

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN  
INGENIERÍA**

Diseño e Implementación de un Laboratorio de Instrumentación Virtual para el  
Departamento de Eléctrica y Electrónica de la ESPE

Diego Xavier Pinos Espinosa

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2007

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente proyecto fue realizado en su totalidad por el señor DIEGO XAVIER PINOS ESPINOSA, como requisito para la obtención del título de Ingeniero Electrónico.

-----  
Ing. Alejandro Chacón  
DIRECTOR

-----  
Ing. Víctor Proaño  
CO – DIRECTOR

## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia, pilar fundamental en mi formación personal, mi madre, Susy, mi tía Maggy, mi abuela Tere, mi tía Alex, y sobre todo, a mi abuelo, Don Luís Alfredo Espinosa de la Torre, pues su picardía y naturalidad, me mostró lo fácil que es vivir con sencillez.

Además agradezco a mi tío, Ing. Rommel Pinos, que me impulso a seguir esta carrera y ha sido un soporte constante en estos años de dura lucha.

Un especial agradecimiento a cada uno de mis maestros, quienes me formaron moral y profesionalmente, en especial, a mi director, Ing. Luís Alejandro Chacón, más que un maestro, un amigo, y a mi co – director, Ing. Víctor Proaño, al que le guardo un profundo respeto.

## **DEDICATORIA**

Dedico esta obra a cada una de las personas que directa o indirectamente ayudaron en su realización, familiares, maestros y amigos, ya que sin su apoyo, jamás lo hubiese culminado con éxito.

Además, dedico este proyecto a la memoria de mi abuelo, Luís Espinosa de la Torre, como muestra de un profundo afecto y respeto.

## PRÓLOGO

En el año de 1983, la Escuela Politécnica del Ejército adquiere equipos de la firma DEGEM SYSTEMS, para usarlos en los diferentes laboratorios con los que cuenta para el desarrollo de prácticas dentro de la carrera de Ingeniería Electrónica. Los equipos fueron un gran aporte a la didáctica desarrollada, sin embargo, 24 años después, los equipos necesitan un reajuste orientado a los esquemas que se tienen en la actualidad.

Por este motivo, se visualizó la posibilidad de desarrollar un HMI (Interfaz Humano Máquina), con el objeto de demostrar la factibilidad del manejo de los equipos a través del computador. Se escogió el módulo del Transductor de Efecto Hall, usado para medir la velocidad de rotación de un motor DC, experimento que se realiza de forma manual y cuya aplicación es de fácil entendimiento para el alumno.

La interfaz fue ejecutada en el software LabVIEW, permitiendo un total control del módulo a través del computador, y utilizando una tarjeta de Adquisición de Datos. El uso de NI ELVIS, suite desarrollada para instrumentación virtual, permite optimizar los recursos dentro del laboratorio.

Finalmente, el HMI fue llevado a la Web a través del Servidor Web de LabVIEW y monitoreado a través de una Webcam, con lo que se posibilita al estudiante a manejar el módulo de manera remota, desde cualquier parte que disponga de una conexión a Internet y un computador, ya sea portátil o de escritorio.

## INDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
DEDICATORIA .....	III
PRÓLOGO .....	IV
INDICE GENERAL .....	V

## CAPÍTULO I

CONCEPTUALIZACIÓN DE LOS LABORATORIOS VIRTUALES .....	1
1.1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.2. ANTECEDENTES.....	2
1.3. LABORATORIOS VIRTUALES PARA INGENIERÍA ELECTRÓNICA .....	3
1.4. SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE INSTRUMENTACIÓN BASADOS EN ORDENADOR.....	6
1.5. FUNDAMENTOS DE LA ADQUISICIÓN DE DATOS .....	7
1.6. INSTRUMENTACIÓN CONVENCIONAL Y SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN. ESTÁNDARES ACTUALES.....	8

## CAPITULO II

DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....	10
2.1 INTRODUCCIÓN .....	10
2.2 JUSTIFICACION.....	11
2.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11

2.4	DISEÑO DEL CONTROL.....	12
2.4.1	Funcionamiento del Módulo DTS – 4.....	12
2.4.2	Desarrollo Del Experimento Dentro Del Laboratorio.....	12
2.4.3	Diseño del Control para el Módulo DTS – 4.....	16
2.5	CONSIDERACIONES PARA LA SIMULACION REMOTA .....	19
2.6	ELECCION DEL SOFTWARE .....	19
2.7	CONSIDERACIONES PARA LA RECOPIACIÓN DE DATOS.....	20

### **CAPITULO III**

NI ELVIS Y LABVIEW.....	<b>22</b>
3.1 NI ELVIS (NI EDUCATIONAL LABORATORY VIRTUAL INSTRUMENTATION SUITE).....	22
3.1.1 Introducción a NI ELVIS.....	22
3.1.2 Hardware de NI ELVIS.....	23
3.1.2.1 DAQ (Data Acquisition).....	25
3.1.3 Programación de NI ELVIS.....	27
3.1.4 Aplicaciones de NI ELVIS.....	37
3.2 LabVIEW.....	38
3.2.1 Instrumentos Virtuales de LabVIEW .....	39
3.2.2 Ambiente LabVIEW.....	40
3.2.3 Creación de un VI .....	43
3.2.4 Arquitectura Básica de programación .....	44

## **CAPITULO IV**

	SERVIDOR DE APLICACIÓN WEB PARA EL LABORATORIO.....	<b>47</b>
4.1	SERVIDORES WEB .....	47
4.2	RED ETHERNET Y PROTOCOLOS TCP/IP .....	48
4.3	SERVIDOR WEB DE LABVIEW .....	48
4.3.1	Configuración del Servidor Web .....	50
4.3.2	Web Publishing Tool .....	52
4.4	IMPLEMENTACION DEL SERVIDOR WEB .....	54
4.4.1	Webcam 1 – 2 – 3.....	56

## **CAPITULO V**

	IMPLEMENTACION DEL HMI PARA EL LABORATORIO.....	<b>63</b>
5.1	DESARROLLO DEL SOFTWARE HMI PARA EL LABORATORIO.....	63
5.1.1	Fuente de Alimentación .....	64
5.1.2	Adquisición de Datos .....	65
5.1.3	Etapa de Amplificación y Comparación .....	66
5.1.4	Filtro.....	68
5.2	DESARROLLO DEL EXPERIMENTO USANDO EL HMI EN WEB .....	69
5.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	76

## **CAPITULO VI**

	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	<b>77</b>
--	--------------------------------------	-----------



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	<b>79</b>
INDICE DE FIGURAS.....	<b>81</b>
INDICE DE TABLAS.....	<b>83</b>
GLOSARIO.....	<b>84</b>

# CAPÍTULO I

## CONCEPTUALIZACIÓN DE LOS LABORATORIOS VIRTUALES

### 1.1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la enseñanza de asignaturas complejas, como la electrónica comprende dos etapas, la primera, en la que los estudiantes reciben la parte teórica a través de las lecciones del curso y el estudio de algún libro, para luego continuar con las prácticas de laboratorio.

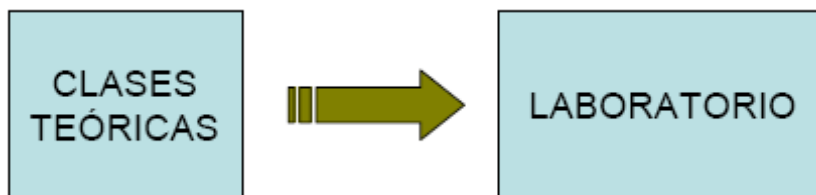


Figura. 1.1 Esquema General del Sistema de Enseñanza Clásico

Esto crea un inconveniente, debido a:

- Las explicaciones que contiene un libro, generalmente no proporcionan la información suficiente acerca del comportamiento que deben tener ciertos elementos.
- El estudiante que asiste al laboratorio no cuenta con los suficientes conocimientos de montaje, operación y cuidado del equipo.
  - Se producen errores de diseño.
  - El estudiante no sabe si sus conocimientos son los necesarios para la realización de la práctica, lo que conlleva a la destrucción de los equipos de laboratorio.

- El aprendizaje asíncrono a distancia no es el más adecuado.

Actualmente, los textos guía traen como ayuda lo que se conoce como software simulador, sin embargo, hay que anotar que en su mayoría estos software están orientados a facilitar el diseño de sistemas, pero no su análisis. Debido a esto, no son recomendables en la primera etapa de aprendizaje de tecnologías complejas, pues no relacionan la teoría con el laboratorio, no tienen capacidad multimedia y ocupan una cantidad considerable de espacio en disco duro.

## 1.2. ANTECEDENTES

Durante varios años, diversos grupos de investigación se han esforzado en desarrollar un software que sea dirigido a la enseñanza de la ciencia y la ingeniería (Grupo Europeo COLOS, proyecto Norteamericano, CUPS, etc., Software desarrollado por D. Ángel Franco y los Proyectos INSIMU y DELILA del Grupo TEP 149 de la Junta de Andalucía de la Universidad de Córdoba). Esto ha permitido disponer de software para la ciencia, pero en general para ingeniería ha sido escaso. [8].

La vinculación con la tecnología ha permitido una mejora significativa en el proceso de enseñanza aprendizaje. Como ejemplo de este avance se puede mencionar el trabajo de Consonni y Seabra (2001), quienes informan de la modernización de los laboratorios de Electricidad y Electrónica en la Escuela Politécnica de Sao Paulo en Brasil, cuyos laboratorios han sido equipados con instrumentos que poseen interfaces GPIB, computadores personales, software para simulación y control de instrumentos. Mencionan que entre los logros alcanzados está la flexibilidad para el proceso de enseñanza. [9]

En la Universidad del Táchira en Venezuela se ha venido ya trabajando desde el año 2001 dentro de la asignatura de Instrumentación Electrónica. El estudiante, lo único que requiere para la realización de sus prácticas es un PC con una tarjeta

de adquisición de datos, pues realizan el instrumento virtual en su casa y luego llevan el mismo para pruebas posteriores en el laboratorio. [11].

El uso de laboratorios virtuales en la Universidad de Táchira data de 1997, con la maestría generada en Ingeniería Electrónica, donde se implanta la enseñanza de la Instrumentación Virtual y se comienza a impartir el uso del software LabVIEW dentro del plan de estudio.

Por ultimo cabe destacar la creación de un Laboratorio Virtual para la enseñanza de la Embriología Humana, desarrollado por la Universidad Nacional de Córdoba (2004), pues toma en cuenta la importancia de la Web para la realización de sus proyectos, permitiendo al estudiante actuar en un ambiente independiente, creando hábitos y desarrollando sus habilidades. [10].

### **1.3. LABORATORIOS VIRTUALES PARA INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

El concepto de instrumentación virtual fue visto por primera vez en el año de 1983 por la compañía National Instruments, puesto que fueron los primeros en hacer frente a la problemática de utilizar el computador como una herramienta de trabajo. Luego de tres años, se emplea el primer software que permite la utilización de los llamados instrumentos virtuales (VI's), definido como un elemento que no es real y cuyas funciones son completamente ejecutables vía software, a este software se le dio el nombre de *Laboratoy Virtual Instrument Engineering Workbench*, conocido comúnmente como *LabVIEW*. Es entonces, que a partir del instrumento virtual se puede definir a la instrumentación virtual como un sistema de medición, control y análisis de señales físicas por medio de la PC y de instrumentos virtuales. De esta definición se puede decir entonces que un instrumento virtual es un módulo de software desarrollado gráficamente de tal manera que se asemeje a un instrumento físico, compuesto de un panel frontal, que sirve como interfaz interactiva, en donde se encontrarán todos los elementos así como las entradas y salidas para su análisis, y un diagrama de bloques que determinan la funcionalidad del VI.

Cuando se habla de un instrumento tradicional, este debe cumplir una serie de funciones específicas, las cuales no pueden ser modificadas, a diferencia de un instrumento virtual, el cual es una combinación de hardware y software utilizados en una PC que cumple con las mismas funciones de un instrumento tradicional. A diferencia de los instrumentos tradicionales, un instrumento virtual puede ser modificado de acuerdo a las necesidades del usuario, y sus funciones pueden ser cambiadas simplemente modificando el programa fuente, por lo que un VI se convierte en una herramienta didáctica importante para la aplicación en estudiantes de ingeniería.

Por lo que, los laboratorios virtuales dentro de la ingeniería electrónica deben ser capaces de cumplir con los propósitos para los cuales son creados, para lo cual, los sitios de estudio digitales de la Ingeniería tienen los siguientes componentes:

- Un laboratorio virtual, en el cual, el usuario pueda interactuar con una realidad compleja, con múltiples relaciones entre factores internos y externos, experimentar con ella y modificarla, para lo cual se debe poder:
  - Visualizar el sistema, preferiblemente en movimiento, diseñar creativamente su toma de información, para que una vez procesados los datos, no solo dar diagnósticos y proposiciones de actuación, sino dirigir la ejecución de estas, observar secuencias, evaluar resultados, aprender de los errores y corregir lo necesario, hasta garantizar el éxito de la solución.
- La toma de decisiones puede incluir consultas a los documentos del puesto de trabajo, taller u otra entidad representada en el laboratorio, o realización virtual e las mediciones mediante instrumentos seleccionados.
- Vínculos de comunicación y controles que faciliten planear y ejecutar todo lo anterior mediante la colaboración dentro de un equipo de alumnos de composición adecuada, que pueden ser de diferentes años, trabajando interdisciplinariamente sobre un objeto común, con la supervisión de profesores de diferentes disciplinas.

- Acceso a varias fuentes de conocimiento, incluyendo material de estudio de diferentes disciplinas.

Entonces, se conciben los laboratorios virtuales para la ingeniería insertados dentro de sitios de estudio que contribuyen a desarrollar habilidades y hábitos de búsqueda y análisis de conocimientos actualizados para aplicarlos en la solución de problemas.

### 1.3.1. Tipos de Laboratorios Virtuales

Se han clasificado en tres tipos generales la variedad de laboratorios virtuales independientes, los cuales son:

**Laboratorios Virtuales Software.** Son laboratorios virtuales desarrollados como programa de software independiente destinado a ejecutarse en la máquina del usuario, y cuyo servicio no requiere de un servidor Web.

**Laboratorios Virtuales Web.** En contraste con los anteriores, este tipo de laboratorios se basa en un software que depende de los recursos de un servidor determinado. No son programas que un usuario pueda descargar en su equipo para ejecutar localmente de forma independiente.

**Laboratorios Remotos.** Se trata de laboratorios que permiten operar remotamente cierto equipamiento, bien sea didáctico como maquetas específicas, o industrial, además de poder ofrecer capacidades de laboratorio virtual. En general estos laboratorios requieren de equipos servidores específicos que les den acceso a las máquinas a operar de forma remota, y no pueden ofrecer su funcionalidad ejecutándose de forma local.

## 1.4. SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE INSTRUMENTACIÓN BASADOS EN ORDENADOR

La utilización de los ordenadores dentro del estudio de la instrumentación y los sistemas de control se ha hecho fundamental dentro del proceso de formación del estudiante. En la actualidad, la utilización del ordenador se vuelve imprescindible dentro de la subestructura de cualquier disciplina tecnológica, tal es así que diferentes clases de industria han encontrado en el ordenador una herramienta fiable de trabajo debido a su rapidez en el proceso y otras características. Dentro de la instrumentación, la parte a tratar es la recopilación que desde un sistema físico será adquirido por el ordenador y deberá ser procesado por el mismo para su posterior control y análisis de resultados.

Se deberá empezar el análisis partiendo de un sistema físico, el cual será el punto inicial y culminante del mismo. Dentro de este se llevará a cabo una serie de operaciones que se ejecutan con el objeto de producir una actuación o cambio dentro del sistema. La información que se pueda obtener de este proceso será indispensable para un mejor control del mismo.

La figura 1.2 muestra la función del ordenador, por medio del cual a través de un intercambio de la entrada y salida de información hacia el proceso físico se puede obtener resultados óptimos a partir de una adquisición de datos. La figura 1.3 muestra la utilización de un ordenador en el control de un proceso.

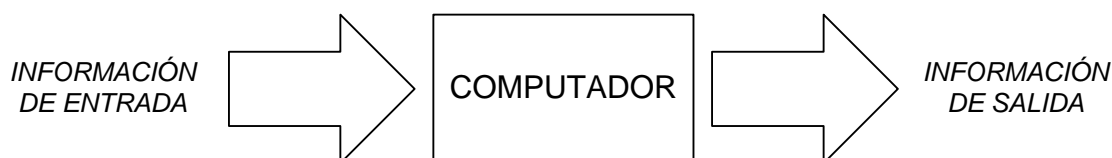


Figura. 1.2. Función del ordenador

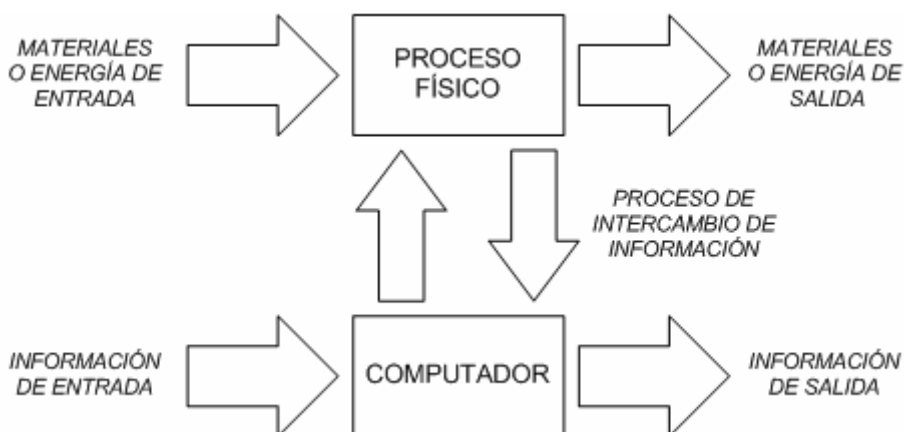


Figura. 1.3. Utilización del ordenador en el control de un proceso

## 1.5. FUNDAMENTOS DE LA ADQUISICIÓN DE DATOS

La construcción de un sistema de adquisición de datos se basa en las características de velocidad, flexibilidad y potencia del ordenador que se vaya a utilizar, y puede tener una gran variedad de bloques de hardware de diferentes clases de manufacturas, los cuales se encargan de que todo el sistema en conjunto trabaje de una manera correcta con un alto rango de exactitud en su medida.

Los elementos básicos de un sistema de adquisición de datos son mostrados en la figura 1.4 y se compone de lo siguiente:

- Sensores y transductores
- Cableado de campo y comunicación
- Acondicionamiento de señal
- Hardware de adquisición de datos
- PC
- Software de adquisición de datos



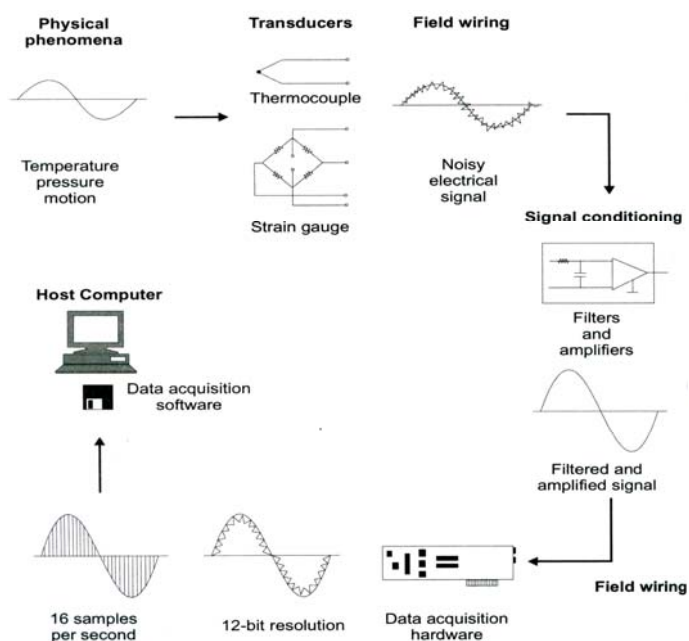


Figura. 1.4. Diagrama Funcional de un sistema de adquisición de datos basado en PC

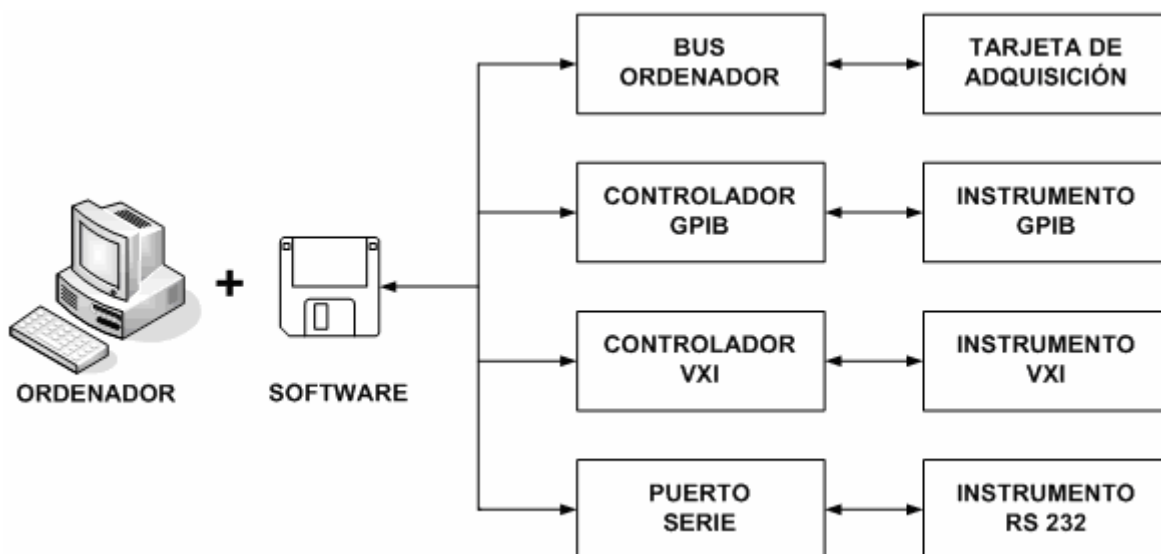
## 1.6. INSTRUMENTACIÓN CONVENCIONAL Y SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN. ESTÁNDARES ACTUALES.

Actualmente, y salvo casos demasiado específicos, el uso de instrumentos personalizados resulta costoso y poco flexible y en la mayoría de ocasiones se vuelve obsoleto rápidamente debido a que los instrumentos modernos se han ido automatizando para que su manejo se realice a través de instrumentos controlados por ordenador. Por tal motivo, la mayor parte del coste se lo lleva la programación para la aplicación que se busca, lo cual permite mostrar sistemas abiertos a posibles cambios, de acuerdo a las necesidades específicas que se pueda tener.

En consecuencia, para los estándares actuales, se habla de instrumentos de tipo virtual, los cuales se deben ajustar a los requerimientos de hardware. Al hablar del hardware adecuado para el manejo de estos instrumentos, se pueden definir cuatro tipos:

- *Tarjetas de adquisición de datos*
- *Elementos controlados vía RS – 232*

- *Elementos controlados vía IEEE – 488 (GPIB)*
- *Instrumentos VXI*



**Figura. 1.5. Diferentes tipos de instrumentos**

De acuerdo a la aplicación que se piense desarrollar, se utilizará el tipo de instrumento apropiado, sin embargo, en la mayoría de aplicaciones se puede manejar cualquiera de los instrumentos nombrados.

Dado que la tecnología ha ido evolucionando, tanto en el acondicionamiento de señales como en los dispositivos ADC, ha hecho que a la hora de seleccionar un dispositivo, las tarjetas de adquisición de datos sean las preferidas por los diseñadores, dejando el RS – 232 para aplicaciones más simples y los dispositivos GPIB y VXI para aplicaciones de mayor complejidad.

A la hora de seleccionar el software que facilite su utilización, se debe tomar en cuenta que este debe permitir un fácil manejo para cada instrumento, además de proporcionar la integración de las diversas opciones de hardware. A un nivel bajo, se debe poseer el paquete de drivers apropiados que permitan el manejo adecuado del instrumento, luego se seleccionará el software de aplicación para la construcción del instrumento virtual. El software escogido se encargará de realizar tanto la adquisición de datos como el análisis y la posterior muestra de resultados.

