



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
SEDE LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
ELECTROMECAÁNICO**

**TEMA:**

**AUTOMATIZACIÓN MEDIANTE PC DE LAS  
MÁQUINAS BOBINADORAS MARCA BOBIFIL EN  
LA EMPRESA ECUATRANS S. A.**

**ELABORADO POR:**

**DIEGO EDMUNDO ORTIZ VILLALBA**

**DIRECTOR: ING. MARCO SINGAÑA**

**CO – DIRECTOR: ING. WASHINGTON FREIRE**

**LATACUNGA, DICIEMBRE DEL 2004**

## INDICE

### CAPITULO I

	Pg.
<b>1. INTRODUCCION</b>	<b>01</b>
<b>1.1 ANTECEDENTES</b>	<b>01</b>
<b>1.2 JUSTIFICACION</b>	<b>01</b>
<b>1.3 OBJETIVOS</b>	<b>02</b>
<b>1.3.1 OBJETIVO GENERAL</b>	<b>02</b>
<b>1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>02</b>

### CAPITULO II

<b>2. MARCO TEORICO</b>	<b>03</b>
<b>2.1 CONTROL DE VELOCIDAD DE MOTORES ELECTRICOS</b>	<b>03</b>
<b>2.1.1 Control Directo del Par</b>	<b>04</b>
<b>2.1.2 Modelo Matemático del Motor de Inducción</b>	<b>04</b>
<b>2.2 ENCODERS</b>	<b>07</b>
<b>2.2.1 Encoders magnéticos absolutos de multivuelas</b>	<b>07</b>
<b>2.2.2 Encoders incrementales ópticos de eje ciego y a través de eje</b>	<b>08</b>
<b>2.2.3 Encoders absolutos ópticos</b>	<b>08</b>
<b>2.2.4 Encoders incrementales ópticos</b>	<b>09</b>

<b>2.3 INTRODUCCION A LA PROGRAMACION UTILIZANDO EL SOFTWARE</b>	
<b>LABVIEW</b>	<b>10</b>
<b>2.3.1 Generalidades</b>	<b>10</b>
<b>2.3.1.1 Ventanas del Panel Frontal y Diagrama de Bloques</b>	<b>11</b>
<b>2.3.1.2 Barra de Herramientas del Panel Frontal</b>	<b>12</b>
<b>2.3.1.3 Barra de Herramientas del Diagrama de Bloques</b>	<b>13</b>
<b>2.3.1.4 La Paleta de las herramientas</b>	<b>13</b>
<b>2.3.1.5 Paleta de Control y de Funciones</b>	<b>15</b>
<b>2.3.2 Creación de Vis</b>	<b>16</b>
<b>2.3.3 Creación de Sub Vi</b>	<b>20</b>
<b>2.3.4 Tipos de Estructuras</b>	<b>27</b>
<b>2.3.5 Cadenas de Caracteres y Manejo de Archivos</b>	<b>41</b>
<b>2.4 Introducción a los Módulos Field Point</b>	<b>47</b>
<b>2.4.1 Tipos de Field Point</b>	<b>48</b>
<b>2.4.1.1 FP 1000</b>	<b>48</b>
<b>2.4.1.2 FP 1601</b>	<b>50</b>
<b>2.4.1.3 FP-2000</b>	<b>52</b>
<b>2.4.1.4 cFP Compac FieldPoint</b>	<b>54</b>
<b>2.4.2 Módulos de Control</b>	<b>55</b>
<b>2.4.2.1 FP-AO-210</b>	<b>55</b>
<b>2.4.2.2 FP-DI-300</b>	<b>56</b>
<b>2.4.2.3 FP-RLY-420</b>	<b>57</b>
<b>2.4.2.4 FP-QUAD-510</b>	<b>58</b>
<b>2.4.2.5 FP-AI-100</b>	<b>58</b>
<b>2.4.2.6 FP-TC-120</b>	<b>59</b>

	Pg.
<b>2.5 COMUNICACIONES INDUSTRIALES</b>	<b>60</b>
2.5.1 El Modelo OSI de 7 Capas	60
2.5.2 REDES INDUSTRIALES	60
2.5.3 COMUNICACIONES PC-AP	61
2.5.4 ESPECIFICACIONES DE COMUNICACIONES	61
2.5.5 REDES SERIALES	62
2.5.6 ETHERNET	63
2.5.7 FIELDBUS	65
2.5.8 PROFIBUS	68
2.5.9 OPC: ESTÁNDAR DE COMUNICACIONES	70
<b>CAPITULO III</b>	
<b>3. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL</b>	<b>72</b>
<b>3.1 SELECCIÓN DE LOS MOTORES</b>	<b>73</b>
3.1.1 Características técnicas de los motores	74
<b>3.2 SELECCIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA</b>	<b>76</b>
3.2.1 Características técnicas de los variadores de frecuencia	76
3.2.2 Parámetros de ajuste del Variador de Frecuencia	77
<b>3.3 SELECCIÓN DE LOS SENSORES DE POSICION</b>	<b>79</b>
3.3.1 Características técnicas de los Encoder	79
<b>3.4 SELECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL SISTEMA</b>	<b>81</b>
3.4.1 Características técnicas de los módulos Field Point	82
3.4.2 Características del Software de Configuración de los módulos (MAX)	90
3.5 Diseño de los Circuitos de Control y Fuerza del Sistema	97

