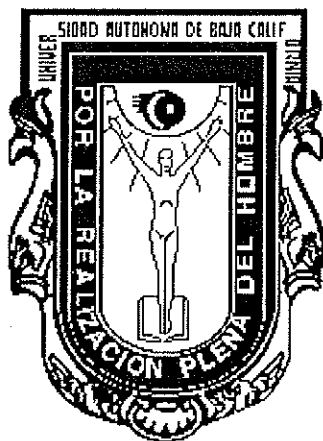


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA  
ESCUELA DE INGENIERIA  
UNIDAD ENSENADA



SISTEMA EMULADOR DE INSTRUMENTOS  
ELECTRONICOS

Tesis Profesional  
que para obtener el título de

INGENIERO EN ELECTRONICA

presenta

Francisco Antonio Polanco Montelongo

Ensenada, B.C. México

Abril 1996

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

ESCUELA DE INGENIERÍA

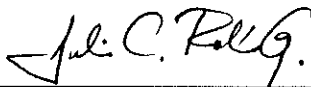
"SISTEMA EMULADOR DE INSTRUMENTOS  
ELECTRONICOS"

TESIS PROFESIONAL

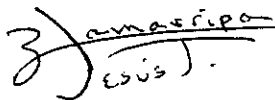
Que presenta:

FRANCISCO ANTONIO POLANCO MONTELONGO

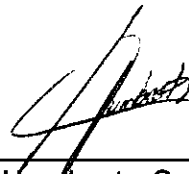
Aprobado por:



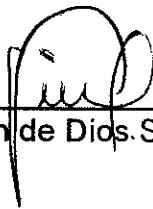
M.C. Julio César Rolón Garrido



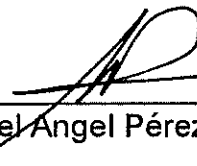
M.C. José de Jesús Zamarripa Topete



M.C. Humberto Cervantes de Avila



Ing. Juan de Dios Sánchez López



M.C. Miguel Ángel Pérez Chavarria



# DEDICATORIA

A mis padres

Fransico Alfonso Polanco y Prieto

y

Sarita Montelongo Garcia

## AGRADECIMIENTOS

A mis hermanos por serlo, y apoyarme en mis desiciones y aventuras.

Al M.C. Julio César Rolón Garrido por todo el apoyo recibido durante la carrera y en este trabajo.

A mis amigos por su compañía, amistad y comprensión.

A los compañeros de carrera.

A todos aquellos que compartieron mis días de estudiante.

## INDICE

|                                                               |           |
|---------------------------------------------------------------|-----------|
| Lista de figuras.                                             | <i>i</i>  |
| Lista de tablas.                                              | <i>ii</i> |
| I.- Introducción.                                             | 1         |
| II.- Instrumentación virtual.                                 | 4         |
| II.1 Arquitectura.                                            | 5         |
| II.2 Ventajas.                                                | 7         |
| II.3 Desventajas.                                             | 9         |
| II.4 Selección de instrumentos.                               | 10        |
| II.5 Tendencias.                                              | 11        |
| III.- Adquisición de datos en tiempo real.                    | 13        |
| III.1 Tipos de interfaz de equipo de adquisición<br>de datos. | 17        |
| III.1.1 IEEE 488 (GPIB).                                      | 17        |
| III.1.2 Ducto VME.                                            | 18        |
| III.1.3 RS232, RS422 y RS485.                                 | 18        |
| III.1.4 Tarjetas de adquisición de datos .                    | 19        |
| III.2 Elementos de una tarjeta de adquisición de<br>datos.    | 19        |
| III.2.1 Interfaz con el ducto.                                | 20        |
| III.2.2 Circuito de adquisición y entrada<br>analógica.       | 21        |
| III.2.2.1 Acondicionamiento de la señal.                      | 22        |
| III.2.2.2 Convertidor analógico - digital.                    | 24        |
| III.2.3 Circuito de salida analógica.                         | 26        |

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| III.2.4 Temporizadores.                                           | 26 |
| III.3 Operación de la adquisición de datos.                       | 27 |
| III.4 Especificaciones de los equipos de adquisición<br>de datos. | 28 |
| III.4.1 Número de canales.                                        | 28 |
| III.4.2 Razón de muestreo.                                        | 29 |
| III.4.3 Resolución.                                               | 30 |
| III.4.4 Precisión.                                                | 30 |
| III.4.5 Intervalo de voltaje de entrada.                          | 31 |
| III.4.6 No linealidad.                                            | 31 |
| III.4.7 Salidas analógicas.                                       | 32 |
| III.5 Métodos de transferencia de datos.                          | 33 |
| III.5.1 Método de rastreo en anillo.                              | 33 |
| III.5.2 Interrupciones.                                           | 34 |
| III.5.3 Acceso directo a memoria.                                 | 35 |
| III.6 Adquisición de datos bajo ambiente de tiempo<br>compartido. | 37 |
| IV Sistema emulador de instrumentos electrónicos.                 | 45 |
| IV.1 Modo de adquisición de datos continuo.                       | 47 |
| IV.2 Etapas del sistema emulador de instrumentos<br>electrónicos. | 50 |
| IV.3 Osciloscopio.                                                | 52 |
| IV.4 Diagrama de flujo del Osciloscopio                           | 53 |
| IV.5 Generador de funciones.                                      | 57 |
| IV.6 Diagrama de flujo del Generador de funciones                 | 58 |
| IV.7 Registrador de datos.                                        | 62 |
| IV.8 Diagrama de flujo del Registrador de datos                   | 63 |

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| IV.9 Voltímetro.                                                                                 | 68 |
| IV.10 Diagrama de flujo del Voltímetro                                                           | 69 |
| V Conclusiones.                                                                                  | 72 |
| VI Bibliografía.                                                                                 | 75 |
| Glosario de Términos                                                                             | 76 |
| Apendice A: Aplicaciones de desarrollo de sistemas<br>de instrumentación virtual.                | 79 |
| Anexo A: Especificaciones y requerimientos del sistema<br>emulador de instrumentos electrónicos. | 81 |
| Anexo B: Tableta de conexión de señales.                                                         | 84 |
| Anexo C: Instalación y mandos.                                                                   | 86 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1.- Elementos de un sistema de instrumentación virtual.                        | 5  |
| Figura 2.- Módulos genéricos que componen un instrumento.                             | 6  |
| Figura 3.- Señal analógica convertida a digital.                                      | 13 |
| Figura 4.- Sistema de adquisición de datos VXL.                                       | 18 |
| Figura 5.- Unidades funcionales de una tarjeta de adquisición de datos.               | 20 |
| Figura 6.- Circuito de adquisición y entrada analógica.                               | 22 |
| Figura 7.- Etapas de Acondicionamiento de señal.                                      | 22 |
| Figura 8.- Amplificador de instrumentación.                                           | 24 |
| Figura 9.- Controlador de interrupciones en el ducto ISA.                             | 35 |
| Figura 10.- Modos operativos de DOS y Windows.                                        | 38 |
| Figura 11.- Tiempos de latencia de DOS y Windows en modo estándar<br>y 386 extendido. | 39 |
| Figura12.- Anillos de prioridad en Windows.                                           | 40 |
| Figura13.- Segmentación de memoria en Windows.                                        | 42 |
| Figura 14.- Etapas del sistema emulador de instrumentos electrónicos                  | 50 |
| Figura 15.- Carátula del osciloscopio.                                                | 52 |
| Figura 16.- Carátula del generador de funciones.                                      | 57 |
| Figura 17.- Carátula del registrador de datos.                                        | 62 |
| Figura 18.- Carátula del voltímetro.                                                  | 68 |
| Figura B.1.- Tableta de conexión de señales.                                          | 84 |

## LISTA DE TABLAS.

Tabla I. Comparación de los diferentes tipos de convertidores

analógico - digital

25

## I. INTRODUCCION.

La electrónica se ha desarrollado de una manera vertiginosa, gracias a los avances tecnológicos que se alcanzan día a día, la tendencia que se ha marcado en los últimos años nos permite vislumbrar la concentración del desarrollo tecnológico y científico en el manejo de la información, lo que ha venido a revolucionar al mundo en los campos del conocimiento científico, social y político.

Dentro del área de la electrónica esto ha llevado a desarrollar equipo y sistemas que intercambien información, la opción más viable es a través de los sistemas de cómputo, los cuales permiten realizar procesamiento y almacenamiento de datos de una manera en que ningún otro sistema puede lograrlo.

En la actualidad existen grandes redes mundiales de cómputo que proporcionan acceso a cualquier tipo de información y además permiten el uso de equipo no disponible físicamente en los lugares requeridos.

Mediante el uso de estas redes de información se han creado grandes equipos de diseño, los cuales no se encuentran localizados en un mismo punto geográfico, lo que ha llevado a hacer un uso más óptimo de los recursos físicos no disponibles en ciertos lugares [1].

Por otra parte, debido a la importancia que tiene el manejo de la información ha ocasionado que los equipos electrónicos permitan tener alguna



clase de interacción con los sistemas de cómputo, como lo son las interfaces de comunicación, almacenamiento, despliegue y procesamiento de la información que el equipo electrónico contiene.

En base a estos eventos mundiales desde hace algunas décadas se ha venido desarrollando un área de la instrumentación conocida como instrumentación virtual, la cual es un medio alternativo para realizar las funciones de algunos equipos electrónicos por medio de sistemas de cómputo, con aditamentos especiales. Esta modalidad se ha incrementado en los últimos años, como una alternativa factible para ciertos procesos, por su gran flexibilidad en el manejo de la información, que nos permite desde el almacenamiento hasta el procesamiento de la información de manera remota con el uso de las redes de información.

Con el objetivo de contar con una aplicación que hiciera uso de las ventajas de la instrumentación virtual se desarrolló el Sistema Emulador de Instrumentos Electrónicos (SISEM), el cual es un sistema de medición sencillo, eficaz y amigable con el usuario. Utiliza la computadora personal como plataforma de cómputo, y está compuesto por lo siguientes instrumentos: Osciloscopio, Generador de funciones, Registrador de datos y Voltímetro.

En este trabajo se describe un panorama de la instrumentación virtual, desde el punto de vista del diseñador, describiendo de manera general los elementos que deben considerarse para implementar un sistema de este tipo.

El capítulo segundo introduce el concepto de instrumentación virtual, su arquitectura, ventajas, desventajas y tendencias actuales.

En el capítulo tercero se trata el tema de la adquisición de datos en tiempo real, la cual es la base del sistema, ya que se encarga de la conversión analógico - digital (A/D) y la transferencia de los datos hacia la memoria de la computadora, la efectividad de la adquisición depende en gran parte del método de transferencia que se utilice además del ambiente de administración que proporciona el sistema operativo usado, se describe el manejo de la adquisición dentro del entorno monousuario y de tiempo compartido.

Dentro del capítulo cuarto se analiza el sistema emulador de instrumentos electrónicos en forma general, y cada uno de los instrumentos en particular, describiendo la estructura del programa realizado y las funciones de los instrumentos.

El capítulo quinto trata acerca de las conclusiones derivadas de la realización del sistema de instrumentación.

En el glosario se describen términos y abreviaciones utilizadas en el texto de este trabajo. Dentro del apéndice A se describen algunas de las aplicaciones existentes en el mercado actual, que permiten el desarrollo de sistemas de instrumentación virtual.

En el anexo A se presentan las especificaciones de los instrumentos del sistema. En el anexo B se muestran y describen las terminales de la tableta de conexión de señales y por último en el anexo C, se indica el procedimiento de instalación, además de la descripción de los mandos usados por el sistema.

## II. INSTRUMENTACION VIRTUAL.

La instrumentación virtual es un campo de la electrónica que ha existido por varios años como una alternativa a los instrumentos físicos, este concepto ha revolucionado la instrumentación en el área de la prueba y la medición, además de los procesos de monitoreo y control, reduciendo costos sin sacrificar el desempeño de los sistemas.

Un instrumento virtual es la conjunción de algunos módulos funcionales, configurables vía programación, que emulan el funcionamiento de uno o varios instrumentos físicos. Este sistema se basa en tres elementos (figura 1):

- Sistema de cómputo.
- Equipo de adquisición de datos.
- Módulos de programación.

A través del uso de un sistema de cómputo se aprovecha su arquitectura además se incrementa la eficacia del manejo de la información adquirida, facilidad de mantenimiento y/o crecimiento ya que es el usuario quien diseña el sistema que requiere, además de reducir costos.

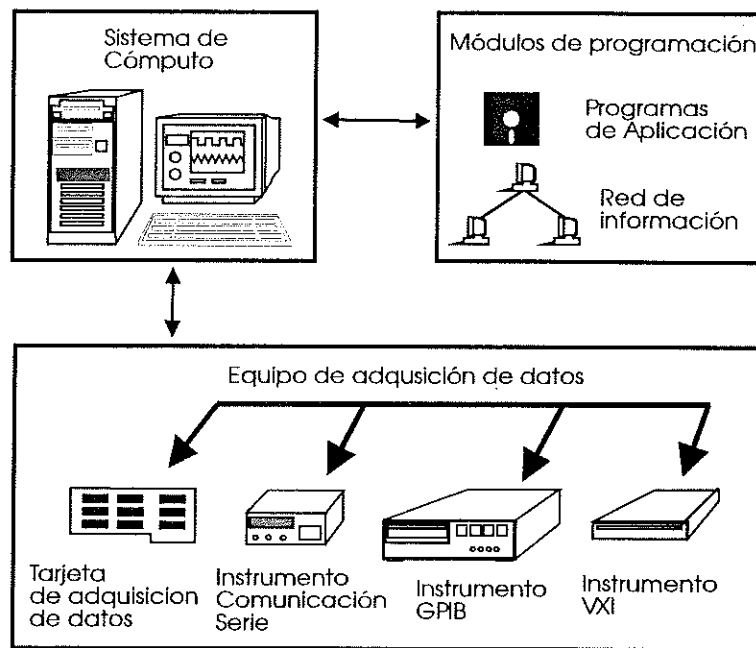


Figura 1. Elementos de un sistema de instrumentación virtual.

### II.1 Arquitectura.

El instrumento virtual se desarrolla haciendo una analogía con las funciones realizadas por el instrumento físico [2], esto se logra dividiendo las funciones de un instrumento en módulos genéricos (figura 2), las funciones son:

Entrada - Acondicionamiento y conversión de una señal analógica a un formato digital para su procesamiento.

Procesamiento de datos - Un procesador de datos es el encargado de controlar las funciones de entrada y salida, además de la manipulación de los datos adquiridos.

Salida - Conversión de datos digitales en una señal analógica.

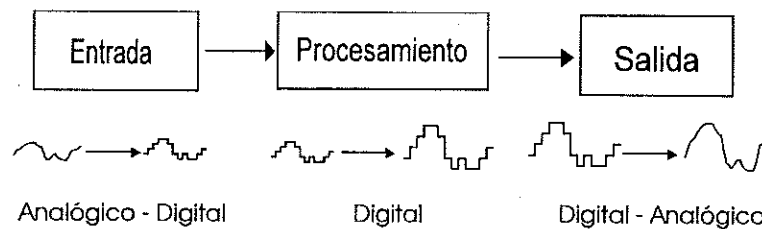


Figura 2. Módulos genéricos que componen un instrumento.

Este tipo de instrumento se basa en la obtención de las señales objeto de análisis a través de una tarjeta de adquisición de datos. Una vez obtenida la señal esta es convertida en un conjunto de valores numéricos discretos, los cuales de esta forma pueden ser tratados como un conjunto de datos que se representan gráficamente, además es posible generar señales para su uso exterior al sistema.

Debido al uso de un sistema de cómputo se tiene la opción de hacer un sistema de adquisición portátil, eficiente y a un costo accesible, con el uso de computadoras tipo notebook, que mediante la adaptación de montajes especiales aceptan el equipo de adquisición de datos. Las ventajas que presenta esta opción son la facilidad de transportación del sistema de monitoreo y análisis al mismo campo de prueba sin verse afectado por el problema de alimentación de energía, ya que trabajan en base a corriente alterna o baterías, siendo esto un punto importante debido a que pueden ser aplicados en lugares aislados y en ambientes altamente ruidosos. Existen también dispositivos conocidos como PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association), que es un periférico del tamaño de una tarjeta de crédito, el cual puede conectarse en las computadoras notebook a través de un puerto paralelo, estas agregan la capacidad de adquisición, y son totalmente configurables y

calibrables vía programación [3]. Para ambientes industriales, vehículos de prueba, o ambientes con alta vibración, existe equipo especializado como lo son el SCXI (Signal Conditioning eXtensions for Instrumentation) y el GTXI (Geological Test eXtensions for Instrumentation), que son gabinetes de montaje que proporcionan un blindaje muy efectivo.

### II.2 Ventajas.

Las ventajas que presenta un sistema de instrumentación virtual con respecto a uno físico son las siguientes:

- *Rapidez de Medición:* Solo se requiere adquirir un bloque de datos para medir varias características tales como voltaje, frecuencia y tiempo de subida de la señal bajo análisis. En un sistema físico, para la medición de cada parámetro se debe cambiar al instrumento adecuado, además pueden verse afectadas las mediciones al existir diferencias de longitud del cable, impedancias, calibración del sistema o factores de corrección. Un sistema de instrumentación virtual nos da la opción de poder adquirir datos de varios canales de señales a un mismo tiempo, por lo cual se pueden monitorear diferentes parámetros en un mismo instante, siempre y cuando estos sean función del voltaje que se mide.
- Los cambios de instrumento y el cableado son sencillos. Se utiliza el mismo cableado para todos los instrumentos disponibles, esto

nos asegura el uso de lecturas con un mismo factor de corrección y calibración, teniendo mediciones más precisas.

- El tiempo de integración de sistemas es reducido. Los módulos genéricos soportan la misma plataforma de cómputo y equipo de adquisición, cuando se requiere incrementar la capacidad de medición del sistema, solo es necesario agregar los módulos de programación para implementar una nueva función o agregar un módulo genérico para extender la capacidad del sistema.
- Funciones de medición definidas por el usuario. Se diseña el sistema en base a los requerimientos de la aplicación, y la funcionalidad del instrumento es diseñada a nivel de usuario.
- Facilidad para futuras expansiones. Se tiene una gran facilidad de agregar y reemplazar módulos de programación para actualizar al sistema de prueba, ya que un instrumento virtual se basa principalmente en el uso de un sistema de cómputo, los cuales evolucionan rápidamente, además permiten el acceso a redes de información, con un mínimo de incremento en la inversión inicial.
- Bajo costo. Solo se requiere una inversión inicial considerable en el sistema de cómputo y el equipo de adquisición de datos, a futuro si es necesario aumentar el sistema solo se adquieren o diseñan los módulos de software necesarios para incrementarlo, los módulos de programación diseñados pueden ser reutilizables para la implementación de algún otro instrumento. En cambio para incrementar la capacidad de un sistema físico es necesario realizar una inversión por cada instrumento agregado con el inconveniente de desechar el obsoleto.

- Flexibilidad en el manejo de información. Permite tener un almacenamiento efectivo, transmisión de datos remotos, análisis de los datos y monitoreo de parámetros vía programación; un sistema físico requiere el uso de instrumentos individuales con sus conexiones, un módulo de control y/o monitoreo de parámetros, esto representa un sistema más complejo por lo que incrementa la inversión del equipo.
- Espacio reducido. El equipo de adquisición de datos es por lo general compacto, debido a que se encuentra dentro del sistema de cómputo o en gabinetes de montaje.

### II.3 Desventajas.

Un sistema de instrumentación virtual presenta ciertas desventajas con respecto a su contraparte físico, debidas básicamente al equipo de adquisición:

- Se tiene una baja resolución, precisión y sensibilidad. A causa de la conversión de la señal analógica a formato digital se reduce la precisión y la resolución, además carece de aislamiento eléctrico suficiente para la interferencia producida dentro de un sistema de cómputo, lo que reduce la sensibilidad del instrumento.
- El sistema de instrumentación virtual se encuentra limitado por las características del equipo de adquisición de datos, en lo que se refiere al intervalo de voltaje, máxima frecuencia de muestreo,



resolución de los convertidores analógico-digital (CAD), y digital-analógico (CDA).