## **CAPITULO II**

### **DISEÑO DE LA SOLUCIÓN**

#### **2.1 INTRODUCCIÓN**

El Departamento de Eléctrica y Electrónica, dispone de instrumentos de tipo analógico para la realización de prácticas dentro del área de instrumentación electrónica, estos equipos en su totalidad fueron provistos por la firma DEGEM SYSTEM en el año de 1983. Desde ese año, se han venido desarrollando las prácticas requeridas, aunque a estas alturas ya se han vuelto obsoletos.

Es entonces que se concibe la implementación de un laboratorio de tipo remoto, pues era necesaria una actualización de los elementos de los que dispone el laboratorio, y una optimización de sus recursos. El laboratorio virtual, permite la utilización de un ordenador para el registro de los datos, un control total a través de una red TCP y un manejo de los equipos desde cualquier lugar de la red que disponga de un ordenador.

Este tipo de laboratorios permiten una reajuste importante tanto en los recursos utilizados como en la exactitud del experimento, los datos se los adquiere de manera remota pero en tiempo real, sin demoras por cuestiones de calibración de los elementos, ya que, aunque la calibración es necesaria, en el instrumento de tipo virtual, esta se la hace vía software y sin mayor dificultad.

## 2.2 JUSTIFICACION

El problema dentro del Laboratorio de Instrumentación y Sensores del DEE es la falta de infraestructura para proporcionar una formación más personalizada al estudiante. Con la capacidad actual del laboratorio no se cubre la totalidad del estudiantado, por lo que se hace necesaria la búsqueda de una solución alternativa que permita aprovechar los elementos que se tiene a disposición. El alto costo de los equipos sigue siendo una limitación, especialmente en los países en vías de desarrollo. Por lo tanto, el presente proyecto se justifica en la necesidad de implementar una adecuada respuesta a la problemática actual, es decir, cubrir la demanda del estudiante. Para esto, se ha planteado la utilización de herramientas que permitan no solo desarrollar de una manera más eficiente las diferentes actividades que sean requeridas, sino también la elaboración de sus diferentes prácticas.

## 2.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, el Departamento de Eléctrica y Electrónica cuenta con una limitada cantidad de módulos DTS – 4 (Correspondientes a los transductores de Efecto Hall), para que el estudiante realice su práctica. Esto genera un problema, pues la capacidad inicial diseñada para el laboratorio de instrumentación y sensores fue de 15 estudiantes, lo cual, actualmente se ha duplicado, además, una pequeña parte de estos equipos se encuentra averiado, generando un problema a la hora de realizar la práctica, ya que se debe tener tres o hasta cuatro estudiantes realizando la misma. A esto debemos sumar el hecho de que la toma de los datos se realiza de forma manual, por medio de elementos de medición como un osciloscopio, un multímetro digital, etc. provocando que los resultados no sean exactos, que la calibración de los instrumentos no sea correcta y genera una demora para completar la práctica.

## **2.4 DISEÑO DEL CONTROL**

El experimento escogido para la realización del proyecto fue la correspondiente al transductor de Efecto Hall, la práctica número 3, destinada a demostrar el uso del efecto hall para medir la velocidad de rotación de un motor DC.

### **2.4.1 Funcionamiento del Módulo DTS – 4**

El módulo DTS – 4 consta de un motor DC, el cual es manejado a través de una fuente de poder variable, esta controlará la velocidad del motor, variando la tensión de la misma. El sensor de efecto hall debe ser conectado en el lugar indicado dentro del módulo, y es este el que mostrará gráficamente la variación de la velocidad del motor.

La placa consta de dos etapas, una de amplificación y una etapa de comparación. El amplificador está configurado de tal manera que funcione como un amplificador inversor de ganancia 1, 10 o 100, ajustada por medio de un selector. En el caso de este experimento, será una amplificación x10. El comparador trabaja en un rango entre 0 y 11V, de ganancia alta.

Además del control de la fuente, dispone de dos perillas para el control del voltaje de offset de la fuente y del voltaje de referencia del comparador.

### **2.4.2 Desarrollo Del Experimento Dentro Del Laboratorio**

Debido a que se requiere obtener resultados coherentes con relación a lo que se requiere generar, se realizará el experimento paso a paso a como indica el cuaderno de trabajo de la firma DEGEM

La figura 2.1 muestra las conexiones que deben ser realizadas previas a la realización del experimento.

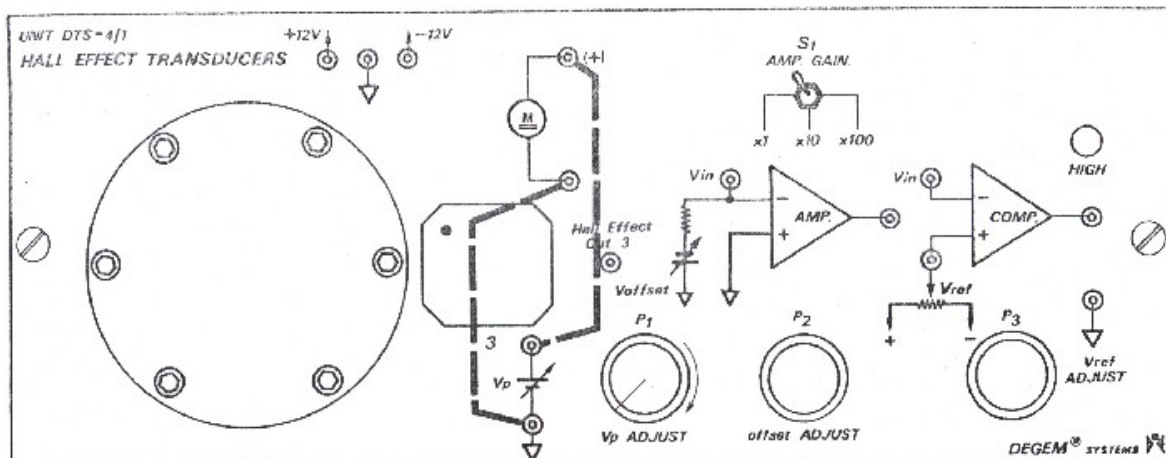


Figura. 2.1. Esquema de Conexiones del Módulo

Los pasos se indican dentro del cuaderno de trabajo son los que se debe seguir para la correcta realización del experimento, los resultados obtenidos son los que se muestran a continuación:

Dentro del procedimiento, se pide anotar el valor de la tensión de salida del amplificador, el valor obtenido es:

$$V_o = 1,66 \text{ [V]}$$

Una vez anotado el valor de salida del amplificador, se debe alimentar el motor con un valor de tensión de 5 [V]. Luego se debe colocar un valor de la mitad de la tensión medida anteriormente en la entrada del amplificador. La salida obtenida se muestra en la siguiente figura:

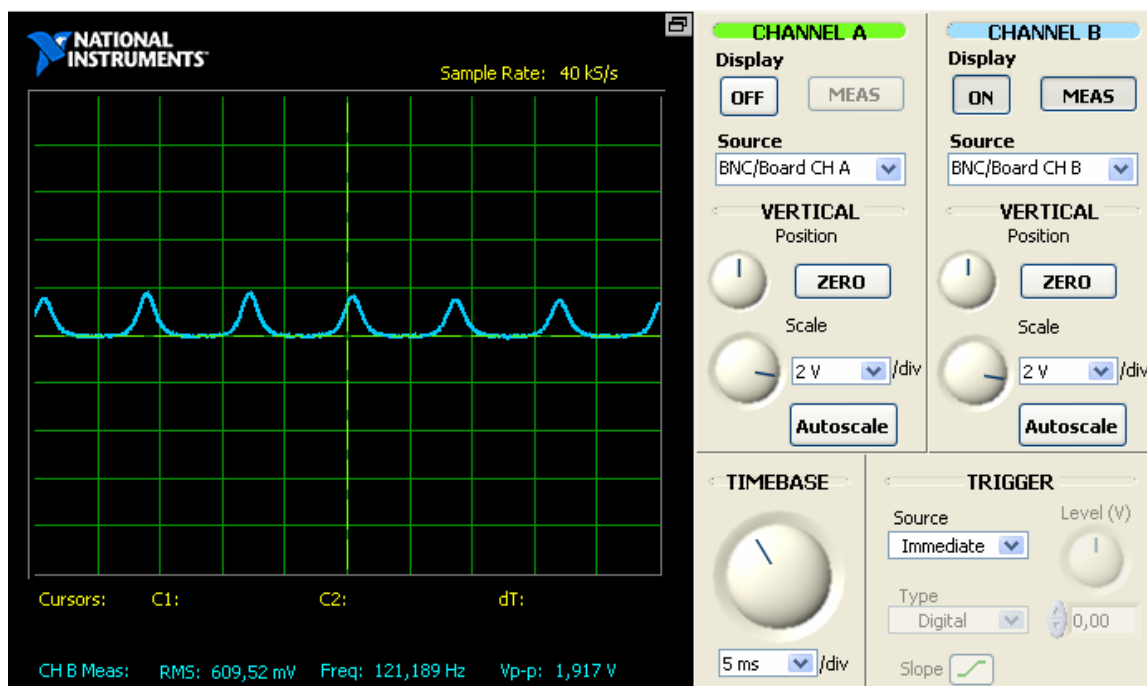


Figura. 2.2. Forma de onda de la tensión de salida del amplificador en función del tiempo para una placa con trozos de hierro que gira próxima a un imán

Para obtener el periodo total de una revolución del motor, es necesario ajustar la escala de tiempo para poder observar 6 ciclos de la forma de onda, esto porque cada uno de los tornillos genera un ciclo para el movimiento del motor.

Cuando se ha ingresado 5 [V], se debe bajar la tensión paulatinamente hasta que la última tensión ingresada sea de 1 [V], todo de acuerdo a la tabla 5.1

Tensión sobre el Motor	5 V	4 V	3 V	2 V	1 V
Duración de 6 ciclos (seg.)					
Velocidad (rpm)*					

Tabla. 2.1. Velocidad del motor en función de su tensión de entrada

Para poder completar la tabla de resultados, se debe obtener una fórmula que relacione el tiempo tomado por 6 ciclos. La fórmula es:

$$X[rpm] = \frac{60[s]}{T} \quad (1)$$

Donde: T = Período de un ciclo

X = Número de revoluciones por minuto

La ecuación (1) calcula el número de revoluciones del motor para el período total del movimiento del motor, es decir, para los 6 tornillos.

Usando esta formula, se puede completar la tabla 5.1, dando los siguientes resultados:

Tensión sobre el Motor	5 V	4 V	3 V	2 V	1 V
Duración de 6 ciclos (seg.)	0,047	0,0801	0,102	0,399	0
Velocidad (rpm)*	1333	749	588	150	No se mueve

Tabla. 2.2. Velocidad del motor en función de su tensión de entrada incluido los cálculos

Como se puede ver, el motor disminuye su velocidad conforme se disminuya el valor de su tensión, tal y como lo muestra la siguiente figura:

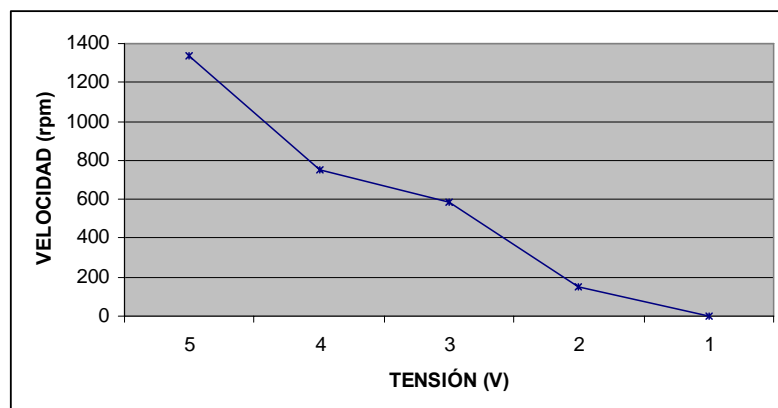


Figura. 2.3. Curva de respuesta entre la velocidad del motor y su tensión de alimentación



Con esto se completa la realización del experimento 3, con cálculos y resultados, los cuales, se espera sean similares a la hora de implementar el laboratorio de tipo virtual.

### 2.4.3 Diseño del Control para el Módulo DTS – 4

El diseño del control fue concebido inicialmente de una manera tal, que el estudiante pueda manipular el instrumento a través de un ordenador. Con este objeto, se comenzó por diseñar un esquema de montaje: ordenador – tarjeta de adquisición de datos – módulo DTS – 4 como lo muestra la figura 2.4.

Se optó por utilizar un lenguaje de programación paralela, pues el proceso debía generarse de manera simultánea, tanto en la adquisición de datos como en el envío de datos hacia el dispositivo. Para el control para el dispositivo se consideró la manipulación de la velocidad del motor, así como también, la recepción de datos desde el módulo.



Figura. 2.4. Conceptualización inicial del Laboratorio Virtual

Con este esquema, se debe realizar un programa sencillo, que sea capaz de manejar la idea básica mostrada en la figura. El programa deberá ser capaz de enviar tensión desde el ordenador hacia el módulo y de recibir los datos que este le entregue como variación de la tensión recibida.

La figura 2.5 muestra el diagrama de flujo que describe los pasos preliminares que se recomienda realizar para la realización del experimento. Estas pruebas son necesarias debido a que se debe realizar un ajuste inicial del motor, así como

también, probar que el envío y recepción de datos a través e la tarjeta de adquisición funciona correctamente.

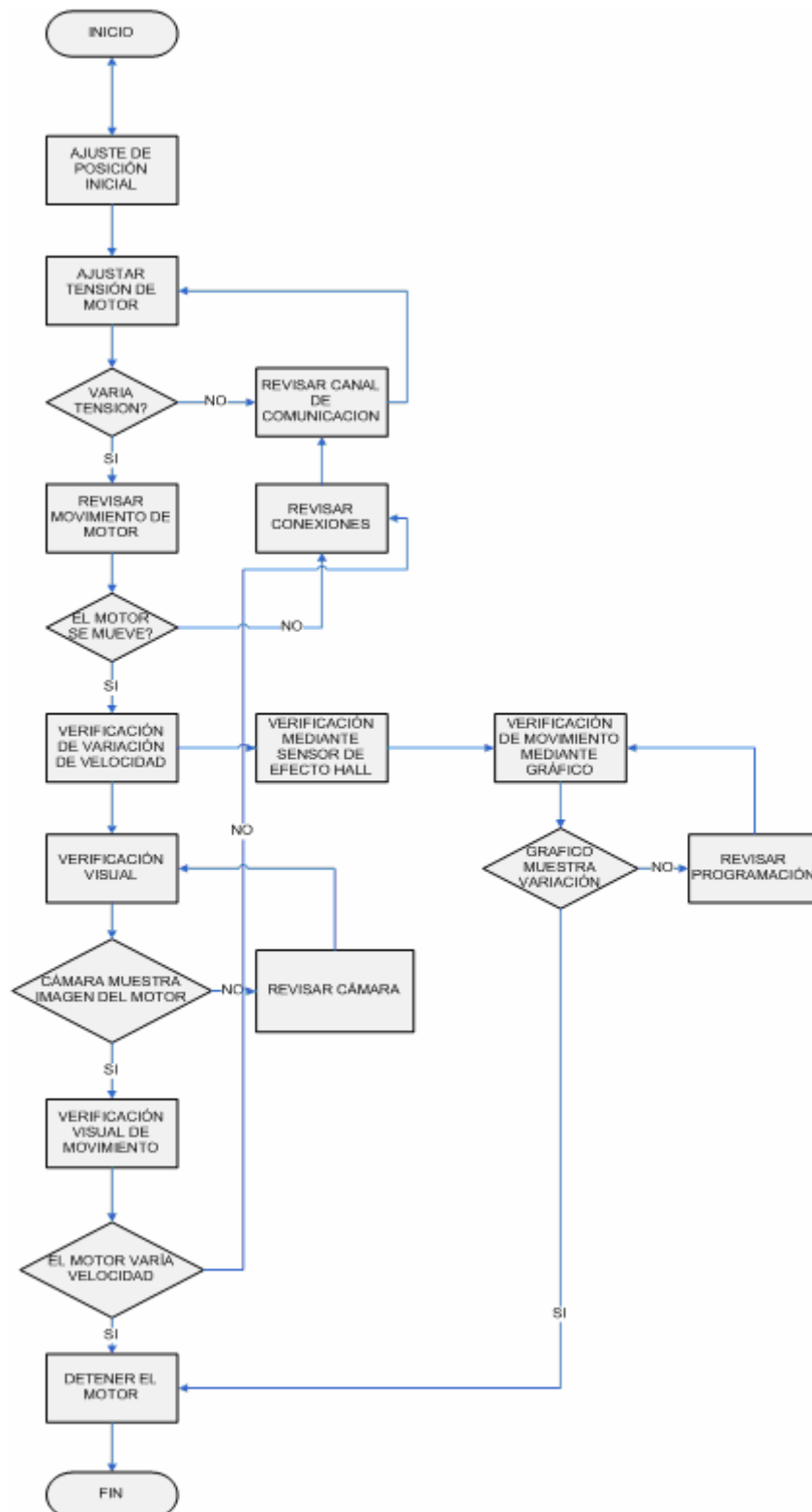


Figura. 2.5. Diagrama de Flujo de pruebas preliminares a la práctica

El diagrama de flujo muestra como primera parte un ajuste inicial de la posición del motor, esto, para determinar de una manera correcta el inicio del experimento, pues como se recuerda, la posición inicial es fundamental a la hora de tomar el valor correspondiente a la tensión del amplificador.

Luego, se verifica la alimentación del motor desde el computador vía software. Variando la tensión de alimentación del motor, este debe moverse de acuerdo a la tensión ingresada, y de acuerdo a la tensión, este debe aumentar o disminuir su velocidad.

Finalmente se procede a verificar el movimiento adecuado del motor, primero de manera visual a través de la cámara destinada para el proyecto, y segundo, a través del grafico que debe mostrar el comportamiento del motor a diferentes valores de tensión.

Si todo esto se cumple, es entonces que se puede empezar con las diferentes instrucciones para la realización de la práctica.

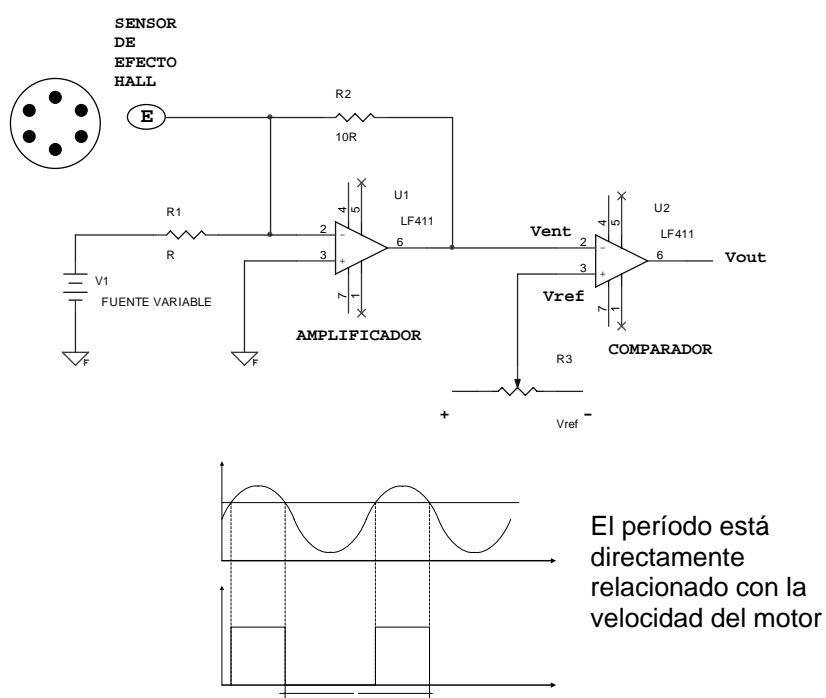


Figura. 2.6. Diagrama Esquemático del Módulo DTS – 4

Una vez realizadas las pruebas del prototipo básico, se debía dar el status de virtual o remoto al laboratorio, para lo cual, se concibe el manejo dentro de un servidor de aplicación, la aplicación debe tener la capacidad de poderse manejar a través de un explorador Web y tener un total control del laboratorio.

## **2.5 CONSIDERACIONES PARA LA SIMULACION REMOTA**

Es indudable que la educación a distancia se presenta como una alternativa flexible al momento de impartir una formación de calidad. Esta clase de educación no puede quedar excluida al momento de impartir cátedras de tipo técnico como el control y la instrumentación.

La simulación de datos a través del ordenador muestra una enorme ventaja a la hora de presentar un nuevo enfoque en la educación a distancia. Es entonces que una disciplina que contenga un gran contenido experimental requiere de algo mas que permita al estudiante poner en práctica todos sus conocimientos a lo largo de sus estudios. En los momentos actuales, es ineludible la presencia física del estudiante a fin de poder manipular los elementos de control para la realización del experimento, siempre en un entorno controlado por un profesor guía. Si se traslada ese ambiente de trabajo a un ambiente remoto, realizado en un entorno de enseñanza a distancia, es necesario el apoyo dentro de lo que se conoce como la enseñanza de la Automática, consistente en un laboratorio de tipo virtual y de la presencia remota a través de redes basadas en protocolos TCP/IP, el cual permita al alumno trabajar en un ambiente lo mas similar posible a como si se encontrara físicamente presente en las dependencias del laboratorio, permitiendo el control total de los elementos y manejar las simulaciones adecuadamente.

## **2.6 ELECCION DEL SOFTWARE**

Es obligación en todo diseño escoger el software adecuado para la realización de cualquier tipo de aplicación que se quiera realizar. En el desarrollo de un

laboratorio virtual, era indispensable buscar una solución que consintiera el manejo de la adquisición de datos y su posterior control a través de una red TCP/IP. Dentro del mercado encontramos una serie de software que traen consigo aplicaciones a través de redes, pero, por antecedentes ya relacionados con proyectos similares, se vio que la mejor opción era el software LabVIEW de la compañía National Instruments, debido a que este software es el pionero en su clase en lo que a instrumentación virtual se refiere, además de permitir una ejecución rápida y sencilla. Este permite una programación grafica en forma de bloques, lo que se asemeja a la arquitectura planteada, pues LabVIEW permite una ejecución simultánea de sus tareas, optimizando el tiempo de ejecución.

LabVIEW presenta una gran ventaja con respecto a otro software de similares características, pues permite acoplar fácilmente aplicaciones de otros lenguajes como C o Basic, con una diferencia muy importante, los lenguajes mencionados anteriormente se basan en líneas de texto para su programación.

La versión escogida fue la 7.1, para el desarrollo de la aplicación, y para el trabajo en TCP/IP, se utilizo una de las herramientas que trae consigo LabVIEW, el Web Publishing Tool. Además, se incorporo una cámara Web para poder visualizar el comportamiento del motor de una manera remota.

## **2.7 CONSIDERACIONES PARA LA RECOPIACIÓN DE DATOS**

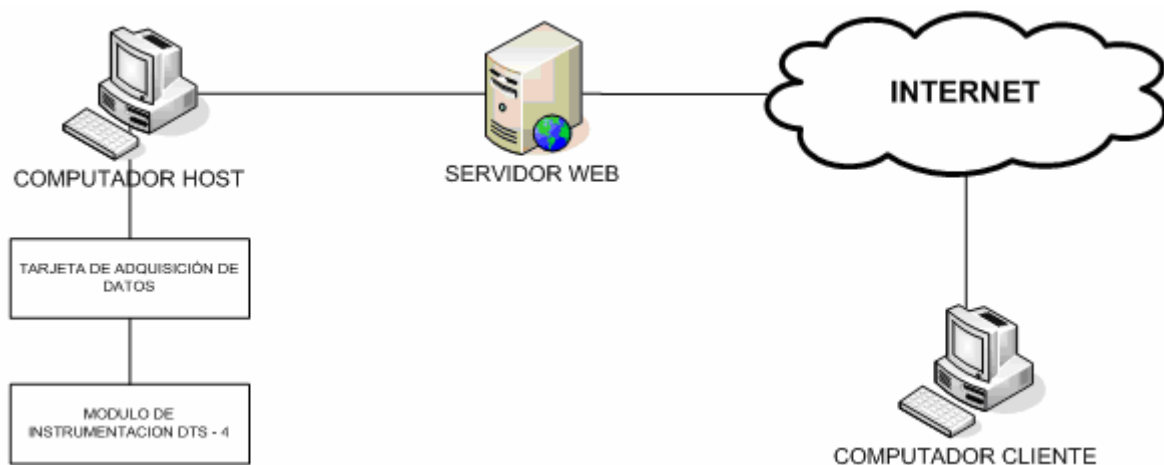
Como el diagrama de flujo lo muestra, la recopilación de datos debe ser realizada en el mismo momento del experimento, es decir, que cualquier cambio que se de en la velocidad de giro del motor, debe poder visualizar el usuario a través de la aplicación realizada. Estos serán ingresados en una tabla para los posteriores cálculos que sean requeridos.