**CAPITULO IV**

<b>4. DISEÑO DEL SOFTWARE DE CONTROL</b>	<b>99</b>
<b>4.1 Programación en LabView</b>	<b>99</b>
<b>4.1.1 Panel Frontal Principal</b>	<b>100</b>
<b>4.1.2 Panel Frontal de la Base de Datos</b>	<b>102</b>
<b>4.1.3 Panel Frontal para seleccionar la Especificación</b>	<b>104</b>
<b>4.1.4 Panel Frontal para el Ajuste de la Máquina</b>	<b>106</b>
<b>4.1.5 Panel Frontal de Control</b>	<b>108</b>
<b>4.1.6 Paneles Frontales Auxiliares</b>	<b>113</b>

**CAPITULO V**

<b>5. IMPLEMENTACION DEL PROYECTO</b>	<b>118</b>
<b>5.1 Montaje de los Equipos</b>	<b>118</b>
<b>5.2 Calibración y Ajuste de los Variadores de Frecuencia</b>	<b>120</b>
<b>5.3 Calibración y Ajuste del Software de Control</b>	<b>125</b>
<b>5.4 Creación de la Base de Datos de las Especificaciones</b>	<b>126</b>
<b>5.5 Pruebas y Resultados</b>	<b>128</b>

**CAPITULO VI**

<b>1. CONCLUSIONES</b>	<b>130</b>
<b>2. RECOMENDACIONES</b>	<b>133</b>

## **CAPITULO I**

### **1. INTRODUCCION**

En este capítulo se describen las metas de este proyecto y cuáles son las razones para su implementación.

#### **1.1 ANTECEDENTES**

Ecuatran S.A. es una industria ecuatoriana constituida en el país desde el 16 de agosto de 1979, se dedica a la fabricación de transformadores monofásicos y trifásicos de distribución de energía eléctrica sumergidos en aceite.

La Empresa cuenta 2 máquinas bobinadoras Marca Bobifil, las cuales sirven para elaborar bobinas con una potencia de hasta 50KVA, estas bobinas son utilizadas para la construcción de transformadores trifásicos y monofásicos. Cabe señalar que en dichas máquinas se elabora únicamente el primario del transformador, ya que existen otras máquinas donde se construyen los secundarios de los mismos.

Estas máquinas son tipo CNC pero cuentan con una tecnología ya caduca, y es por este motivo que ya no existen en el mercado nacional ni en el extranjero los repuestos de las mismas.

Una de las máquinas actualmente no se encuentra produciendo, ya que hubo un daño en el sistema de control, el cual es irreparable.

#### **1.2 JUSTIFICACION**

- Se habilitará la máquina que actualmente no se encuentra produciendo, dotándola con un sistema de control moderno que facilitará las labores del operador.
- Con la automatización de las máquinas se pretende disminuir los tiempos de construcción de la bobina, logrando de esta manera aumentar la

eficiencia de la maquinaria, y esto incide directamente en la recuperación rápida de la inversión.

- Con el cambio de tecnología se facilitará la labor de mantenimiento ya que los equipos ha utilizarse se los puede encontrar en el mercado nacional.
- La dotación a la máquina de un software de control le permitirá al usuario tener mayor flexibilidad en cuanto a las tareas que desee realizar, facilitando de esta manera el uso y manejo de la maquinaria.
- Al introducir un control por computador puede a futuro plantearse nuevos alcances de este proyecto, como por ejemplo la creación de historiales en los puestos de trabajo, crear un centro de control de máquinas en la Empresa.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO**

Rehabilitar y automatizar las máquinas bobinadoras marca Bobifil, de la Empresa Ecuatran S.A.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS DEL PROYECTO**

- Incrementar la capacidad productiva de las unidades, y que la tecnología a emplearse facilite las labores de operación y mantenimiento de dicha maquinaria.
- Crear una base de datos de todas las especificaciones de alta rotación para la construcción de las bobinas.
- Desarrollar el programa de control, de tal manera que este facilite al usuario la operación de la maquinaria.
- Realizar pruebas en las máquinas y comprobar que todo el sistema funcione de acuerdo a las necesidades del operador.
- Aplicar los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Electromecánica en la elaboración de este proyecto.

## **CAPITULO II**

### **2. MARCO TEORICO**

Este capítulo trata acerca de las características técnicas de los equipos que se han seleccionado para esta aplicación, y también se detalla el diseño del sistema de control de la maquinaria.

#### **2.1 CONTROL DE VELOCIDAD DE MOTORES ELECTRICOS A TRAVES DE VARIADORES DE FRECUENCIA<sup>1</sup>**

Hace años, los motores más utilizados para sistemas que involucraban altos pares, eran los motores de DC. Existían varias técnicas para su control, que eran del tipo mecánico.

Posteriormente se empezaron a utilizar dispositivos electrónicos, tales como los amplificadores magnéticos. Después, con la llegada de los semiconductores, se utilizaron dispositivos de conmutación como son los SCR. Sin embargo, los motores de DC son costosos y requieren mantenimiento, lo cual dio un giro hacia los motores de inducción.

Para los motores de inducción, las técnicas de control son más complicadas. Sin embargo con los avances en los semiconductores, aparecieron los llamados inversores, que no eran otra cosa que un arreglo de dispositivos que funcionaban como interruptores que abrían y cerraban, creando de esta manera, una señal cuadrada que al filtrarse asemejara a una señal senoidal.

Con los inversores, se crearon varias técnicas para controlar los motores de inducción tales como inversores monopulso PWM (Pulse Width Modulation), SPWM (Space Vector Pulse Width Modulation) con inyección de armónicos y los llamados inversores vectoriales. Generalmente se usan transistores IGBT para los inversores, con unas frecuencias de conmutación que en pocos casos superan los 20KHz.