- El intervalo máximo de frecuencia de muestreo esta limitada por lo general a menos de 1 MHz dependiendo del equipo de adquisición de datos, y la manipulación de datos del instrumento.
- El sistema de instrumentación virtual esta sujeto a las características del sistema de cómputo en lo que se refiere a velocidad de procesamiento y transferencia de datos del equipo de adquisición de datos a la memoria o viceversa, la cantidad de memoria RAM (Random Access Memory) disponible para el sistema, y la capacidad de almacenamiento en disco.

### II.4 Selección de Instrumentos.

Para el diseño de un sistema de instrumentación, se seleccionan los instrumentos físicos o virtuales tomando en consideración una serie de factores tales como:

- Plataforma de cómputo.
- Clase de instrumento que incluye el sistema.
- Cantidad de instrumentos a utilizar.
- Cantidad de parámetros a ser monitoreados.
- Cantidad de mediciones por realizar.
- Expansión futura de las capacidades del sistema.

El instrumento virtual es la mejor opción cuando se requiere utilizar el equipo para múltiples aplicaciones, en el caso del uso de instrumentos ocasionales y en modo manual, los instrumentos físicos son una mejor elección. Cuando se requiere de una medición especializada un equipo físico es la mejor opción. Para un sistema de instrumentación en varias aplicaciones es más recomendable el uso de un sistema híbrido, esto es una combinación de instrumentos físicos y virtuales, con lo que se aprovechan las ventajas de los dos equipos de instrumentación.

### II.5 Tendencias.

En las últimas décadas se ha incrementado el uso de sistemas con interfaz gráfica debido a la gran facilidad de manejo y la adaptabilidad que presentan hacia el usuario, así como la inclusión de algunas otras cualidades como el intercambio de datos entre aplicaciones.

El uso de la interfaz gráfica comenzó en los sistemas Macintosh, cuya arquitectura esta enfocada al uso de una interfaz de usuario gráfica, conocida comúnmente como GUI (Graphical User Interface), en el caso de las computadoras personales (PC) debido a la arquitectura en que basa su funcionamiento no permite una fácil transición hacia las interfaces gráficas, se desarrolló por parte de la compañía Microsoft, una aplicación que proporciona la interfaz gráfica además de otras características como la multitarea mediante un ambiente de tiempo compartido, conocida como Windows. Una de las razones de su gran popularidad es su sencillez, con lo cual se ha incrementado el uso de

esta interfaz, en la actualidad presenta la primera versión como sistema operativo (Windows 95) y otra especializada en el manejo de redes de información (Windows NT y Windows v3.11), con lo cual se consolida como el manejador de ambiente gráfico más utilizado a nivel mundial, esto justifica el hecho de la creación de los sistemas de instrumentación virtual con versiones para este ambiente, aprovechando las características que proporciona.

### III. ADQUISICION DE DATOS EN TIEMPO REAL.

Como se mencionó un instrumento virtual se basa en la obtención de datos de las señales objeto de análisis a través de un equipo de adquisición de datos. Una vez obtenida la señal analógica, ésta es convertida a un conjunto de valores numéricos discretos (figura 3), los cuales de esta forma pueden ser tratados como datos dentro del sistema de cómputo. Una vez que éstos se encuentran dentro del sistema de cómputo pueden ser procesados y representados gráficamente, además se tiene la opción de generar formas de onda, por medio de la etapa de salida, para su uso en el exterior.

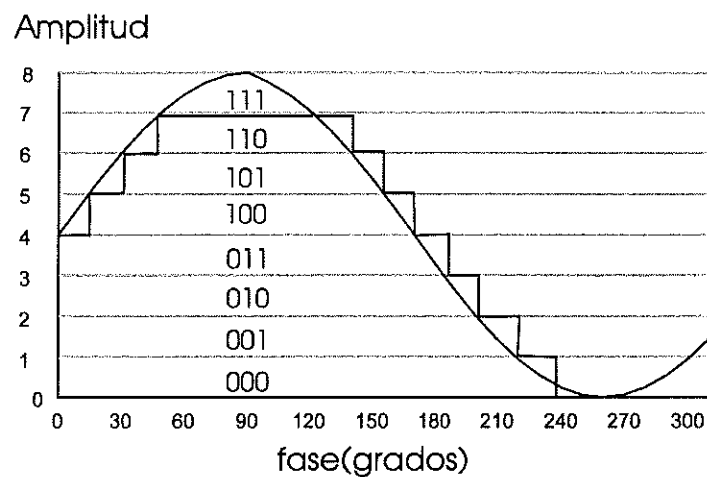


Figura 3. Señal analógica convertida a digital.

La adquisición, el ajuste y el despliegue de los datos debe realizarse en tiempo real para evitar la pérdida de información debido al retraso inherente al procesamiento. Existen algunos métodos que resuelven este problema, los métodos dependen del sistema operativo que administre al sistema de cómputo. La proliferación de sistemas operativos ofrecen más oportunidades para

seleccionar la plataforma de cómputo y los productos que mejor cubran las necesidades del usuario. En general, los sistemas operativos caen dentro de tres categorías: sistemas operativos de tiempo real, monousuario y de tiempo compartido.

En el caso de un sistema operativo de tiempo real, el sistema anfitrión está diseñado para ejecutar una administración eficiente de los recursos y las aplicaciones, lo cual proporciona servicio a las interrupciones del equipo o de los programas de una manera lo suficientemente rápida como para satisfacer necesidades inmediatas, esto incrementa el desempeño del sistema de adquisición de datos [4]. Cuando se requiere hacer una elección del sistema operativo a utilizar dependiendo de la aplicación, un sistema de tiempo real puede ser la opción óptima.

En el caso de un sistema operativo monousuario, la arquitectura de éste administra al sistema de manera tal que cada aplicación trabaja de una forma independiente, con respecto al uso de la memoria, el beneficio que se tiene con esta arquitectura es que facilita el manejo de los recursos del sistema de cómputo a través del servicio a interrupciones.

En el sistema de ambiente compartido la atención de las aplicaciones se realiza dentro de lo que es llamado una máquina virtual, con lo cual todas las aplicaciones que se encuentren en ejecución comparten los recursos del sistema de cómputo [5], esto dificulta el servicio a las interrupciones de los periféricos.

Un sistema de adquisición de datos basado en una plataforma de cómputo de tipo computadora personal esta compuesto de los siguientes elementos:

- Computadora personal.
- Equipo de adquisición de datos.
- Módulos de programación.

La computadora es la base del sistema de adquisición ya que ésta es la encargada de la recepción, procesamiento y despliegue de datos, así como el control del equipo de adquisición.

Uno de los puntos considerados para la implementación de un sistema de instrumentación virtual es la velocidad de procesamiento, ya que afecta la máxima tasa de muestreo del equipo de adquisición, debido principalmente a la velocidad de transferencia de datos entre el dispositivo de adquisición y la memoria del sistema de cómputo, y viceversa.

Otro de los dispositivos considerados es el disco duro, que debe tener como sus principales características una alta velocidad de funcionamiento y una cantidad suficiente de espacio disponible de manera continua (no fragmentada), debido a que con bloques fragmentados se realiza un rastreo de los bloques disponibles reduciendo la velocidad de procesamiento, lo que ocasiona una reducción en la tasa de muestreo. Una cantidad suficiente de memoria RAM permite un manejo más rápido de los datos.

Las aplicaciones que requieren de procesamiento en tiempo real de señales de alta frecuencia necesitan un procesador de alta velocidad de 32 bits con coprocesador matemático, o un procesador especial dentro del equipo de adquisición, tal como un DSP (Digital Signal Processor), para tener un funcionamiento óptimo del equipo y del manejo de la información.

Existen en el mercado una gran cantidad de plataformas de cómputo para todo tipo de aplicaciones, una es la computadora personal (PC) compatible a IBM, debido a su moderado desempeño y bajo costo, a diferencia de otras plataformas de cómputo más poderosas, tales como las computadoras Macintosh de Apple y estaciones de trabajo Sun; las cuales debido a su costo no son tan fácilmente accesibles para ciertas aplicaciones. En base a este análisis se marca la tendencia del incremento de aplicaciones de adquisición de datos y control diseñadas para esta plataforma de cómputo.

El equipo de adquisición de datos usado para las computadoras personales son las tarjetas de adquisición de datos, éstas se instalan dentro del gabinete de ésta aprovechando el espacio, energía y ducto del sistema de cómputo. Una de las principales desventajas de la computadora personal es el ducto de datos ISA (Industry Standard Architecture), ya que es lento con respecto a las otras arquitecturas como EISA (Extended Industry Standard Architecture), NuBus de Macintosh II, Micro Canal de PS/2, VESA VL o PCI, estas ultimas manejan un ducto de 16,32 y/o 64 bits.

### III.1 Tipos de interfaz de equipo de adquisición de datos.

Los equipos de adquisición de datos se clasifican principalmente en cuatro categorías, dependiendo de la interfaz de entrada/salida del equipo:

#### III.1.1 IEEE 488 (GPIB).

El IEEE 488 o GPIB (General Purpose Interface Bus) es una interfaz dedicada a la comunicación entre instrumentos que ha venido incrementando su popularidad por su alto grado de compatibilidad, flexibilidad y bajo costo. Es utilizado para conectar instrumentos programables o no programables con otros componentes como procesadores, dispositivos de despliegue o almacenamiento, para ensamblar sistemas de instrumentación.

Es utilizado en sistemas que requieren una distancia menor de 20 m entre componentes, alcanza velocidades de hasta 1 Mbyte/seg, las características principales que presenta esta interfaz son [6]:

- Permite conectar una amplia variedad de instrumentos de distintas capacidades.
- Conexión directa entre instrumentos, sin requerir de controladores.
- Mínima restricción en el desempeño de los instrumentos conectados.
- Fácil de utilizar.



### III.1.2 Ducto VME.

Los sistemas de adquisición de datos y control basados en el ducto VME (figura 4) son populares dentro del ambiente industrial, los instrumentos VXI (VMEbus eXtensions for Instrumentation) tienen una arquitectura modular basada en tarjetas, que aumentan el desempeño y la confiabilidad del sistema, además de reducir costos por el tiempo de vida del sistema, su tamaño compacto reduce el espacio y aumenta la portabilidad de cualquier sistema desarrollado en base a él.

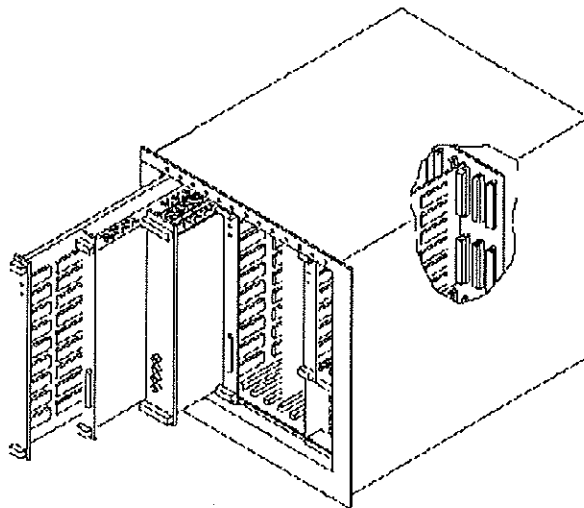


Figura 4. Sistema de adquisición VXI.

### III.1.3 RS232, RS422 Y RS485.

Las conexiones serie ofrecen una transmisión de datos a mayor distancia que los otros sistemas, con la inconveniencia de una menor velocidad

de transmisión que por lo general es mucho menor a 1 Mbyte/seg, estos sistemas nos permite combinar el uso de diferentes tipos de instrumentos en un sistema con un costo muy reducido.

### III.1.4 Tarjetas de adquisición de datos.

Las tarjetas de adquisición de datos son una alternativa creciente que combina el bajo costo con un desempeño moderado, son insertadas directamente dentro del sistema de cómputo, facilitando la manipulación de los datos adquiridos, además de realizar múltiples funciones como conversión analógico - digital (A/D), conversión digital - analógico (D/A), Entrada - Salida (E/S) digitales, y operaciones contador/temporizador.

La conjunción del poder y bajo costo de una computadora personal, y las características de una tarjeta de adquisición de datos, permiten implementar un sistema de instrumentación funcional de bajo costo y desempeño moderado muy flexible para el uso en un gran número de aplicaciones.

### III.2 Elementos de una tarjeta de adquisición de datos.

Una tarjeta de adquisición de datos, esta compuesta por las siguientes unidades funcionales (figura 5):

- Interfaz con el ducto.
- Circuito de adquisición y entrada analógica.

- Circuito de salida analógica.
- Circuito de temporización.

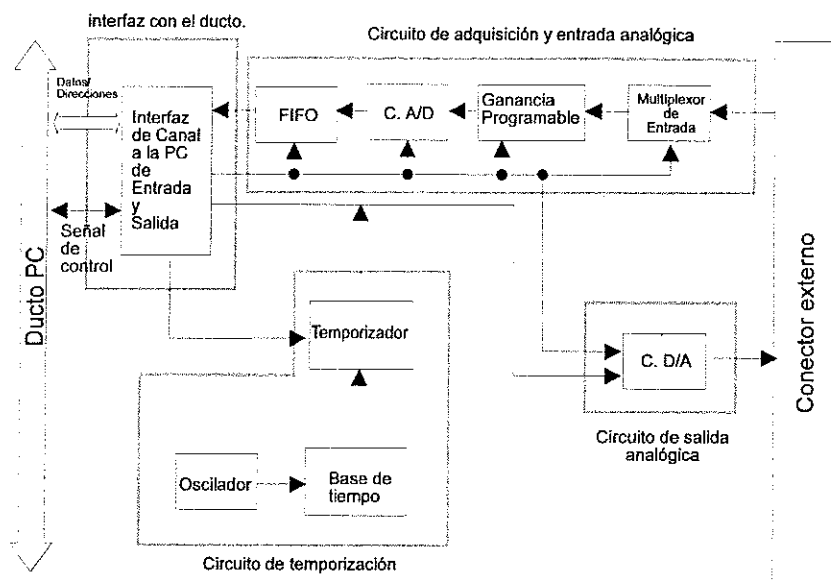


Figura 5. Unidades funcionales de una tarjeta de adquisición de datos.

### III.2.1 Interfaz con el ducto.

La interfaz con el ducto del sistema de cómputo esta compuesto por un ducto de direcciones, ducto de datos, ducto de control de DMA (Direct Memory Access), líneas de interrupción, y señales de control.

La circuitería decodifica las líneas de direcciones para habilitar la tarjeta, de acuerdo a la dirección lógica a que se encuentre asignada, además utiliza una combinación de líneas de direcciones junto con señales de temporización

para generar las señales de selección de registros y de lectura/escritura requeridas para la tarjeta.

La circuitería de control de interrupciones enruta y habilita las interrupciones a la línea de requerimiento de interrupción seleccionada. Las interrupciones pueden ser generadas básicamente por:

- Conversión lista dentro de la memoria FIFO(First Input First Output).
- Error de sobre flujo o sobre escritura.
- Pulso recibido de la terminal de cuenta del DMA.
- Señal externa de control de la adquisición.

La circuitería de control genera un requerimiento de DMA cuando el resultado de una conversión esta disponible dentro de la memoria FIFO, además selecciona el canal designado para la transferencia mediante el DMA.

### III.2.2 Circuito de adquisición y entrada analógica.

El circuito de adquisición esta formado por los siguientes componentes: acondicionamiento de señal, convertidor analógico - digital, y memoria FIFO (figura 6).

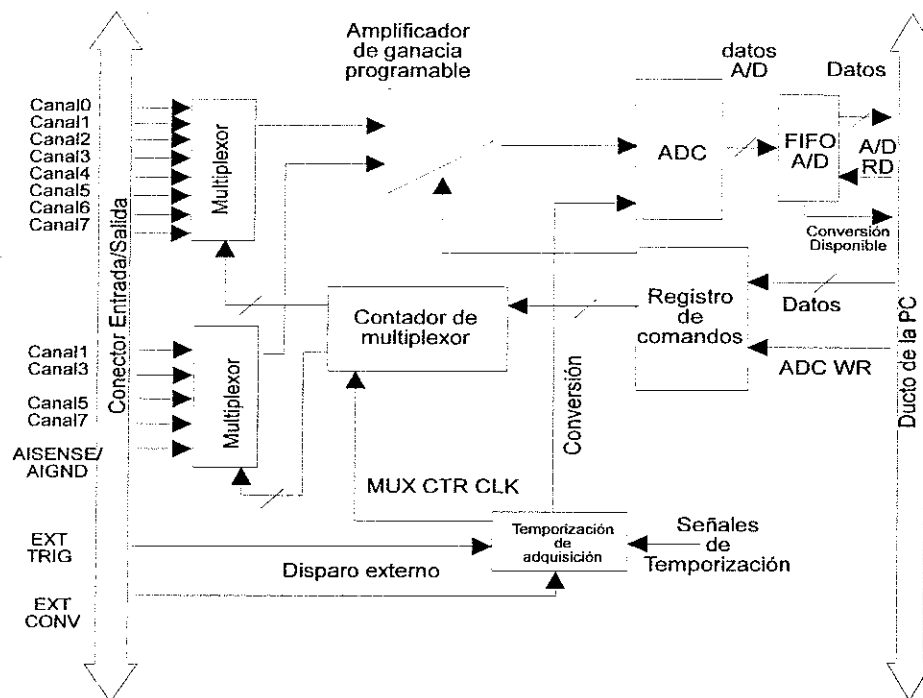


Figura 6. Circuito de adquisición y entrada analógica.

### III.2.2.1 Acondicionamiento de la señal.

Dentro de la sección de acondicionamiento se tienen tres etapas (figura 7): aislamiento, filtrado y amplificación.

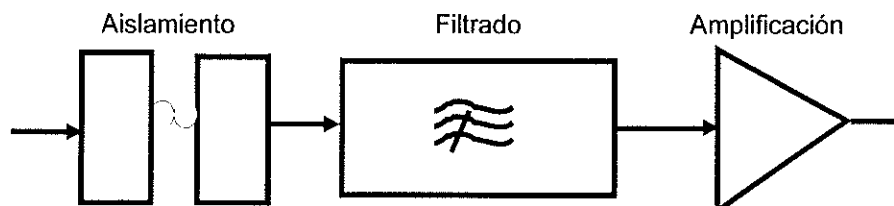


Figura 7. Etapas de acondicionamiento de señal.

La etapa de *aislamiento* dentro de una entrada analógica tiene la función de proteger al sistema de cómputo de transitorios de alto voltaje que puedan existir dentro del sistema monitoreado, además se asegura que las lecturas de la tarjeta de adquisición no se vean afectadas por diferencias de potencial en tierra creados por lazos de tierra.

El *filtrado* tiene el propósito de remover señales no deseadas que están inmersas dentro de la señal bajo análisis; para el caso de señales de corriente directa (CD) se utilizan para evitar la reducción de la precisión de las lecturas adquiridas. En señales de corriente alterna (CA) se requieren filtros conocidos como filtros anti-traslape (anti-aliasing) que por lo general son filtros pasa bajas, los cuales tienen una frecuencia de corte de acuerdo al ancho de banda de operación de la tarjeta de adquisición.

La función de la etapa de *amplificación* es básicamente la de amplificar la señal de entrada mediante amplificadores de instrumentación para lograr una mayor resolución en la conversión. Con el fin de incrementar la precisión de las lecturas, para lo cual la señal de entrada debe ser amplificada hasta el máximo intervalo de voltaje de entrada del convertidor analógico - digital. La principal razón de utilizar amplificadores de instrumentación (figura 8) dentro de los equipos de adquisición es eliminar el voltaje en modo común, el cual es el voltaje que se agrega a la señal debido a la interferencia, este se elimina ya que afecta a las dos entradas diferenciales de manera igual, y ya que cada entrada tiene una función contraria el voltaje se cancela, las características especiales que presentan son: ganancia variable, alta razón de rechazo al

voltaje en modo común y una alta impedancia de entrada, ésta con el fin de disminuir la distorsión y pérdidas en la señal en análisis [7].