El cuaderno de trabajo del modulo DTS – 4, trae consigo las respectivas instrucciones para la ejecución de la práctica, además de tener un análisis

posterior de resultados en el cual, se debe realizar graficas y cálculos para observar el comportamiento del motor y obtener su velocidad de giro.

Estos “análisis” son fácilmente desarrollados, pues dentro del programa se debe incluir las respectivas gráficas de comportamiento, esto permitirá que el estudiante comprenda de una mejor manera el comportamiento de los elementos que intervienen en la práctica. La realización de los cálculos se propone realizarlos en su totalidad a través del programa, con el objeto de no demorar la completa ejecución del experimento, y consiguiendo que el estudiante comprenda de una mejor manera el área de Instrumentación Electrónica.

Una completa visualización del laboratorio virtual planteado, se presenta en la siguiente figura:



**Figura. 2.7. Laboratorio de Instrumentación Virtual para el Laboratorio**

## CAPITULO III

### NI ELVIS Y LABVIEW

#### 3.1 NI ELVIS (NI EDUCATIONAL LABORATORY VIRTUAL INSTRUMENTATION SUITE)

NI ELVIS es un prototipo basado y desarrollado en un ambiente de programación LabVIEW para uso en laboratorios de ciencia e ingeniería.

##### 3.1.1 Introducción a NI ELVIS

NI ELVIS se basa en instrumentos virtuales (VI's) de LabVIEW, un dispositivo DAQ multifuncional, y una banco de pruebas de trabajo con una tarjeta para la implementación de cualquier tipo de proyecto, y que provee la funcionalidad de un laboratorio de instrumentación común.



**Figura. 3.1. Estación de trabajo de NI ELVIS**

El software LabVIEW que se usa para interactuar con la estación de trabajo de ELVIS y los dispositivos DAQ, proveen un ambiente de programación de alto

nivel, lo que permite una fácil implementación y una capacidad de análisis excelente que requiere la instrumentación virtual.

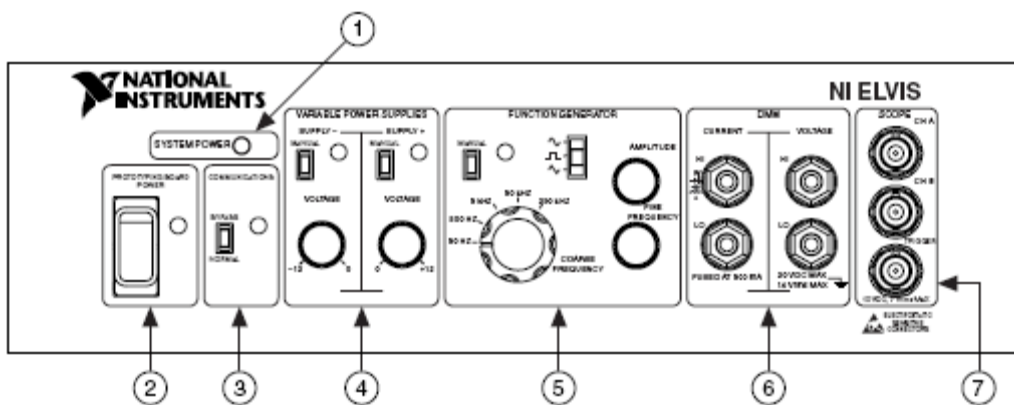
Su hardware provee de un generador de funciones y fuentes de poder variables desde la estación de trabajo. El panel frontal de LabVIEW desarrollado para el manejo de NI ELVIS, combinado con la funcionalidad del dispositivo DAQ, proporciona los siguientes paneles frontales de manejo:

- Osciloscopio
- Generador de funciones
- Multímetro digital
- Fuentes de poder
- Generador de formas de onda arbitrario
- Analizador de señales dinámico
- Analizador de impedancias
- Analizador Bode
- Analizador de voltaje – corriente de dos hilos
- Analizador de voltaje – corriente de tres hilos

### 3.1.2 Hardware de NI ELVIS

**Estación de trabajo de NI ELVIS.** El banco de trabajo y el dispositivo DAQ juntos, proporcionan un sistema completo de laboratorio. La estación de trabajo provee conectividad y funcionalidad. El panel de control de la estación de trabajo facilita la operación a través de perillas para el generador de funciones y fuentes de poder, y ofrece una conectividad a través de conectores BNC y tipo banana para el osciloscopio y el multímetro digital.

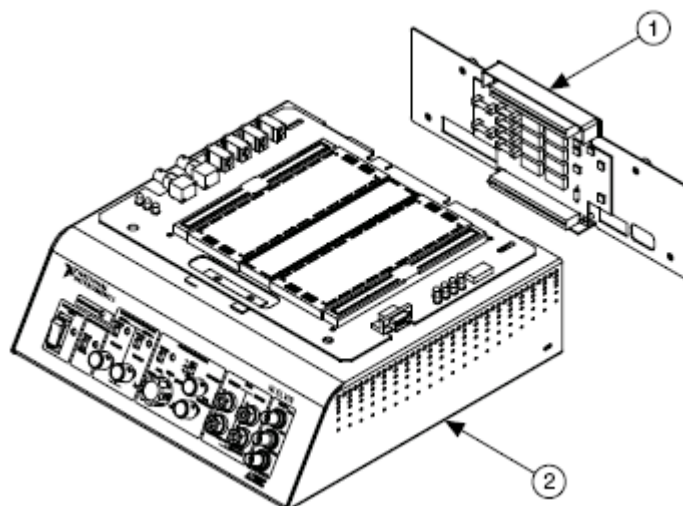




- 1. LED indicador de energía
- 2. Interruptor de encendido de la tarjeta
- 3. Indicador de comunicación
- 4. Controles de las fuentes de poder variables
- 5. Controles del generador de funciones
- 6. Conectores del multímetro digital
- 7. Conectores del osciloscopio

**Figura. 3.2. Diagrama del panel de control de la estación de trabajo**

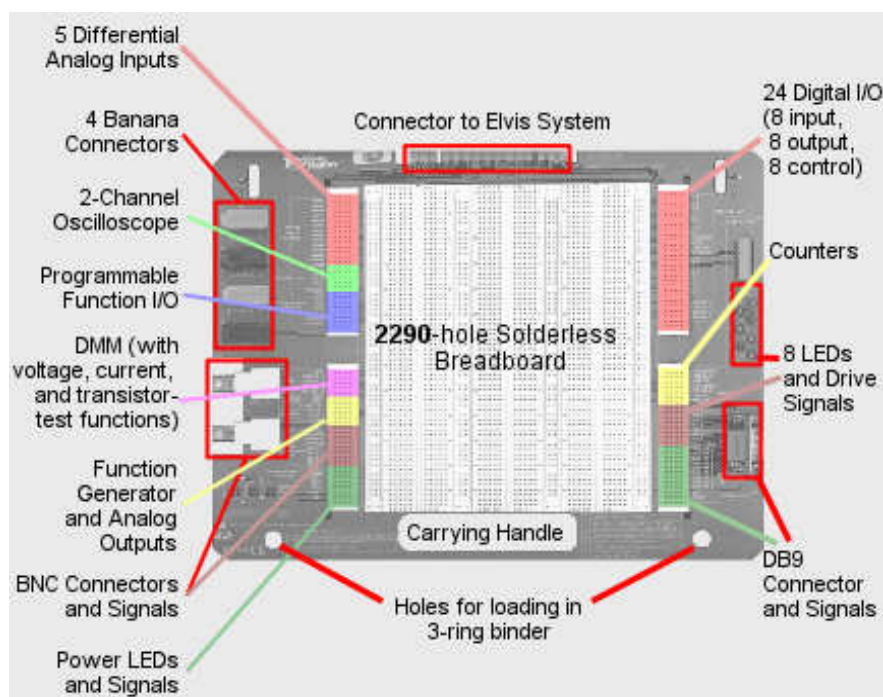
**Tarjeta de protecciones de NI ELVIS.** NI ELVIS protege el dispositivo DAQ instalado dentro del computador, pues cuenta con una tarjeta de protecciones localizada dentro del banco de trabajo. Esta sección removible tiene una protección contra corto – circuito de señales externas no seguras. Removiendo la tarjeta de protecciones, se puede fácil y rápidamente reemplazar una tarjeta que se encuentre defectuosa.



- 1. Tarjeta de protecciones de NI ELVIS
- 2. Banco de trabajo de NI ELVIS

**Figura. 3.3. Banco de Trabajo de NI ELVIS con su tarjeta de protección**

**Tarjeta para proyectos de NI ELVIS.** La tarjeta para proyectos de NI ELVIS se conecta en la estación de trabajo y provee un área para la construcción de circuitos electrónicos, además de permitir la conexión necesaria para tener acceso a las señales de aplicaciones en común.

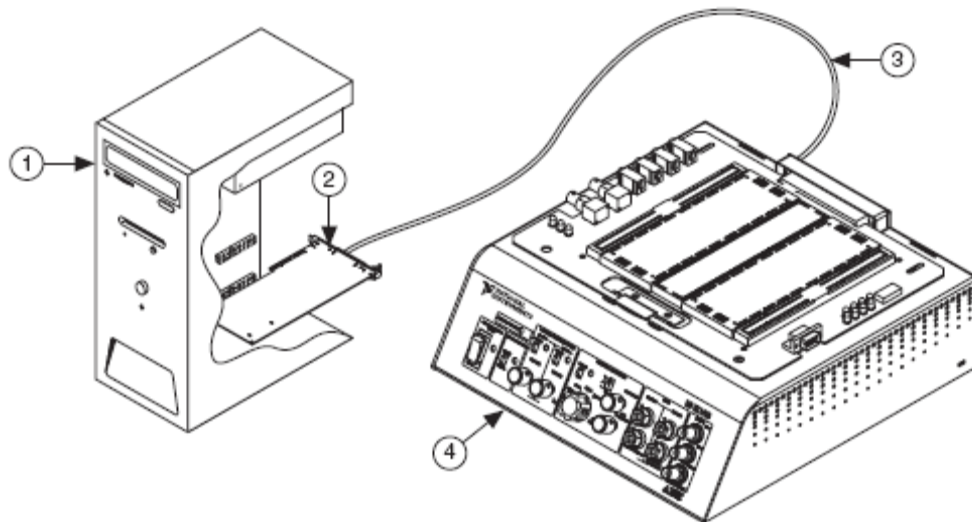


**Figura. 3.4. Tarjeta para proyectos de NI ELVIS**

### 3.1.2.1 DAQ (Data Acquisition)

Los sistemas DAQ capturan, miden y analizan fenómenos físicos desde el mundo real. La adquisición de datos es el proceso de coleccionar y medir señales eléctricas desde transductores y puntas de prueba, y enviándolos a un computador para procesarlos. La adquisición de datos puede también incluir la salida de señales de control tanto analógicas como digitales.

NI ELVIS incorpora hardware y software DAQ dentro de su estación de trabajo, con lo cual, la comunicación está asegurada entre la estación de trabajo y el computador.



1. Computador de escritorio
2. Dispositivo DAQ de 68 pines tipo M
3. Cable blindado hacia el dispositivo M
4. Banco de trabajo de NI ELVIS

**Figura. 3.5. Localización de las partes del sistema NI ELVIS**

**NI 6251 PCI.** La tarjeta 6251 de National Instruments es una tarjeta de adquisición de datos, multifuncional y de alta velocidad, perteneciente a la serie M, optimizada para tener una exactitud superior a una alta tasa de muestreo. La tarjeta de 68 pines cuenta con 16 entradas analógicas, 1,25 MS/s de muestreo en canal simple, 24 líneas digitales (E/S), 7 rangos programables de entrada ( $\pm 100$  mV a  $\pm 10$  V) por canal, entre sus principales características. Es ideal para aplicaciones tales como adquisición de señales dinámica y sensar medidas cuando se realiza acondicionamientos de señal



**Figura. 3.6. Tarjeta DAQ 6251 PCI**

Los dispositivos de la serie M incorporan características avanzadas tales como el sistema de control NI – STC 2, un amplificador programable NI – PGIA 2, y la tecnología de calibración NI – MCal con el objeto de incrementar el desempeño y exactitud.

**Cable de comunicación SHC 68 – 68 – EP.** El cable SHC 68 – 68 – EP es un cable blindado, construido por National Instruments para comunicación con dispositivos de 68 pines, y distribuido como accesorio de la serie M de DAQ, terminado con un conector macho de 68 pines VHDCI en un lado y un conector hembra 0.050 tipo D en el otro.



Figura. 3.7. Cable de comunicación SHC 68 – 68 – EP

### 3.1.3 Programación de NI ELVIS

Un sistema de medición de NI ELVIS está compuesto del hardware NI ELVIS, un dispositivo DAQ y el software LabVIEW, el cual será el encargado de controlar el hardware. Una serie de medidas pueden ser desarrolladas por NI ELVIS usando cualquier driver NI – DAQmx o el driver propio del sistema.

Los drivers de NI ELVIS son una colección de VI's que proporcionan una interfaz de aplicación de programación para controlar el hardware de NI ELVIS. Esto permite que el usuario pueda interconectar VIs de una manera lógica, con el

objeto de controlar la estación de trabajo de NI ELVIS. Los elementos que se puede programar son:

- Fuentes de poder variables
- Generador de funciones
- Multímetro digital
- Circuito DIO

El flujo de programación cuando se usa instrumentos de NI ELVIS es

### **Inicialización → Acción → Cierre**

La inicialización establece la comunicación con la estación de trabajo y configura los componentes seleccionados para definir su estado. Una referencia a un componente específico es generada y usada por los subsecuentes VIs para desempeñar las opciones deseadas.

Los drivers manejan los recursos compartidos que suceden entre los componentes de NI ELVIS. El manejo de los recursos es válido únicamente con un proceso LabVIEW. Además de esto, si un proceso de NI ELVIS está corriendo al mismo tiempo que un proceso de LabVIEW, esto provocará un error, pues el manejador de recursos no actúa con procesos cruzados, provocando un comportamiento incorrecto.

Los controles que manejan los instrumentos de NI ELVIS se los conoce como SFP (Soft Front Panels), los cuales están desarrollados en LabVIEW, por eso, es recomendable que antes de usar los drivers de NI ELVIS en LabVIEW, cualquier SFP sea cerrado.

Como se había mencionado antes, cuatro de los instrumentos de NI ELVIS pueden ser manejados a través de drivers de LabVIEW, a continuación se verá brevemente cada instrumento y su SFP.

**Lanzador de Instrumentos.** Provee un acceso a los instrumentos de software. Para abrir un instrumento, se debe dar un clic en el botón correspondiente del instrumento deseado. Si el software está correctamente configurado y la estación está cableada correctamente, todos los botones serán visibles.



Figura. 3.8. Lanzador de Instrumentos de NI ELVIS

**Generador de Formas de Onda Arbitrario.** Este panel usa las salidas analógicas DAC0 y DAC1. Se puede crear una variedad de señales usando el software de edición de formas de onda, el cual está incluido con el software de NI ELVIS. Se puede cargar las formas de onda creadas dentro del generador de formas de onda arbitrario.

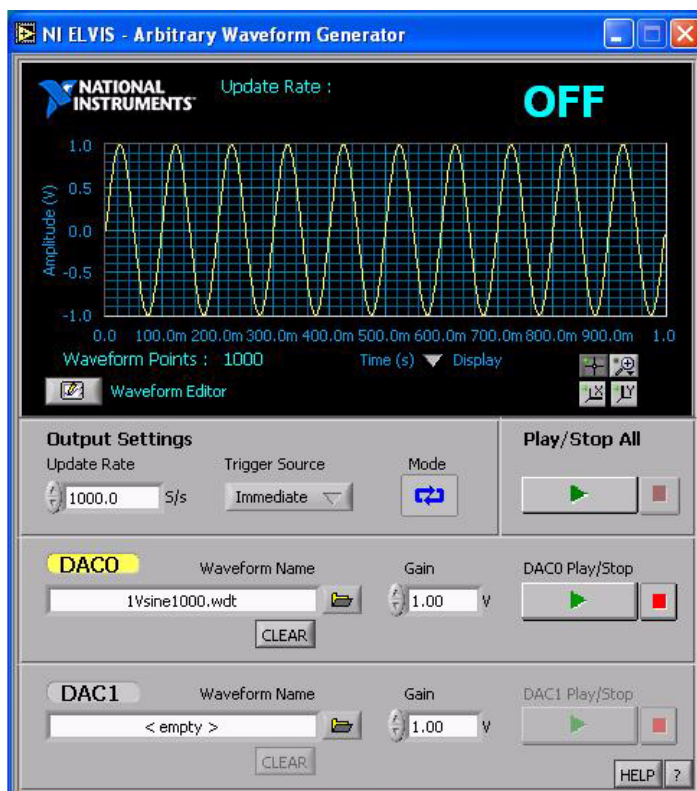


Figura. 3.9. Generador de Formas de Onda Arbitrario

**Analizador Bode.** Combina la característica del barrido de frecuencia del generador de funciones y las habilidades de la entrada analógica de la tarjeta DAQ. Se puede escoger el rango de frecuencia así como también la escala, entre lineal y dB.

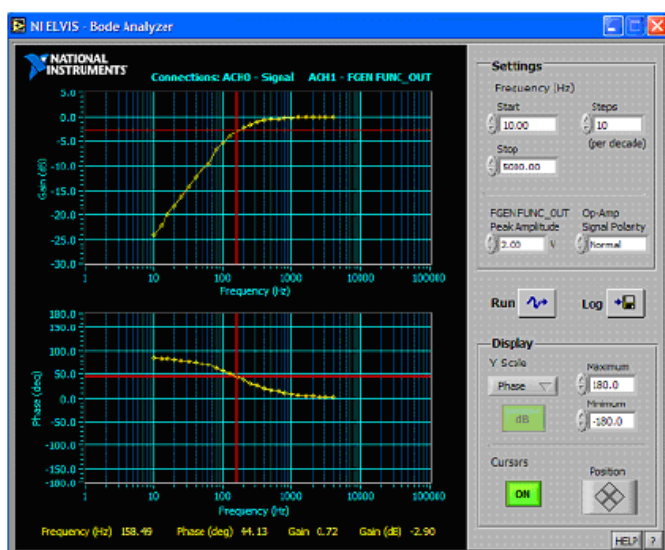


Figura. 3.10. Analizador Bode



**Analizador de Señales Dinámico.** Usado especialmente en ingeniería eléctrica avanzada y en clases de física. Usa la entrada analógica para hacer mediciones y continuamente hacer un scan.

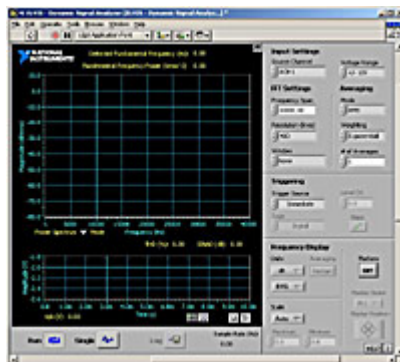


Figura. 3.11. Analizador de señales dinámico

**Analizador de Impedancias.** Este instrumento es capaz de medir la resistencia y reactancia para elementos pasivos de dos hilos a una determinada frecuencia.

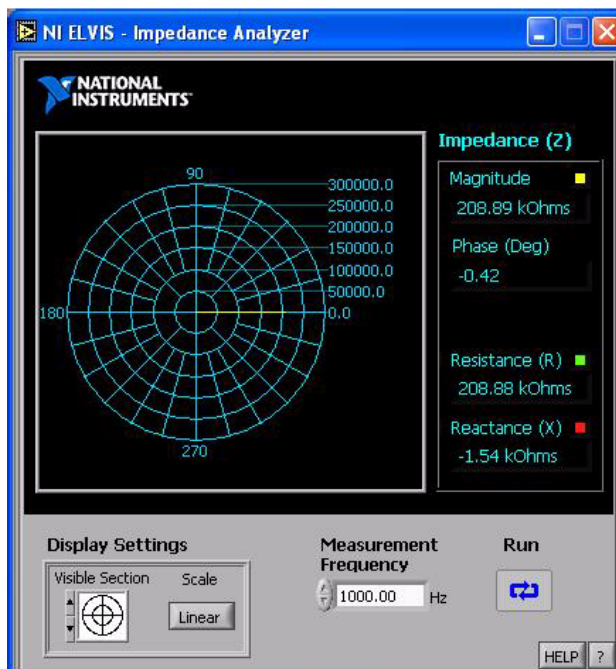


Figura. 3.12. Analizador de impedancias



**Analizadores de Voltaje – Corriente de dos y tres hilos.** Estos instrumentos permiten probar los parámetros de conducción de un diodo y de un transistor y observar sus curvas de voltaje – corriente.

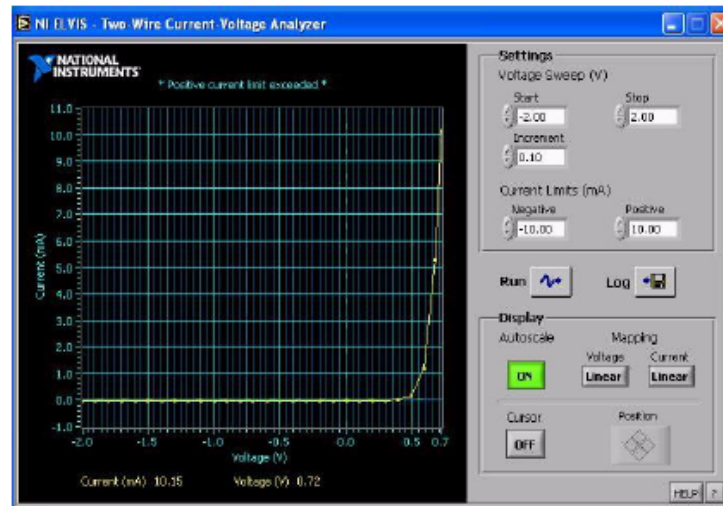


Figura. 3.13. Analizador de Voltaje – Corriente de dos hilos

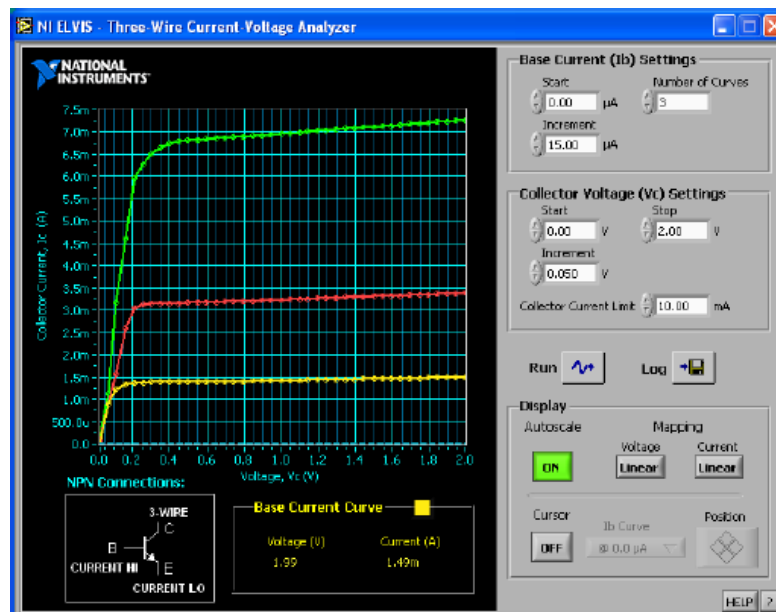


Figura. 3.14. Analizador de Voltaje Corriente de tres hilos

**Osciloscopio.** Este instrumento provee la funcionalidad de un osciloscopio Standard de escritorio. El panel frontal del osciloscopio de NI ELVIS tiene dos canales y contiene dos perillas de ajuste de escala y posición, además de permitir modificar la escala de tiempos. La función de autoescala permite ajustar la salida

de voltaje en una escala basada en el voltaje AC pico pico para una mejor visualización de la señal.