Poco a poco las máquinas eléctricas necesitaban avanzar tecnológicamente.

Los inversores vectoriales, a diferencia de los otros tipos de inversores, no sólo son un control de tipo escalar, sino que también son un control que involucra desplazamientos angulares entre corrientes y flujos magnéticos en el motor de inducción. Esto hace posible que se pueda generar un alto par electromagnético, y con esto lograr asemejarse en su funcionamiento a un motor de corriente directa.

La cantidad de cálculos que se requieren para la implementación obliga a utilizar sistemas de procesamiento muy rápidos y con gran capacidad de cálculo (procesadores digitales de señal o DSP's), que incorporan módulos de cálculo hardware y funciones específicas para implementación de la modulación.

### **2.1.1 Control Directo del Par<sup>1</sup>**

La idea básica del control directo del par pasa por calcular los valores instantáneos del par y del flujo a partir de las variables del estator de la máquina. El par y el flujo se controlan directamente y de forma independiente mediante la selección óptima de los estados de conmutación del inversor y limitando los errores del flujo y del par mediante controladores de histéresis del flujo y del par. El par del motor se controla efectivamente mediante la rotación del vector de flujo del estator con la utilización de diversos estados de conmutación de los inversores.

### **2.1.2 Modelo Matemático del Motor de Inducción<sup>1</sup>**

Existen diversos modelos matemáticos para el motor de inducción. El modelo usado para implementar un control vectorial es obtenido haciendo uso de la teoría de espacios vectoriales. Las variables de un motor trifásico (tales como corrientes, voltajes y flujo electromagnético) son expresadas en términos de vectores espaciales complejos.

Dicho modelo es válido para valores instantáneos de voltaje y corriente además es aplicable tanto para el estado transitorio y estacionario del motor de inducción. Los vectores espaciales complejos, se pueden expresar usando solo 2 ejes ortogonales. Esto ofrece la ventaja de considerar al motor de inducción

como una máquina de 2 fases, haciendo que el modelo matemático se simplifique y por consecuencia el diseño del control.

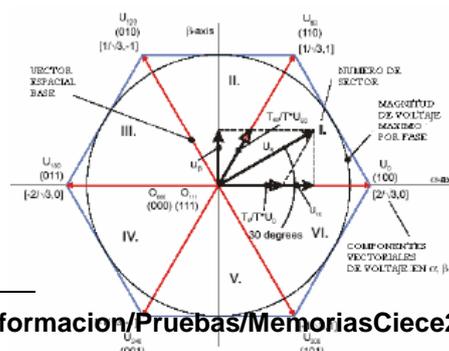
La transformación directa de Clarke, convierte un sistema de 3 fases, a un sistema coordenado de 2 fases.

El conocimiento de la magnitud y posición del vector del flujo del estator, es información clave para el control vectorial. Hay varios métodos para obtener el vector de flujo del rotor.

## MODULACION VECTORIAL ESPACIAL<sup>1</sup>

La técnica tradicional para la generación de los voltajes de salida que van al inversor, usa la transformada inversa de Clarke para obtener los valores de voltaje de las 3 fases. Conociendo los voltajes de salida de las 3 fases, los ciclos de trabajo para controlar el inversor, son calculados por medio de la comparación de dichos voltajes con una señal triangular.

Aunque esta técnica da buenos resultados, la modulación vectorial espacial es más directa. La representación gráfica de todas las combinaciones que se pueden generar en un inversor se muestra en la figura No. 2.1, donde cada combinación es representada por medio de un vector llamado vector base. Existen 6 vectores base que son distintos de cero,  $U_0$ ,  $U_{60}$ ,  $U_{120}$ ,  $U_{180}$ ,  $U_{240}$ ,  $U_{300}$  y 2 vectores base que son igual a cero,  $O_{000}$  y  $O_{111}$ . Los estados de encendido o apagado del inversor se codifican por medio de 3 dígitos que están en paréntesis. Cada dígito representa un voltaje de fase del inversor. Para cada fase, un valor de 1 representa que la parte alta de la rama que esta conectada a dicha fase esta encendida y que su parte baja esta apagada. Un valor de 0 significa que la parte alta esta apagada y que la parte baja esta encendida.



<sup>1</sup>[http://www.fie.umich.mx/Informacion/Pruebas/MemoriasCiece2004/conferencias/Version%20Final/P1\\_52.pdf](http://www.fie.umich.mx/Informacion/Pruebas/MemoriasCiece2004/conferencias/Version%20Final/P1_52.pdf)

### **FIGURA No. 2.1 Estados de Encendido de un Inversor**

La técnica de modulación de ancho de pulso del vector espacio o SVPWM (Space Vector Pulse Width Modulation) permite conseguir una señal de salida con un menor contenido de distorsión armónica, comparándola frente a otras técnicas PWM clásicas. Con esta técnica de modulación, es relativamente fácil variar la tensión y la frecuencia de la señal de salida pero, en cambio, requiere un elevado número de transformaciones, lo que repercute en un tiempo de cálculo elevado.

La aparición de procesadores digitales específicos para aplicaciones en electrónica de potencia reduce el tiempo de ejecución de los algoritmos, ya que disponen de unidades específicas de control SVPWM que funcionan en paralelo con la CPU, reduciéndose además el costo económico del sistema.

En la actualidad, el control SVPWM se aplica en diversos campos de la electrónica industrial:

- Control de motores AC.
- Sistemas de alimentación ininterrumpidas (SAIs).
- Energía solar fotovoltaica: inversores de conexión a red.
- Energía eólica: inversor de conexión a red.
- Aplicaciones en electrónica de consumo: lavadoras, aire acondicionado.
- Equipos de mejora y compensación de la calidad de suministro eléctrico.
- Rectificación trifásica controlada con factor de potencia unitario.