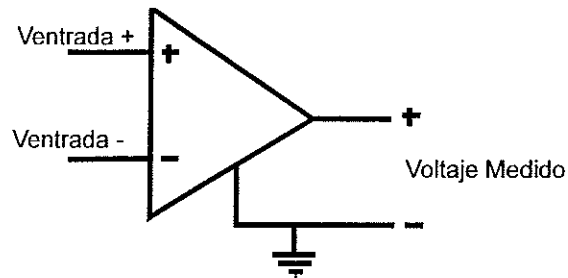


Figura 8. Amplificador de Instrumentación.

La etapa de amplificación está formada, generalmente además del amplificador de instrumentación por un multicanalizador, el cual mediante un registro de mandos mantiene la secuencia de los canales muestreados, en el caso de requerir la adquisición de un solo canal, el registro de mando selecciona el canal que deberá ser adquirido. Una vez seleccionado el canal, la señal es conducida al amplificador de instrumentación de ganancia programable, donde la ganancia es programada a través del registro de mandos.

#### III.2.2.2 Convertidor analógico - digital.

Una vez amplificada la señal hasta el máximo intervalo de entrada del convertidor analógico - digital, es enrutada al convertidor, el cual obtiene un valor digital proporcional al voltaje de la señal de entrada.

Existen diversos tipos de convertidores analógico - digital (ADC), por lo que se debe realizar una selección cuidadosa de estos, dependiendo de la aplicación. Los tipos más comunes de ADC son: Aproximaciones sucesivas, Integración, Convertidor V/F (Voltaje/Frecuencia), y convertidores Flash. La mayoría de las tarjetas de adquisición de datos utilizan convertidores de aproximaciones sucesivas por su capacidad de resolución (hasta 16 bits) y su velocidad (hasta 1 MHz) [8], para conversiones en ambientes con un alto índice de interferencia es más recomendable el convertidor de voltaje a frecuencia (V/F), en aplicaciones de alta velocidad el convertidor Flash es el óptimo, ya que con él se logran altas tasas de muestreo (alrededor de 10 M muestras/seg). En la tabla 1 se muestra una comparación de los diferentes tipos de convertidores analógico - digital.

| Tipo de convertidor      | Velocidad de conversión | Resolución   | Inmunidad al ruido | Costo |
|--------------------------|-------------------------|--------------|--------------------|-------|
| Convertidor V/F          | Baja                    | 14 - 24 bits | Muy buena          | Medio |
| Integración              | Baja                    | 12 - 18 bits | Muy buena          | Bajo  |
| Aproximaciones sucesivas | Medio<br>(1 M Hz)       | 10 - 16 bits | Escasa             | Bajo  |
| Flash                    | Muy rápido<br>(10 M Hz) | 4 - 8 bits   | Ninguna            | Alto  |

Tabla I. Comparación de los diferentes tipos de convertidores analógico - digital.

Por lo general, los convertidores tiene un solo intervalo de voltaje de entrada, por lo que mediante circuitería adicional se logra cubrir otros intervalos de voltaje, como en el caso de voltajes negativos.



En el momento en que la conversión es concluida, el valor se almacena dentro de una memoria FIFO, que al momento de recibir un dato genera una señal indicando que la memoria contiene un dato resultado de la conversión. Por lo general las memorias de este tipo tienen una capacidad de almacenamiento de por lo menos de 256 muestras.

### III.2.3 Circuito de salida analógica.

Dentro de la etapa de salida analógica se tienen convertidores digital - analógico, los convertidores D/A generan un voltaje proporcional al código digital que es alimentado al convertidor. Los convertidores D/A tienen la capacidad de proporcionar salida unipolar o bipolar, la selección del intervalo de voltaje de salida es definida a través del registro de mandos, el cual además indica la tasa de salida de voltajes.

### III.2.4 Temporizadores.

Los temporizadores son utilizados con el fin de tener una mayor precisión en las tasas de muestreo de entradas y salidas analógicas, los contadores son requeridos para la medición de frecuencias, contabilización de eventos, medición de tiempos y retardos, así como para generar frecuencias de salida. Es además utilizado para la sincronización y control de la adquisición de los datos.

### III.3 Operación de la adquisición de datos.

Para la adquisición de datos intervienen un conjunto de relojes y señales de temporización para inicializar la operación de adquisición, iniciar conversiones A/D individuales y controlar el tiempo entre conversiones, existen dos modos de operación para la adquisición:

- Adquisición en un solo canal.
- Adquisición en múltiples canales.

Durante la adquisición en un solo canal, se selecciona el canal del multicanalizador y la ganancia de amplificación por medio de los registros de mando antes de iniciar la adquisición, una vez seleccionados se inicia un contador, el cual genera los pulsos para iniciar la conversión de cada muestra. Con este modo de operación se obtiene la máxima tasa de muestreo que permite la tarjeta de adquisición, la cual se encuentra limitada por el periodo de conversión del convertidor analógico - digital más el tiempo de muestreo y retención.

En el caso de la adquisición de múltiples canales, es necesario iniciar dos contadores, uno de ellos genera los pulsos para iniciar la adquisición y el segundo controla el rastreo de los canales, además se requiere de un contador para monitorear el número de muestras adquiridas.

Durante el rastreo de varios canales, la tasa de adquisición se reduce debido al retardo generado por la selección de los canales en el multicanalizador. Cuando se requieren diferentes ganancias para cada canal, la

tasa de muestreo se reduce aún más, por el retardo de reprogramar la ganancia del amplificador de instrumentación.

### III.4 Especificaciones de los equipos de adquisición de datos.

Las principales especificaciones de un equipo de adquisición de datos, son las siguientes:

- Número de canales.
- Razón de muestreo.
- Resolución.
- Precisión.
- Intervalo de voltaje de entrada.
- No linealidad.
- Salidas analógicas.

#### III.4.1 Número de canales.

Existen dos clases de entradas analógicas en un equipo de adquisición, entradas referenciadas y diferenciales, el número de canales disponibles se indican con referencia a su tipo. Las entradas referenciadas tienen la característica de estar todas conectadas a un punto común de tierra, estas entradas son usadas cuando la señal de entrada es de alto nivel (mayores de 1V), en el caso de que todas las señales de entrada compartan la misma tierra y las puntas de prueba tengan una longitud menor de 5 mts, de lo contrario se utilizan las entradas diferenciales donde cada señal es independiente de las demás, los errores por ruido son reducidos porque el voltaje en modo común

inducido en las puntas de prueba es cancelado, lo que las hace óptimas para la adquisición de datos que se encuentren dentro de ambientes donde exista mucha interferencia electromagnética. Se tiene la posibilidad de incrementar el número de canales haciendo uso de multicanalizadores externos.

### III.4.2 Razón de muestreo.

La razón de muestreo determina qué tan rápido el equipo de adquisición atiende a un canal de entrada e identifica el valor discreto de la señal con respecto a una señal de referencia, una razón de muestreo alta adquiere más puntos en un tiempo dado y por lo tanto puede representar la señal original de una manera más precisa en términos de resolución temporal. La mayoría de los equipos con múltiples canales consisten de un solo convertidor analógico - digital y un multicanalizador analógico de entrada, con lo cual se obtiene un ahorro en el costo de convertidores y acondicionamiento de señal, la inconveniencia existente es la reducción de la tasa de muestreo ya que ésta se reduce de manera inversamente proporcional al número de canales muestreados.

Usualmente la máxima tasa de muestreo es especificada con una ganancia fija de 1, en el caso de existir amplificadores programables, al tener una variación de la ganancia se reduce la máxima tasa de muestreo, ya que se requiere la reprogramación del amplificador de entrada generando un retardo extra. Otro de los factores que limitan la razón de muestreo es la velocidad de transferencia de datos.

### III.4.3 Resolución.

La resolución en amplitud esta asociada con el número de bits que el convertidor analógico - digital usa para representar una señal analógica, una resolución alta significa un mayor número de divisiones en que es seccionado el voltaje de entrada, y por consiguiente se tiene una mayor sensibilidad para voltajes pequeños. La resolución puede representarse en base a las siguientes expresiones[9]:

Resolución = una parte en  $2^{(n \text{ bits})}$   
donde n es el número de bits.

la resolución de voltaje esta dado por

$$\text{Resolución en voltaje} = \frac{\text{Voltaje de referencia}}{2^{(n \text{ bits})}}$$

### III.4.4 Precisión.

Es la máxima diferencia existente entre el valor real y el valor obtenido de una lectura, existen tres maneras de calcular la precisión de entrada de un equipo de adquisición, según [9] estas son:

Método a).- 0.024% de la lectura  $\pm 1$  bit

$$\text{Precisión} = \text{Voltaje de referencia} * \left( \frac{0.024}{100} + \frac{1}{2^{(n \text{ bits})}} \right)$$

Método b).-  $\pm 2$  bits

$$\text{Precisión} = 2 * \frac{(\text{Voltaje de referencia})}{2^{(n \text{ bits})}}$$

Método c).- 0.048% de FSR (Full Scale Range)

$$\text{Precisión} = \frac{\text{Voltaje de referencia} * (\underline{0.048})}{100 * 2^{(n \text{ bits})}}$$

### III.4.5 Intervalo de voltaje de entrada.

El intervalo de voltaje de entrada es el intervalo de voltajes entre el voltaje mínimo y máximo que el convertidor analógico - digital puede cuantificar, una tarjeta de adquisición de datos de funciones múltiples tiene intervalos seleccionables que hacen a la tarjeta configurable a una variedad de niveles de voltaje diferentes, permitiendo tener una resolución de voltaje variable.

### III.4.6 No linealidad.

Con la combinación de las especificaciones de intervalo de voltaje, resolución y ganancia, se determina el voltaje mínimo detectable, este cambio representa 1 LSB (least Significant Bit) del valor numérico digital, el cual es

conocido como ancho de código, el cual se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Ancho de Código} = \frac{\text{Voltaje de referencia}}{(\text{ganancia} * 2^{(n \text{ bits})})}$$

Idealmente el ancho de código de cada división de voltaje es el mismo, pero en la práctica existe una variación, a este valor se le conoce como DNL (Differential NonLinearity), una tarjeta de adquisición prácticamente tiene un DNL de  $\pm 0.5$  LSB, en el caso de tener un valor mayor de 1 significa que existe una pérdida de códigos considerable, por lo que la tarjeta de adquisición se considera no propicia para ciertas aplicaciones[9].

### III.4.7 Salidas analógicas

Las principales especificaciones para determinar la calidad de la señales de un convertidores digital - analógico (DAC) son el tiempo de establecimiento, razón de caída, y la resolución.

El tiempo de establecimiento y la razón de caída se utilizan juntos para determinar la rapidez del convertidor digital - analógico para cambiar el nivel de salida. El tiempo de establecimiento es el tiempo requerido para que la señal alcance un valor especificado, mientras que la razón de caída es la máxima razón de cambio con que el DAC puede generar una señal. Para que el DAC pueda generar señales a altas frecuencias debe tener un pequeño tiempo

de establecimiento pequeño y una razón de caída alta. La resolución se refiere al número de niveles de voltaje que el convertidor digital - analógico es capaz de producir. Un mayor número de bits reduce la magnitud de cada incremento de voltaje.[8]

### III.5 Métodos de transferencia de datos.

Como se mencionó anteriormente una de las razones por las que la tasa de muestreo se ve reducida es el método de transferencia de datos entre el equipo de adquisición y la memoria del sistema de cómputo, en el caso de las computadoras personales se tienen tres métodos generales de transferencia:

- El método de búsqueda en anillo. por encuesta.
- Interrupciones.
- Acceso directo a memoria ( DMA ).

#### III.5.1 Método de búsqueda en anillo.

Para algunas aplicaciones, el método por búsqueda en anillo encuesta de dispositivos es una opción factible, este método mantiene al procesador dedicado únicamente a la adquisición de los datos, esto es, el programa principal llama a una subrutina de adquisición que espera hasta que los datos requeridos son colectados y es entonces que regresa el control al programa principal. Este método puede ser muy efectivo ya que es simple y permite alcanzar altas tasas de muestreo, pero la inconveniencia se presenta al dedicar al procesador exclusivamente a una tarea.



### III.5.2 Interrupciones.

Mediante interrupciones, el procesador responde rápidamente a una petición para transferir datos o sincronizar eventos externos, con este método se tiene la ventaja de poder realizar el procesamiento de los datos al momento de ser adquiridos. Una desventajas de las interrupciones es que requieren tiempo del procesador para su servicio.

Existe un retardo de tiempo en el manejo de éstas, conocido como tiempo de latencia, que es el tiempo que tarda el procesador desde el momento en que se recibe la petición de servicio y el momento en que es iniciado el servicio a la interrupción. Para algunas aplicaciones el tiempo de latencia puede ser demasiado largo por lo cual en estos casos se prefiere algún otro método de transferencia de datos.

En la computadora personal el manejo de interrupciones se realiza a través de un controlador de interrupciones programables (figura 9), el cual proporciona al sistema la posibilidad de manejar varios niveles de interrupciones jerarquizadas para la atención del equipo. Un periférico como el equipo de adquisición de datos activa una de las interrupciones disponibles para su atención, estas se activan en cuanto existen ciertas circunstancias predefinidas, tales como: completar una conversión A/D o el pulso de un contador/temporizador, u otras condiciones. Para que el sistema de cómputo pueda determinar el motivo de la interrupción en el equipo de adquisición se tiene un registro de estado, donde la computadora consulta la causa y con esto se elige el servicio [10].

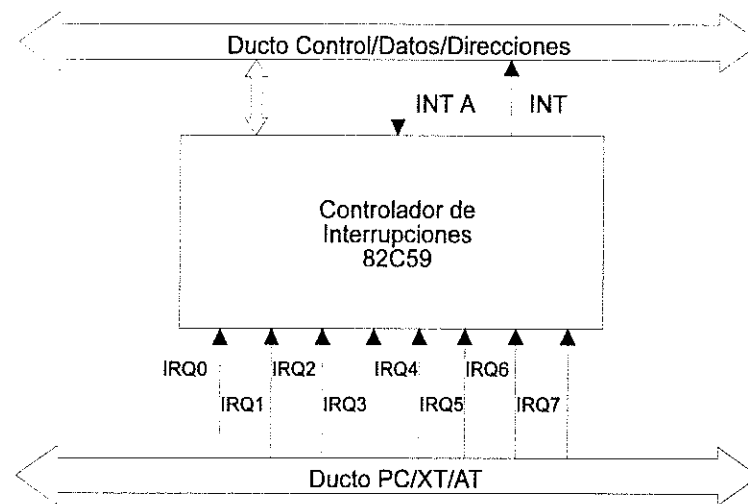


Figura 9. Controlador de interrupciones en el ducto ISA.

### III.5.3 Acceso Directo a Memoria

El uso de un controlador de DMA para transferir datos de una localidad a otra, hace más rápida la transferencia de grandes cantidades de datos, consumiendo de uno a dos ciclos de transferencia de escritura y/o lectura para la transferencia de cada dato, además reduce el tiempo latencia en el servicio del equipo de adquisición de datos. Al reducir el tiempo de latencia se reduce la cantidad de almacenamiento temporal (memoria) requerido en un dispositivo de entrada/salida. Una de las desventajas que presenta este método es el uso de canales de DMA, debido a que el número de estos es reducido, además no permite realizar el procesamiento dato por dato conforme sean adquiridos; ya que se encuentra enfocado básicamente para la adquisición de grandes cantidades de datos y altas tasas de muestreo.

Con el fin de evitar la complejidad de la programación a bajo nivel de los dispositivos periféricos, como el equipo de adquisición, se hace uso de manejadores de dispositivos. Con el uso de éstos se logra decrementar el tiempo de desarrollo de cualquier aplicación y por lo consiguiente la reducción del costo.

### III.6 ADQUISICION DE DATOS EN AMBIENTE DE TIEMPO COMPARTIDO.

En un ambiente de tiempo compartido, como en el caso de Microsoft Windows, existe un gran problema para la adquisición de datos, debido a que el sistema tiene un tiempo de latencia impredecible. A continuación se mencionan las características de los mismos:

La versión 3.1 de Microsoft Windows tiene solo dos modos de operación modo estándar y 80386 extendido, la versión 3.0 permitía además el modo real, estos modos de operación aprovechan las ventajas del uso del modo protegido de los procesadores 80286, 386 y 486 que añaden la administración de la memoria extendida y permiten las capacidades de multitarea, el modo operativo real de la versión 3.0 estaba diseñado para computadoras 8088 y 80286, por lo que su funcionamiento era similar al desarrollado bajo un sistema operativo monousuario como DOS, con la ventaja de la reducción del tiempo de latencia, pero fue eliminado por la gran cantidad de problemas que ocasionaba. Los modos de operación de los ambientes de DOS y Windows 3.1 se muestran en la figura 10.

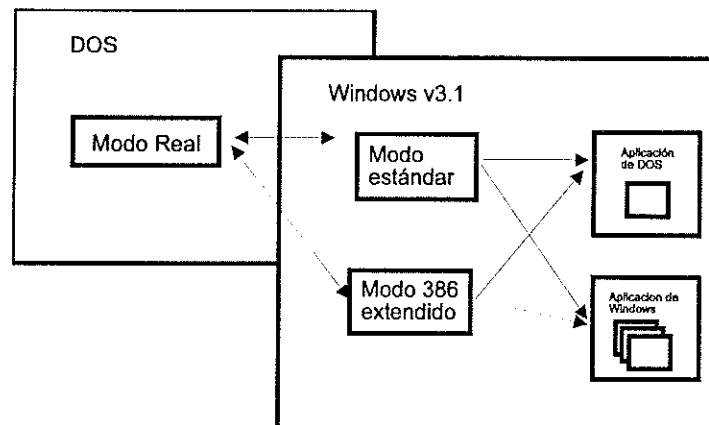


figura 10. Modos operativos de DOS y Windows.

El modo de operación estándar requiere de un procesador 286 o mayor, y al menos 1 Mbyte de memoria dividido en un bloque de 640 Kbytes de memoria base y 256 Kbytes de memoria extendida, tiene acceso a un máximo a 16 Mbytes de memoria. Para realizar el servicio a alguna interrupción, Windows debe cambiar del modo de operación estándar a modo real, lo cual se realiza cada 55 ms [5], el cambio de modo de operación toma una cierta cantidad de tiempo que puede interferir en la adquisición de los datos, en el peor de los casos no se puede determinar el tiempo exacto que tarda en realizarse el cambio.

El modo operativo más potente de Windows es el 386 extendido, que usa el modo protegido de los procesadores 386 y 486, tiene la capacidad de direccionar la máxima cantidad de memoria extendida además de reasignar memoria a las aplicaciones activas, requiere de un procesador 386 o mayor y por lo menos 2 Mbytes de memoria RAM dividido en 640 Kbytes de memoria

principal y 1 Mbyte de memoria extendida. Al igual que en el modo estándar el CPU cambia de modo de operación cada 55 ms. además debido a que todas las aplicaciones activas trabajan en una máquina virtual se tiene un tiempo de latencia mayor que el modo estándar. En la figura 11 se muestra una comparación de los tiempos de latencia en DOS, modo estándar y 386 extendido de Windows [5].

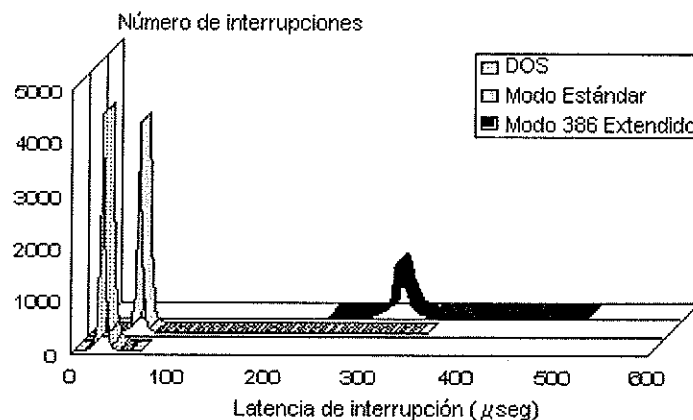


Figura 11. Tiempos de latencia en DOS y Windows estándar y 386 extendido.