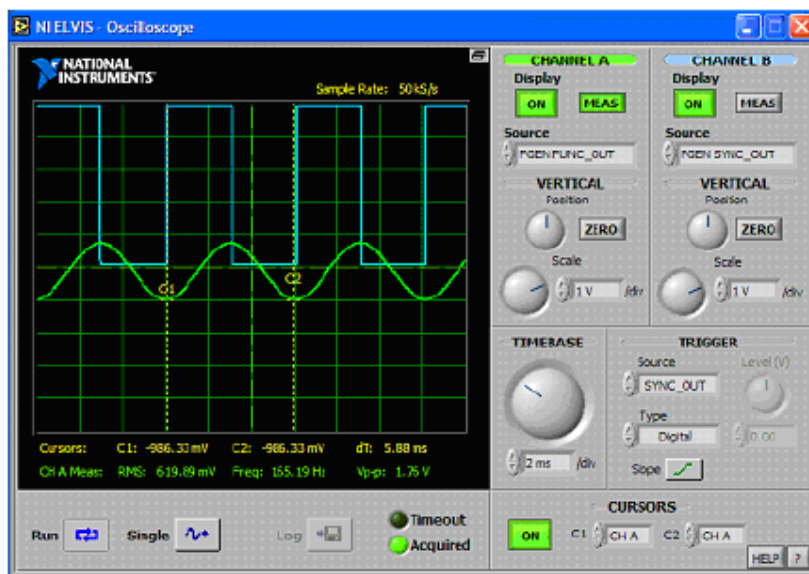


Figura. 3.15. Osciloscopio de NI ELVIS

**Fuentes De Poder Variables.** La estación de trabajo de NI ELVIS posee dos fuentes de poder variables, las cuales pueden ser controladas de tres maneras, a través del hardware, a través de su SFP o ya sea por los drivers de LabVIEW.

Las fuentes son independientes, y tienen una salida de entre 0V y 12V para la fuente positiva y de entre -12V y 0V para la negativa. El manejo a través de su SFP es posible a través de dos perillas, las cuales controlan el nivel de voltaje que se suministre hacia la tarjeta de NI ELVIS.



Figura. 3.16. SFP de las fuentes de poder variables

Otra de las maneras es programando en LabVIEW a través de sus drivers, tomando en cuenta el orden lógico en el que se debe colocar los elementos. Estos permiten al usuario seleccionar que fuente desea controlar y obtener su tensión de salida.

La figura 3.17 muestra una aplicación simple de una fuente de poder

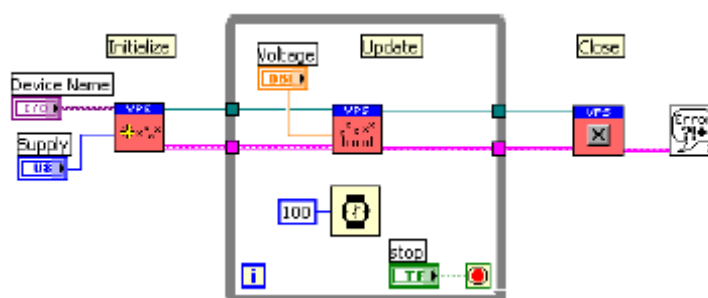


Figura. 3.17. Aplicación simple de una fuente de poder

El voltaje a controlar es seleccionado durante la inicialización y se actualiza continuamente dentro del lazo. Cuando el lazo termina, el voltaje de referencia es cerrado y la salida es seteada a cero. El número de dispositivo es solicitado para identificar al elemento que se encuentra cableado a la estación de trabajo.

**Generador de funciones** De igual manera que en la fuente de poder, el generador de funciones posee drivers para manejo a través de LabVIEW y de un SFP propio para manejo a través del software de ELVIS. El generador de funciones permite escoger el tipo de forma de onda que se desee a la salida (senoidal, triangular o cuadrada), seleccionando su amplitud y frecuencia. Además posee un control de DC offset, un barrido de frecuencia y modulación de amplitud y frecuencia.

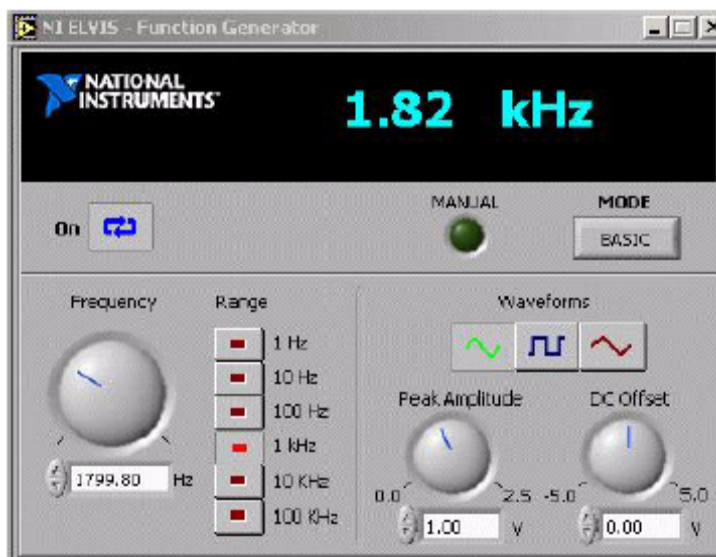


Figura. 3.18. SFP del generador de funciones

Cuando se maneja a través de los drivers de NI ELVIS, se permite al usuario actualizar la frecuencia, picos de amplitud, offset DC, y el tipo de forma de onda que se desee a la salida del generador de funciones.

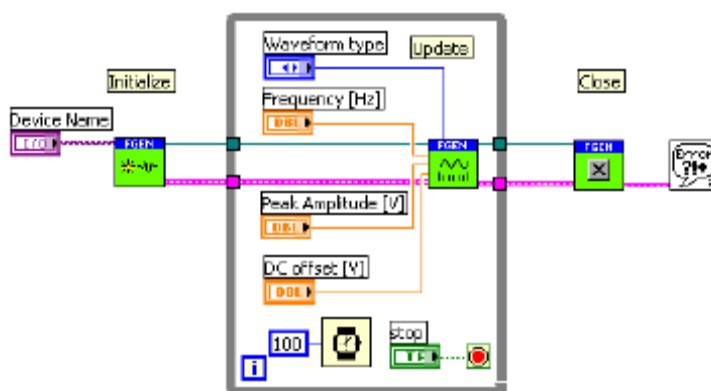


Figura. 3.19. Aplicación simple del Generador de Funciones

**Multímetro Digital.** La estación de trabajo de NI ELVIS posee la circuitería necesaria para combinarse con el hardware DAQ y permitirle realizar mediciones como un multímetro digital común, tomando voltaje, corriente, y resistencia. El SFP del multímetro digital permite desarrollar las siguientes tipos de mediciones:

- Voltaje DC
- Voltaje AC

- Corriente (AC y DC)
- Resistencia
- Capacitancia
- Inductancia
- Pruebas de diodos
- Continuidad

Simplemente se debe conectar de acuerdo al tipo de medición que se desee realizar, ya sea en la tarjeta de proyectos o mediante los conectores banana de la estación de trabajo.



Figura. 3.20. SFP del Multímetro Digital

El multímetro digital también puede ser controlado por medio de los drivers de LabVIEW. Los drivers permiten que el usuario configure el tipo de mediciones y los resultados de la lectura.

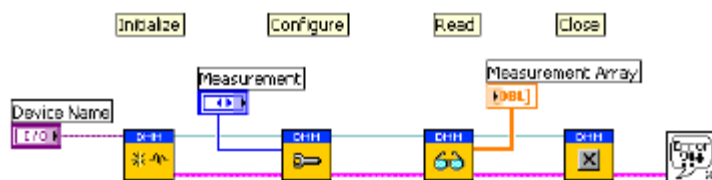


Figura. 3.21. Aplicación Simple del Multímetro Digital

**Entradas y Salidas Digitales.** Las líneas que tiene el dispositivo DAQ son usadas para controlar la estación de trabajo de NI ELVIS. Estas líneas no son directamente accesibles a través de la tarjeta de proyectos. De cualquier forma, la estación contiene el circuito necesario para multiplexar las líneas digitales de la DAQ.

Los drivers permiten configurar la operación digital que se requiere, ya sea lectura o escritura de 8 bits de datos.

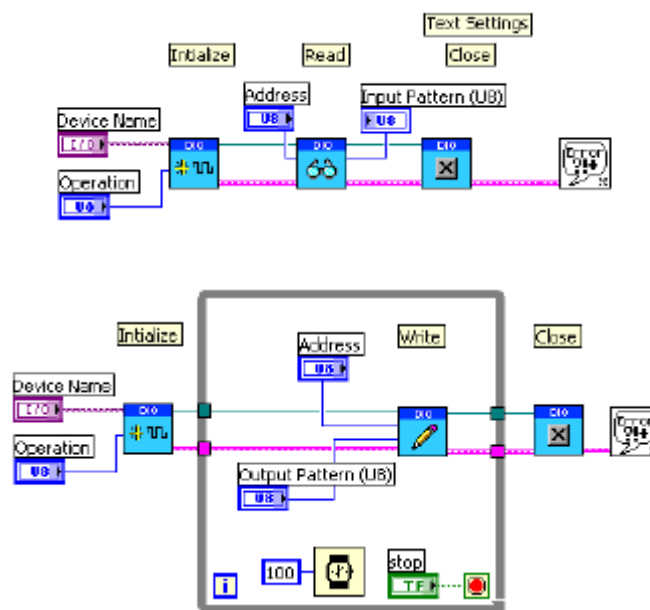


Figura. 3.22. Aplicación simple para E/S digitales

### 3.1.4 Aplicaciones de NI ELVIS

El uso de NI ELVIS se amplía hacia disciplinas como la ingeniería, ciencias físicas y laboratorios de ciencias biológicas. NI ELVIS es conveniente, no solo en

términos de software, sino también por el acondicionamiento de señal en el hardware.

Dentro de la ingeniería, su uso es conveniente para la enseñanza de electrónica básica y diseño de circuitos a estudiantes de ingeniería electrónica. Herramientas tales como el analizador Bode, proporciona la oportunidad de instruir al estudiante en cursos más avanzados como el análisis de señales, o comparar entre lo que se plantea dentro del software LabVIEW y lo que se implementa en la tarjeta, como por ejemplo, los filtros.

En la ingeniería biomédica, sus departamentos tienen el desafío de una enseñanza similar a departamentos de tipo electrónico, pues sus estudiantes a menudo deben construir instrumentos tales como un monitor de electrocardiogramas.

La tarjeta para proyectos provee las condiciones necesarias para la implementación de este tipo de proyectos, y los instrumentos que manejados a través de paneles frontales son ideales para las pruebas de los circuitos.

Dentro de las ciencias físicas, los estudiantes aprenden teoría y diseño de circuitos electrónicos.

## **3.2 LabVIEW**

LabVIEW es un lenguaje de programación gráfico comúnmente usado para crear pruebas, mediciones y aplicaciones de automatización. LabVIEW usa iconos en lugar de líneas de texto para crear sus aplicaciones. A diferencia de los lenguajes de programación basados en texto, LabVIEW usa diagramas de flujo, donde el flujo de datos determina la ejecución.

### 3.2.1 Instrumentos Virtuales de LabVIEW

Los programas que se desarrollan en LabVIEW se conocen como instrumentos virtuales o VIs, puesto que simulan la apariencia y operación de un instrumento físico. Cada VI tiene la capacidad de manipular entradas y salidas que se usen y mostrarlas en el programa o trasladarlas hacia otras computadoras.

Un VI se compone de tres partes:

- El panel frontal que sirve como interfaz al usuario
- El Diagrama de bloques que contiene el código fuente que describe la funcionalidad de VI
- Iconos y conexiones de los VI, cuando se usa un VI dentro de otro. Si un VI está dentro de otro VI se le conoce como sub. VI, y se puede decir que es como una subrutina en los lenguajes de programación tradicionales.

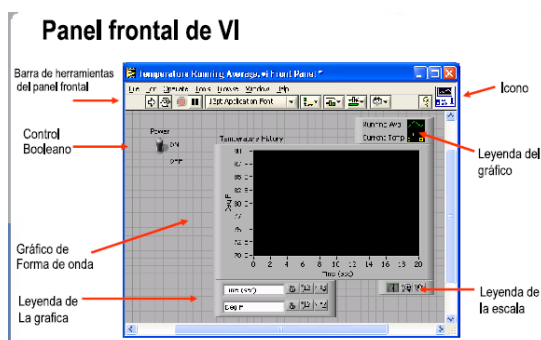


Figura. 3.23. Panel Frontal de LabVIEW

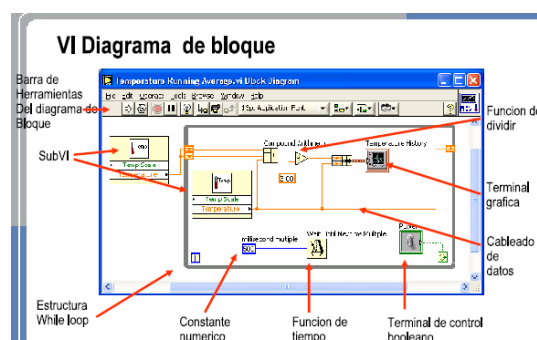
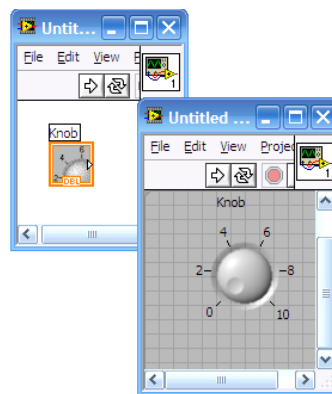


Figura. 3.24. Pantalla del Diagrama de Bloques de LabVIEW

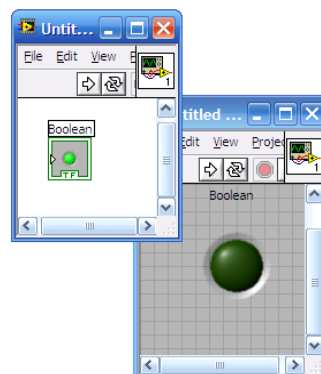


Dentro del panel frontal se puede construir los controles e indicadores que actuarán con las entradas y salidas del VI respectivamente.

El diagrama de bloque contiene el código fuente grafico. Los objetos del panel frontal aparecen como terminales en el diagrama de bloque. Adicionalmente, el diagrama de bloque contiene funciones y estructuras incorporadas en las bibliotecas de LabVIEW VI. Los cables conectan cada uno de los nodos en el diagrama de bloques, incluyendo controles e indicadores de terminal, funciones y estructuras.



**Figura. 3.25. Elemento de Control de LabVIEW**



**Figura. 3.26. Elemento Indicador de LabVIEW**

### 3.2.2 Ambiente LabVIEW

Usando las paletas, funciones y herramientas, se puede construir los paneles frontales y los diagramas de bloques de un VI. Además, se puede personalizar la

paleta de controles y la paleta de funciones para tener varias opciones en un ambiente de trabajo de LabVIEW.

**Paleta de Controles.** Está disponible sólo en el panel frontal y su uso está destinado en la colocación de los controles e indicadores que el usuario tendrá como interfaz para interactuar con el VI.



Figura. 3.27. Paleta de Controles

**Paleta de Funciones.** La paleta de funciones está disponible sólo en el diagrama de bloques, y está destinada a la construcción del código fuente.

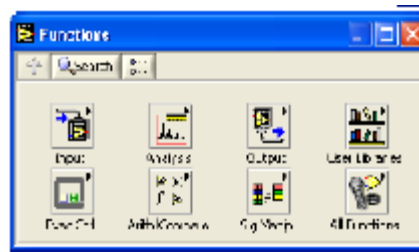


Figura. 3.28. Paleta de funciones

Adicionalmente a las dos paletas mencionadas, se puede obtener la paleta de herramientas, la cual nos permitirá personalizar el panel frontal, con el fin de hacer mucho más amigable nuestra interfaz hacia el usuario que manejará el programa. También puede actuar sobre el diagrama de bloques.

La paleta de herramientas se muestra en la siguiente figura



Figura. 3.29. Paleta de Herramientas y herramienta de selección automática

Esta paleta nos permitirá ingresar texto, o personalizar el color y la forma de nuestro VI. Cuando la herramienta de selección automática se encuentra encendida, al pasar el cursor por algún elemento, LabVIEW seleccionará de manera automática la mejor herramienta para la función que se desea realizar.

**Barra de Herramientas de Estado.** Como cualquier otro programa, LabVIEW contiene su propia barra de herramientas, la cual se especifica en la siguiente figura

### Barra de herramientas de Estado

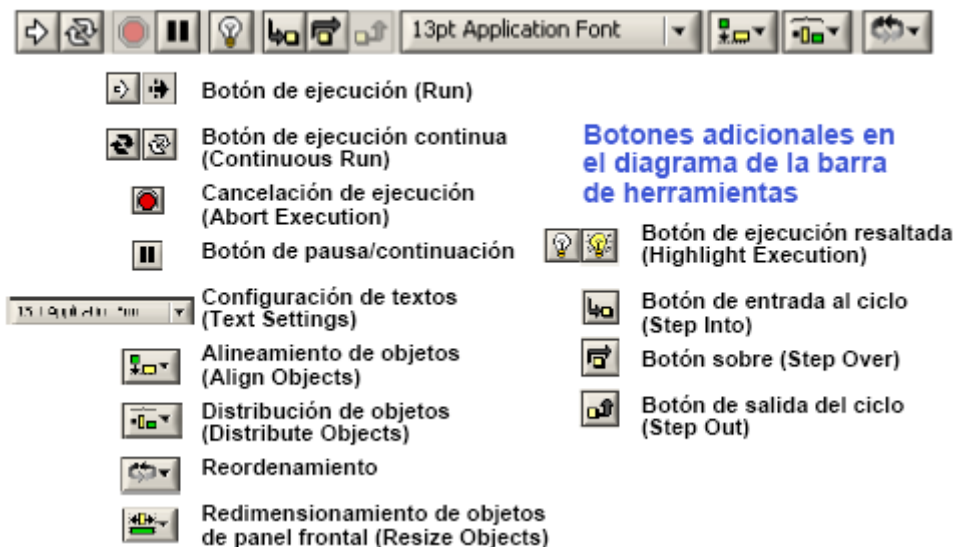


Figura. 3.30. Barra de Herramientas de Estado

### 3.2.3 Creación de un VI

Cuando se crea un VI en LabVIEW, automáticamente se genera una terminal en el diagrama de bloques, permitiendo tener acceso desde el panel frontal hacia el código fuente de la aplicación que se desea realizar.

La terminal creada, contendrá la información correspondiente a lo que se desea colocar en el panel frontal, como es el tipo de dato o representación. En general, los tipos de datos son enteros o de punto flotante, cuando se habla de datos enteros, se representan de color azul, mientras que los de punto flotante se representan de color naranja. En general, se debe conectar los elementos de acuerdo a los colores, aunque esta no es una regla específica.



Figura 3.31. Tipos de representación de datos

Ahora, es importante saber identificar los elementos de control de los indicadores, pues estos representarán las entradas y salidas de nuestro VI. Por lo que se debe indicar que los controles tendrán una flecha en su costado derecho y su contorno será grueso, mientras que los indicadores tendrán una flecha en su costado izquierdo y su contorno será un tanto más fino.



Figura. 3.32. Controles e Indicadores

Además de los terminales del panel frontal, el diagrama de bloques contiene funciones. Cada función puede tener múltiples terminales de entradas y salidas. La conexión de estas terminales es una parte muy importante de la programación en LabVIEW.

La siguiente figura muestra un ejemplo de cómo se debe realizar el cableado en el diagrama de bloques

## Creando un VI – Diagrama de Bloques

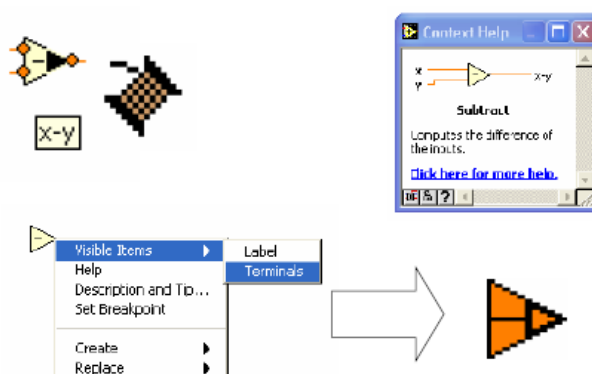


Figura. 3.33. Forma de cablear el VI

LabVIEW sigue un modelo de flujo de datos para correr los VIs. Un nodo del diagrama de bloque se ejecuta cuando todas sus entradas están disponibles. Cuando un nodo completa la ejecución, suministra datos a sus terminales de salida y pasa los datos de salida al siguiente nodo en la trayectoria del flujo de datos. Visual Basic, C++, JAVA y otros lenguajes de programación basados en texto, siguen un modelo de control de flujo de la ejecución de un programa. En flujo de control, el orden secuencial de los elementos del programa determina el orden de ejecución de un programa.

### 3.2.4 Arquitectura Básica de programación

Cuando se estructura un programa en LabVIEW, se puede escoger la funcionalidad que se desea que tenga. Se puede tener tres tipos de arquitectura:

- VI Simple
- VI General
- Máquina de estado

**VI Simple.** Son funcionales, y son usados cuando se requieren hacer pruebas de laboratorio rápidas, donde el programa puede realizar mediciones cálculos y desplegar resultados. Es muy útil usarlos como sub. VI en programas de mayor dificultad.

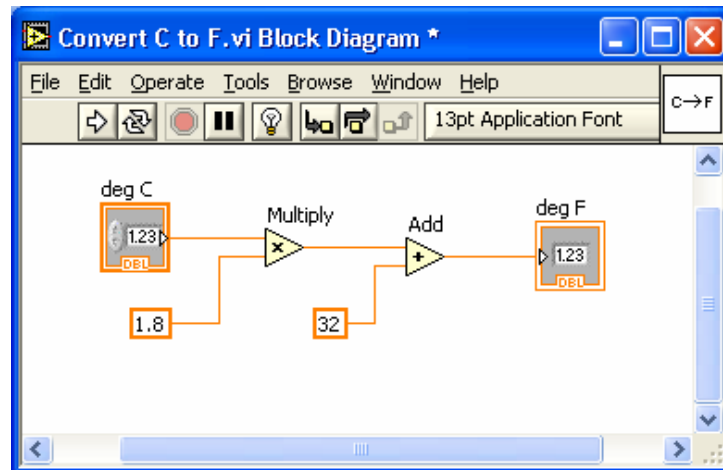


Figura. 3.34. Arquitectura de un VI Simple

**VI General.** Se suelen seguir tres pasos cuando se diseña una aplicación

1. Inicio, donde se inicializa el hardware, lee información y configura los archivos.
2. Aplicación Principal, generalmente compuesto por un ciclo, el cual termina al finalizar la ejecución.
3. Cierre, es la que se encarga de finalizar el programa, cerrar los archivos o regresar al estado inicial todas las entradas y salidas.

