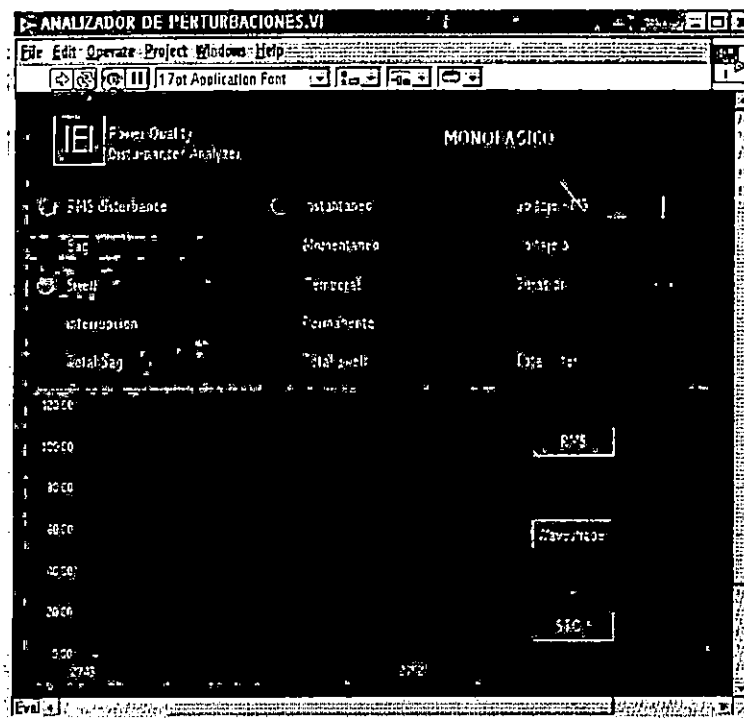
13. Como puede observarse en la figura 4.3 cuando existe una perturbación se enciende el Led identificado como RMS Disturbances y al mismo tiempo se enciende uno de los Leds identificado como Sag, Swell e Interrupción, en el caso de la figura 4.3 esta encendido el Led Sag que concuerda con el nivel de voltaje rms que se muestra en el display numérico identificado como voltaje RMS (41.84) Además se encienden los Leds Instantáneo, Momentáneo, temporal o de Larga Duración, en el caso de la Figura 4.3 esta encendido el Led Momentáneo que concuerda con el tiempo de duración (0:0:0:830) como se muestra en el display numérico identificado como Duración.
14. Además en el panel mostrado en la figura 4.3 se puede observar que los display numéricos identificados como Total Sag, Total Swell o Total Inter. Muestran la cantidad de cada tipo de perturbación que han ocurrido hasta el momento. En el caso de la figura 4.3 se puede observar que en el momento en que se copio la pantalla del panel en la ventana identificada como Total Sag se encuentra 0, en la ventana Total Swell, se encuentra 1 y en la ventana Total Inter., se encuentra 0, lo que muestra que hasta ese momento únicamente había ocurrido únicamente un Swell.



**Figura 4.6 Esquema del Panel del Analizador de Perturbaciones Presentando la Gráfica de la Forma de Onda.**



15. Si el usuario desea ver la gráfica de la forma de onda de la señal de voltaje ac del sistema, el usuario deberá presionar el botón Waveshape y desaparecerá la gráfica de la curva CBEMA y aparecerá la gráfica de la forma de Onda, como puede visualizarse en la figura 4.4.
16. En la figura 4.4 pueden visualizarse el Led RMS Disturbances, el Led Sag que concuerda con el voltaje mostrado por la ventana Voltaje RMS (88.55), el Led Temporal que concuerda con la duración mostrada en la ventana Duración (0:0:7:120). Al mismo tiempo en la ventana Total Sag se encuentra 1, en la ventana Total Swell se encuentra 2 y la ventana Total Inter. se encuentra 0.



**Figura 4.7 Esquema del Panel del Analizador de Perturbaciones Presentando la Gráfica del Voltaje RMS.**

17. Si el usuario desea visualizar la gráfica del voltaje rms se debe dar un click sobre el botón Waveshape y posteriormente dar un click sobre el botón RMS y desaparecerá la gráfica de la forma de onda y aparecerá la gráfica del voltaje rms, como se muestra en la figura 4.5, al mismo tiempo se puede observar que en el momento de copiar el panel de la perturbación estaba ocurriendo un Swell con un voltaje rms de 175 y tenía una clasificación Instantánea con una duración de 0:0:0:358, al mismo tiempo se puede observar que habían ocurrido 4 Sag, 2 Swell y 2 Interrupciones.