La manera de manejar las interrupciones en el entorno Windows es el siguiente: ya que Windows está estructurado en niveles de prioridad conocidos como anillos (figura 12), donde el anillo 0 está asignado a la más alta prioridad y el anillo 3 a la más baja, con la finalidad de aislar a los programas de aplicación del sistema operativo, para servir a las interrupciones se debe de realizar un cambio del anillo 3 al 0, y este cambio implica un retardo adicional que puede ocasionar una pérdida de datos.

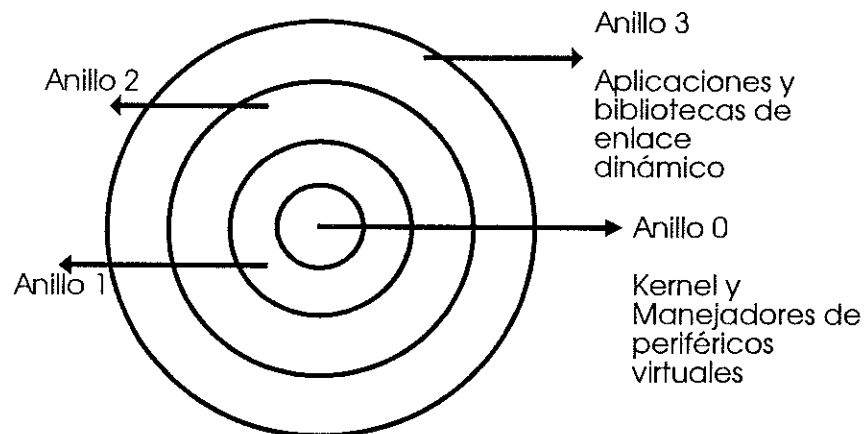


Figura 12. Anillos de prioridad en Windows.

En el entorno del sistema operativo DOS un valor típico del tiempo de latencia se encuentra entre 8 y 15  $\mu$ seg, en Windows puede variar hasta ser de cientos de microsegundos dependiendo de la velocidad del sistema de cómputo.

Existen una serie de métodos alternativos que resuelven el problema del tiempo de latencia en Windows, estos son: el uso de DMA, memorias FIFO y temporizadores.

El uso del controlador de DMA discutido anteriormente permite realizar la transferencia de los datos adquiridos sin la intervención del procesador, en el caso de la adquisición dentro del ambiente de tiempo compartido Windows se requiere del uso de dos canales de DMA [11], esto con el fin de evitar la pérdida de datos al reprogramar uno de los canales para que capture otro conjunto de datos, por lo que se tiene a un canal siendo reprogramado y al mismo tiempo el segundo canal realiza la captura de la

información, los casos en los cuales es necesario el uso de la reprogramación de los canales de DMA son:

- Ya que las computadoras con ducto ISA organizan la memoria en paginas de 64 Kbytes, si es requerido una cantidad mayor de 64 kbyte de datos, es necesario la reprogramación para cambiar a otra página de memoria.
- Cuando la cantidad de datos es mayor de 64 Kbytes, debido a que el controlador de DMA permite solo la transferencia de máximo 64 Kbytes dentro de los ductos ISA y MicroCanal, con el ducto EISA se tiene la posibilidad de alcanzar cantidades de hasta 16 Mbytes de datos.

Existe una complicación para esta alternativa, uno de los requisitos para el uso del DMA es tener espacio de memoria disponible en forma continua (no fragmentada), Windows segmenta la memoria física en páginas de 4 Kbytes [12], las cuales no necesariamente se encuentran de manera contigua (figura 13), el CPU utiliza una tabla de traslación para mantener las trayectorias de las direcciones de la memoria física y lógica, lo cual toma un lapso de tiempo. Existen varias soluciones a este problema y la más común es utilizar manejadores de programas.



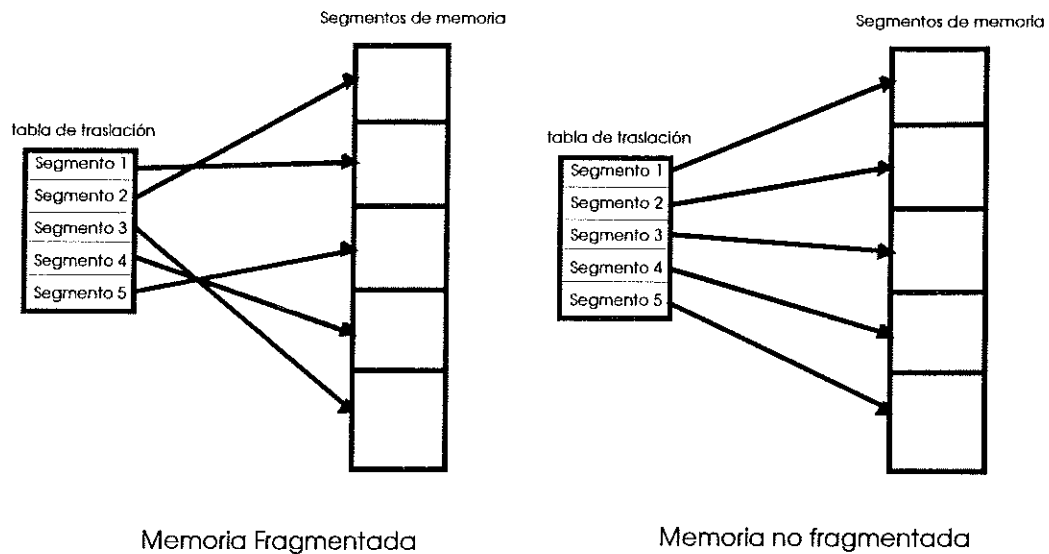


Figura 13. Segmentación de memoria en Windows

Los beneficios al emplear manejadores de programas son que permiten incrementar la velocidad de transferencia de datos, proporcionar una razón de muestreo regular libre de jitter (variación en el tiempo de latencia), y por otro lado las limitaciones se basan en la imposibilidad de hacer uso de la memoria virtual proporcionada por Windows, además, el tamaño de los bloques de datos se encuentra limitado a 64 Kbytes [10], debido a que el controlador de DMA trabaja con un registro de direcciones de 16 bits.

Otro de los métodos utilizados para la transferencia de datos es por medio de pilas de memorias FIFO, las cuales mantienen los datos dentro del equipo de adquisición hasta que la computadora esta lista para recuperarlos. Para realizar una adquisición de datos exitosa mediante Windows, el tamaño de la memoria FIFO debe ser de al menos 256 muestras; una mayor capacidad de almacenamiento de estas permite la tolerancia de tiempos de latencia más

largos. El uso de este tipo de dispositivos tiene la inconveniencia de aumentar la complejidad y por lo tanto el costo del equipo de adquisición.

Por otro lado el uso de la inclusión de temporizadores controlados dentro del equipo de adquisición proporciona una sincronización más precisa y tasas de muestreo mayores que las logradas por la temporización en la adquisición para evitar temporización vía programación, donde por medio del programa se generan señales para sincronizar la adquisición de datos., la cual solo atendería cada 55 ms.

Para controlar el equipo de adquisición se requiere del uso de manejadores de instrumentos o del equipo mismo de adquisición, estos manejadores son programas que residen entre los programas de aplicación y en el equipo permitiendo, a través del llamado de las funciones contenidas en estos, un mejor aprovechamiento del equipo de adquisición.

Por lo general los programas manejadores de periféricos, contienen bibliotecas de enlace dinámico (DLL Dynamic Link Library) o manejadores de periféricos virtuales (VxD Virtual Device), las bibliotecas DLL residen en el anillo 3 mientras que un manejador de dispositivo reside en el anillo 0, con lo cual este último es más efectivo para la reducción del tiempo de latencia, ya que elimina un tiempo de retardo ocasionado por el cambio de los anillos de prioridad, el uso de manejadores de dispositivo reduce la latencia en un factor de aproximadamente 4 [5].

Una de las recomendaciones para la reducción de la latencia es la eliminación de la mayoría de las interrupciones innecesarias a la aplicación principalmente en el área de graficado.

Para proporcionar una compatibilidad total, todos los programas y equipos de adquisición deben sujetarse a estándares, por lo que en el caso de Windows todos los equipos deben de tener bibliotecas de enlace dinámico, para que en sistemas que acepten una gran variedad de equipo de adquisición solo se acceda a funciones básicas o comunes.

## IV. SISTEMA EMULADOR DE INSTRUMENTOS ELECTRONICOS.

El sistema emulador de instrumentos electrónicos, es un sistema que integra módulos de programación para emular las funciones de varios instrumentos. Está diseñado en forma modular, con el fin de permitir el mantenimiento o crecimiento del sistema de manera fácil y rápida.

Los componentes del sistema son los siguientes instrumentos:

- Osciloscopio de dos canales.
- Generador de funciones.
- Registrador de datos.
- Voltímetro.

Para el diseño de cualquier sistema de instrumentación virtual se deben seleccionar: el sistema de cómputo, equipo de adquisición, y sistema operativo.

La plataforma de cómputo en la que el sistema emulador de instrumentos trabaja es una computadora personal, las características que se consideraron en su elección son:

- Capacidad de cómputo.
- Facilidad de acceso.
- Bajo costo.

- Soporte técnico.
- Facilidad de manejo.

Como equipo de adquisición se utilizó una tarjeta de adquisición de datos, de una empresa consolidada en su ramo, con lo que se asegura la permanencia en el mercado de los productos compatibles con el sistema.

La elección del equipo de adquisición se basa los siguientes puntos:

- La tarjeta de adquisición de datos de inserción en computadora personal es un equipo sencillo y poderoso para aplicaciones no especializadas, principalmente de trabajo de laboratorio, en particular se ajusta a los requerimientos del área académica.
- Forma parte de una familia de tarjetas de adquisición que son totalmente compatibles a nivel de programación y presentan una amplia variedad de funciones tanto para la adquisición como para el análisis de datos.
- Existe amplio soporte técnico.
- El equipo funciona con varios lenguajes de programación como C/C++, Pascal y BASIC, y sistemas operativos como DOS y UNIX, existen actualmente versiones para los recientes avances en la generación de ambientes operativos, tales como Windows NT y Windows 95.

Se eligió el lenguaje de programación C++, que cuenta con la opción de programación de aplicaciones que se ejecuten bajo ambiente Windows, además de contar con un ambiente de integración que permite desarrollar el

código de la aplicación y al mismo tiempo su depuración dentro del ambiente de trabajo de Windows. Existen algunas otras opciones de lenguajes de programación como Visual BASIC, Delphi, Visual C++, etc.. Las características que presentan estos lenguajes no permiten el uso de adquisiciones con altas tasas de muestreo por lo que se ven limitadas para este caso en particular.

La elección del ambiente Windows se fundamenta en el hecho de que es una interfaz gráfica y permite la ejecución de varias aplicaciones a un mismo tiempo, además de existir una marcada tendencia en el uso de este ambiente como base para el manejo y administración de aplicaciones. Otra de las ventajas de este ambiente es el manejo de las opciones a través del ratón (mouse) o en ciertos casos de pantalla de contacto (touch screen), ideal para ambientes industriales.

#### IV.1 Modo de adquisición de datos continuo.

El sistema hace uso del modo de adquisición de datos continuo, el cual es utilizado cuando se requiere de adquirir grandes cantidades de datos a altas tasas de muestreo, para que la adquisición sea continua y sin interrupción.

En una adquisición convencional un número fijo de muestras son adquiridas con una tasa de muestreo específica y son transferidas a la memoria de la computadora. Una vez en la memoria el procesador puede analizar, desplegar o almacenar datos en disco duro para un procesamiento posterior, este mecanismo toma ventaja de toda la velocidad del equipo de adquisición. La

inconveniencia que existe es que la cantidad de datos se encuentra limitada al espacio libre de la memoria del sistema de cómputo.

En el modo continuo, el reforzador de memoria es un arreglo circular que se divide en dos bloques, los datos adquiridos son transferidos a estos bloques, y el procesador puede acceder y procesar estos bloques. Se almacenan los datos dentro de uno de los bloques mientras el segundo bloque de datos es procesado, esto permite la manipulación de los datos sin interrumpir la adquisición usando una cantidad de memoria limitada. La ventaja principal de este modo de adquisición es el hecho de utilizar una cantidad de memoria accesible para una adquisición de una gran cantidad de datos; pero se encuentra limitada por la habilidad del procesador para manejar los bloques de datos en un periodo de tiempo dado.

Con interrupciones, se genera un requerimiento de servicio por parte del equipo de adquisición en el momento en que los datos colectados se encuentran listos para transferirse. Con el acceso directo a memoria, el controlador de DMA toma el control de ducto de Entrada/Salida y ejecuta la transferencia de datos con una mínima interferencia del procesador.

Dentro del ambiente Windows, la función de modo continuo se realiza por medio del manejador de mensajes de Windows. El ambiente Windows tiene una arquitectura que trabaja en base al manejo de mensajes, donde el sistema se mantiene en espera hasta el momento en que es recibido un mensaje, los mensajes son producidos por la ocurrencia de algún evento. Al generarse algún mensaje este es guardado dentro de la cola de mensajes del administrador de Windows, el cual despacha cada mensaje hacia las colas respectivas de cada

aplicación. En cada aplicación existe un procedimiento encargado de recibir los mensajes de la cola de mensajes correspondiente, y de ejecutar la función que atienda al evento [12].

Existen dos clases de mensajes dentro del ambiente Windows, los mensajes predefinidos y los designados por los usuarios. Los *mensajes predefinidos* son los encargados de controlar los eventos que se generan por el equipo de computo y el sistema en general, como lo son el ratón, pantalla, manejador de disco, teclado, temporizadores, ventanas, etc.. Pueden designarse mensajes para aplicaciones específicas que el usuario requiera con el fin de monitorear el equipo y eventos dentro del programa.

Para el uso del modo de adquisición continuo dentro de Windows se requiere asignar mensajes para ciertos eventos que ocurren dentro del equipo de adquisición como lo son:

- Datos adquiridos listos en uno de los bloques de memoria.
- Cuando se alcanza una cantidad definida de datos.
- La existencia de un error de sobre escritura.



## IV.2 Etapas del sistema emulador de instrumentos electrónicos.

El funcionamiento general del sistema se puede dividir básicamente en tres etapas(figura 14):

La primera etapa consiste en desplegar las carátulas de los instrumentos, y en caso del osciloscopio y del registrador de datos la pantalla de graficación, además de inicializar los parámetros de los instrumentos tales como la amplitud, escala de tiempo, canales a utilizar, etc.

La segunda etapa se encarga de la adquisición de las señales a analizar, mediante rutinas de adquisición modulares.

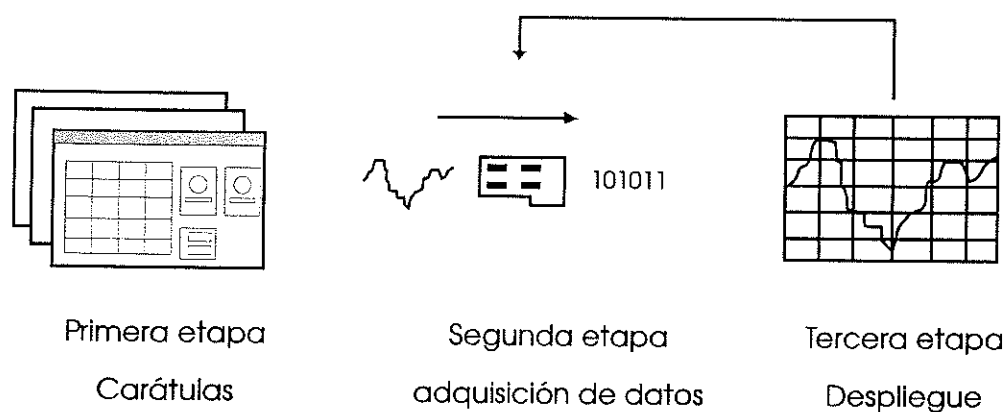


Figura 14. Etapas del sistema emulador de instrumentos electrónicos.

Una vez que la tarjeta de adquisición de datos ha convertido la señal de una forma analógica a un conjunto de datos digitales, estos son transferidos a la memoria de la computadora, donde se procede a ajustar los valores adquiridos a los valores de los parámetros especificados por el usuario en el

instrumento. En el caso del generador de funciones esta etapa es la encargada de obtener el conjunto de valores numéricos que representen las formas de onda deseadas a través de ecuaciones matemáticas de acuerdo con los parámetros especificados por el usuario, una vez obtenidos los datos son colocados en una sección de memoria en la cual la tarjeta de adquisición de datos toma los valores y los convierte a su equivalente analógico. En la tercera etapa se procede al despliegue de los datos obtenidos, y se inicia un ciclo para la adquisición de nuevos datos.

### IV.3 Osciloscopio.

Esta compuesto por dos canales analógicos, y cuenta con las siguientes funciones: Selección de canales: se tiene la capacidad de desplegar la información de dos canales de señal analógica uno a la vez o ambos simultáneamente, Variación de la amplitud: se modifica la escala vertical de cada uno de los canales en forma independiente, Base de tiempo: modifica la escala horizontal de la pantalla, Modo de acoplamiento de cada canal: se tienen las opciones de acoplamiento directo, capacitivo y referencia a tierra. La posibilidad de variar la referencia de cada canal para su visualización. Invertir el segundo canal y además realizar una suma de las señales de ambos canales. Selección el modo de disparo del osciloscopio entre unitario o continuo. La carátula del osciloscopio se muestra en la figura 15.