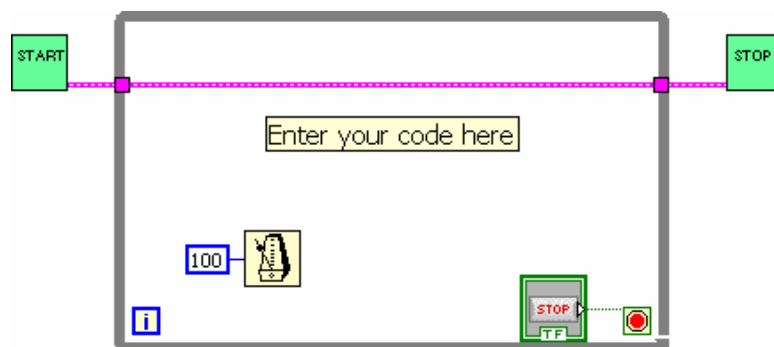


Figura. 3.35. Arquitectura de un VI General

**Máquina de estado.** Puede hacer sus diagramas más compactos con el uso de una estructura de caso simple para manejar todos los eventos. En este modelo se escanea (scan) la lista de posibles eventos, o estados, y luego correlaciona (map) estos a un caso. La ventaja de este modelo es que su diagrama se puede reducir significativamente (izquierda a derecha), haciendo que sea más fácil de

leer y depurar. Una desventaja de la estructura de secuencia es que no puede saltarse o salirse de un caso. Este método resuelve ese problema ya que cada caso determina cual será el próximo caso que se ejecutara.

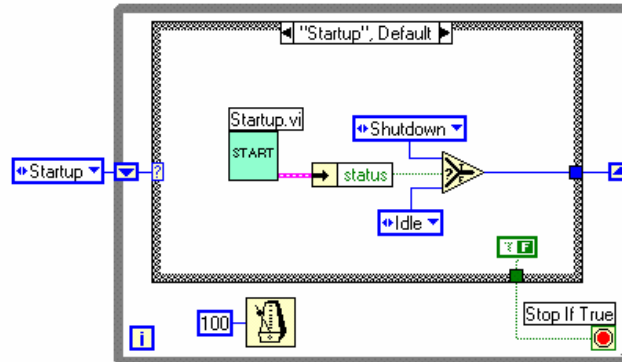


Figura. 3.36. Arquitectura de una máquina de estado

## **CAPITULO IV**

### **SERVIDOR DE APLICACIÓN WEB PARA EL LABORATORIO**

#### **4.1 SERVIDORES WEB**

Un servidor Web es aquel que incorpora el protocolo http (Hyper Text Transfer Protocol). Este protocolo está diseñado para permitir la transferencia de hipertexto, texto de tipo complejo que posee enlaces, animaciones, sonidos, formularios, botones, etc.

Básicamente, un servidor Web sirve contenido estático a un navegador, carga un archivo y lo sirve a través de la red hacia un usuario.

Sobre el servicio Web se puede disponer de ciertas aplicaciones. Estas son fragmentos de código que se ejecutan cuando se realizan ciertas peticiones o respuestas http. Se pueden distinguir:

- Aplicaciones del lado del cliente. El servidor proporciona el código de la aplicación al cliente y este las ejecuta, por lo tanto es necesario que el cliente disponga de un navegador capaz de ejecutar aplicaciones.
- Aplicaciones en el lado del servidor. Donde el servidor Web ejecuta la aplicación, esta, una vez ejecutada, genera cierto código HTML, el servidor toma este código y lo envía al cliente por medio del http.



## 4.2 RED ETHERNET Y PROTOCOLOS TCP/IP

El conjunto de protocolos TCP/IP nos permite la comunicación entre diferentes equipos, a través de Internet. En nuestro caso el enlace se realiza a través de una red Ethernet, con una velocidad de transmisión de 10 Mbps (actualmente se puede conseguir una velocidad de 100 Mbps, 1 Gbps o 10 Gbps). En este tipo de enlace, aparecen los protocolos IP y TCP. El IP se encarga de la transmisión de datos, mientras que el TCP envía la información en forma de paquetes, para asegurar el correcto funcionamiento de la transmisión.

Las características principales de una red Ethernet son las siguientes:

- Transmisión de información: variable según el tamaño del paquete variable.
- Tasa de transferencia: 10 Mbps.

Este protocolo se utiliza a la hora de querer ejecutar la aplicación de forma remota, a través de Internet.

## 4.3 SERVIDOR WEB DE LABVIEW

Como se había mencionado en el capítulo 2, el software escogido para realizar el control del laboratorio virtual fue LabVIEW 7.1. Este software trae consigo como una característica importante la posibilidad de generar archivos en código html de sus paneles frontales; es decir, tiene la capacidad de encajar su panel frontal dentro de una página de Internet, dando la posibilidad al usuario de poder manejar dicho panel frontal como si estuviera trabajando directamente dentro de LabVIEW.

Con el Web Server incorporado en LabVIEW es posible ver y controlar un VI de manera remota desde LabVIEW o un navegador Web. Si el VI es controlado por

LabVIEW, este debe ser instalado en el computador cliente. Si el VI es controlado a través de un navegador Web, se debe instalar un *runtime engine* con la misma versión del que se desarrollo en la computadora. Este runtime engine consiste de un paquete plug – in, el cual debe ser instalado en el computador cliente. El runtime engine está disponible de forma gratuita ya sea en el CD de drivers de National Instruments o descargándolo directamente desde el sitio ftp de National.

La descarga también esta disponible automáticamente si un cliente desea conectar sin tener el runtime engine instalado previamente. Al ingresar la correcta dirección dentro del navegador, la conexión hacia el Web Server es abierta. La dirección contiene el nombre de la computadora o la dirección IP del servidor, el puerto de comunicación del servidor (generalmente el puerto 80) y el nombre del archivo HTML al cual hace referencia el VI. El ingreso debería tener el siguiente formato:

**`http://nombredelservidor:80/file.html`**

El VI será puesto dentro de la ventana del navegador del cliente por medio del plug – in, el cual comunicará con el servidor a fin de establecer una interacción entre el cliente y el panel frontal remoto del VI. Para que el cliente pueda establecer el control, deberá hacer un requerimiento de control del VI, haciendo un clic derecho en cualquier parte del VI encajado y escogiendo la opción de “Request Control”.

Se debe tener en cuenta que Nacional Instruments recomienda el uso de Internet Explorer 5.5 o superior o Netscape 4.7 o superior en el computador cliente que desee trabajar con el servidor Web.

El servidor Web de LabVIEW está disponible con el LabVIEW Full Development System, el Professional Development System y también como una simple actualización

### 4.3.1 Configuración del Servidor Web

En esta sección trataré de explicar de la mejor manera la correcta forma de configurar el servidor Web que trae incorporado LabVIEW, con el objeto de poder conectar directamente a cualquier panel frontal remoto que se desee realizar.

Lo primero para crear los paneles remotos, es configurar el servidor, mediante el menú *Tools -> Options-> Web Server Configuration*, y habilitar la opción *Enable Web Server*.

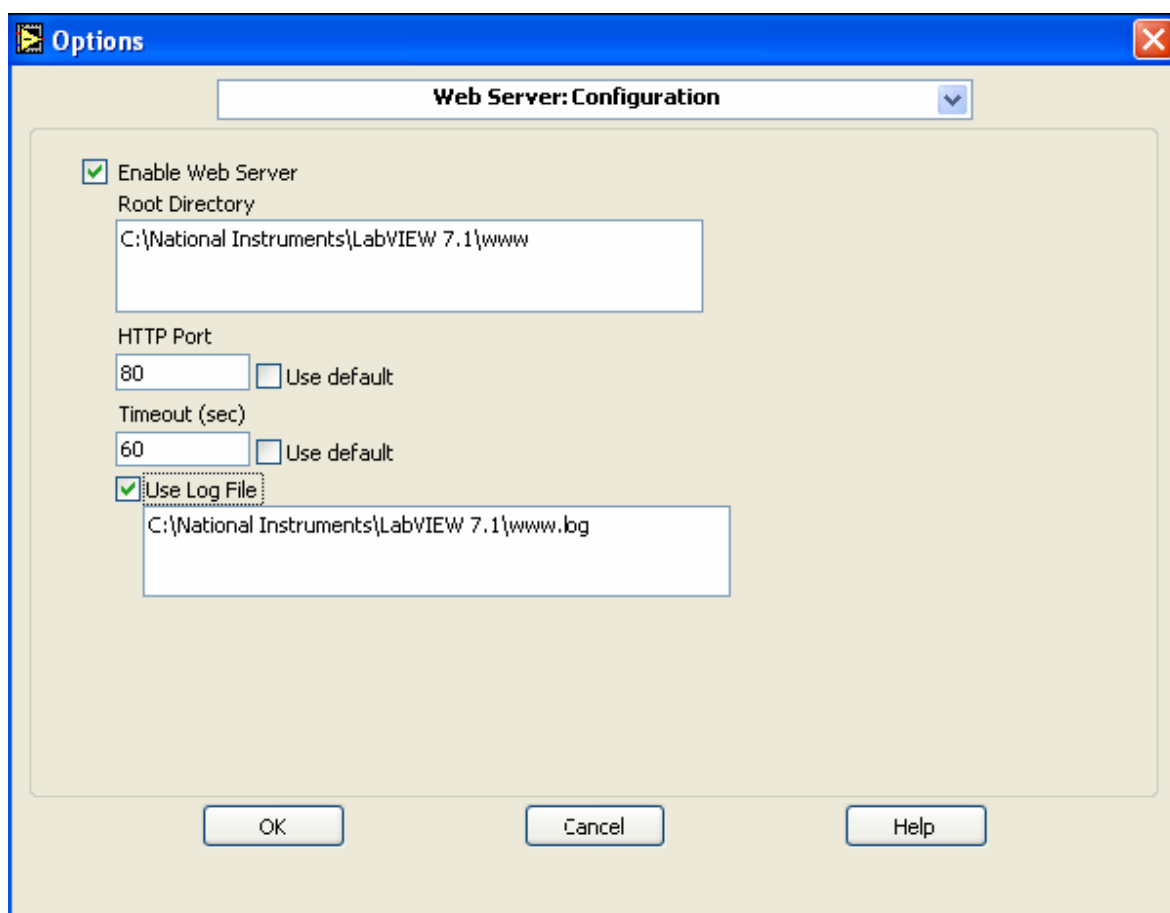


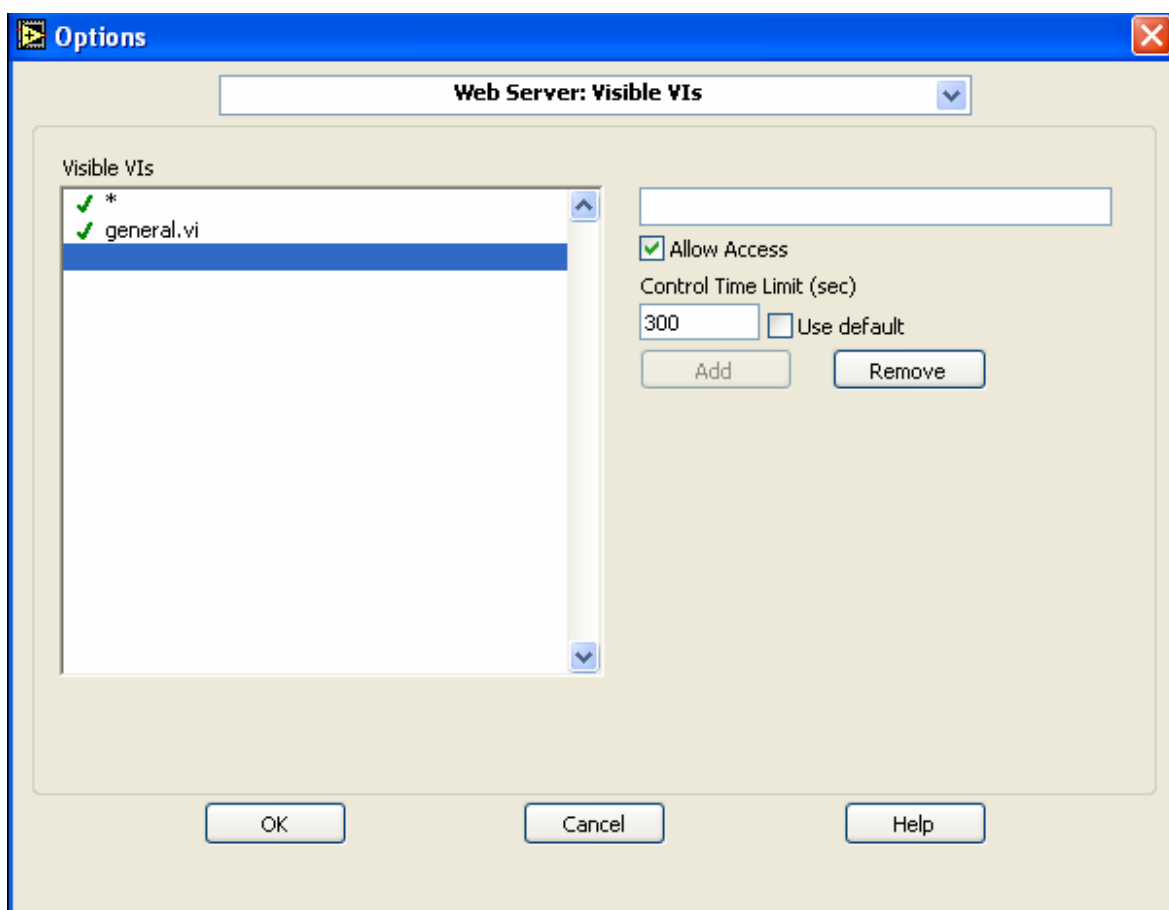
Figura. 4.1. Configurar Servidor

En esta ventana se define el directorio donde se debe guardar la página creada, y el puerto http que usará el servidor. Eso no quiere decir que no se pueda modificar el directorio de destino, sin embargo, es recomendable no

cambiar el directorio, pues si los paneles frontales cambian de directorio, LabVIEW va a buscar su carpeta por defecto.

En lo que corresponde al puerto de comunicaciones, el puerto 80 es el puerto que por defecto tienen asignado la mayoría de las aplicaciones que se manejen por Web, como por ejemplo los software P2P. Es por esto, que el mismo LabVIEW emitirá una advertencia si este puerto se encuentra ocupado por otra aplicación. Entonces, se puede usar cualquier otro puerto, como el 82 o el 85.

Luego se debe seleccionar *Tools -> Options -> Web Server: Visible VI*, en el que seleccionan los VI, que se desea que se visualicen en la página Web.



**Figura. 4.2. Configurar Panel Remoto**

El paso siguiente será la creación de la página Web, a través del Web Publishing Tool.

### 4.3.2 Web Publishing Tool

El Web Publishing Tool es una herramienta de publicación en Web que trae LabVIEW para publicar el panel frontal de un VI como un documento HTML en la Web. Se puede acceder a el a través de la barra de herramientas, en la opción *Tools*. La figura muestra la ventana de configuración del Web Publishing Tool

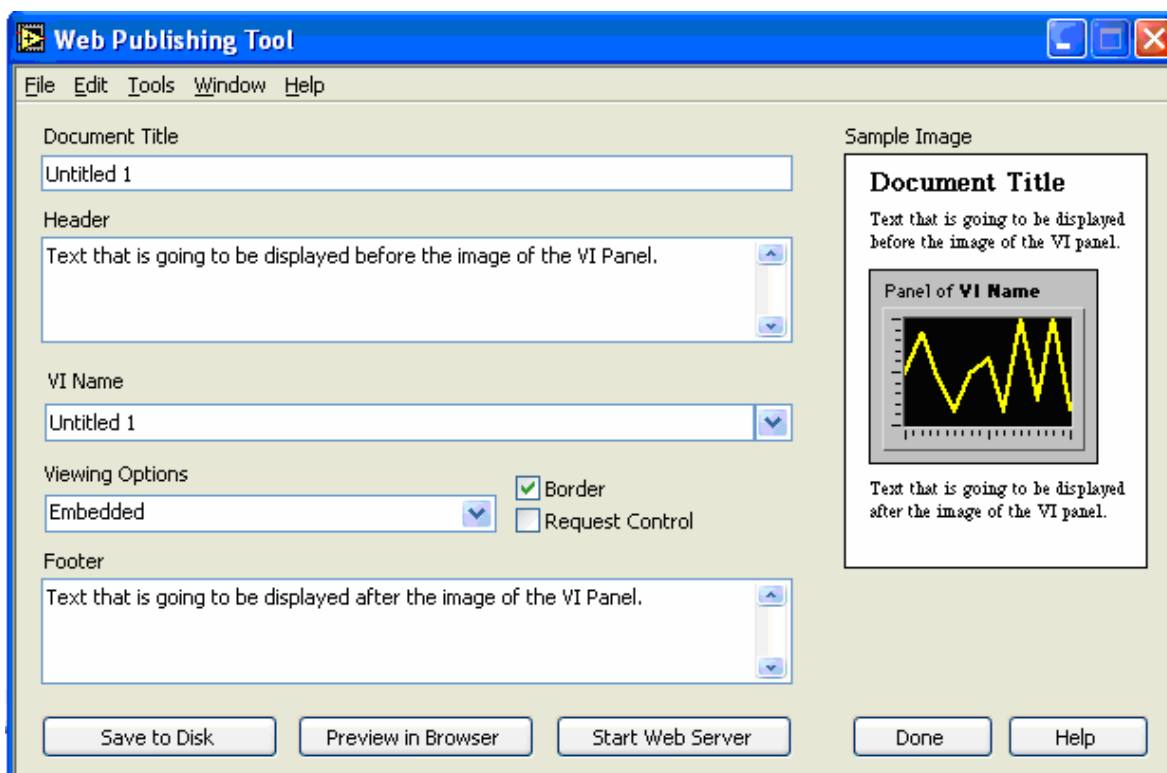
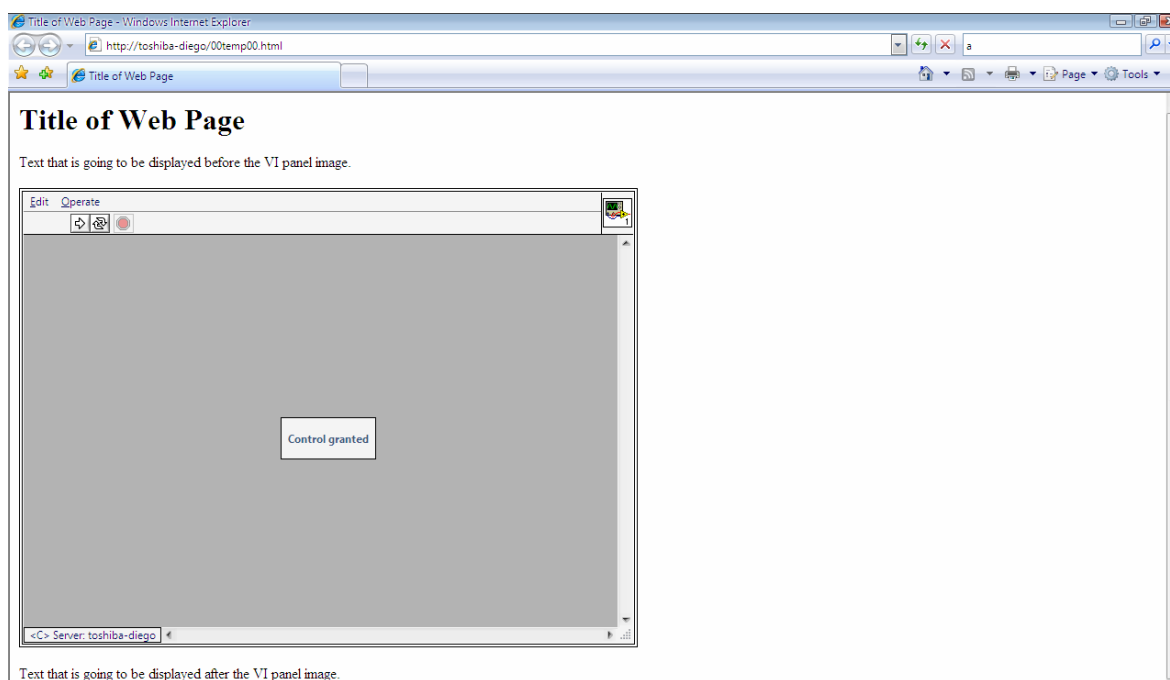


Figura. 4.3. Ventana Principal de Web Publishing Tool

En esta ventana se podrá asignar un título a la página, así como insertar comentarios tanto en la cabecera como al pie de la página.

Al presionar *Preview in Browser*, inmediatamente se abrirá una ventana de Internet Explorer o al navegador que se encuentre predeterminado, para comprobar que la publicación en Web del VI se hace de una manera correcta.

Un ejemplo de una ventana previa se puede ver en la siguiente figura



**Figura. 4.4. Ventana de ejemplo de un VI en Web**

Como cualquier página que se cree en código html, una vez que se haya guardado, esta puede ser editada o modificada por medio de algún software para creación o edición de páginas Web, como FrontPage o Dreamweaver, lo cual hace mucho mas versátil la manera de publicar en Web con LabVIEW.

Sin embargo, se debe tener cuidado al momento de editar una página, pues no se puede modificar ni borrar el VI embebido dentro de la página, caso contrario no funcionará el control que se pretende realizar a través del Internet.

Para activar el servidor, se debe presionar el botón de *Start Web Server* y guardar la página mediante la opción *Save to Disk*. Por defecto el directorio donde se guardará el documento será en ...\\LabVIEW 7.1\\www. Una vez que se ha guardado, el VI está listo para ser controlado de manera remota desde un cliente únicamente ingresando la dirección en el campo correspondiente del Navegador Web que se disponga.

A través de esta configuración se puede acceder a la página Web creada mediante la URL que sea designada.

Vale la pena mencionar que el acceso a través del Internet dependerá del servidor en el que se levante el servicio. Si el servidor tiene asignada una dirección IP de tipo público, a esta se podrá acceder desde cualquier parte donde se disponga una conexión a Internet. Sin embargo, el servidor deberá permitir las conexiones entrantes que requieran acceso, por tal motivo, si el servidor se encuentra dentro de otro con seguridades, el acceso será restringido únicamente a la gente que se encuentre dentro de esa intranet.

En forma más específica, puede existir un computador que haga las veces de servidor para este caso, pero este no podrá permitir conexiones entrantes si se encuentra detrás de un cortafuegos y demás seguridades que se debe tener cuando se encuentra bajo el dominio de un servidor.

Para que la tasa de transmisión sea la adecuada, se recomienda que al trabajar con paneles frontales remotos se disponga de una conexión ADSL de al menos 128 kbps, con esto y una computadora cliente de buenas características, se puede realizar un trabajo excelente en muy poco tiempo.

#### **4.4 IMPLEMENTACION DEL SERVIDOR WEB**

El principio fundamental del proyecto fue realizarlo de manera virtual, sin embargo, cabe destacar que el laboratorio finalmente fue de un manejo remoto, puesto que para que cumpla con el concepto de virtualidad, no debería tener ningún tipo de dispositivo conectado.

Después de aclarar este punto, se puede comenzar por el software para el servidor Web. Como ya se había dicho con anterioridad, LabVIEW tiene la particularidad de proveer por si mismo un servidor Web, con lo cual, no fue mayor problema la implementación del mismo.

El primer paso fue desarrollar el sitio correspondiente que debía llevar la información relevante al laboratorio. Este sitio debe ser llevado a la Web a través

del servidor del Departamento o de la misma Escuela, con el objeto de que el estudiante pueda acceder a el sin ningún tipo de restricción.

La siguiente figura muestra la ventana inicial del sitio, esta será la primera que el usuario visualizará al momento de ingresar dentro del sitio.



Figura. 4.5. Ventana Inicial del Sitio Web del Laboratorio

El sitio está desarrollado de tal modo que solo la ventana central se modifique, de acuerdo al link que se escoja. Se tiene 5 secciones:

- Introducción
- Acerca del Laboratorio
- Experimentos
- Descargas
- Contactos

De estas, posiblemente la de mayor importancia sea la correspondiente a *Experimentos*, la cual dispone de vínculos hacia la página del control del experimento y hacia la página de visualización de la cámara Web.





**Figura. 4.6. Ventana de Visualización del área de experimentos**

Para el manejo de la cámara Web, se hizo uso de un software recomendado por National Instruments, el Webcam 1-2-3, un software de similares características al servidor Web de LabVIEW, pues una vez ejecutado, permite que otros usuarios puedan conectar hacia el computador donde se ejecute la aplicación.

A continuación mostraremos la forma de instalarlo y configurarlo correctamente.

#### 4.4.1 Webcam 1 – 2 – 3

El software Webcam es desarrollado por la empresa Webcam Corp., diseñado con miras a realizar vigilancia a través de Internet.