La variedad y extensión de estas aplicaciones justifica la importancia del conocimiento de esta técnica de modulación y de los procesadores digitales que permiten su implementación.

Reducción del contenido de componentes armónicas, que se consigue con tener una frecuencia de conmutación mucho mayor que la frecuencia fundamental.

Reducción de las pérdidas de conmutación, reduciendo el número de conmutaciones que se tengan que realizar durante un periodo de conmutación.

El diseñador de un sistema que utilice la modulación SVPWM debe tomar en cuenta que una reducción de las conmutaciones, reducen las pérdidas, también reduce la frecuencia real de conmutación y, por tanto, la relación entre la frecuencia de conmutación y la frecuencia fundamental disminuye, aumentando el contenido armónico de la señal generada.

## 2.2 ENCODERS

A continuación se detallan cada uno de los diferentes tipos de encoders que podrían ser utilizados en el sistema de control.

### 2.2.1 Encoders magnéticos absolutos de multivoltas<sup>2</sup>

El encoder absoluto de 24 bits de multivoltas, puede proporcionar un máximo de 8192 pulsos por vuelta o un máximo de 8192 vueltas. Tiene salidas SSI\*<sup>1</sup> para reducir los costos de cableado. Este encoder se puede interconectar de la siguiente manera:

Mediante una entrada **SLC**, el cual introduce datos SSI directamente al módulo. La interfase en serie síncrona, o SSI, proporciona muchas ventajas sobre el cableado en paralelo tradicional. La SSI proporciona resolución de 24 bits sobre 5 cables en lugar de los 24 cables usuales. El uso de la tecnología SSI proporciona las siguientes ventajas:

- Costo y complejidad del cableado significativamente menores.
- Inmunidad al ruido significativamente mejorada mediante el formato de comunicación diferencial.
- Puesta en marcha más simple.
- Selección de formatos de código Gray\*<sup>2</sup> o binario natural.

**\*<sup>1</sup>Interface en serie síncrona o SSI:** Un protocolo de comunicación en serie usado frecuentemente para traducir datos de encoder absoluto en paralelo.

Las ventajas de la SSI con respecto al cableado en paralelo incluyen una cantidad menor de cables y una mejor inmunidad al ruido.

**\*<sup>2</sup>Código Gray:** Un código binario en el cual sólo un bit de palabra binaria cambia por cada posición o número secuencial.

### **2.2.2 Encoders incrementales ópticos de eje ciego y a través de eje<sup>2</sup>**

Los encoders incrementales de eje ciego y a través de eje, se usan para monitorear electrónicamente la posición o velocidad de un eje de rotación. La posición del eje se convierte a pulsos digitales en formato de A cuadratura B.

#### **Características**

- Diseños de eje ciego y a través de eje.
- Montaje flexible integrado.
- 10 a 2500 PPR.
- Diámetro del envoltorio 2"

Estos encoders ofrecen un acoplamiento flexible incorporado que reduce el costo de instalación y los requisitos de espacio de montaje. Además, este encoder tiene diseño a través de eje que permite montar accesorios adicionales en el mismo eje.

Ambas familias vienen con canales A, B y Z y salidas de controlador de línea diferencial (DLD).

### **2.2.3 Encoders absolutos ópticos<sup>2</sup>**

Este es un encoder de posición absoluta de 4 vueltas simples para servicio pesado que traduce a la forma digital la posición de ángulo del eje en uno de varios formatos de código absoluto. El encoder absoluto tiene una salida digital única para cada posición del eje. El uso de un encoder absoluto asegura que la posición verdadera siempre esté disponible, independientemente de las interrupciones de la alimentación eléctrica del sistema.

Emplea un diodo láser y un elemento de fibra óptica para producir un haz concentrado de luz que pasa a través de un disco de códigos y es detectado como señal óptica de alto nivel. Este encoder ofrece una mayor confiabilidad al

eliminar la necesidad de un elemento de múltiples lentes usado en otros encoders absolutos.

Proporciona una mayor precisión, una mayor velocidad de operación y alta inmunidad al ruido comparado con otras unidades.

### **Especificaciones**

- Código Gray absoluto, salida binaria natural o BCD\*<sup>3</sup>
- Entrada de comando de enclavamiento opcional para E/S discretas
- Requisitos de alimentación eléctrica de 5 V u 8-24 VCC, opcional

\*<sup>3</sup> **Decimal codificado a binario (BCD):** Un sistema de numeración donde los números decimales 0 a 9 están representados por 4 bits binarios (8, 4, 2, 1).

### **2.2.4 Encoders incrementales ópticos<sup>2</sup>**

Este encoder proporciona retroalimentación digital correspondiente a la posición de un eje rotativo. Esta retroalimentación es compatible con los controladores programables, los controladores numéricos, los controladores de movimiento y otros sistemas de posicionamiento.

Este proporciona resolución de disco de códigos de hasta 5000 pulsos por revolución, respuesta a frecuencia de 210 kHz y alta inmunidad a interferencias electromagnéticas.

### **Especificaciones**

- Resolución de disco de códigos de hasta 5000 PPR
- Configuraciones opcionales de salida sumidero, fuente, de colector abierto o controlador de línea diferencial.
- Frecuencia de operación de 210 kHz
- Protección contra inversión de polaridad de entrada

---

<sup>2</sup> **MANUAL DE SENSORES ALLEN BRADLEY PGS. 7-11 a 7-22**

## 2.3 INTRODUCCION A LA PROGRAMACION UTILIZANDO EL SOFTWARE LABVIEW

### 2.3.1 GENERALIDADES

LABVIEW es un idioma de la programación gráfico donde se usa iconos en lugar de las líneas de texto para crear las aplicaciones

El flujo de datos determina la ejecución del programa.