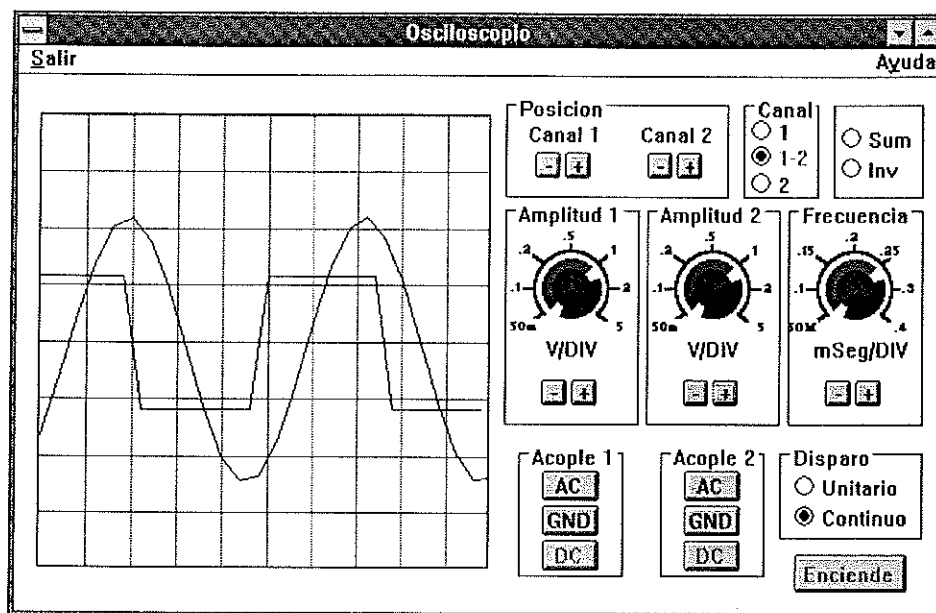
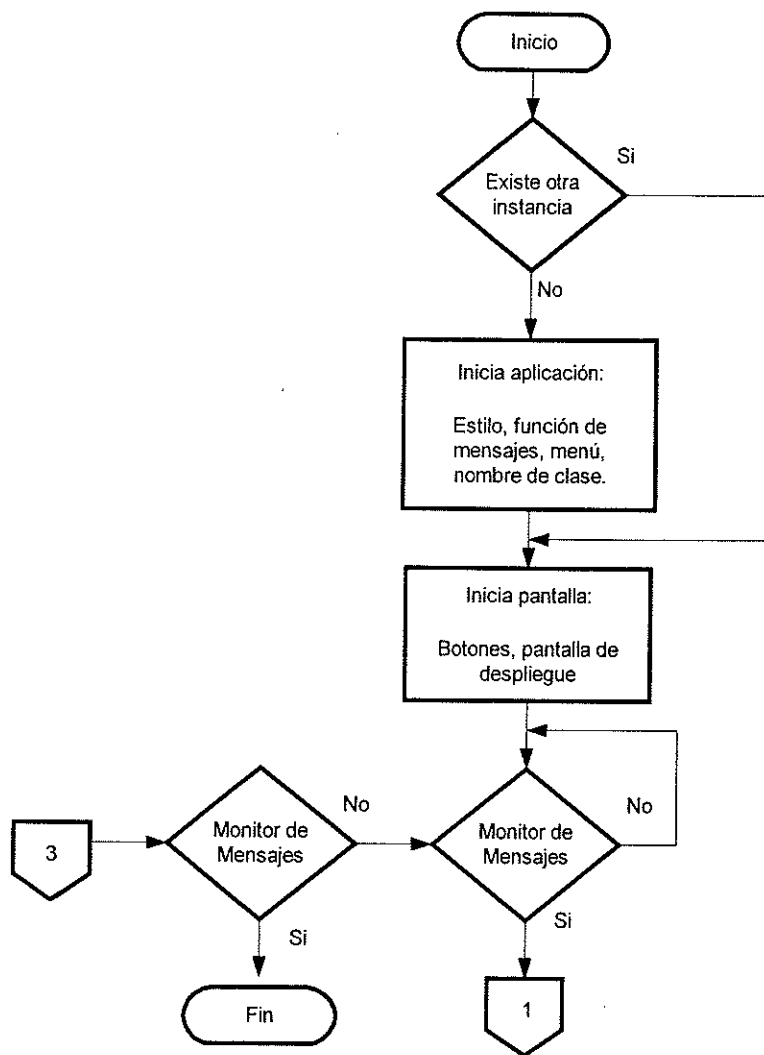
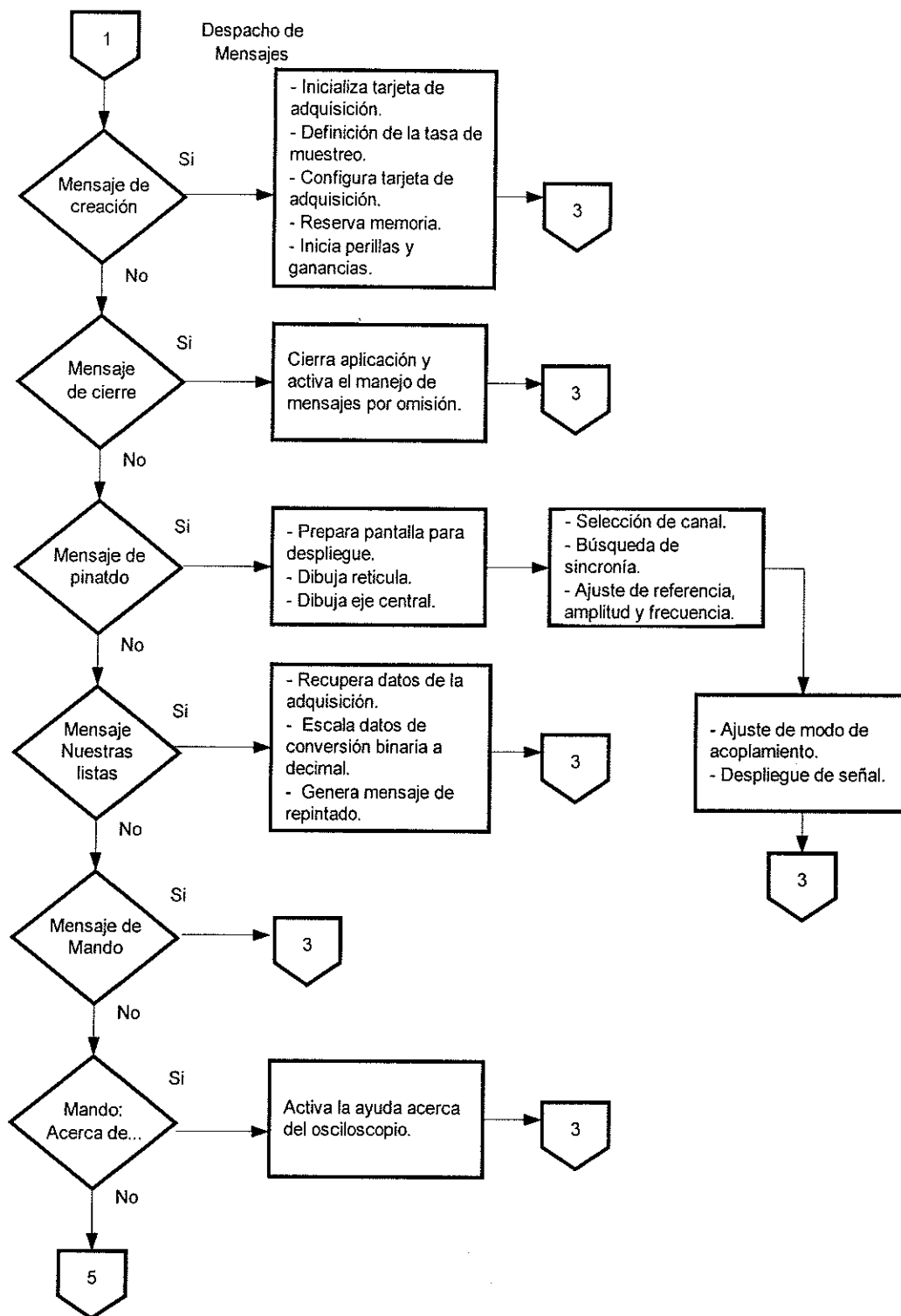
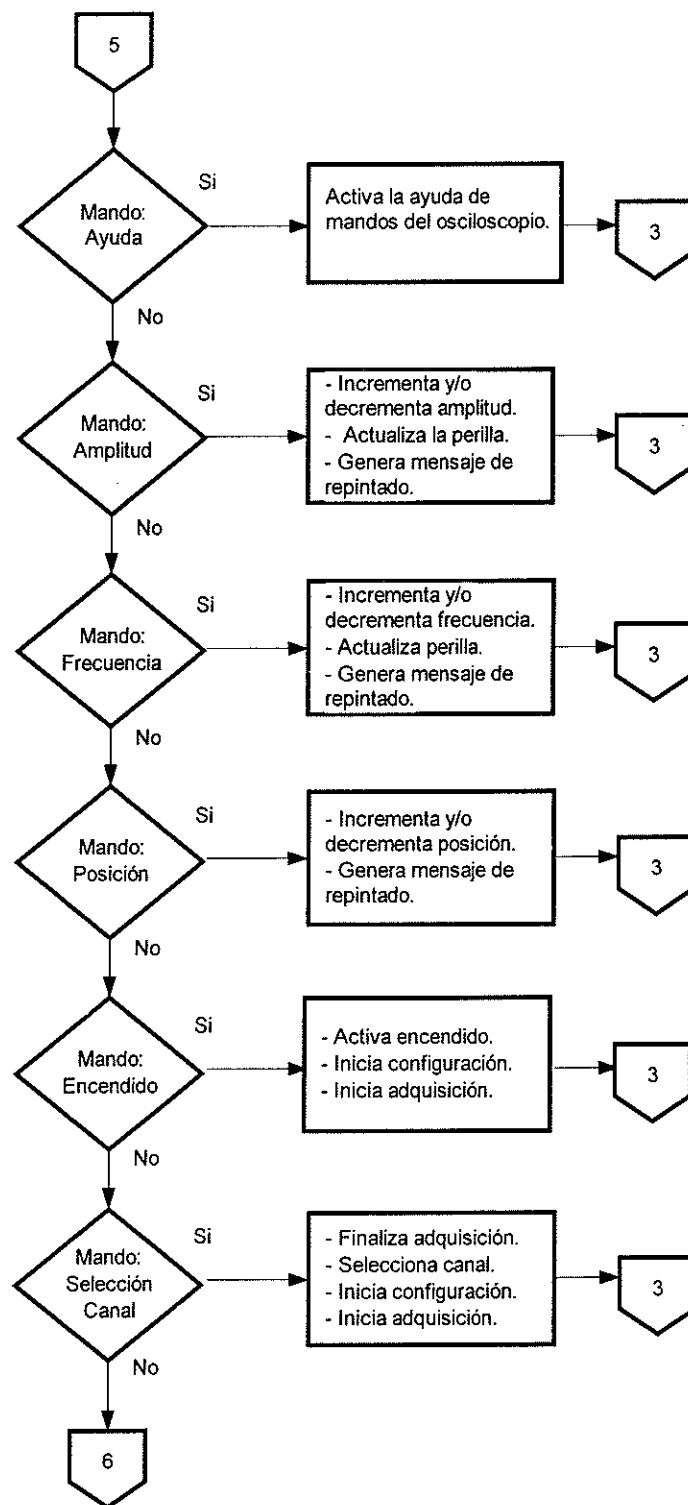


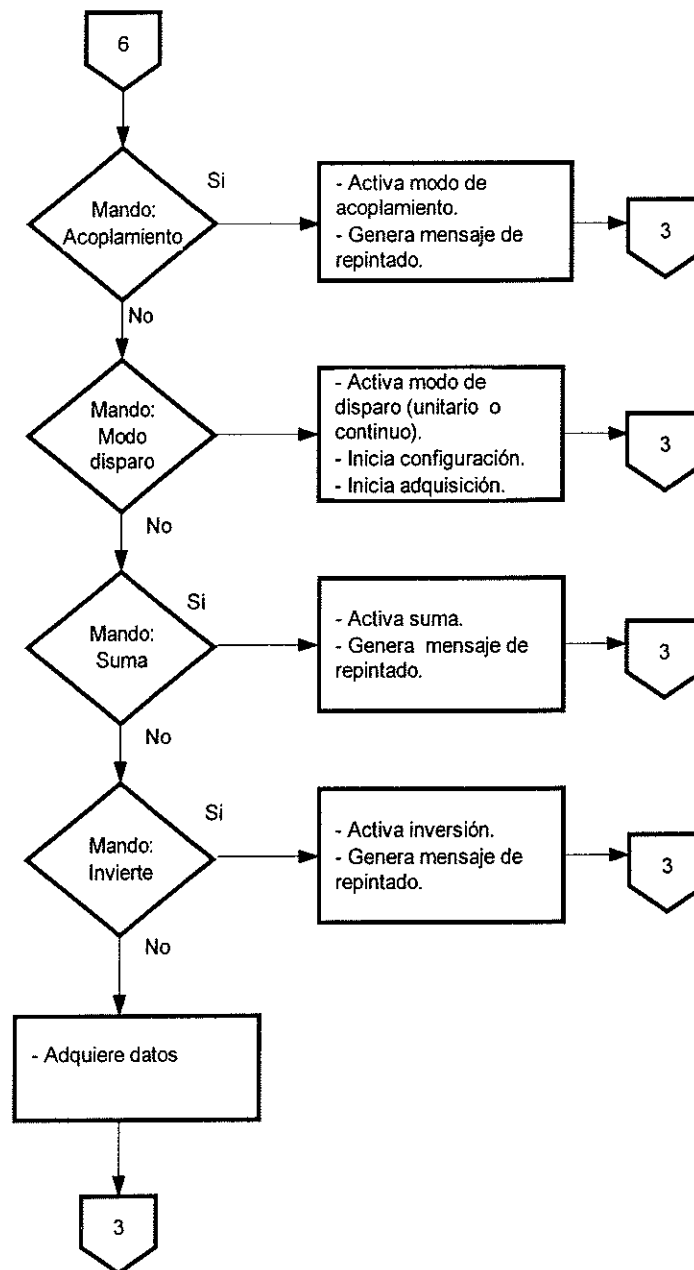
Figura. 15. Carátula del osciloscopio.

#### IV.4 Diagrama de flujo del Osciloscopio.









#### IV.5 Generador de Funciones.

Básicamente se genera la forma de onda senoidal, se tiene la opción de modificar sus parámetros de amplitud, frecuencia y agregar un voltaje de corriente directa (Offset), se puede realizar una modulación en amplitud de esta señal, donde los parámetros de amplitud y frecuencia de la señal portadora son seleccionados a través de las perillas del instrumento, la modulación es del tipo Modulación con portadora suprimida, el generador de funciones cuenta con dos canales de salida los cuales trabajan de manera independiente, la carátula se muestra en la figura 16.

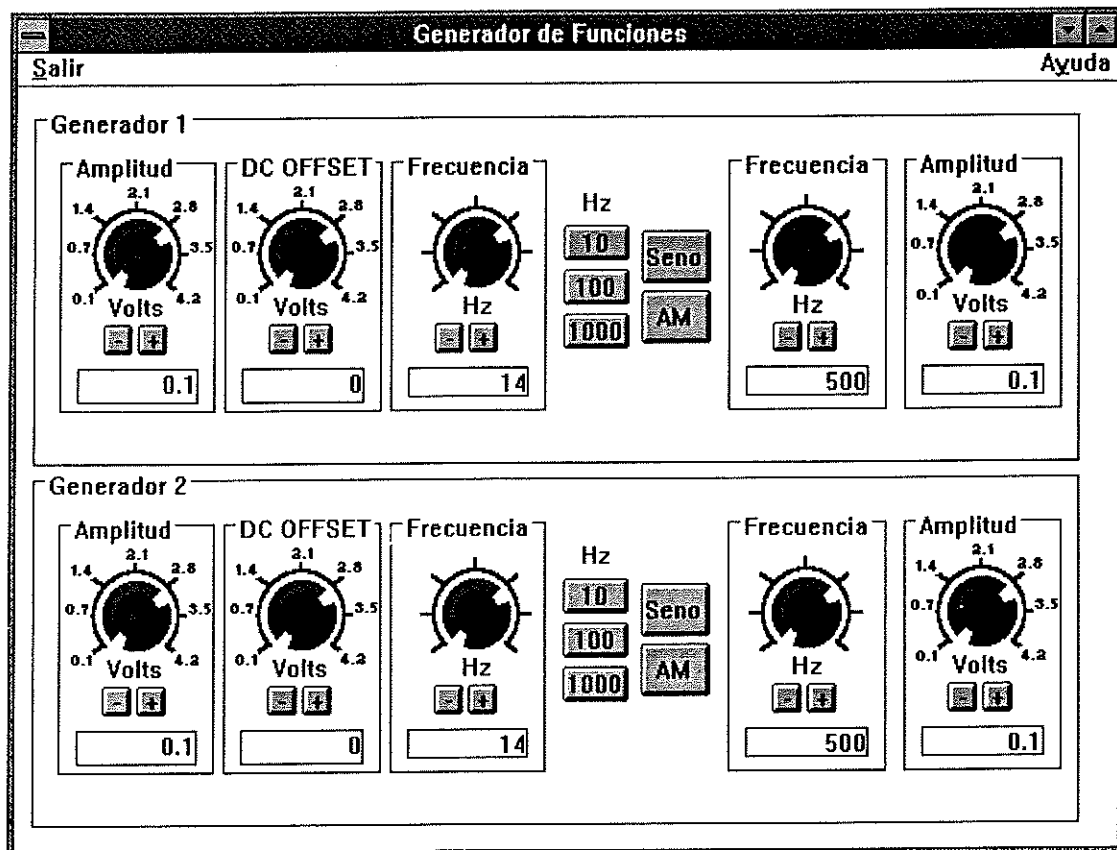
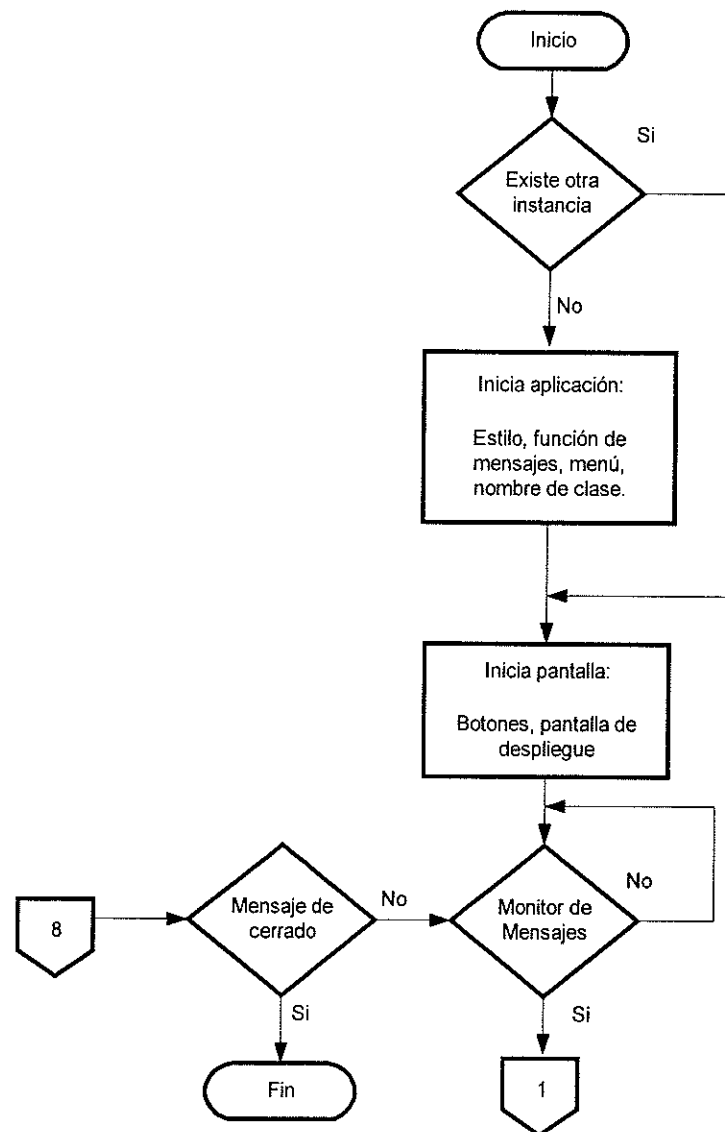
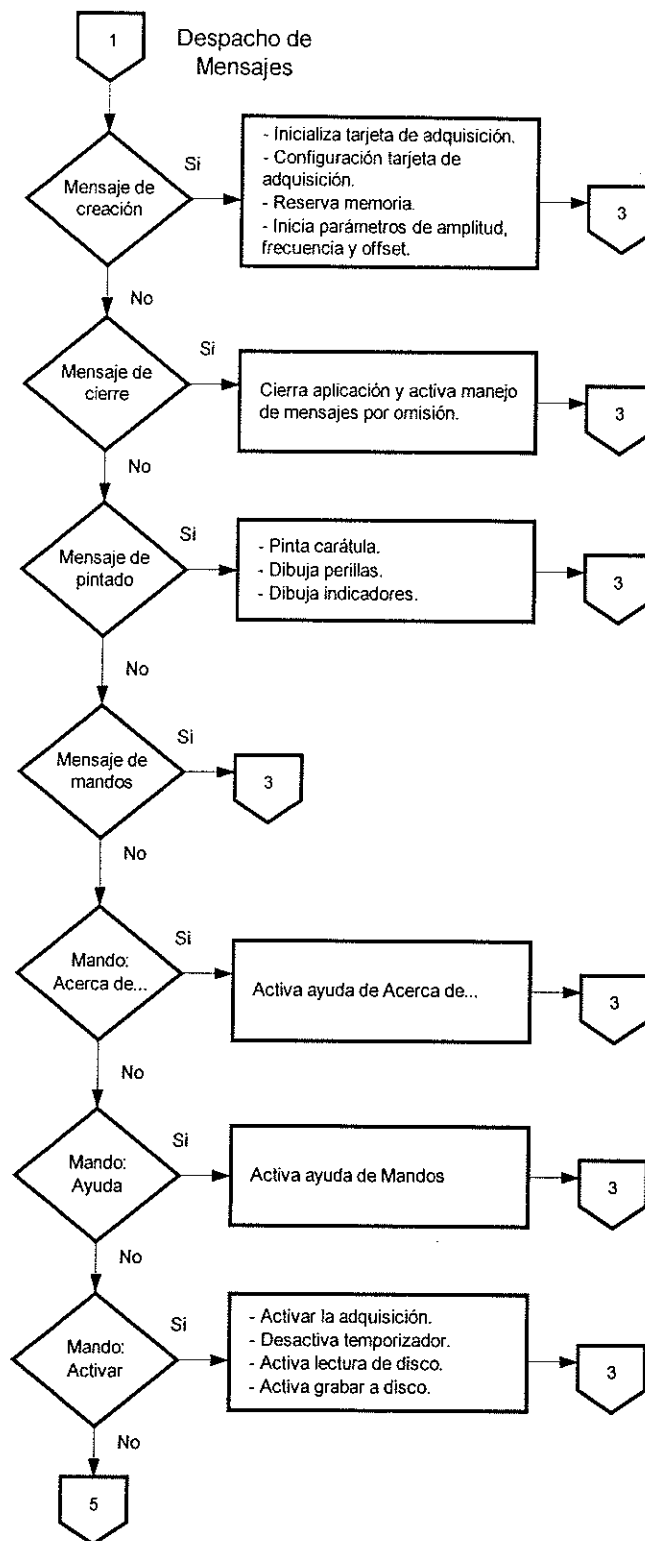