El software permite monitorear un sitio determinado a través de la Web, convirtiendo al computador donde se instale en una especie de servidor, al cual deberá conectar un cliente para poder visualizar lo que la o las cámaras muestren en un sistema de vigilancia. El software no es gratuito, sin embargo, su versión de prueba da la posibilidad de poder manejarlo por espacio de 2 horas, luego de las

cuales la aplicación se cierra. La versión de prueba funciona correctamente por 14 días.

A continuación se muestra paso a paso la manera correcta de instalarlo y configurarlo:

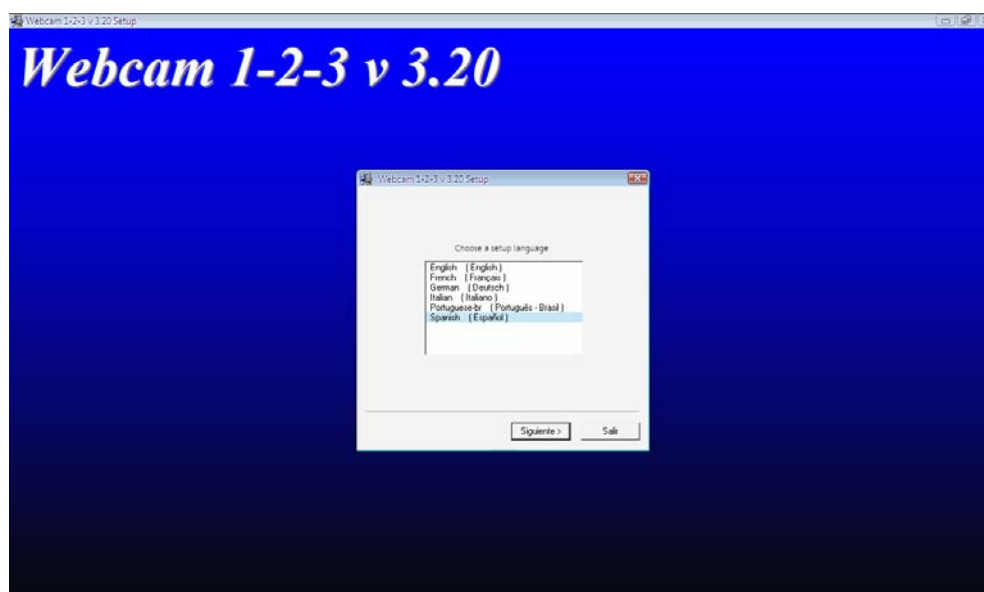


Figura. 4.7. Pantalla de instalación de Webcam 1-2-3

La siguiente pantalla solicitará aceptar el acuerdo de licencia, se debe aceptar para continuar con la instalación

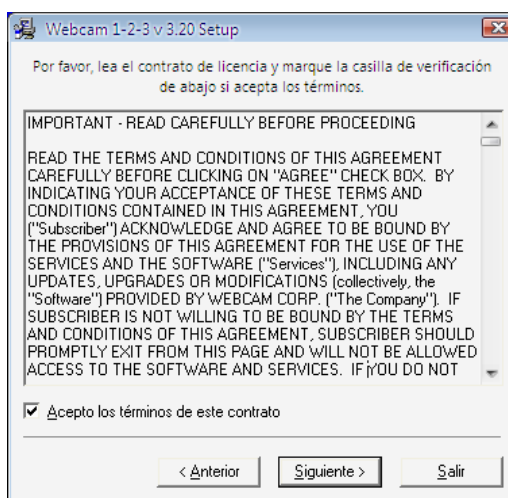
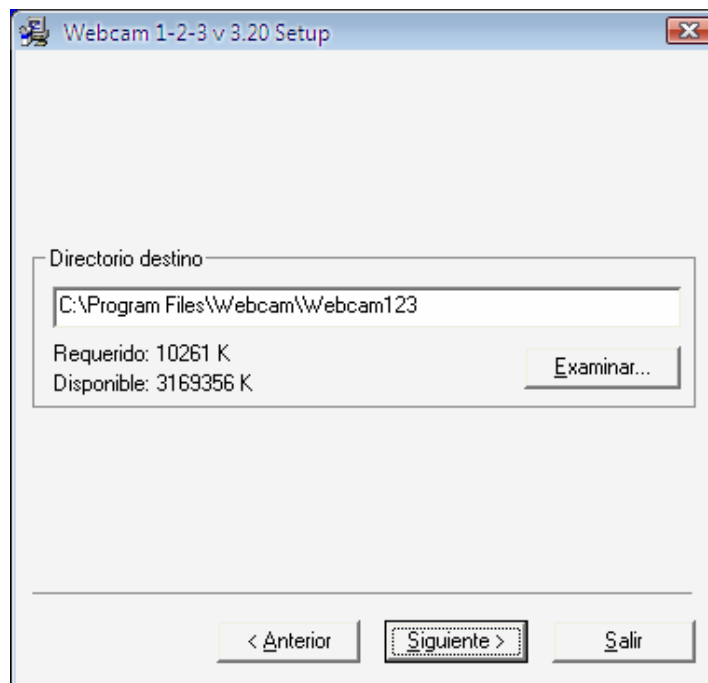


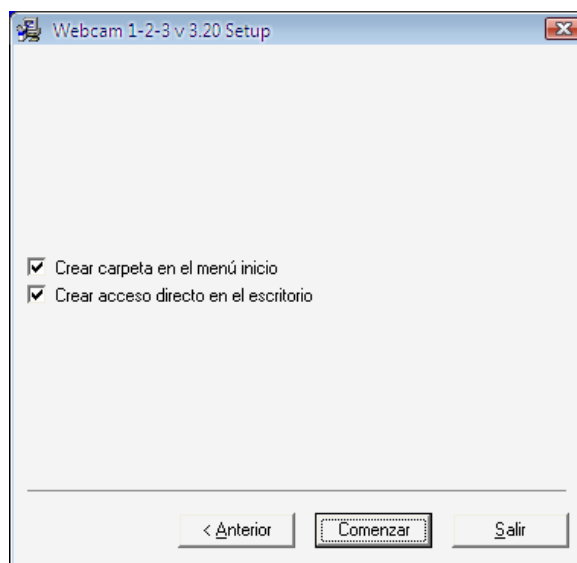
Figura. 4.8. Acuerdo de Licencia

El siguiente paso será escoger la carpeta de instalación, por defecto la instalará en la carpeta *Program Files*, la cual puede ser modificada, si así lo cree necesario el usuario.



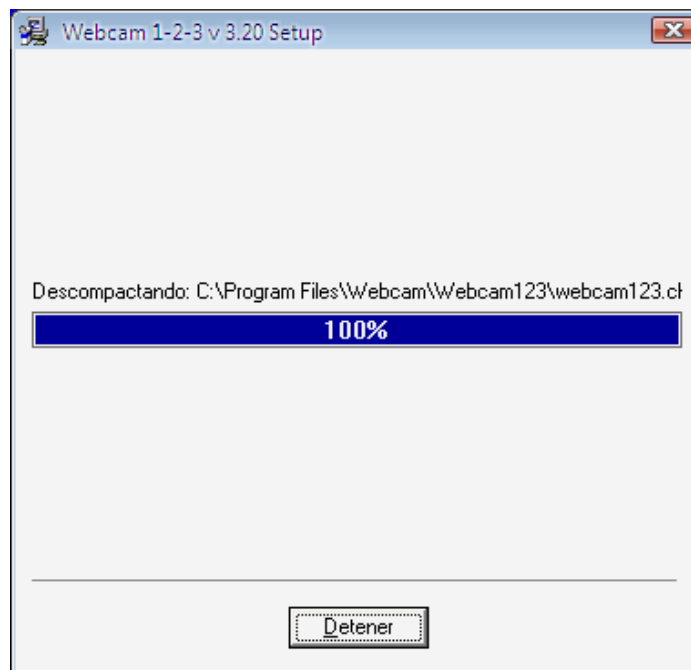
**Figura 4.9. Selección de carpeta de instalación**

Lo siguiente será confirmar los accesos directos para comenzar con la instalación



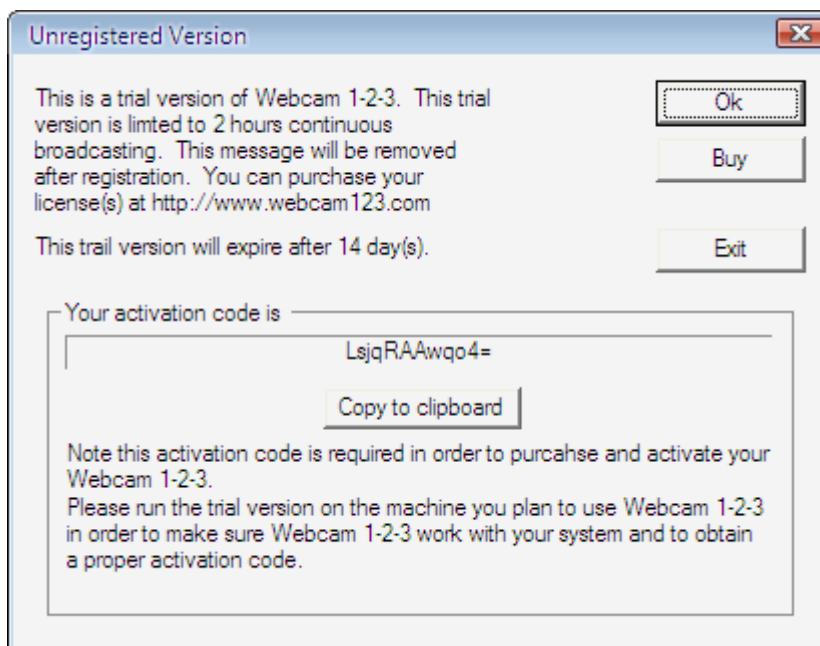
**Figura. 4.10. Ventana previa al inicio mismo de la instalación**

Una vez realizados estos pasos, la instalación continua sin problemas



**Figura. 4.11. Completando la instalación**

Lo siguiente será configurar el programa, para lo cual, la primera ventana que debe mostrarse es un aviso de que el software que se esta usando es una versión de prueba.



**Figura. 4.12. Ventana de aviso de versión no registrada**

Una vez aceptada, nos mostrará la ventana en cuestión, donde se podrá visualizar la aplicación deseada. Esta ventana tiene cinco accesos, Web, FTP, Open, HTML y Settings. La parte Web deberá estar activada para poder acceder por medio del Internet.

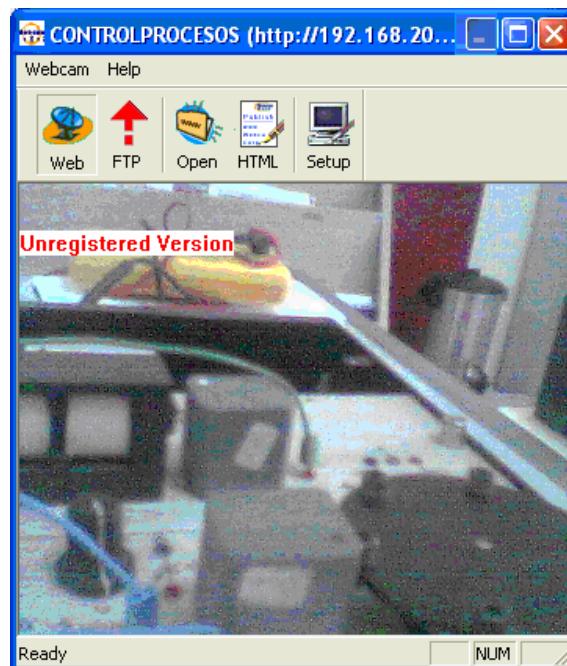


Figura. 4.13. Ventana Principal de Webcam 1-2-3

Si ingresamos en Settings, podremos configurar el software para nuestro uso particular, y se nos mostrará la siguiente ventana:

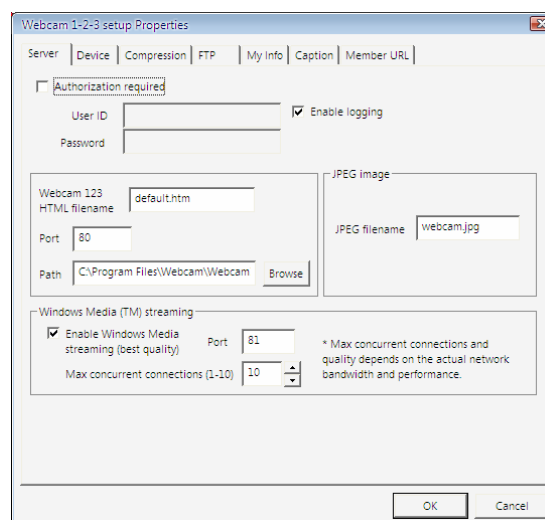


Figura. 4.14. Ventana de configuración

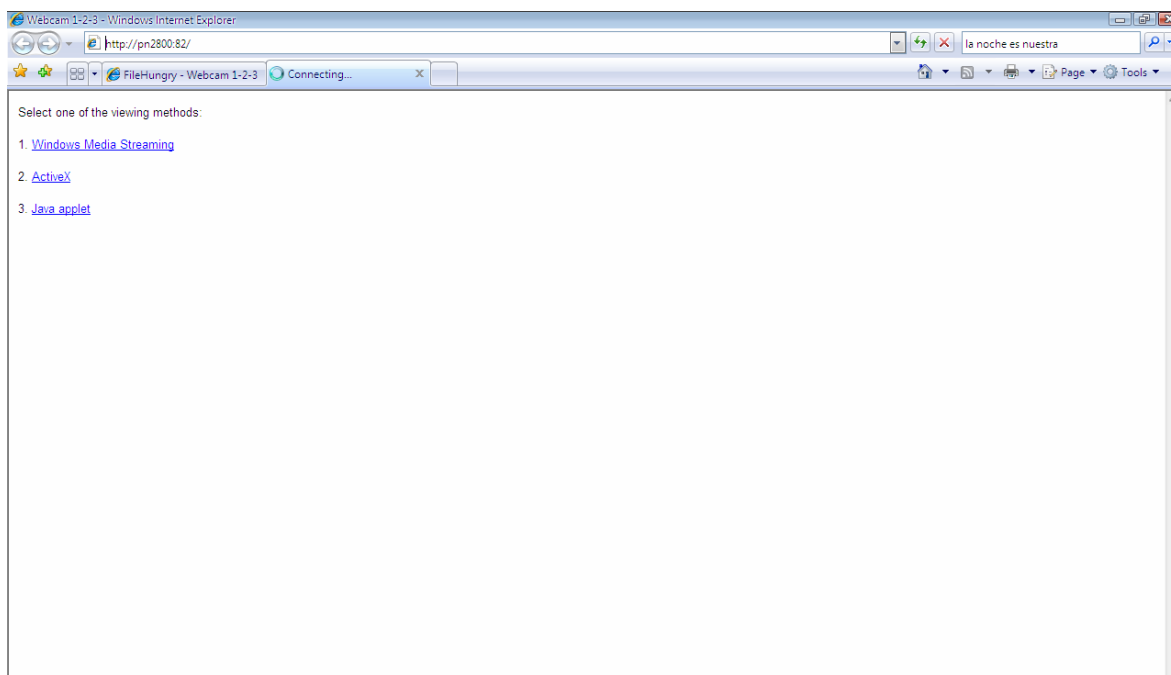
En esta ventana se podrá ajustar las propiedades del software, principalmente el puerto de comunicación. Como se puede observar en la figura 4.14., el puerto por defecto es el 80, sin embargo, para la aplicación que se realizó en el laboratorio se modificó por el 82, pues el 80 estaba siendo usado por otra aplicación.

Además se puede configurar el formato de compresión, la velocidad de muestreo y una serie de herramientas que pueden, dependiendo de la velocidad de conexión, aumentar la calidad de la visualización.

Una vez configurado el software, se puede ya visualizar la aplicación ingresando hacia la página de conexión que tiene la siguiente forma:

**http://nombredelcomputador:puerto**

Una vez ingresada la dirección, se mostrará la siguiente ventana:



**Figura. 4.15. Primera ventana en Web para el Webcam 1-2-3**

Aquí, se pedirá escoger el mejor medio para visualizar la aplicación. Se recomienda escoger la aplicación Java, sin embargo, para que este funcione correctamente se deberá descargar e instalar un plug in de Java. Esto no quiere decir que las otras dos no funcionen, de hecho, cualquiera que se escoja tendrá el mismo resultado.

Una vez que se ha escogido el medio de visualización, lo siguiente será ver la aplicación en si, de la siguiente manera:



**Figura. 4.16. Visualización de la aplicación del Laboratorio en Web**

De esta forma se ha configurado totalmente el software para monitorear el experimento, lo cual permite ya centrarse en la realización del HMI para el laboratorio.

## CAPITULO V

### IMPLEMENTACION DEL HMI PARA EL LABORATORIO

#### 5.1 DESARROLLO DEL SOFTWARE HMI PARA EL LABORATORIO

El HMI (Interfaz Humano Máquina) desarrollado para el laboratorio, se la realizó en su totalidad en LabVIEW, versión 7.1. Con ayuda de la estación de trabajo NI ELVIS, se facilitó la implementación, debido a que toda la programación de los elementos que lo componen fue desarrollada en lenguaje LabVIEW, lo que permite utilizar de una manera sencilla, cada uno de los elementos que lo componen.

Cuando se instala el software ELVIS, automáticamente se colocará en la paleta de funciones de LabVIEW, los elementos desarrollados para su manejo a través del computador. Para abrir la paleta de funciones en LabVIEW, solo se debe dar un click con el botón derecho del Mouse sobre la ventana del diagrama de bloques, tal como lo muestra la figura 5.1.



**Figura 5.1. Paleta de funciones que contiene herramientas de NI ELVIS**

Con estas herramientas se pudo implementar el control necesario para el manejo de la fuente de poder variable, utilizada para inducir la tensión necesaria para el desarrollo del experimento.



### 5.1.1 Fuente de Alimentación

La fuente de alimentación fue desarrollada a través de los elementos que proporciona ELVIS. El VI desarrollado para tal efecto es el que muestra la figura 5.2.

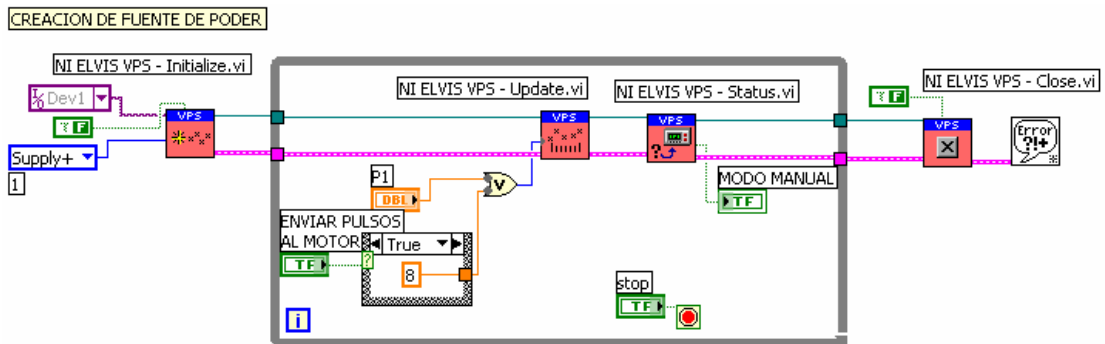


Figura 5.2. Creación del control para el manejo de la fuente de poder de NI ELVIS



*Inicialización de la fuente:* El cual conecta el dispositivo que se va a utilizar. Por defecto es el 1. Además, permite configurar el tipo de fuente.



*Actualización de datos:* Actualiza el valor de la fuente al valor que se tiene durante la inicialización.



*Verificación del estado de la fuente:* Chequea la apropiada conexión de la tarjeta DAQ y su correcto desempeño.



*Cerrar la fuente:* Proporciona la tensión de salida que se colocó durante la inicialización. Además de cerrar la referencia con NI ELVIS.

En ese orden debe ser configurado el programa para poder controlar la fuente por medio del computador.

### 5.1.2 Adquisición de Datos

Una vez resuelto el manejo de la fuente, fue necesario pasar a la adquisición de datos. NI ELVIS trae incorporada dentro de su protoboard las entradas y salidas correspondientes a la tarjeta de adquisición de datos. Con esto, se procedió a la realización del diagrama de bloques necesario para enviar y recibir los datos desde el módulo DTS – 4.

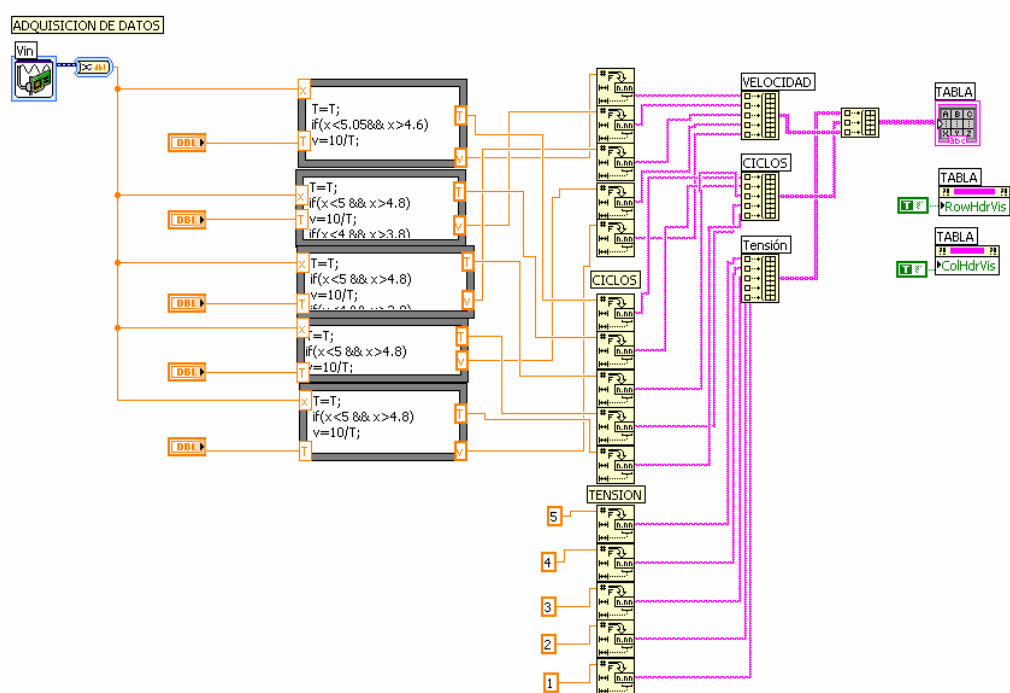


Figura. 5.3. Diagrama de bloques para adquisición de datos

Donde podemos destacar el siguiente elemento:



Asistente DAQ

Este asistente permite configurar de una manera sencilla la entrada analógica que se utilizará para el ingreso del valor de tensión que se envíe al motor. Simplemente se debe ingresar la dirección de la entrada y el rango de operación de voltaje DC que se va a requerir.

### 5.1.3 Etapa de Amplificación y Comparación

El módulo de instrumentación DTS – 4 trae consigo una etapa de amplificación y una comparación, necesarias para la calibración del módulo. Estas permiten que la realización del experimento sea correcta, pues, de no calibrar el módulo, este provocaría que el amplificador operacional que trae consigo se sature, provocando que los resultados sean erróneos.

Por esto, fue necesaria la implementación de un diagrama de bloques que supliera estos elementos dentro del HMI. El diagrama se muestra en la siguiente figura.