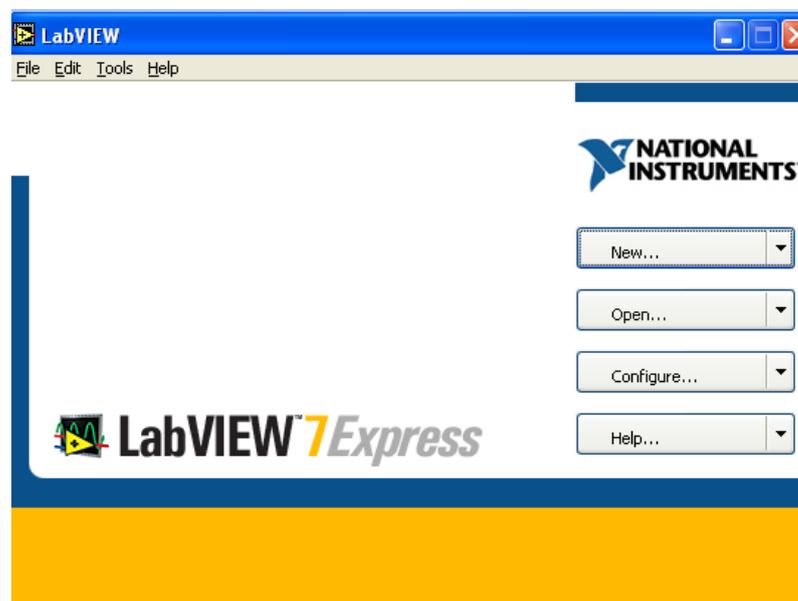
En LABVIEW, se construye una interfaz del usuario usando un juego de herramientas y objetos.

La interfaz del usuario es conocida como el Panel Frontal.

El Diagrama del Bloques contiene el código para manejar los objetos que se encuentran en el Panel Frontal. De alguna forma, el Diagrama de bloques se parece a un diagrama de Flujo.

LABVIEW se integra totalmente para la comunicación con el hardware como GPIB, VXI, PXI, RS-232, RS-485, y con los dispositivos DAQ.

En la figura No. 2.2 se muestra la ventana de inicio de LABVIEW que aparece al oprimir dos veces el botón del Mouse sobre el icono de LABVIEW.



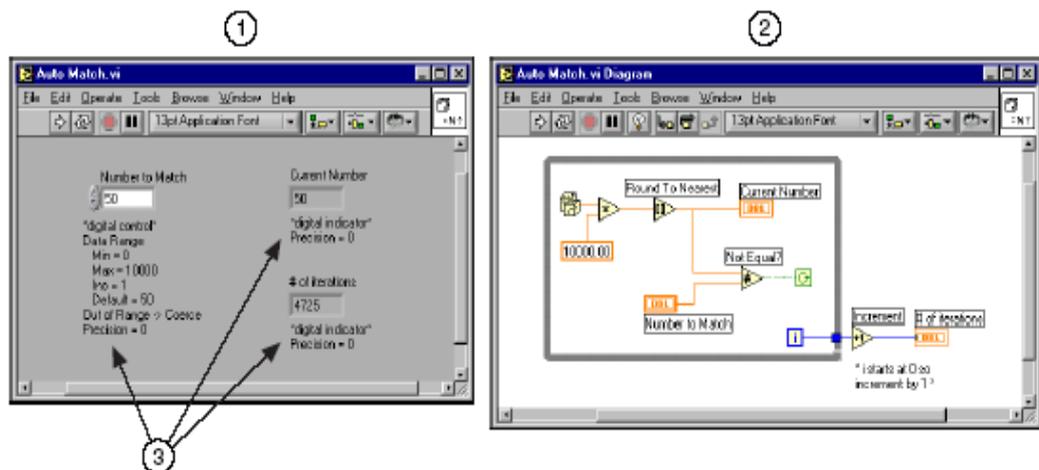
**FIGURA No. 2.2 Ventana de Presentación de LABVIEW**

### 2.3.1.1 Ventanas del Panel Frontal y Diagrama de Bloques<sup>3</sup>

Al seleccionar **Blank Vi** de la ventana de inicio de LABVIEW, una nueva ventana de panel sin título aparece en la pantalla. La ventana del panel despliega el Panel Frontal de su VI<sup>\*4</sup>; esta es una de las dos ventanas<sup>4</sup> que se utilizan en LABVIEW para construir un VI. La otra ventana es el Diagrama de Bloques.

\*<sup>4</sup> VI.- Virtual Instrument, es la extensión de los archivos y programas que se construyen en LABVIEW.

Los paneles frontales y diagrama de bloques están constituidos por una colección de objetos gráficos que son los elementos programables de LABVIEW. Los paneles frontales contienen varios tipos de controles e indicadores. Los diagramas de bloques consisten en terminales que corresponden, funciones, subVIs, estructuras, y cables que transportan datos de un objeto a otro. En la figura No. 2.3 se muestra un panel frontal y su programa asociado.



1 Panel Frontal

2 Diagrama de Bloques

3 Comentarios

## FIGURA No. 2.3 Diagrama de Bloques y Panel Frontal de LABVIEW

### 2.3.1.2 Barra de Herramientas del Panel Frontal<sup>3</sup>

En la figura No. 2.4 se ilustra la barra que aparece en el Panel Frontal, y esta sirve para hacer correr la aplicación y editar el VI.