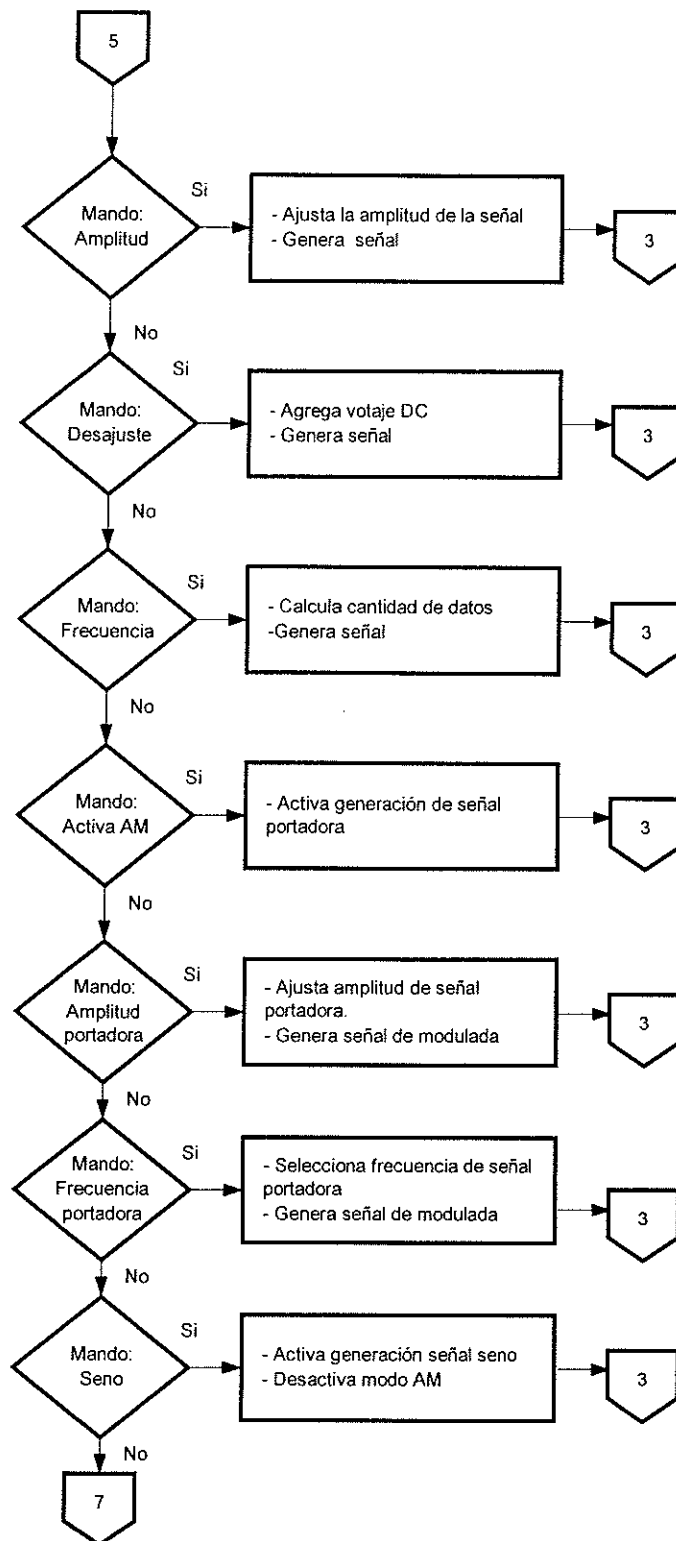
Figura. 16. Carátula del generador de funciones.

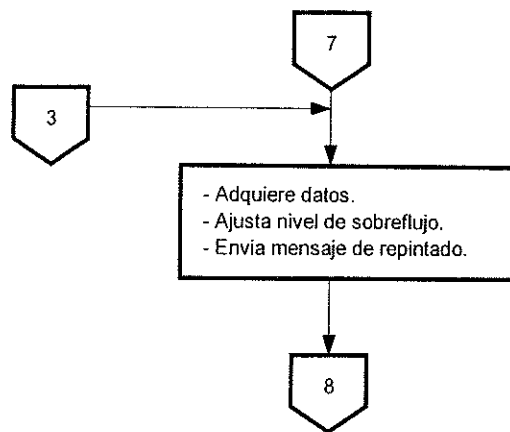


#### IV.6 Diagrama de flujo del Generador de funciones.









#### IV.7 Registrador de datos.

Tiene la capacidad de adquirir y desplegar dos canales de señal, la información es mostrada en diferentes colores dentro de una sola pantalla de despliegue, las funciones extras que se tienen disponibles son: opción de grabado a disco de los canales de información o en su caso la lectura de alguna señal pregrabada para su análisis, una de sus principales características es la opción de reproducción de una señal grabada, donde se tiene la posibilidad de definir el sentido del despliegue además de la opción de congelar la imagen de la señal que se reproduce (figura 17).

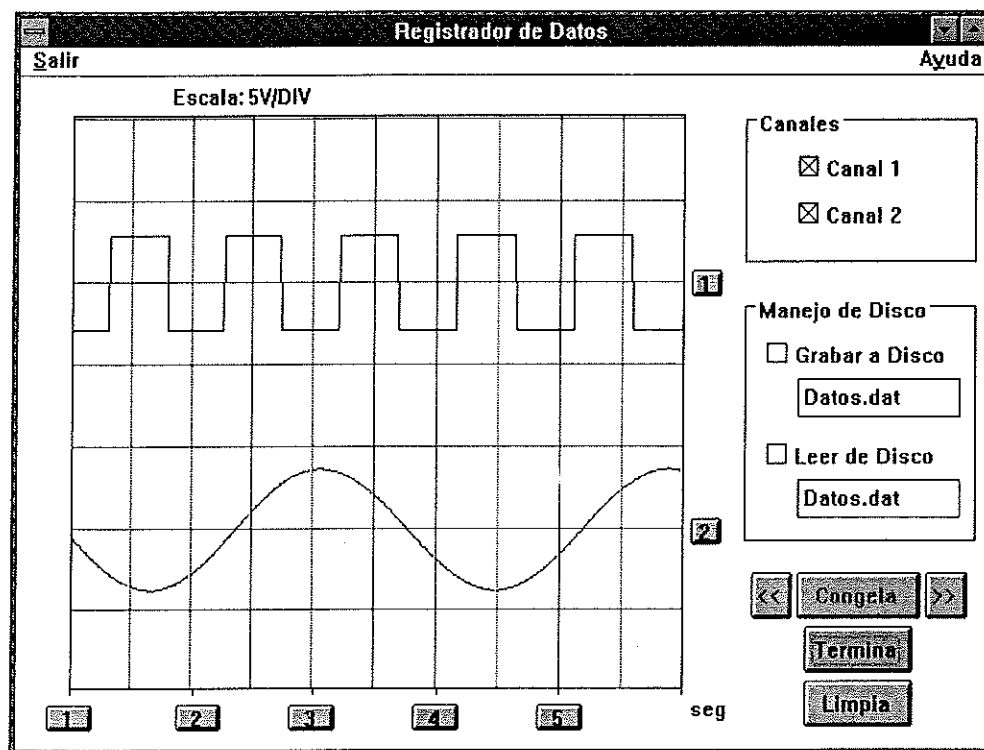
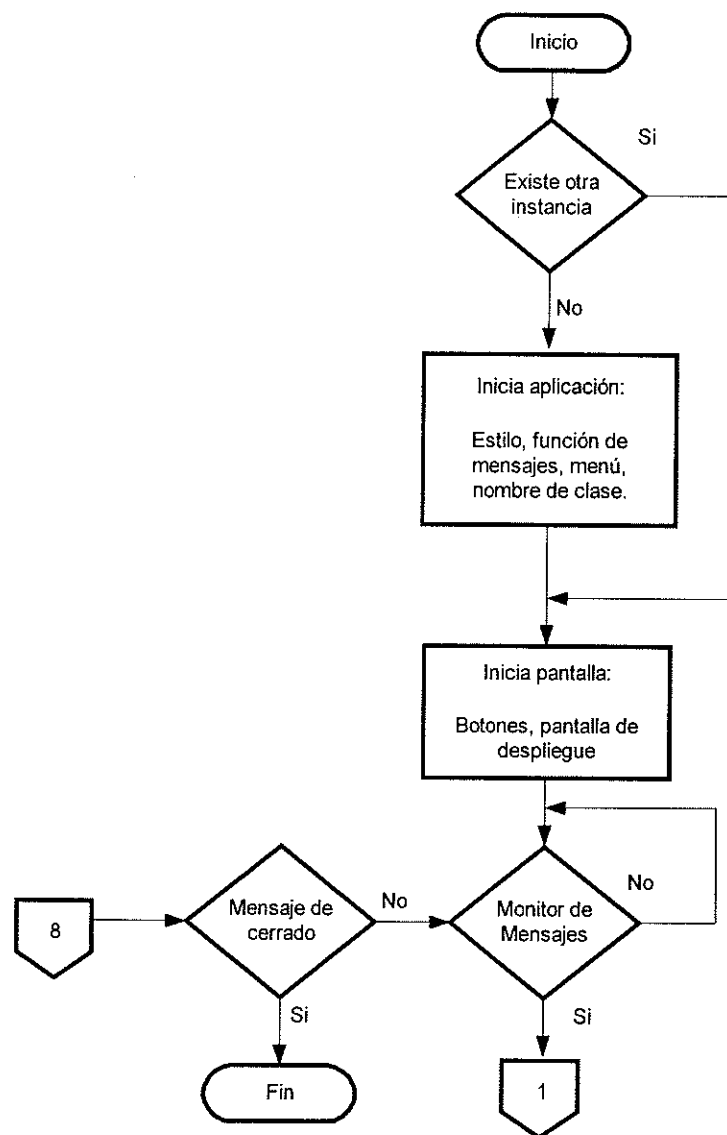
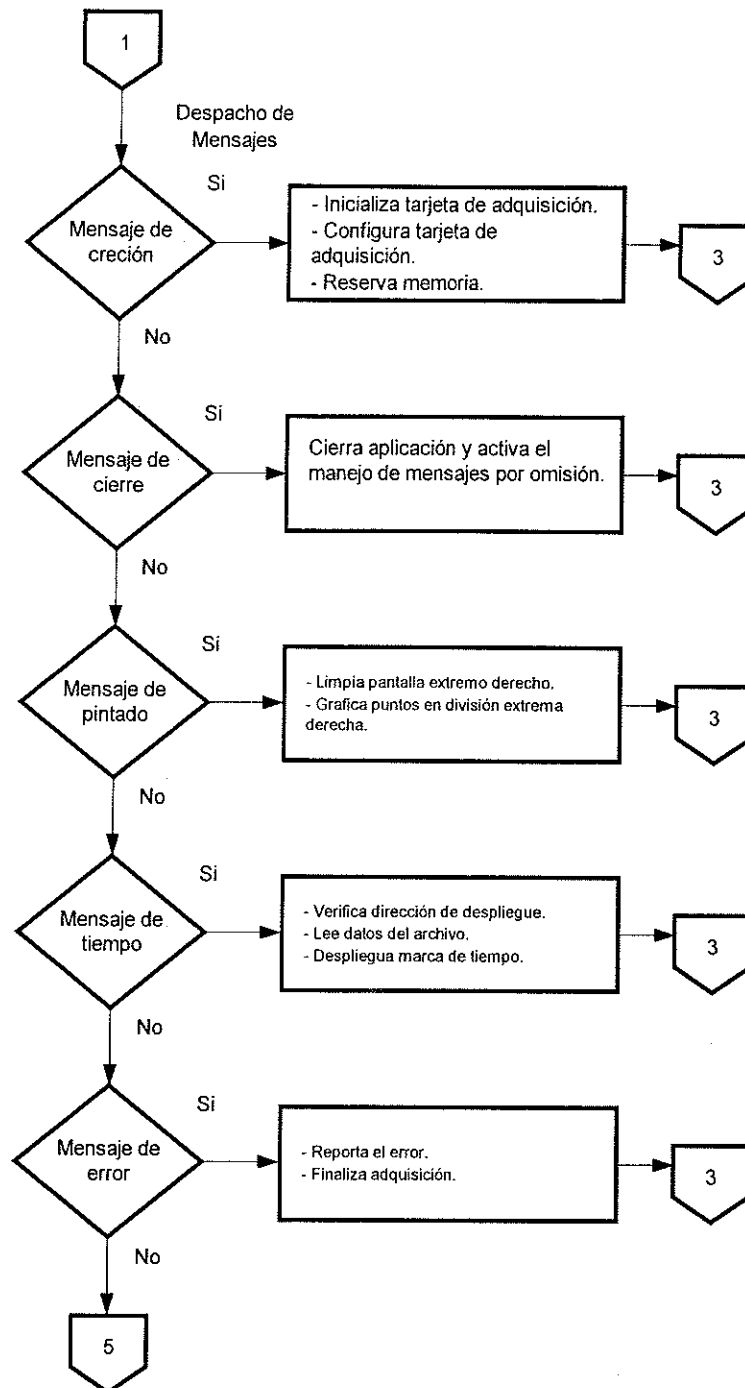
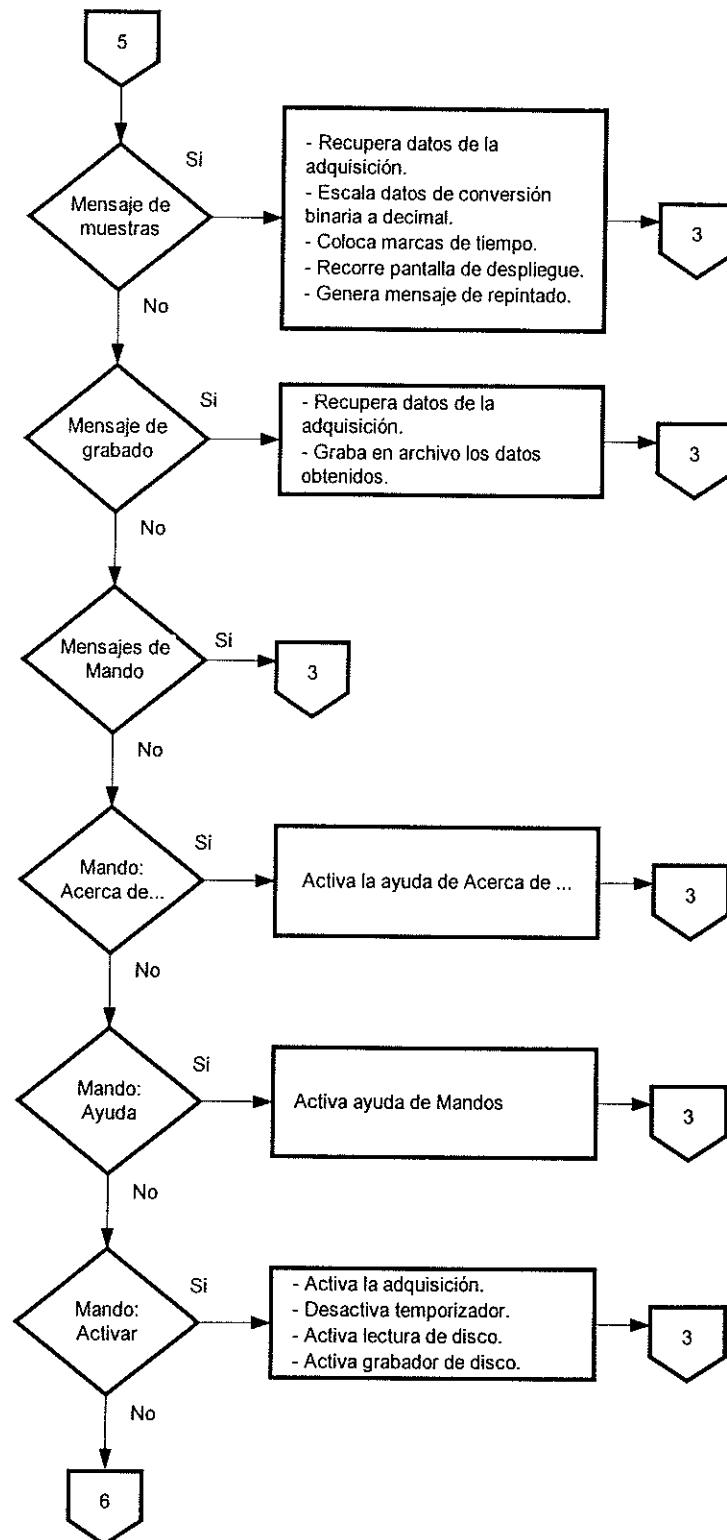


Figura. 17. Carátula del registrador de datos.

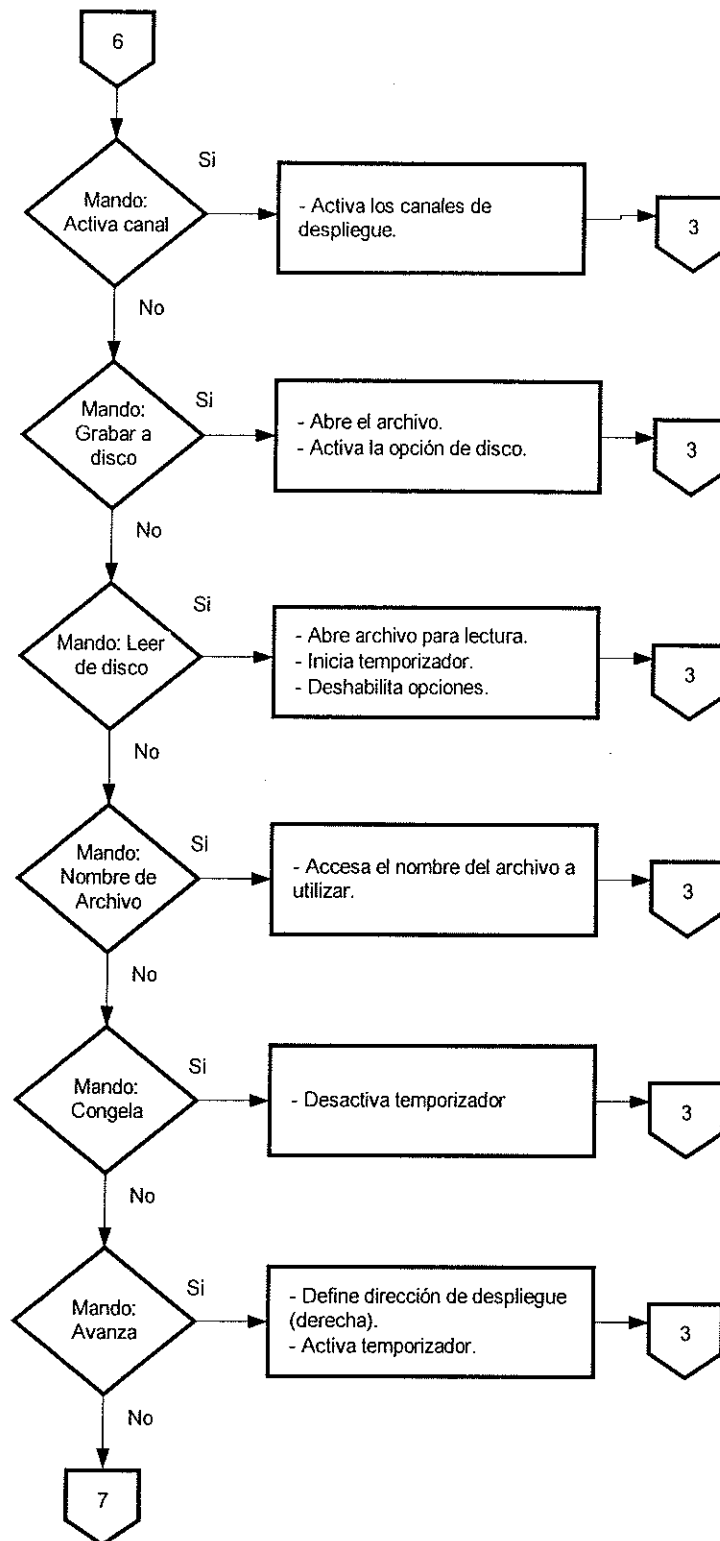
#### IV.8 Diagrama de flujo del Registrador de Datos.