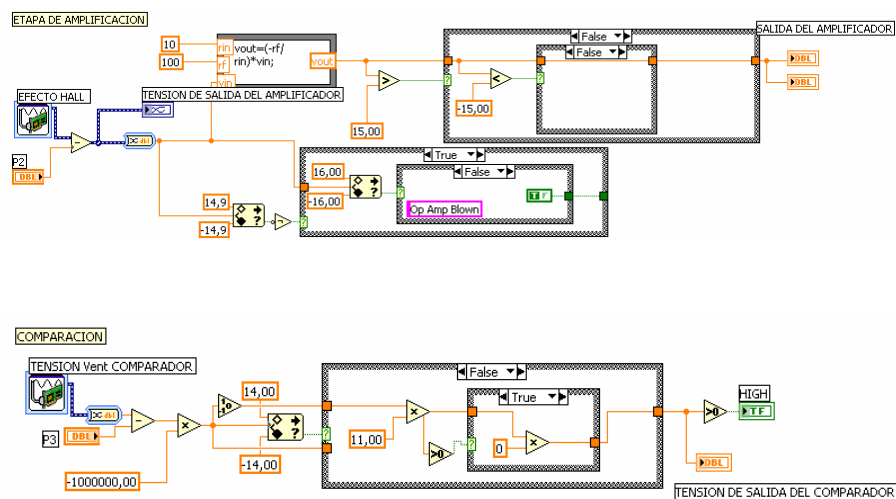


Figura. 5.4. Implementación de un amplificador inversor y de un comparador en LabVIEW

Todos estos elementos fueron desarrollados dentro del software LabVIEW 7.1 para el manejo del módulo de instrumentación. Realizando las respectivas pruebas, el HMI para el manejo del laboratorio quedó implementado de la siguiente manera

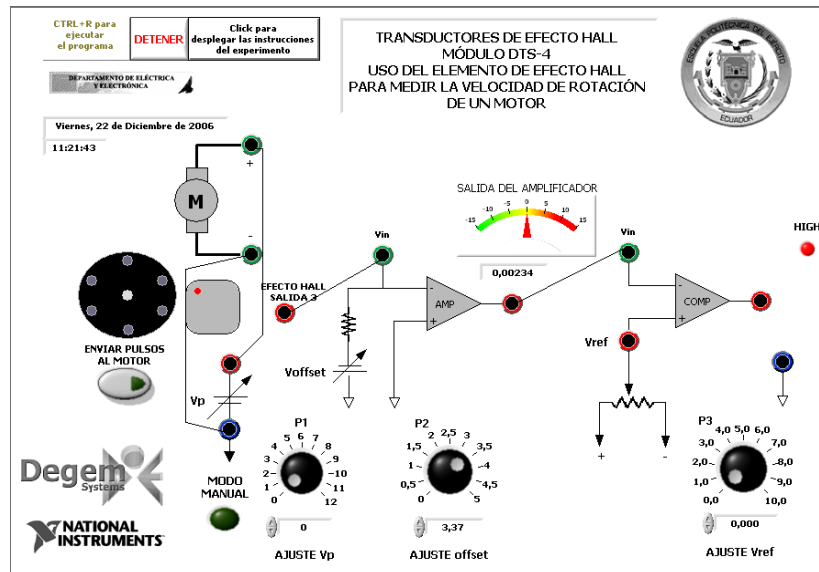


Figura. 5.5. HMI para el manejo del módulo DTS – 4

El diagrama de conexiones entre el módulo y NI ELVIS se muestra en la siguiente figura:

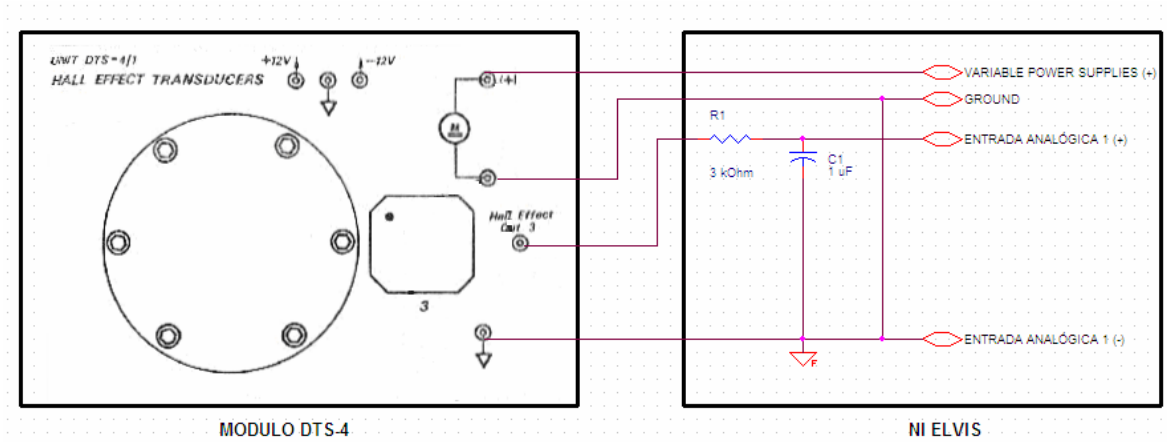


Figura. 5.6. Diagrama de conexiones entre DTS – 4 y NI ELVIS

La implementación total del sistema se muestra a continuación:

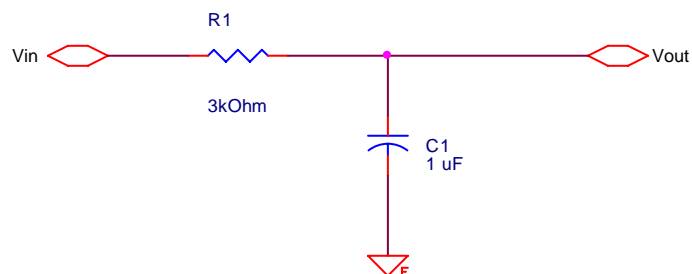


**Figura. 5.7. Sistema Total Implementado para el Módulo de Efecto Hall**

Como se puede apreciar en la figura anterior, la comunicación entre el módulo y NI ELVIS se realiza a través de cables de comunicación, los que permiten el envío y recepción de las señales.

#### 5.1.4 Filtro

Debido al ruido que se presentaba a la hora de la representación de la señal del transductor de efecto hall, fue necesaria la implementación de un filtro pasa bajos. Para obtener la frecuencia de muestreo, se ingresó el valor máximo de tensión del experimento que es de 5V, esto dio como resultado que la frecuencia de muestreo oscila en 100 Hz, El teorema de Nyquist, dice que la frecuencia de corte debe ser la mitad de la frecuencia de muestreo, es decir, el filtro debe tener una frecuencia de corte de 50 Hz aproximadamente.



**Figura. 5.8. Filtro pasabajos implementado para el muestreo de la señal.**

El filtro permite que la señal que llega hacia la tarjeta de adquisición de datos sea correcta, sin presencia de ruido y que su posterior análisis sea eficiente.

## 5.2 DESARROLLO DEL EXPERIMENTO USANDO EL HMI EN WEB

Las instrucciones para el laboratorio son detalladas dentro del instrumento virtual desarrollado para la realización de la práctica. Sin embargo, para un apoyo adicional se puede usar el cuaderno de trabajo que proporciona DEGEM.

Para empezar con el experimento, se debe ingresar en una ventana de Internet Explorer la dirección IP donde se encuentre guardado, en el caso de este proyecto, se desarrollo en el computador de la estación de control de procesos del laboratorio CIM 2000, cuya dirección es 192.168.200.232, luego se debe colocar el nombre del archivo que se desea visualizar. Por lo que la dirección quedará asignada de la siguiente manera:

**<http://192.168.200.232:85/experimento3.htm>**

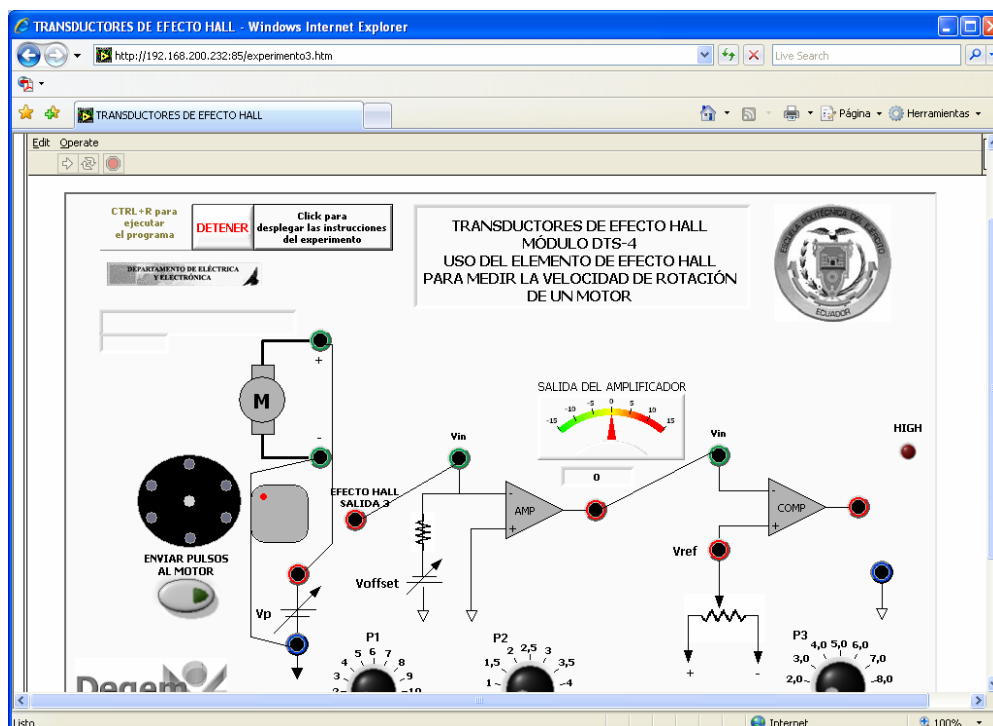
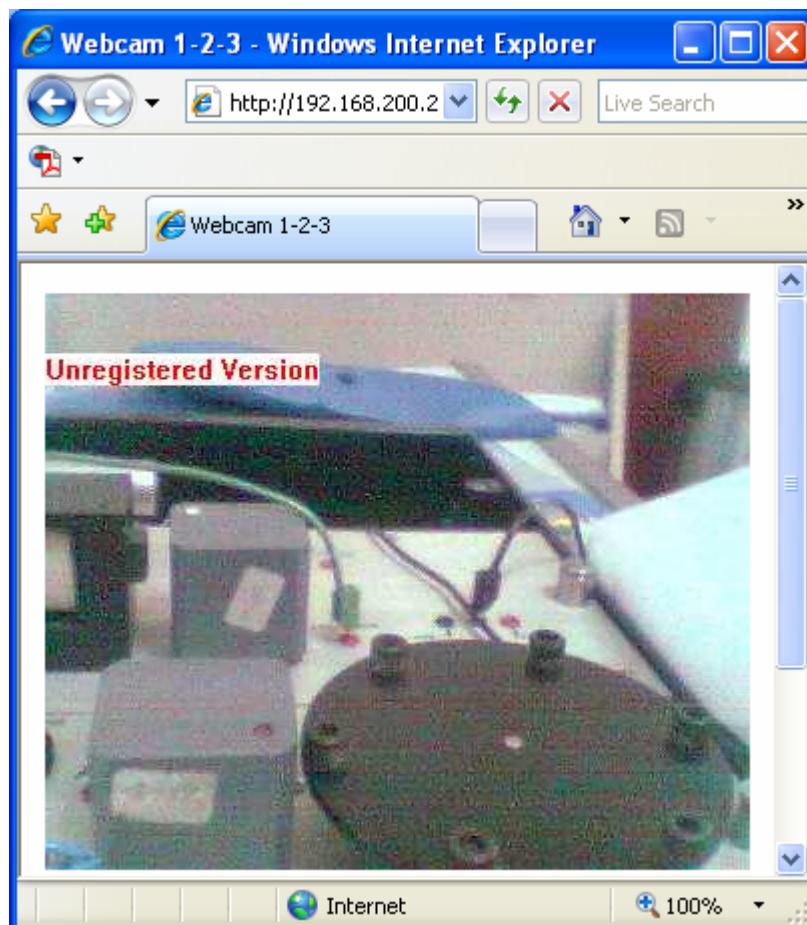


Figura. 5.9. Ventana de explorador que contiene experimento

Como segundo paso, se deberá abrir en otra ventana de Internet, la aplicación para la visualización remota a través de una Webcam. La dirección que se debe ingresar será

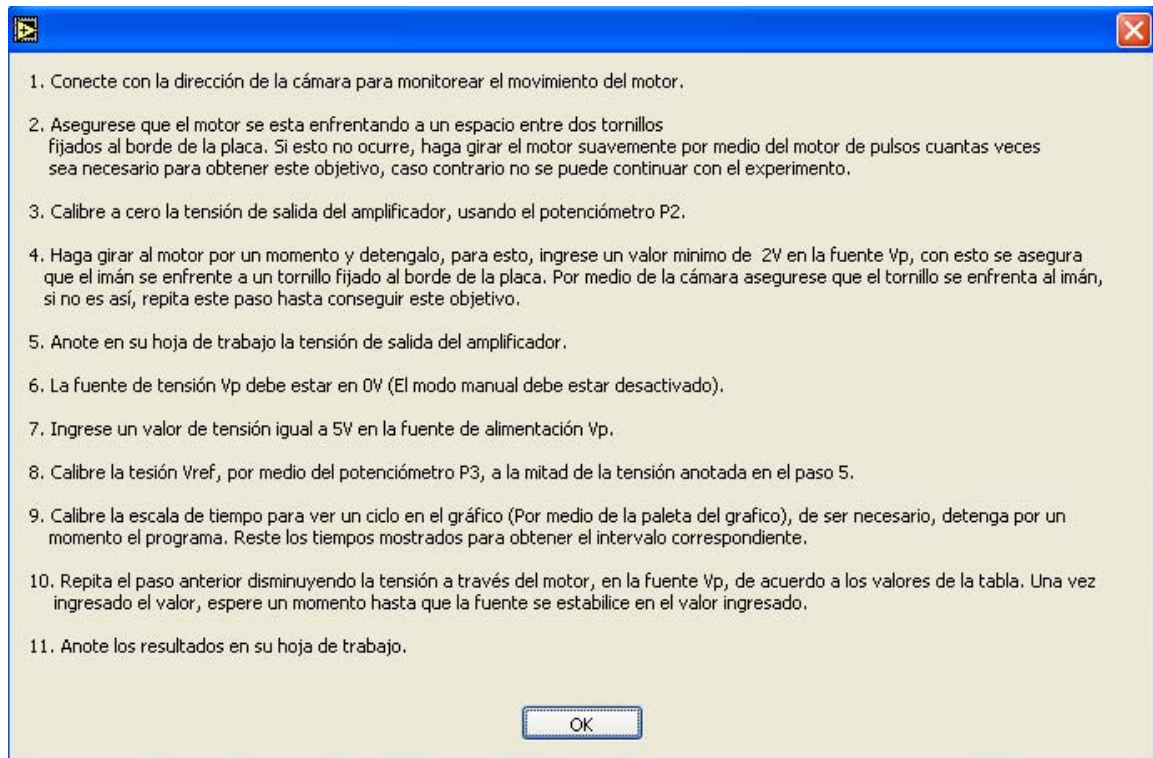
**<http://192.168.200.232:82>**

Como se había explicado en el capítulo 4, esta dirección conducirá a una dirección que nos permite seleccionar la aplicación para la visualización, en mi caso, he escogido la aplicación Java, con lo que la visualización se da de la siguiente manera:



**Figura. 5.10. Visualización del módulo a través de la Webcam**

El siguiente paso será dar un clic en el botón de instrucciones, esto abrirá una ventana emergente que muestra las instrucciones del experimento.



**Figura. 5.11. Ventana de instrucciones del experimento.**

Para continuar con el experimento se debe cerrar la ventana emergente; es decir, se debe desplegar la ventana de instrucciones para seguir paso a paso el experimento.

Siguiendo paso a paso las indicaciones, la realización del experimento no toma más allá de 10 minutos. Como se indica en las instrucciones, el siguiente paso será enfrentar el sensor a un espacio vacío entre dos tornillos, para luego asegurarse de encerrar la salida del amplificador por medio del potenciómetro P2. La ventana con correspondiente se muestra en la siguiente figura:



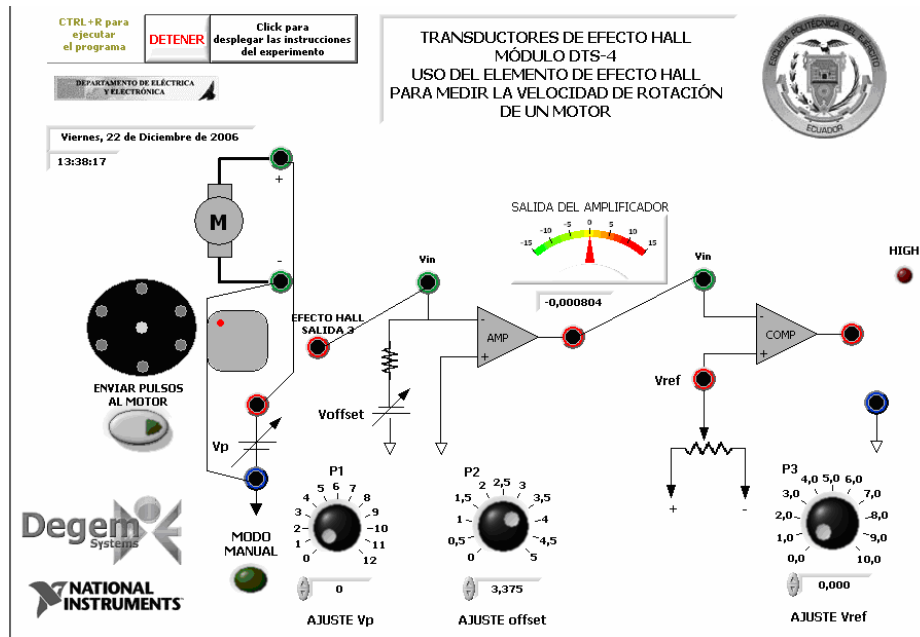


Figura 5.12. Amplificador a 0 V.

Como se puede apreciar, el valor del amplificador se aproxima a cero cuando la tensión de ajuste es de 3,375 V. Una vez asegurado este paso se puede empezar con el experimento, ahora se debe asegurar que el sensor se enfrente a un tornillo de la placa, y anotar el valor de la tensión en la salida del amplificador.

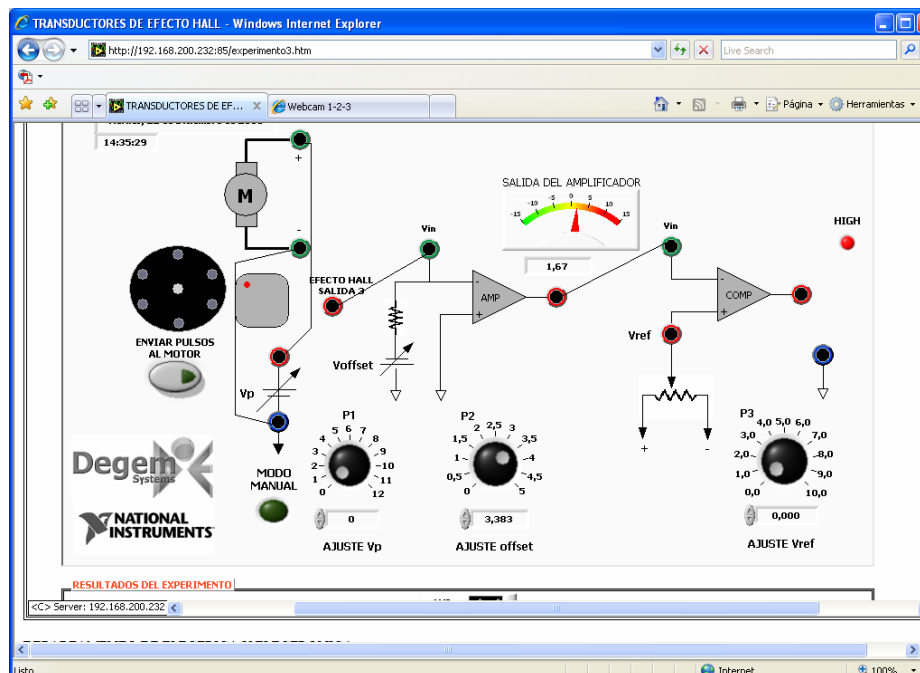


Figura 5.13. Tensión de salida del amplificador cuando se enfrente el sensor a un tornillo de la placa

Una vez anotada la tensión de salida del amplificador, el siguiente paso será colocar un valor de 5V en la fuente  $V_p$ . Esto se puede hacer directamente ingresando en el cuadro de texto o moviendo el potenciómetro P1.

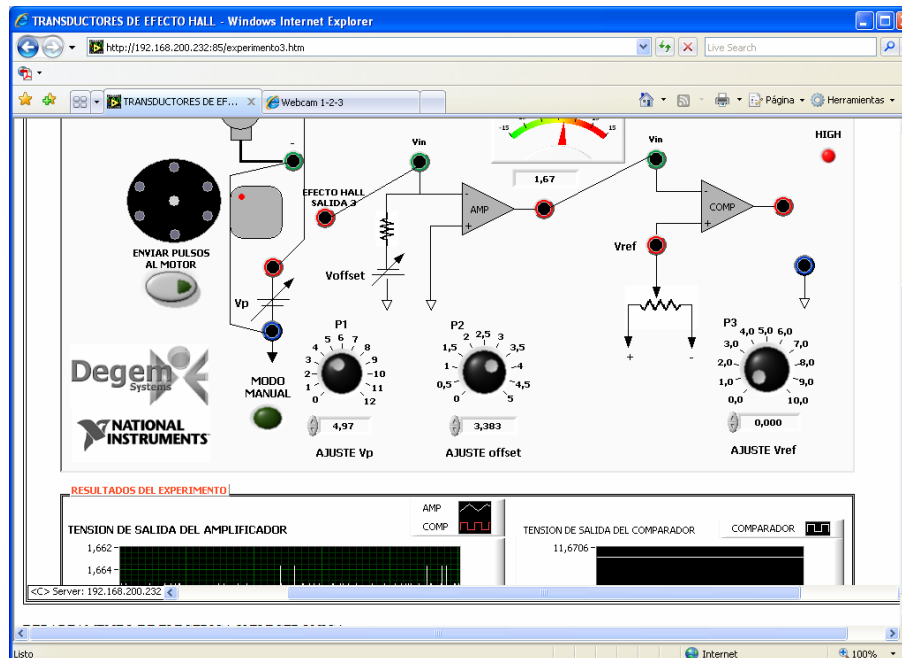
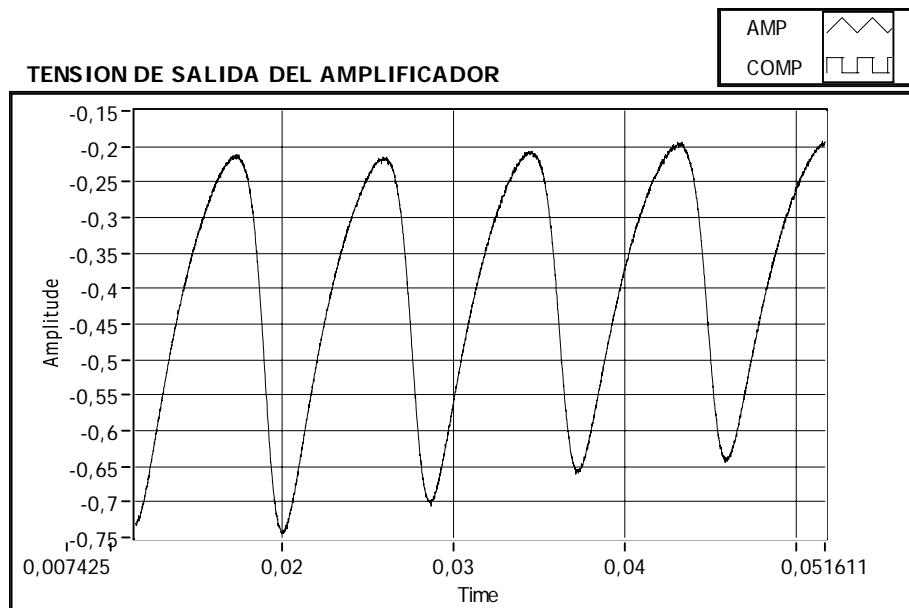


Figura. 5.14. Ingreso de 5V en la fuente  $V_p$

Como se ve en la figura, la tensión ingresada muestra un valor de 4,97 V, esto es debido a la calibración de NI ELVIS. Las siguientes figuras muestran el movimiento del motor en una ventana y la curva de respuesta que se ha obtenido para ese valor de tensión

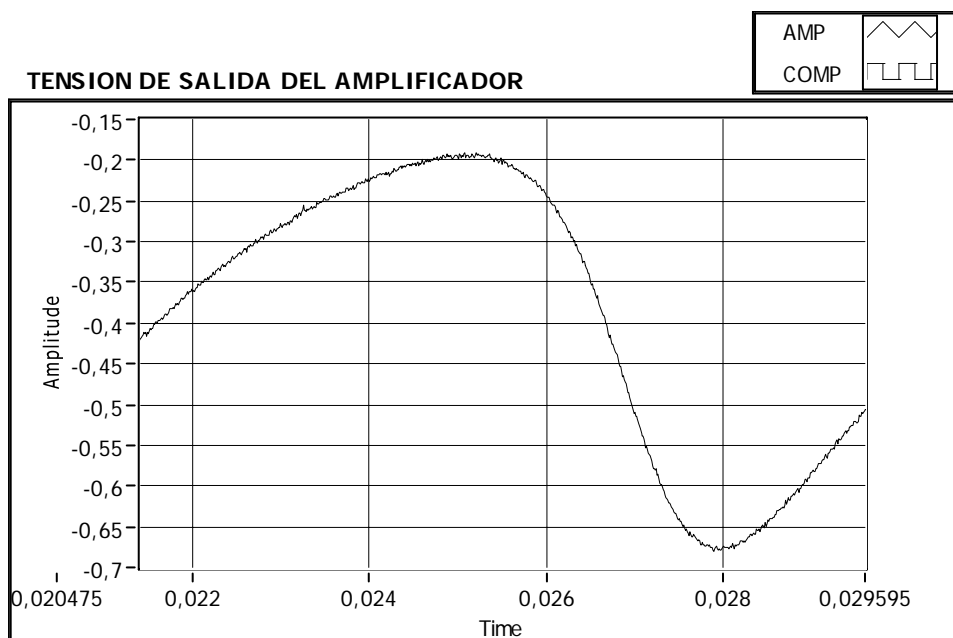


Figura. 5.15. Visualización del movimiento del motor en Web con alimentación de 5V



**Figura 5.16. Curva de respuesta para un valor de 5V**

El experimento en forma manual exige que se pueda observar 6 ciclos del gráfico. En el HMI de LabVIEW solo se pide un ciclo de la gráfica, pues la fórmula ingresada ya ha sido modificada para tal caso. La figura 5.22 aclara este punto.