FIGURA No. 2.4 Barra de Herramientas del Panel Frontal

-  Este icono sirve para hacer correr al VI. Cuando la aplicación se encuentra ejecutándose el icono se encuentra de la siguiente manera.  

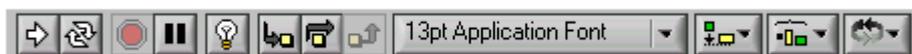
-  El icono anterior aparece de esta manera cuando existe un error en el diagrama de Bloques esto significa que la aplicación no puede ser ejecutada. Al hacer clic sobre este icono aparece la ventana de errores.
-  Este icono hace correr la aplicación indefinidamente hasta que se pulse el icono de Stop o Pausa.
-  Este icono sirve para interrumpir la ejecución del VI.
-  Este icono es utilizado para realizar una Pausa a la ejecución del VI.
-  Este icono es utilizado para encuadrar los objetos del Panel Frontal.
-  Este icono sirve para distribuir los objetos del Panel Frontal.
-  Este icono sirve para mover los objetos del Panel Frontal hacia atrás, delante, etc.



Esta barra sirve para la edición del Texto.

### 2.3.1.3 Barra de Herramientas del Diagrama de Bloques<sup>3</sup>

En la figura No. 2.5 se ilustra la barra que aparece en el Diagrama de Bloques, y esta se utiliza para depurar al Programa.



**FIGURA No. 2.5 Barra de Herramientas del Diagrama de Bloques**



Este icono se lo emplea para ver como viajan los datos a través de las diferentes estructuras en el Diagrama de Bloques cuando la aplicación se encuentra en Modo de Ejecución.



Este icono se emplea cuando se desea realizar una ejecución del VI a pasos, para ingresar a determinada estructura.



Este icono se emplea cuando se desea realizar una ejecución del VI a pasos, para salir determinada estructura.

### 2.3.1.4 La Paleta de las herramientas<sup>3</sup>

Esta Paleta es empleada para crear, modificar, y puede poner a punto VIs.

La paleta de las Herramientas está disponible en el Panel Frontal en el Diagrama de Bloques. Cuando usted selecciona una herramienta, el icono del cursor cambia al icono de la herramienta seleccionada.



**FIGURA No. 2.6 Paleta de Herramientas**



Este icono es utilizado para cambiar los valores de un mando o seleccionar el texto dentro de un mando.



Este icono es empleado para posicionar, mover o modificar el tamaño de objetos.



Esta herramienta es la de etiquetado para revisar el texto y crear las etiquetas libres.



Esta herramienta se utiliza para unir los iconos de Programación en el Diagrama de Bloques.



Esta herramienta es empleada para visualizar las propiedades de un Control colocado en el Panel Frontal.



Esta herramienta sirve para desplazarse a través de la ventana sin necesidad de utilizar el Scrollbars.



Esta herramienta es empleada para colocar puntos de ruptura en el Diagrama de Bloques de los VIs.



Esta herramienta es utilizada para crear puntos de Prueba en el Diagrama de Bloques de los VIs, es empleada principalmente para la depuración de los VIs.



Esta herramienta es empleada para copiar el color y pegarlo en la herramienta de pintado.



Esta herramienta se utiliza para colorear objetos.

### 2.3.1.5 Paleta de Control y de Funciones

La Paleta de Funciones y de Controles, contienen sub-paletas de objetos que sirven para construir un VI.

#### Paleta de Controles<sup>3</sup>

Esta paleta contiene mandos e indicadores para colocarlos en el Panel Frontal del VI, esta paleta únicamente esta disponible en dicho Panel. En la figura No. 2.7 se muestra la Paleta de Controles.



FIGURA No. 2.7 Paleta de Controles

#### La Paleta de Funciones<sup>3</sup>

Esta paleta es empleada para construir el Diagrama de Bloques de un VI, esta está únicamente disponible en dicho Diagrama. En la Figura No. 2.8, se muestra la Paleta de Funciones.



<sup>3</sup> MANUAL LABVIEW BASICO I Capítulo

**FIGURA No. 2.8 Paleta de Funciones**

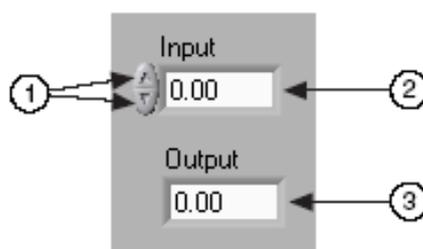
### 2.3.2 CREACION DE Vis<sup>4</sup>

Los VIs tienen 3 partes principales: el Panel Frontal, el Diagrama de Bloques y el icono/conector.

#### Panel Frontal

El Panel Frontal de un VI se construye con la combinación de una serie de controles e indicadores. Los controles son los elementos que proporcionan datos al VI, los indicadores despliegan los datos generados por el VI. Hay diferentes tipos de controles e indicadores, que se encuentran localizados en la Paleta de Controles.

1. **Controles Numéricos e Indicadores.-** Los objetos utilizados con mayor frecuencia son el control digital y el indicador digital. Para cambiar el valor de un control digital se puede oprimir el botón izquierdo del Mouse en los botones de incremento y decremento. En la figura No. 2.9 se ilustra un control y un indicador digital.