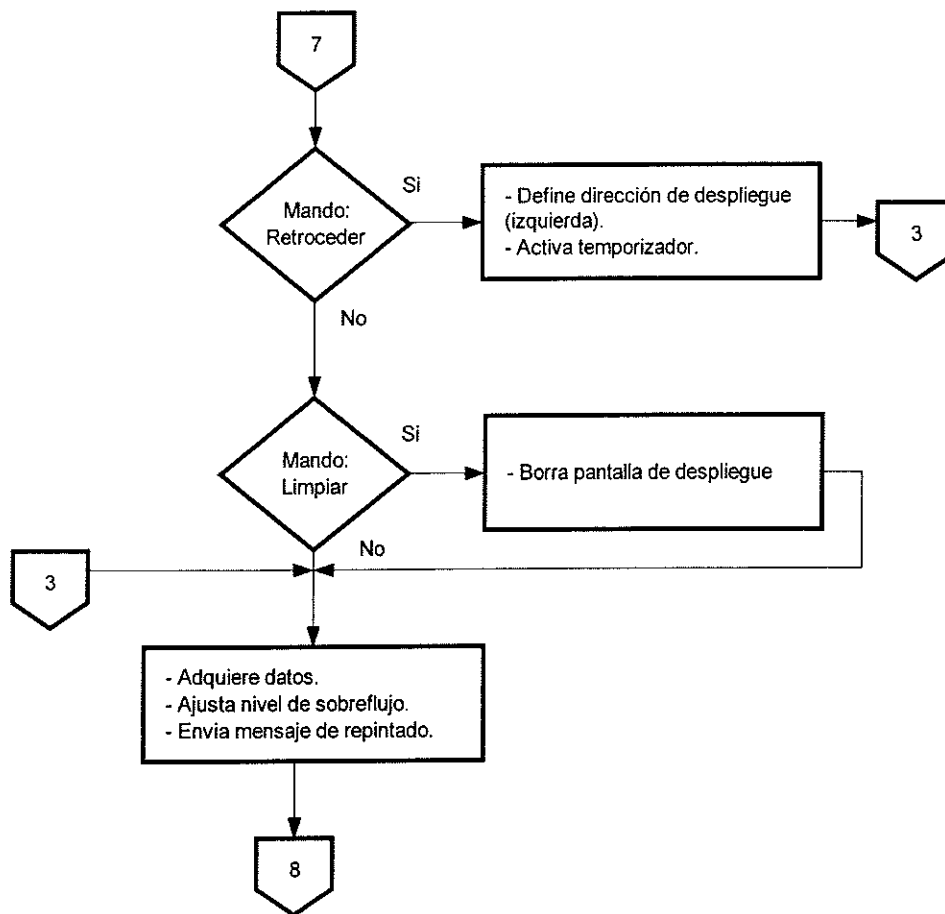












#### IV.9 Voltímetro.

Está compuesto por cuatro voltímetros que trabajan en forma independiente entre ellos, la característica principal es la resolución que alcanza el instrumento, ya que se tiene una serie de escalas de medición que van desde los 50 mV hasta 5V, mantiene alarmas de sobreflujo para protección de las entradas, además de la opción de congelado de lectura (figura 18).

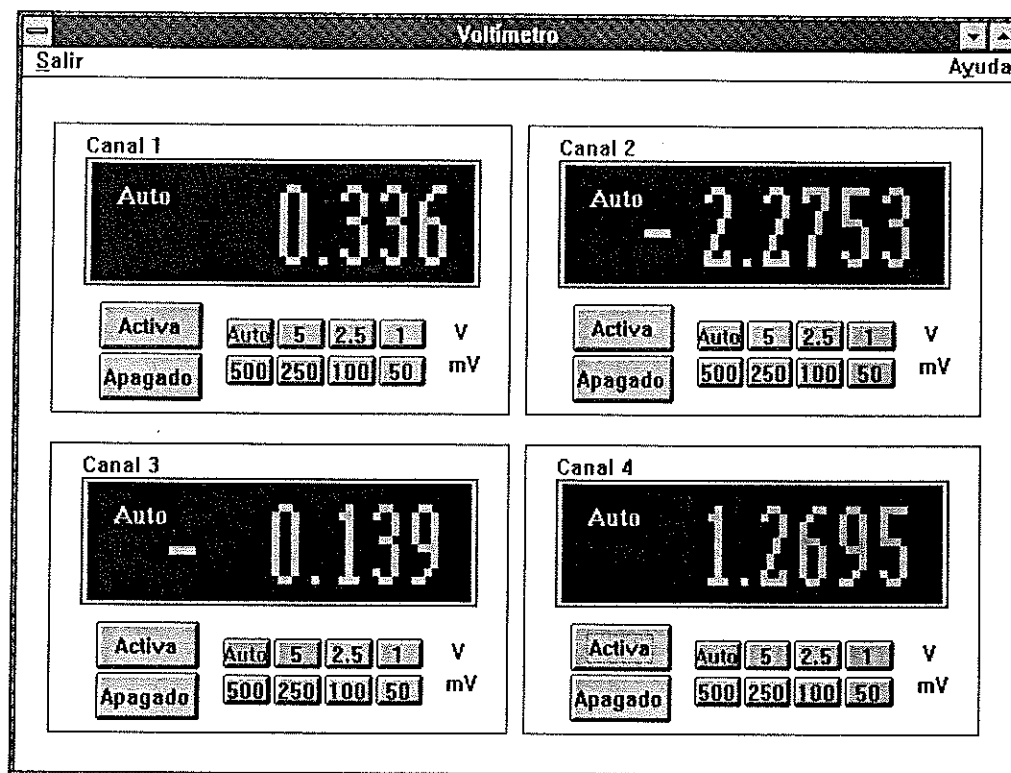
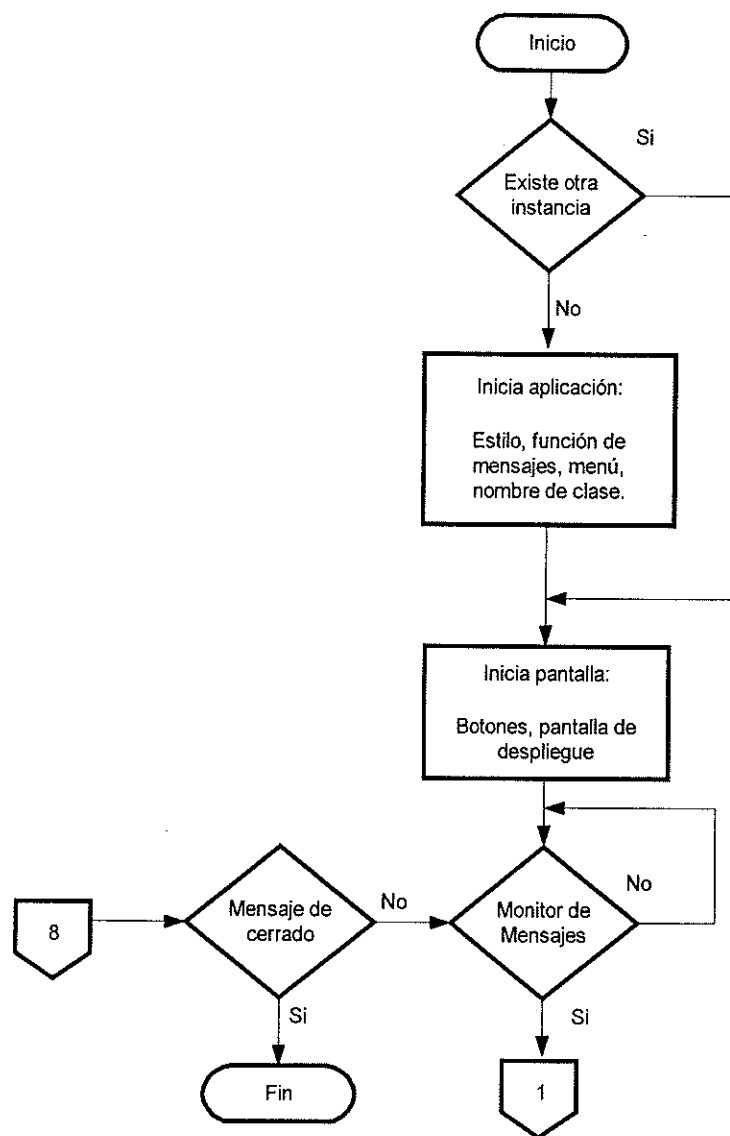
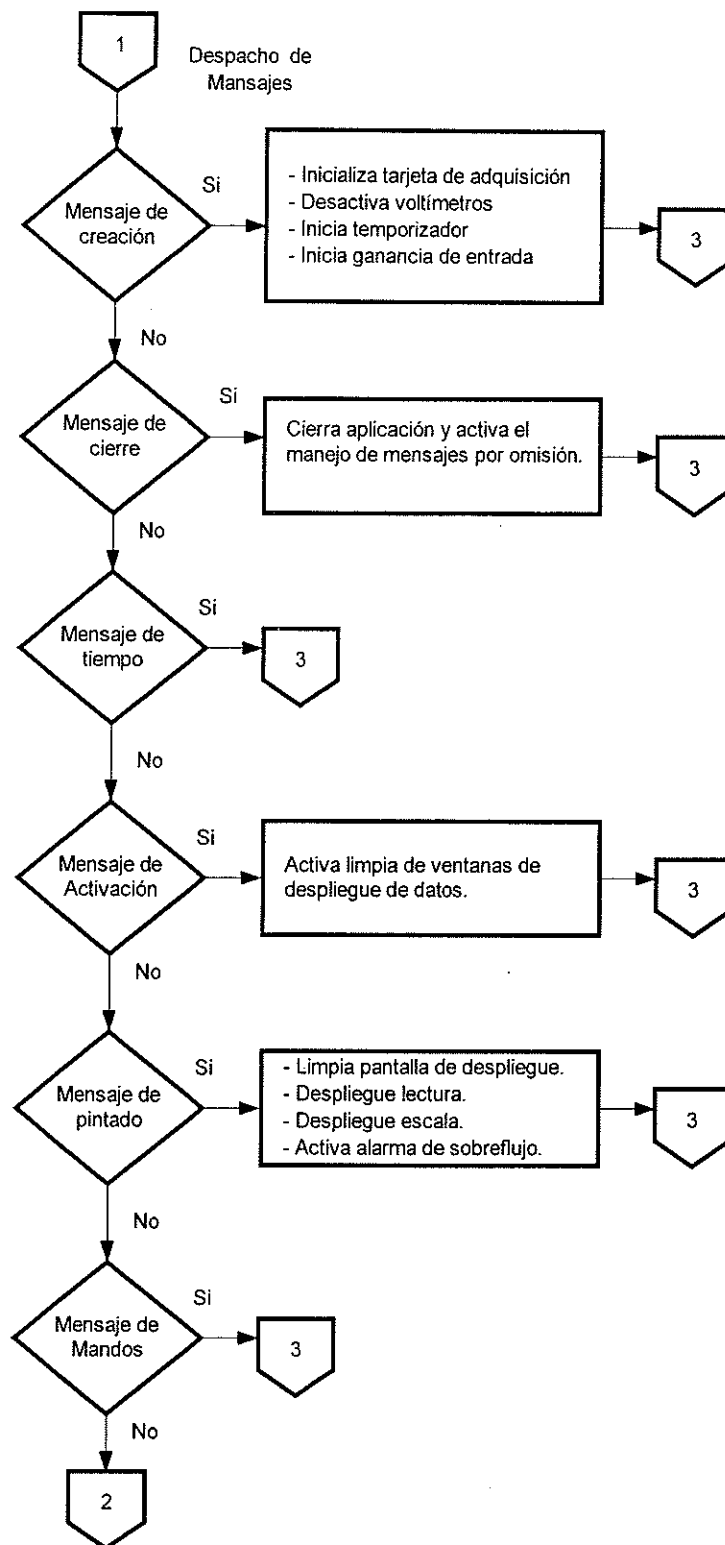
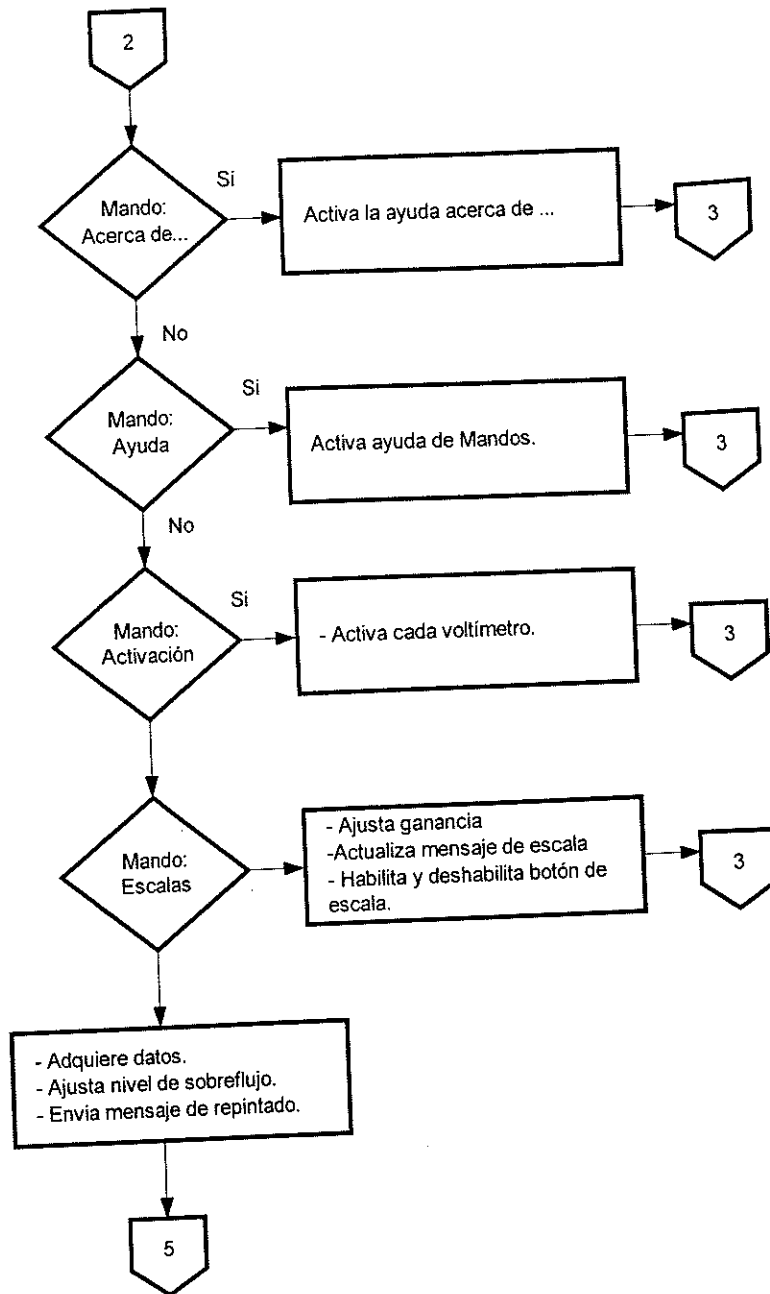


Figura 18. Carátula del voltímetro.

#### IV.10 Diagrama de flujo del voltímetro.







## V. CONCLUSIONES.

La instrumentación virtual es una alternativa factible para ciertos sistemas de instrumentación debido a la facilidad que presenta para el manejo de la información. La importancia que tiene el manejo de la información a llevado a la creación de equipos electrónicos que interactuen con los sistemas de cómputo, los cuales son la opción más eficaz para el manejo de la información.

El uso de la modularidad dentro del diseño es una alternativa viable debido a la versatilidad y flexibilidad que proporciona para la creación de sistemas, además permite el uso de módulos ya existentes lo cual reduce considerablemente el tiempo de diseño.

La base del sistema es el módulo del equipo de adquisición de datos, ya que es la interfaz entre el sistema de cómputo y las señales analógicas bajo análisis. Uno de los equipos de adquisición más prácticos y utilizados son las tarjetas de adquisición de datos, ya que permiten una interacción más eficiente entre la información adquirida por medio del equipo de adquisición de datos y la memoria del sistema de cómputo.

El punto crítico dentro de cualquier sistema de instrumentación es la transferencia de datos entre el equipo de adquisición y la memoria de la computadora, debido principalmente a la velocidad que proporciona el ducto de datos. Existen algunos métodos que optimizan la transferencia, uno de los más eficientes es el acceso directo a memoria (DMA), el cual nos permite utilizar los recursos del sistema de cómputo para otra acción mientras éste transfiere los datos, aunque tiene el inconveniente de no poder hacer uso de la información adquirida sino hasta el momento en el cual se finalizó totalmente la transferencia de un bloque de datos entre la memoria y el equipo de adquisición de datos, a

## Conclusiones

---

diferencia del método por interrupciones el cual permite la transferencia de datos por datos pudiendo realizar la manipulación de manera individual, aproximando a un procesamiento en tiempo real.

El sistema permite un manejo eficiente de la información además de ser un sistema de medición sencillo, eficaz y amigable a los usuarios debido a que trabaja en base a un ambiente de tiempo compartido conocido como Windows, el cual proporciona una interfaz gráfica con el usuario de fácil manejo y adaptabilidad, además de otras características como lo es el intercambio de datos entre diferentes aplicaciones y el manejo de memoria, aparte de poseer una gran popularidad a nivel mundial.

Otra de las características notables del sistema es el de ser una alternativa factible para un sistema de medición debido a su eficiencia y costo razonable, como consecuencia de la conjunción de la plataforma de cómputo (computadora personal) y el equipo de adquisición de datos (tarjeta de adquisición de datos).

La programación del sistema se realizó haciendo uso de un lenguaje de programación el cual permitía el desarrollo del sistema dentro del ambiente Windows y de proporcionar las ventajas necesarias para el desarrollo de un sistema en tiempo real, esto ya que la rapidez de ejecución, a diferencia de otros lenguajes de programación visual, permite alcanzar tasas de muestreo bastante aceptables.

Dentro del diseño del programa se utilizó las bibliotecas de enlace dinámico y los manejadores de instrumentos virtuales, con el fin de incrementar la velocidad de interacción con el equipo de adquisición de datos y de permitir la ejecución de la adquisición como una acción secundaria, con lo cual permite al sistema de cómputo realizar alguna otra acción mientras continua activa la



## Conclusiones

---

adquisición de los datos, esto se logró a través del uso de los mensajes de control del ambiente Windows, el cual nos permite el monitoreo de ciertos eventos durante la adquisición.

Además se hizo uso de una técnica conocida como doble reforzado el cual permite la adquisición de datos de una manera continua sin requerir de una gran cantidad de memoria, con lo cual se logra adquirir una gran cantidad de información con una cantidad de memoria limitada.