**Figura 5.17. Curva de respuesta con 1 ciclo a 5V**

Con este gráfico, el usuario únicamente deberá restar los tiempos para obtener el período del ciclo, este valor debe ser ingresado en la tabla correspondiente que se muestra en la parte inferior del HMI.

El ingreso del valor se muestra en la siguiente figura

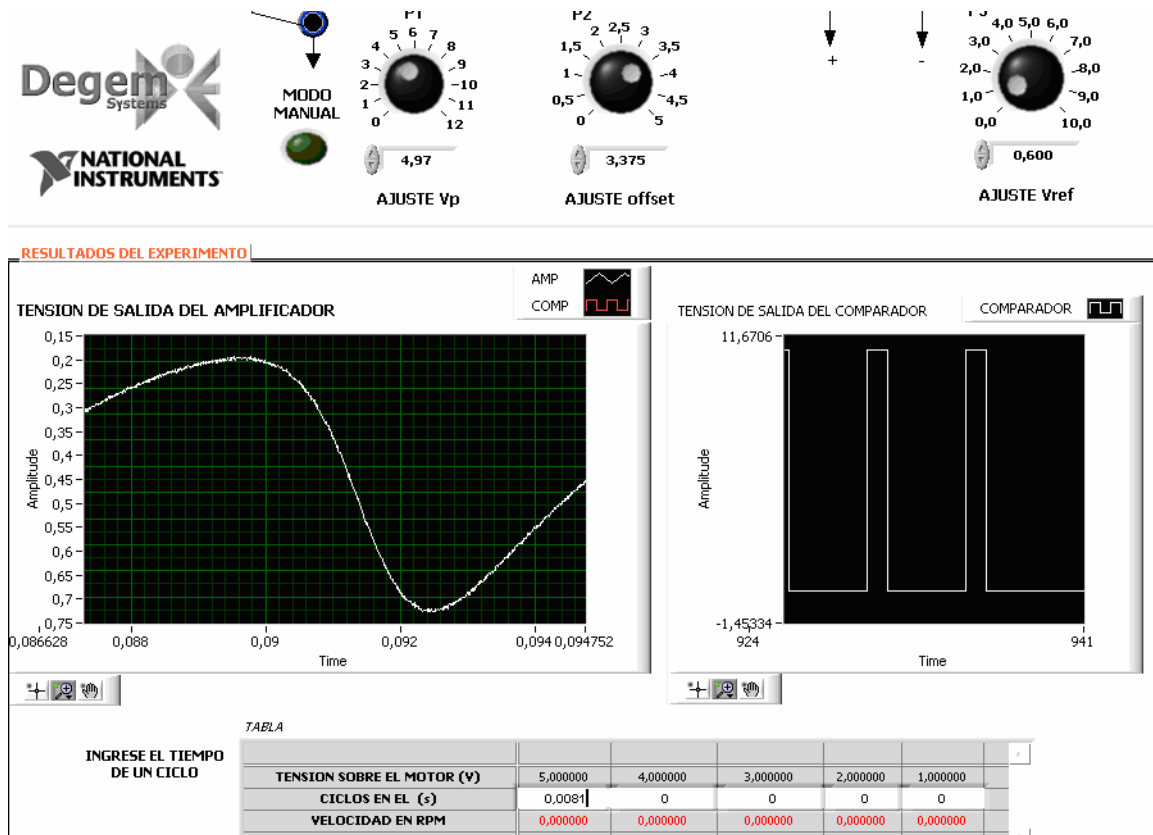


Figura. 5.18. Ingreso del período para el cálculo de las RPM

El siguiente paso es disminuir la tensión de acuerdo a los valores puestos en la tabla. La tabla total se muestra en la siguiente figura.

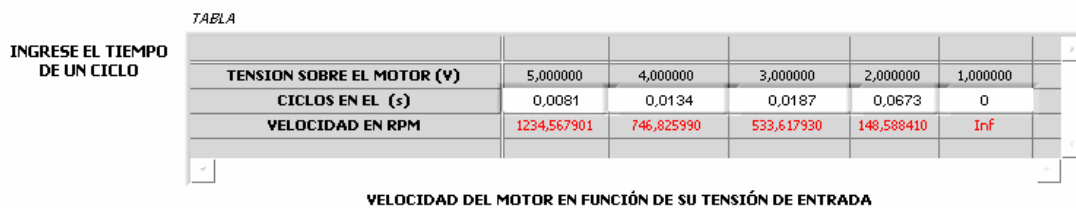


Figura. 5.19. Tabla de resultados completa

Como se puede apreciar, al igual que al realizarlo en forma manual, la velocidad del motor disminuye conforme se disminuye el valor de la tensión de alimentación. Con este paso se concluye la realización del experimento.

### 5.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

La siguiente tabla es una comparación entre los valores obtenidos tanto en la forma manual como en la utilización del HMI. Como se puede apreciar, los valores obtenidos son similares, lo que nos deja una alta eficiencia en los resultados esperados. Como una forma particular de demostración, se hizo un conteo en forma visual con un valor de 2V, pues era el valor con menos tensión y a una velocidad moderada. Como resultado de esta forma particular de medición se obtuvo que el motor gira a 124 rpm, lo cual es una aproximación bastante buena, considerando la forma poco ortodoxa de medir las revoluciones del motor.

	<b>5V</b>	<b>4V</b>	<b>3V</b>	<b>2V</b>	<b>1V</b>
<b>RPM EN MANUAL</b>	1333	749	588	150	0
<b>RPM EN HMI</b>	1234	747	533	148	0

**Tabla 5.1. Comparación de resultados**

## **CAPITULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- El proyecto muestra el concepto de laboratorio virtual dentro del laboratorio de instrumentación y sensores y justifica su gran valor pedagógico, pues es completamente operativo y fácil de operar.
- En la actualidad, el Internet juega un papel fundamental en la educación tanto de pre grado como de post grado, pues ofrece una cantidad innumerable de herramientas y destruye fronteras que en otros tiempos, limitaban el desarrollo de cierta clase de proyectos.
- El sistema ha sido diseñado usando un lenguaje de fácil comprensión, rigiéndose estrictamente a las indicaciones que trae consigo el fabricante de los módulos para una correcta realización de sus prácticas.
- Se ha conseguido optimizar los recursos que se utilizan dentro del laboratorio, permitiendo que el usuario, en este caso, el alumnado, pueda realizar sus prácticas sin demora y con una mayor accesibilidad al equipo y flexibilidad en el tiempo.
- Se consiguió realizar la aplicación del sensor de Efecto Hall para determinar la velocidad de rotación de un motor DC, obteniendo los resultados esperados en el mismo.
- La instrumentación virtual como medio práctico en la didáctica de la carrera de Ingeniería Electrónica, permite elevar la calidad del proceso, pues se

proporciona al estudiante la oportunidad de disponer para el sólo de un ambiente de laboratorio.

- La sencillez conceptual de la programación gráfica facilita la comprensión por parte de los estudiantes, permitiendo que se concentren en los conceptos y no pierdan tiempo en la programación por líneas de texto.
- Los resultados han sido satisfactorios para el experimento planteado, pues se ha verificado la factibilidad de la implementación de un laboratorio virtual que facilite el acercamiento del alumno a la instrumentación del laboratorio.
- Este proyecto deja abierta la pauta para una posterior actualización, con otro tipo de instrumentos, software de similares características y aplicaciones que en un futuro permitan un total control a través de laboratorios remotos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MANUEL, Antoni, Instrumentación Virtual, Adquisición, procesado y análisis de señales, 2002, Alfaomega, 376 páginas.
  
- [2] PARK John, MACKAY Steve, Practical Data Acquisition for Instrumentation and Control Systems, 2003, Elsevier, 10 de junio de 2003, 432 páginas.
  
- [3] PATON Barry, Introduction to NI ELVIS, 2004, National Instruments Corporate Headquarters, 106 páginas.
  
- [4] LabVIEW BÁSICO I, 1993 – 2000, Octubre de 2000, 293 páginas.
  
- [5] Measurement and Automation, Catalog 2006, Austin Texas 2006.
  
- [6] Instrumentación y Control, número 2, 2004, Grafisum, Cuenca 2004, 8 páginas.
  
- [7] Curso DT – 4, Transductores de Efecto Hall, DEGEM SYSTEMS, 1984.
  
- [8] <http://rabfis15.uco.es/lvct/index.php?q=node/3>
  
- [9] <http://www.poli.usp.br/BuscaPoli/default.asp>
  
- [10] [http://www.ateneonline.net/datos/10\\_01\\_Avila\\_Rodolfo\\_y\\_otros.pdf](http://www.ateneonline.net/datos/10_01_Avila_Rodolfo_y_otros.pdf)
  
- [11] <http://www.saber.ula.ve/accionpe>, La instrumentación virtual en la enseñanza



de la Ingeniería Electrónica

[12] [http://cvc.cervantes.es/obref/formacion\\_virtual/campus\\_virtual](http://cvc.cervantes.es/obref/formacion_virtual/campus_virtual), Laboratorios virtuales y remotos para la práctica a distancia de la Automática

[13] [http://es.wikipedia.org/wiki/Servidor\\_web](http://es.wikipedia.org/wiki/Servidor_web), Servidor Web

[14] <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/89A11022112424A386256D0006BEBD5>, Can I Use a 3rd party Web Server to Publish a Web Page That I Created Using LabVIEW's Web Publishing Tool?

[15] <http://digital.ni.com/public.nsf/3efedde4322fef19862567740067f3cc/862567530005f0a186256a0e0062ffb4?OpenDocument>, Cómo ver el panel frontal de un VI en Internet Explorer o Netscape

[16] <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/5154>, Remote Front Panels.

[17] <http://digital.ni.com/public.nsf/websearch/9944A867C85BADFF86256E610080F0E1?OpenDocument>, Invalid Server IP Address When Trying to Access File Created By the Web Publishing Tool

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura. 1.1.</b> Esquema General del Sistema de Enseñanza Clásico .....	1
<b>Figura. 1.2.</b> Función del ordenador.....	6
<b>Figura. 1.3.</b> Utilización del ordenador en el control de un proceso .....	7
<b>Figura. 1.4.</b> Diagrama Funcional de un sistema de adquisición de datos basado en PC.....	8
<b>Figura. 1.5.</b> Diferentes tipos de instrumentos .....	9
<b>Figura. 2.1.</b> Esquema de Conexiones del Módulo .....	13
<b>Figura. 2.2.</b> Forma de onda de la tensión de salida del amplificador en función del tiempo para una placa con trozos de hierro que gira próxima a un imán.....	14
<b>Figura. 2.3.</b> Curva de respuesta entre la velocidad del motor y su tensión de alimentación .....	15
<b>Figura. 2.4.</b> Conceptualización inicial del Laboratorio Virtual .....	16
<b>Figura. 2.5.</b> Diagrama de Flujo de pruebas preliminares a la práctica.....	17
<b>Figura. 2.6.</b> Diagrama Esquemático del Módulo DTS – 4.....	18
<b>Figura. 2.7.</b> Laboratorio de Instrumentación Virtual para el Laboratorio .....	21
<b>Figura. 3.1.</b> Estación de trabajo de NI ELVIS .....	22
<b>Figura. 3.2.</b> Diagrama del panel de control de la estación de trabajo.....	24
<b>Figura. 3.3.</b> Banco de Trabajo de NI ELVIS con su tarjeta de protección.....	24
<b>Figura. 3.4.</b> Tarjeta para proyectos de NI ELVIS .....	25
<b>Figura. 3.5.</b> Localización de las partes del sistema NI ELVIS.....	26
<b>Figura. 3.6.</b> Tarjeta DAQ 6251 PCI.....	26
<b>Figura. 3.7.</b> Cable de comunicación SHC 68 – 68 – EP .....	27
<b>Figura. 3.8.</b> Lanzador de Instrumentos de NI ELVIS .....	29
<b>Figura. 3.9.</b> Generador de Formas de Onda Arbitrario .....	30
<b>Figura. 3.10.</b> Analizador Bode .....	30
<b>Figura. 3.11.</b> Analizador de señales dinámico .....	31
<b>Figura. 3.12.</b> Analizador de impedancias .....	31
<b>Figura. 3.13.</b> Analizador de Voltaje – Corriente de dos hilos .....	32
<b>Figura. 3.14.</b> Analizador de Voltaje Corriente de tres hilos.....	32
<b>Figura. 3.15.</b> Osciloscopio de NI ELVIS .....	33
<b>Figura. 3.16.</b> SFP de las fuentes de poder variables .....	33
<b>Figura. 3.17.</b> Aplicación simple de una fuente de poder .....	34
<b>Figura. 3.18.</b> SFP del generador de funciones .....	35
<b>Figura. 3.19.</b> Aplicación simple del Generador de Funciones.....	35
<b>Figura. 3.20.</b> SFP del Multímetro Digital .....	36
<b>Figura. 3.21.</b> Aplicación Simple del Multímetro Digital.....	37
<b>Figura. 3.22.</b> Aplicación simple para E/S digitales.....	37
<b>Figura. 3.23.</b> Panel Frontal de LabVIEW .....	39
<b>Figura. 3.24.</b> Pantalla del Diagrama de Bloques de LabVIEW .....	39
<b>Figura. 3.25.</b> Elemento de Control de LabVIEW.....	40
<b>Figura. 3.26.</b> Elemento Indicador de LabVIEW.....	40
<b>Figura. 3.27.</b> Paleta de Controles .....	41

<b>Figura. 3.28.</b> Paleta de funciones .....	41
<b>Figura. 3.29.</b> Paleta de Herramientas y herramienta de selección automática....	42
<b>Figura. 3.30.</b> Barra de Herramientas de Estado .....	42
<b>Figura 3.31.</b> Tipos de representación de datos .....	43
<b>Figura. 3.32.</b> Controles e Indicadores.....	43
<b>Figura. 3.33.</b> Forma de cablear el VI .....	44
<b>Figura. 3.34.</b> Arquitectura de un VI Simple .....	45
<b>Figura. 3.35.</b> Arquitectura de un VI General .....	45
<b>Figura. 3.36.</b> Arquitectura de una máquina de estado.....	46
<b>Figura. 4.1.</b> Configurar Servidor .....	50
<b>Figura. 4.2.</b> Configurar Panel Remoto .....	51
<b>Figura. 4.3.</b> Ventana Principal de Web Publishing Tool.....	52
<b>Figura. 4.4.</b> Ventana de ejemplo de un VI en Web .....	53
<b>Figura. 4.5.</b> Ventana Inicial del Sitio Web del Laboratorio .....	55
<b>Figura. 4.6.</b> Ventana de Visualización del área de experimentos .....	56
<b>Figura. 4.7.</b> Pantalla de instalación de Webcam 1-2-3 .....	57
<b>Figura. 4.8.</b> Acuerdo de Licencia .....	57
<b>Figura 4.9.</b> Selección de carpeta de instalación .....	58
<b>Figura. 4.10.</b> Ventana previa al inicio mismo de la instalación .....	58
<b>Figura. 4.11.</b> Completando la instalación .....	59
<b>Figura. 4.12.</b> Ventana de aviso de versión no registrada .....	59
<b>Figura. 4.13.</b> Ventana Principal de Webcam 1-2-3 .....	60
<b>Figura. 4.14.</b> Ventana de configuración .....	60
<b>Figura. 4.15.</b> Primera ventana en Web para el Webcam 1-2-3.....	61
<b>Figura. 4.16.</b> Visualización de la aplicación del Laboratorio en Web.....	62
<b>Figura 5.1.</b> Paleta de funciones que contiene herramientas de NI ELVIS .....	63
<b>Figura 5.2.</b> Creación del control para el manejo de la fuente de poder de NI ELVIS .....	64
<b>Figura. 5.3.</b> Diagrama de bloques para adquisición de datos.....	65
<b>Figura. 5.4.</b> Implementación de un amplificador inversor y de un comparador en LabVIEW .....	66
<b>Figura. 5.5.</b> HMI para el manejo del módulo DTS – 4.....	67
<b>Figura. 5.6.</b> Diagrama de conexiones entre DTS – 4 y NI ELVIS .....	67
<b>Figura. 5.7.</b> Sistema Total Implementado para el Módulo de Efecto Hall .....	68
<b>Figura. 5.8.</b> Filtro pasabajos implementado para el muestreo de la señal.....	68
<b>Figura. 5.9.</b> Ventana de explorador que contiene experimento .....	69
<b>Figura. 5.10.</b> Visualización del módulo a través de la Webcam.....	70
<b>Figura. 5.11.</b> Ventana de instrucciones del experimento.....	71
<b>Figura. 5.12.</b> Amplificador a 0 V. ....	72
<b>Figura 5.13.</b> Tensión de salida del amplificador cuando se enfrenta el sensor a un tornillo de la placa .....	72
<b>Figura. 5.14.</b> Ingreso de 5V en la fuente Vp .....	73
<b>Figura. 5.15.</b> Visualización del movimiento del motor en Web con alimentación de 5V .....	73
<b>Figura 5.16.</b> Curva de respuesta para un valor de 5V .....	74
<b>Figura 5.17.</b> Curva de respuesta con 1 ciclo a 5V .....	74
<b>Figura. 5.18.</b> Ingreso del período para el cálculo de las RPM .....	75
<b>Figura. 5.19.</b> Tabla de resultados completa.....	75

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla. 2.1.</b> Velocidad del motor en función de su tensión de entrada.....	14
<b>Tabla. 2.2.</b> Velocidad del motor en función de su tensión de entrada incluido los cálculos.....	15
<b>Tabla 5.1.</b> Comparación de resultados .....	76

## GLOSARIO

**ADC:** Analog – Digital Converter, Conversor Analógico – Digital, dispositivo electrónico capaz de convertir el voltaje en un valor binario.

**DAQ:** Data Acquisition, adquisición de datos, consiste en tomar un conjunto de variables mensurables en forma física y convertirlas en tensiones eléctricas.

**Drivers:** programa informático que permite al sistema operativo interactuar con un periférico, haciendo una abstracción del hardware y proporcionando una interfaz -posiblemente estandarizada- para usarlo.

**ELVIS:** Suite de Instrumentación Virtual Educativa para Laboratorio, entorno de prototipaje y diseño basado en LabVIEW, pensado para laboratorios de universidades de ciencias e ingeniería.

**FTP:** File Transfer Protocol, es un protocolo de transferencia de ficheros entre sistemas conectados a una red TCP basado en la arquitectura cliente-servidor, de manera que desde un equipo cliente nos podemos conectar a un servidor para descargar ficheros desde él o para enviarle nuestros propios archivos independientemente del sistema operativo utilizado en cada equipo.

**GPIB:** General Purpose Instrumentation Bus, es un estándar bus de datos digital de corto rango para conectar dispositivos de test y medida con dispositivos que los controlen como un ordenador.

**Hardware:** El hardware se refiere a todos los componentes físicos (que se pueden tocar) de la computadora: discos, unidades de disco, monitor, teclado, ratón (mouse), impresora, placas, chips y demás periféricos.

**HMI:** Un HMI (Human Machine Interface) es el elemento de comunicación entre la máquina y el operador humano.

**HTML:** Acrónimo inglés de **HyperText Markup Language** (lenguaje de marcas hipertextuales), lenguaje de marcación diseñado para estructurar textos y presentarlos en forma de hipertexto, que es el formato estándar de las páginas web.

**Instrumento Virtual:** Elemento que no es real y cuyas funciones son completamente ejecutables vía software.

**IP:** Protocolo de Internet (IP, de sus siglas en inglés *Internet Protocol*) es un protocolo NO orientado a conexión usado tanto por el origen como por el destino para la comunicación de datos a través de una red de paquetes conmutados.

**LabVIEW:** Es una herramienta gráfica de test, control y diseño mediante la programación. El lenguaje que usa se llama lenguaje G.

**National Instruments:** Empresa fundada en 1976 por James Truchard, Bill Nowlin y Jeff Kodosky en Austin, Texas.

**PC:** Término genérico utilizado para referirse a microordenadores que son compatibles con las especificaciones de IBM

**RPM:** Las revoluciones por minuto (rpm, RPM o r/min) es una unidad de frecuencia. En este contexto, una revolución es una vuelta de una rueda, un eje, un disco o cualquier cosa que gire.

**RS – 232:** También conocido como Electronic Industries Alliance RS-232C) es una interfaz que designa una norma para el intercambio serie de datos binarios entre un DTE (Equipo terminal de datos) y un DCE (*Data Communication*

*Equipment*, Equipo de terminación del circuito de datos), aunque existen otras situaciones en las que también se utiliza la interfaz RS-232.

**Servidor Web:** Programa que implementa el *protocolo HTTP (hypertext transfer protocol)*.

**Software:** Componentes intangibles de un ordenador o computadora, es decir, al conjunto de programas y procedimientos necesarios para hacer posible la realización de una tarea específica.

**TCP:** El Protocolo de Control de Transmisión (TCP) es un protocolo de comunicación orientado a conexión y fiable del nivel de transporte.

**Transductor:** Dispositivo capaz de transformar o convertir un determinado tipo de energía de entrada, en otra diferente de salida.

**Teorema de Nyquist:** Afirma que cuando se muestrea una señal, la frecuencia de muestreo debe ser mayor que dos veces el ancho de banda de la señal de entrada, para poder reconstruir la señal original de forma **exacta** a partir de sus muestras. Si  $B$  es el ancho de banda de la señal y  $F_m$  es la frecuencia de muestreo, el teorema puede expresarse del siguiente modo:

$$F_m > 2B$$

**Web Publishing Tool:** Herramienta de publicación en Web de LabVIEW.

## **FECHA DE ENTREGA**

El presente proyecto de grado fue entregado en la fecha:

Sangolquí, a \_\_\_\_\_ de 2007.

-----  
Ing. Víctor Proaño  
Coordinador de Carrera  
Departamento de Eléctrica y Electrónica

-----  
Diego Xavier Pinos  
Autor