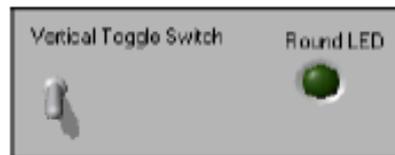


1 Botones de incremento y decremento    2 Control Digital    3 Indicador Digital

**FIGURA No. 2.9 Controles e Indicadores Numéricos**

**2. Controles e Indicadores Boléanos.-** Estos son utilizados para proporcionar y desplegar valores boléanos (Verdadero-Falso). Los objetos boléanos simulan interruptores, botones y LEDs.

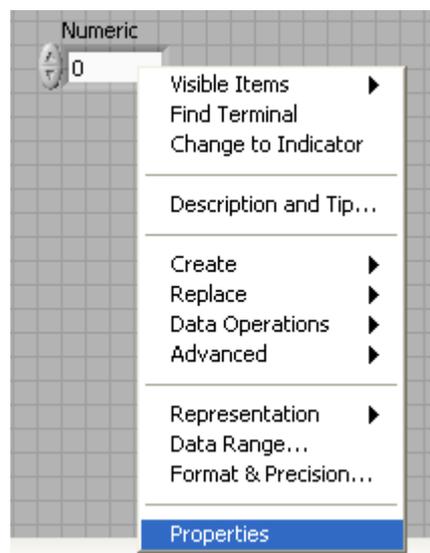
En la figura No. 2.10 se ilustra un control y un indicador boléanos.



**FIGURA No. 2.10 Controles e Indicadores Boléanos**

**3. Configuración de Controles e Indicadores.-** Los controles e indicadores pueden ser configura Nodos utilizando las opciones de los menús pop-up. Al oprimir el botón derecho del mouse sobre los controles se despliega el menú pop-up que permiten configurar los componentes de acuerdo a nuestras necesidades.

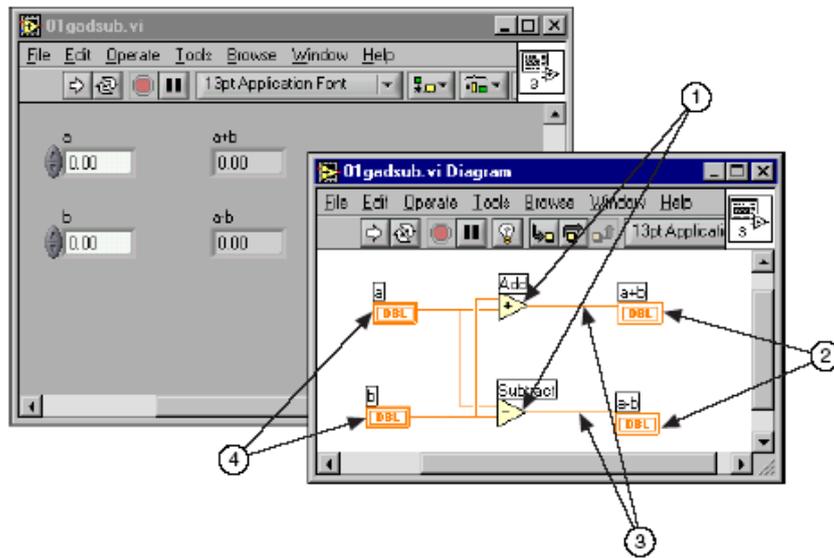
En la figura No. 2.11 se ilustra como se despliega el menú de configuración de un control.



**FIGURA No. 2.11 Propiedades de un Control Numérico**

### Diagrama de Bloques

El diagrama de bloques esta compuesto de nodos, terminales y cables, como se ilustra en la figura No. 2.12.



1 Nodos 2 Terminales Indicadores 3 Cableado 4 Terminales de Controles

**FIGURA No. 2.12 Diagrama de Bloques**

**Nodos.-** Los nodos son los objetos en el Diagrama de Bloques que tiene entradas y/o salidas, estos funcionan cuando un VI esta en modo de ejecución. Son análogos a las declaraciones, operadores, funciones, y subprogramas en los idiomas de la programación texto-basado. Los tipos de nodo incluyen funciones, subVIs, y estructuras.

Los SubVIs son VIs que se usan en el Diagrama del Bloques de otro VI, comparable a los sub-programas. Las estructuras son elementos de mando de proceso, como la estructura de Secuencia, la estructura While, Case, For. Las Funciones como la Suma, Resta de 2 números.

**Cableado.-** Los cables don rutas de datos entre terminales. Son análogos a las variables en los lenguajes de programación convencionales. El flujo de datos es unidireccional, desde un terminal de origen hasta uno o varios terminales de destino. Existen diferentes tipos de cable para representar las diferentes clases de datos. Cada tipo de dato tiene un color diferente. A continuación se muestra en la figura No. 2.13 ejemplos de los tipos de cables más comunes.

Wire Type	Scalar	1D Array	2D Array	Color
Numeric				Orange (floating-point), Blue (integer)
Boolean				Green
String				Pink

**FIGURA No. 2.13 Tipos de Cables**

**Terminales.-** Los objetos del Panel Frontal aparecen como Terminales en el Diagrama de Bloques. Los Terminales representan el tipo de dato ya sea este un Control o un Indicador. Por ejemplo un Terminal tipo DBL significa que este es de Doble Precisión.

Los Terminales son entradas y salidas que intercambian información en el Panel Frontal y en el Diagrama de Bloques. Los Terminales son análogos a los parámetros y constantes en los idiomas de la programación texto-basado.