#### **4.4 RECOMENDACIONES PARA EL USO CORRECTO DEL INSTRUMENTO.**

1. Para obtener un reporte por cada periodo de análisis, es necesario que se seleccione un nombre de archivo diferente cada vez que se use el instrumento, de no ser así, los resultados del análisis actual se anexaran a los resultados del análisis anterior.
2. A la hora de configurar el nivel de voltaje en el panel de control, se debe asegurar de seleccionar el mismo nivel de voltaje en la interfaz de acondicionamiento, ya que de no ser así, se obtendrán resultados erróneos tanto en la presentación en pantalla como también en el reporte de resultados.
3. Si se necesita realizar el análisis de un sistema monofásico, se debe asegurar de seleccionar en el panel de control adecuadamente tipo de sistema monofásico en el panel de control y en la interfaz de acondicionamiento, de no ser así el instrumento configurado como tipo de sistema trifásico, realizará el análisis de las tres fases con lo cual se provocará un error, ya que los resultados presentados en pantalla y en el archivo de resultados solo serán correctos para una de las fases, la que haya sido conectada al sistema monofásico y las otras dos fases, al no tener señal de entrada, tomarán esto como una interrupción que tendrá una duración igual al periodo de análisis programado, lo cual sería erróneo.
4. Se debe asegurar que la fase de salida de la interfaz de acondicionamiento que se conecte al canal del accesorio que se necesita para introducir los voltajes leídos del sistema a la DAQ ATMIO-16E-10 sea la correspondiente a la fase de entrada, a la cual se le introduce la señal del sistema que se desea analizar, ya que de no ser así, el instrumento detectará una interrupción con un tiempo de duración igual al periodo de análisis programado, lo cual sería erróneo.
5. Cuando se desea analizar un sistema trifásico debe asegurarse el usuario de conectar las entradas de las fases de la interfaz de acondicionamiento y al mismo tiempo asegurarse de conectar las salidas de la interfaz de acondicionamiento a los canales respectivos del accesorio que sirve de entrada a la tarjeta de adquisición de datos ATMIO-16E-10.
6. El usuario debe tener presente el no olvidar conectar la alimentación de la interfaz de acondicionamiento al mismo UPS donde se conecta la PC, con el objetivo de evitar que las perturbaciones afecten al instrumento.

## CONCLUSIONES DEL CAPITULO IV

1. Cuando se diseña y se implementa un instrumento de cualquier naturaleza es indispensable la elaboración de un documento o guía que detalle explícitamente el funcionamiento del instrumento.
2. Para que un instrumento sea eficiente es indispensable que el diseñador elabore un manual de usuario el cual explique detalladamente de la secuencia de pasos que el usuario debe seguir para el buen funcionamiento del instrumento
3. Es indispensable cuando se diseña un instrumento, hacer un diagrama de las conexiones para evitar que un usuario que desconozca la naturaleza del instrumento realice conexiones indebidas y dañe el equipo.

## CONCLUSIONES GENERALES

1. Las perturbaciones que afectan mas severamente el funcionamiento y la vida útil de los dispositivos eléctricos son los sags, swells e interrupciones siendo estas las mas frecuentes en el sistema eléctrico del país.
2. El conocimiento de la curva CBEMA permite realizar el análisis de la eficiencia del sistema eléctrico, ya que al obtener la información de la magnitud y duración de las perturbaciones se puede realizar la comparación con la curva y determinar en base a esta el grado de deficiencia que el sistema tiene.
3. Gracias a la facilidad de realizar modificaciones en los instrumentos virtuales y a la gran capacidad de las computadoras en la realización de procesos, estos se convierten en la mejor solución a la hora de adquirir un instrumento.
4. Actualmente existen leyes que normalizan la calidad de la energía eléctrica suministrada por las compañías, en base a esto se hace indispensable la utilización de un instrumento que se encargue de realizar la medición de esta, y en este caso particular la solución mas eficiente son los instrumentos virtuales.

## ANEXOS

DIAGRAMA DEL PROGRAMA PRINCIPAL DEL ANALIZADOR  
VIRTUAL DE PERTURBACIONES ELÉCTRICAS.