El SISEM permite la expansión de los instrumentos y funciones de éstos, con la acción de incluir las rutinas de programación de las funciones deseadas, a diferencia de los paquetes comerciales los cuales dependen de las bibliotecas de instrumentos existentes en el mercado y del fabricante de los componentes del sistema de instrumentación virtual, aunque realizan los procesos de adquisición y despliegue de una manera más eficiente.

## VI. BIBLIOGRAFIA.

Mehendale, Mahesh. Distributed design foster global innovation.

EDN ASIA. Vol. 3. No. 9. pp. 17. Setpiembre 1994.

Bennet, Paul. Virtual vs Traditional Instruments for VXI.

Evaluation Engineering. Vol. 33. No. 1. pp. 36-38. Enero 1994.

Potter, David. Data acquisition for notebook PCs.

Instrupedia 95. National Instruments. CD.Vol. 1.No. 1. 1995.

Shear, David. Real time operating system.

EDN. Vol. 45. No. 3. pp. 25 - 29 Abril 1994.

Rowe, Martin. Watch your timming with Windows measurements

Test&Measurement World. Vol.13. No.2. Junio 1994.

Loughry, Donald. IEEE Standard Digital Interface for programmable instrumentation. IEEE. 1983.

Carr, Joseph . Sensors and Circuits.

Pretince Hall. 1993.

Sheingold, Daniel. Analog - Digital Conversion handbook.

Pretince Hall. 1986.

Instrumentation Reference and catalogue.

National Instruments. 1995.

Godfrey, J. Terry. Lenguaje ensamblador para micro computadoras

IBM. Pretince Hall. 1992.

Daniel, Richard A. DMA techniques for data acquisition under

Windows. Evaluation Engineering. Vol. 33. No. 1. pp. 30-36.

Enero 1994.

Murray, William / Pappas, Chris. Programación de aplicaciones para

Windows NT. McGraw Hill. 1994.

## GLOSARIO DE TERMINOS.

*A/D*: Analógico - Digital.

*Adquisición de fondo*: Adquisición de datos desarrollada simultáneamente con otro programa o rutina de procesamiento sin aparente interrupción de este.

*CAD*: Convertidor Analógico - Digital.

*CDA*: Convertidor Digital - Analógico.

*D/A*: Digital - Analógico.

*DLL*: (Dynamic Link Library) Biblioteca de enlace dinámico. Conjunto de rutinas de programa que están disponibles para las aplicaciones en tiempo de ejecución.

*DMA*: (Direct Access Memory) Acceso directo a memoria. Circuitaria especializada o microprocesador dedicado que transfiere datos de y hacia memoria sin utilizar el procesador del CPU.

*DNL*: (Differential No-Linearity) medición de la desviación del ancho del código del valor ideal de 1 LSB, en el peor de los casos.

*DSP*: (Digital Signal Processing) Procesamiento Digital de Señales. Categoría de técnicas que analizan señales de una amplia gama de fuentes, las señales son convertidas de su forma analógica a digital para realizar cualquier procesamiento.

*E/S*: Entrada - Salida.

*EISA*: (Extended Industry Standard Architecture) Arquitectura estándar industrial extendida. Ducto de la computadora 80386 y 80486 de 32 bits con una velocidad de 33 Mhz, utiliza la misma arquitectura del ducto ISA.

*FIFO*: (First Input First Output) Primero en entrar, primero en salir. Método de almacenamiento que recupera el artículo que ha estado más tiempo almacenado.

- GPIB:* (General Purpose Interface Bus) Ducto Interfaz de propósito general. Interfaz dedicada a la comunicación entre instrumentos.
- GUI:* (Graphical User Interface) Interfaz de usuario gráfico, interfaz de la computadora al usuario en un ambiente gráfico.
- GTXI:* (Geological Test eXtensions for Instrumentation) Gabinete especializado para pruebas geológicas.
- ISA:* (Industry Standard Architecture) Arquitectura estándar industrial. Ducto de la computadora personal, contiene 62 líneas donde 20 son de direcciones y 8 de datos.
- Jitter:* Variación del tiempo de latencia.
- Latencia:* Tiempo de retardo de un dispositivo para responder a la petición de una interrupción.
- LSB:* (Least Significant Bit) Bit menos significativo.
- Micro Canal:* Ducto de 32 bit no compatible con el ducto ISA, alcanza velocidades de 20 Mbyte/seg., este ducto es usado en las computadoras PS/2.
- Notebook:* Computadora cuaderno, tipo libro. Computadora portátil que usualmente pesa no más de 2 Kg.
- NuBus:* Ducto de la Macintosh de Apple, ducto de 32 bit.
- PCI:* Ducto de 32 bits de alta velocidad usada en computadoras personales y computadoras Macintosh.
- PCMCIA:* (Personal Computer Memory Card International Association)  
Asociación internacional de tarjetas de memoria para computadoras personales. Periférico del tamaño de una tarjeta de crédito, que funcionan como una unidad de memoria externa portátil.
- RS232, RS-422A:* Protocolo de interfaz serie, comúnmente utilizado como interfaz entre dispositivos lentos y computadoras.

**SCXI:** (Signal Conditioning eXtensions for Instrumentation) gabinete especial, utilizado para acondicionar señales.

**VME:** Ducto de 32 bits usado mayormente en estaciones de trabajo.

**VXI:** (VMEbus eXtensions for Instrumentation), extensión del ducto VME para instrumentación.

**VxD:** (Virtual Device) Dispositivo Virtual. Rutinas que manejan los dispositivos periféricos de manera transparente al usuario.

## APENDICE A: Aplicaciones de desarrollo de sistemas de instrumentación virtual.

Actualmente existe en el mercado una gran variedad de aplicaciones en el área de instrumentación virtual, los cuales son un conjunto de paquetes de programación y bibliotecas, que fueron desarrolladas para el control de instrumentos, adquisición, análisis y presentación de datos.

Algunos de los paquetes de programación que existen son los siguientes: LabVIEW de National Instruments, es un sistema el cual proporciona al usuario el uso de herramientas para el control de los instrumentos, adquisición de datos, análisis y presentación, proporciona al usuario un entorno de programación gráfica, en el cual solo se requiere ensamblar bloques de funciones de manera gráfica, para realizar las funciones del instrumento requerido, el diseño se basa en el uso de las bibliotecas de funciones, esto representa un intervalo de manejo de por lo menos de 450 módulos de instrumentos virtuales de más de 45 compañías, además incluye módulos de análisis y despliegue de datos, eliminando la programación a bajo y medio nivel de los instrumentos requeridos. Las restricciones que presenta es la dependencia de las bibliotecas de funciones, el alto costo y los requerimientos del sistema de cómputo. Este paquete tiene versiones de ediciones para trabajar en los siguientes ambientes: DOS, Windows 3.1, NEC-Windows, Windows NT, Macintosh y Power Macintosh, HP-UX.

LabWindows/CVI de National Instruments por su parte permite la creación hasta cierto punto de los instrumentos requeridos, ya que se desenvuelve en un ambiente de programación de alto nivel como lo es el

lenguaje de programación C, al igual que LabVIEW se basa en el uso de bibliotecas, permite tener un ahorro de tiempo en todas las fases del desarrollo de un sistema de instrumentación, las imposiciones que presenta son el conocimiento del lenguaje de programación C, requerimientos del sistema de cómputo y el alto costo.

VisualDAS de Keithley Metrabyte, es un sistema compuesto por un conjunto de controles para la adquisición de datos, las cuales manejan todas las entradas y salidas analógicas y digitales, estos controles reemplazan la programación por medio de una lista de opciones que describen la operación a procesar, con lo que se tiene un código corto y eficiente, para este paquete se requiere del uso de Visual BASIC para la representación de los datos, y esta sujeto al uso de tarjetas de adquisición de datos de la compañía MetraByte.

SnapMaster de CyberResearch. Es un software de adquisición de datos que permite al usuario definir su propio instrumento usando iconos y diagramas de flujo sencillos que ayudan a diseñar la adquisición de datos y el despliegue del sistema. Este sistema trabaja bajo un ambiente de Windows, lo cual permite que exista una facilidad de intercambio de datos, entre este sistema y algunos otras opciones de procesamiento y análisis de datos. Trabaja para tarjetas CyberResearch y MetraByte solamente.

## ANEXO A: Especificaciones y requerimientos del sistema emulador de instrumentos electrónicos.

Las especificaciones de cada uno de los instrumentos son las siguientes:

### *Osciloscopio:*

|                                  |                                                            |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Canales de entrada.              | 2                                                          |
| Intervalo de voltaje de entrada. | $\pm 5V$                                                   |
| Frecuencia máxima.               | 10kHz cada canal de manera individual, 5kHz ambos canales. |
| Modos de acoplamiento.           | Directo y capacitivo.                                      |
| Modos de operación.              | Disparo unitario y continuo.                               |
| Impedancia de entrada.           | $0.1G\Omega$ en paralelo con 45 pF.                        |

### *Generador de funciones:*

|                                                 |               |
|-------------------------------------------------|---------------|
| Canales de salida.                              | 2             |
| Intervalo de voltaje de salida.                 | $\pm 5 V$     |
| Frecuencia máxima.                              | 5Hz - 1 KHz   |
| Forma de onda.                                  | Senoidal.     |
| Modulación en amplitud con portadora suprimida. |               |
| Intervalo de voltaje de portadora.              | $\pm 5 V$     |
| Frecuencia máxima de portadora.                 | 500 - 3.5 KHz |
| Impedancia de salida.                           | $0.2\Omega$ . |



*Registrador de datos:*

|                                        |                                     |
|----------------------------------------|-------------------------------------|
| Canales de entrada modo referenciado.  | 2.                                  |
| Intervalo de voltaje de entrada/canal. | $\pm 5V$ .                          |
| Frecuencia máxima.                     | 10 Hz.                              |
| Impedancia de entrada                  | $0.1G\Omega$ en paralelo con 45 pF. |
| Almacenamiento en disco(bytes)         | 1Mbyte.                             |

*Voltímetro:*

|                                |                                      |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| Canales de entrada.            | 4                                    |
| Escalas de voltaje de entrada. | 50, 100, 250, 500 mV,<br>1, 2.5, 5 V |
| Frecuencia de muestreo.        | 10 muestras/seg.                     |
| Impedancia de entrada          | $0.1G\Omega$ en paralelo con 45 pF.  |
| Tasa de muestreo               | 5 mediciones por segundo.            |

El sistema requiere del uso de una computadora personal con las siguientes características:

- Procesador 80486 a 66 Mhz o posterior.
- 8 Mbytes de memoria RAM.
- Monitor Super VGA.
- Espacio disponible en disco duro de 10 Mbytes.
- Ratón (Mouse).
- DOS versión 5 o mayor.

Equipo de adquisición de datos requerido:

Tarjeta de Adquisición de datos de National Instruments.

Bloque de conectores de entrada/salida CB-50 de  
National Instruments.

Aplicaciones que se requieren para el funcionamiento del sistema:

Windows v3.1

Manejadores de periféricos NIDAQ para Windows, de  
National Instruments.

ANEXO B: Tableta de conexión de señales.

|             |    |    |          |
|-------------|----|----|----------|
| ACH0        | 1  | 2  | ACH1     |
| ACH2        | 3  | 4  | ACH3     |
| ACH4        | 5  | 6  | ACH5     |
| ACH6        | 7  | 8  | ACH7     |
| AISENSE/AIG | 9  | 10 | DAC0 OUT |
| AGND        | 11 | 12 | DAC1 OUT |
| DGND        | 13 | 14 | PA0      |
| PA1         | 15 | 16 | PA2      |
| PA3         | 17 | 18 | PA4      |
| PA5         | 19 | 20 | PA6      |
| PA7         | 21 | 22 | PB0      |
| PB1         | 23 | 24 | PB2      |
| PB3         | 25 | 26 | PB4      |
| PB5         | 27 | 28 | PB6      |
| PB7         | 29 | 30 | PC0      |
| PC1         | 31 | 32 | PC2      |
| PC3         | 33 | 34 | PC4      |
| PC5         | 35 | 36 | PC6      |
| PC7         | 37 | 38 | EXTTRIG  |
| EXTUPDATE*  | 39 | 40 | EXTCONV* |
| OUTB0       | 41 | 42 | GATB0    |
| CUTB1       | 43 | 44 | GATB1    |
| CCLKB1      | 45 | 46 | OUTB2    |
| GATB2       | 47 | 48 | CLKB2    |
| 5V          | 49 | 50 | DGND     |

Figura B.1. Tableta de conexión de señales de la tarjeta de adquisición de datos.

Descripción de terminales

| Terminal | Nombre        | Descripción                                                     |
|----------|---------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1 - 8    | ACH0 - ACH7   | Canales de entrada 0 - 7.                                       |
| 9        | AISENSE/AIGND | Tierra de entrada analógica en modo referenciado.               |
| 10       | DAC0 OUT      | Señal de salida canal 0.                                        |
| 11       | AGND          | Tierra analógica, modo diferencial                              |
| 12       | DAC1 OUT      | Señal de salida canal 1.                                        |
| 13       | DGND          | Tierra analógica, salida.                                       |
| 14 - 21  | PA0 - PA7     | Líneas de datos bidireccional puerto A.                         |
| 22 - 29  | PB0 - PB7     | Líneas de datos bidireccional puerto B.                         |
| 30 - 37  | PC0 - PC7     | Líneas de datos bidireccional puerto C.                         |
| 38       | EXTTRIG       | Señal de control externa para iniciar secuencia de adquisición. |
| 39       | EXTUPDATE*    | Señal de control para actualizar los DAC de salida.             |
| 40       | EXTCONV*      | Señal de control para disparar la conversión A/D.               |
| 41       | OUTB0         | Salida del contador B0.                                         |
| 42       | GATB0         | Compuerta del contador B0.                                      |
| 43       | COUTB1        | Salida contador B1.                                             |
| 44       | GATB1         | Compuerta contador B1.                                          |
| 45       | CCLKB1        | Reloj contador B1.                                              |
| 46       | OUTB2         | Salida contador B2.                                             |
| 47       | GATB2         | Compuerta contador B2.                                          |
| 48       | CLKB2         | Reloj contador B2.                                              |
| 49       | $\pm 5V$      | Salida de $\pm 5V$ , 1 A máximo.                                |
| 50       | DGND          | Tierra digital.                                                 |

## Anexo C: Instalación y Mandos.

### INSTALACIÓN:

Se ejecuta el siguiente mando, desde la línea de mandos:

**- c:\Instala**

Automáticamente se realiza la instalación de los archivos necesarios del sistema, además de instalar la ventana y los iconos de los instrumentos del sistema.

Para que el sistema se ejecute de manera correcta, se debe verificar que existe la tarjeta de adquisición de datos instalada dentro de gabinete de la computadora, además de verificar la existencia de las bibliotecas de control de la tarjeta de adquisición de datos, y comprobar que ha sido configurada la tarjeta para la computadora.

### MANDOS:

Dentro del sistema la selección de los mandos se realiza a través de la pantalla por medio del ratón:

#### Osciloscopio:

- **Salir.** Termina la ejecución de la aplicación.
- **Perilla de Amplitud.**- Varía la escala vertical de la señal de cada canal por medio de los botones de incrementar y decrementar.

- **Perilla de Base de Tiempo.-** Varía la base de tiempo de la señal desplegada.

- **Selección de canal.-** Selecciona el canal de información el cual será desplegado, la opción Canal 1 y Canal 2 muestran cada uno de los canales de manera individual, la opción Canal 1-2 muestra los dos canales simultáneamente.

- **Posición.-** Modifica la referencia de la señal de cada uno de los canales.

- **Acoplamiento.-** Selección del modo de acoplamiento de cada uno de los canales entre las siguientes opciones: Acople Capacitivo (AC), Acople Directo (DC) y referencia a tierra GND.

- **Modo de disparo.-** Modo de despliegue de datos. Continuo o Unitario. El modo continuo permite desplegar la señal de manera continua y el modo unitario despliega la señal solo al momento de presionar la opción en pantalla.

- **Suma.-** Suma las señales del canal 1 y 2, esta opción sólo está disponible cuando es seleccionado el despliegue de los dos canales.

- **Inversión.-** Invierte la polaridad del canal 2, esta opción sólo está disponible cuando es seleccionado el despliegue de los dos canales.

- **Ayuda.-** Presenta dos opciones: Acerca y Mandos del instrumento.

**Acerca.-** Información del instrumento.

**Mandos.-** Información de los mandos.

### Generador de funciones:

La amplitud de la señal generado no debe exceder de  $\pm 5V$ , en el caso de existir sobreflujo en la amplitud, voltaje de desajuste o amplitud de la señal modulada, el valor de la amplitud se regresa al valor anterior.

- **Salir.** Termina la ejecución de la aplicación.
- **Perilla de Amplitud.-** Varía la amplitud de la señal de salida.
- **Perilla de Voltaje de desajuste.-** Agrega a la señal un voltaje de corriente directa (CD) positivo o negativo.
- **Intervalo de Frecuencia.-** Selecciona el intervalo de frecuencia de la señal entre las siguientes opciones: 10, 100 y 1000.
- **Perilla de Frecuencia.-** Modifica la frecuencia de la señal de salida, primeramente se debe seleccionar el intervalo de frecuencia. En el intervalo de 10 Hz solo se puede seleccionar la mitad superior de la perilla, arriba de 5 Hz.
- **Forma de onda senoidal (Seno):** Activa la generación de forma de onda senoidal, y desactiva la modulación en amplitud.
- **Modulación en AM (AM).-** Activa la modulación en amplitud, tipo modulación con portadora suprimida..
- **Perilla de Amplitud en AM.-** Modifica la amplitud de la señal portadora.
- **Perilla de Frecuencia en AM.-** Varía la frecuencia de la señal portadora, en valores predeterminados.
- **Ayuda.-** Presenta dos opciones: Acerca y Mandos del instrumento.
  - Acerca.-** Información del instrumento.
  - Mandos.-** Información de los mandos.

#### Registrador de datos:

Existen marcas debajo de la pantalla, las cuales indican el tiempo en segundos que ha transcurrido desde el inicio del despliegue, con la opción de Limpia, se inicializan las marcas y la pantalla.

- **Salir.** Termina la ejecución de la aplicación.
- **Canal.-** Selección del canal a desplegar, cada vez que se ejecuta una función del instrumento se debe hacer una selección de canales.
- **Grabar.-** Activa la grabación de las señales al disco duro.
- **Leer.-** Activa la lectura de un archivo de datos, conteniendo información de señales pregrabadas, al activar esta opción habilita la función de avance, retroceso y congelado.
- **Activar - Terminar.-** Activa o desactiva las funciones de despliegue y almacenamiento en disco, además de desactivar la función de lectura de archivo.
- **Congelar.-** Mantiene en pantalla la señal cargada del archivo, hasta el momento en que se selecciona la opción de avance o retroceso.
- **Avanzar (>>).-** Desactiva la opción de congelar y despliega los datos en el mismo sentido en que fueron grabados.
- **Retroceder (<<).-** Desactiva la opción de congelar y despliega los datos en sentido inverso al que fueron grabados.
- **Limpia.-** Borra la pantalla e inicializa las marcas de tiempo.
- **Ayuda.-** Presenta dos opciones: Acerca y Mandos del instrumento.
  - Acerca.-** Información del instrumento.
  - Mandos.-** Información de los mandos.

#### Voltímetro:

- **Salir.** Termina la ejecución de la aplicación.
- **Activa - Congela-** Activa la lectura del voltímetro seleccionado y congela la lectura actual.



- **Apagado.**- Deshabilita el voltímetro seleccionado.

- **Intervalo.**- Selecciona Intervalo de medición del voltímetro. Las opciones que se tienen son: Auto, 5V, 2.5V, 1V, 500mV, 250mV, 100mV, 50mV. Al existir un voltaje fuera del intervalo seleccionado se indica mediante una señal roja en la pantalla, en el caso de la opción Auto, el intervalo se ajusta automáticamente al voltaje requerido.

- **Ayuda.**- Presenta dos opciones: Acerca y Mandos del instrumento.

**Acerca.**- Información del instrumento.

**Mandos.**- Información de los mandos para la modificación de los parámetros del instrumento.