#### **Programación del Flujo de Datos<sup>4</sup>**

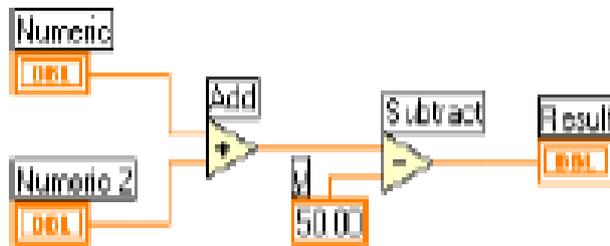
La ejecución de un programa en LABVIEW es gobernada por el principio de flujo de datos. Un nodo se ejecuta únicamente cuando los datos están disponibles en todos sus Terminales de entrada, cuando termina su ejecución, el nodo provee de datos a todos sus Terminales de salida, y los

<sup>4</sup> MANUAL LABVIEW BASICO I Capítulo II

datos pasan inmediatamente de los Terminales de origen a los Terminales de destino.

El flujo de datos contrasta con el control de flujo de la programación convencional, en el que las instrucciones se ejecutan en la secuencia en la que se escriben.

Por ejemplo, considere un Diagrama de Bloques que suma dos números y posteriormente sustrae 50 del resultado de la suma. En este caso, el Diagrama de Bloques se ejecuta de izquierda a derecha, no porque los objetos estén colocados en este orden, sino porque una de las entradas de la función Subtract (resta) no es válida hasta que la función Add (suma) haya sumado los dos números y pasado el resultado a la función Subtract. Hay que recordar que un nodo (Función) solamente se ejecuta cuando los datos están disponibles en todos sus Terminales de entrada, y que coloca los datos en sus Terminales de salida cuando termina su ejecución. El diagrama de bloques del ejemplo, se encuentra ilustrado en la figura No. 2.14.



**FIGURA No. 2.14 Diagrama de Bloques**

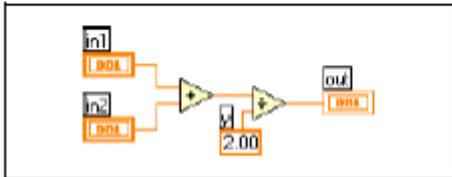
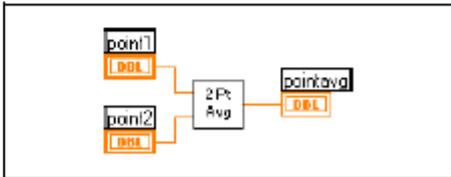
### 2.3.3 CREACION DE SUB VI<sup>5</sup>

La idea clave para crear aplicaciones en LABVIEW es entender y utilizar la naturaleza jerárquica del VI. Esto es, una vez que un VI es creado, este puede ser utilizado como un SubVI en el Diagrama de Bloques de un VI de un nivel más alto. Si un Diagrama de Bloques tiene muchos iconos, estos

pueden ser agrupados en un VI de bajo nivel para mantener la simplicidad del Diagrama de Bloques. Este procedimiento modular hace que las aplicaciones sean fáciles de depurar, entender y mantener.

Los SubVI son similares a funciones o Sub-rutinas en los lenguajes de programación convencionales.

En la figura No. 2.15 se muestra el siguiente pseudo-código y diagrama de bloques que indican una analogía entre subVIs y sub-rutinas.

Function Code	Calling Program Code
<pre>function average (in1, in2, out) {   out = (in1 + in2) / 2.0; }</pre>	<pre>main {   average (point1, point2, pointavg) }</pre>
SubVI Block Diagram	Calling VI Block Diagram
	

**FIGURA No. 2.15 Creación de SubVI**

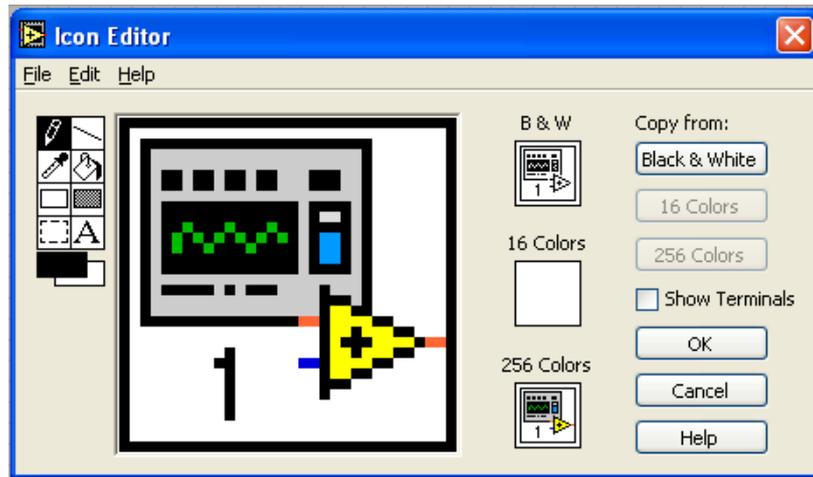
### Creación del Icono y del Conector<sup>5</sup>

El VI que se va a utilizar como SubVI necesita de un icono para ser representado en el diagrama de bloques del VI de nivel superior que lo está llamando.

El SubVI también debe tener un conector con terminales para pasar datos desde y hacia los VIs de nivel superior.

En un VI nuevo aparece en la esquina superior izquierda un icono, por default es el símbolo de LABVIEW, este icono puede ser editado por el usuario.

Al hacer clic derecho sobre este icono aparece la opción Edit icon y luego aparecerá el cuadro de diálogo de la figura No. 2.16:



**FIGURA No. 2.16 Edición del Icono**

Con la barra de herramientas de la izquierda de esta ventana se puede crear y diseñar el icono del SubVI.

### **Conector**

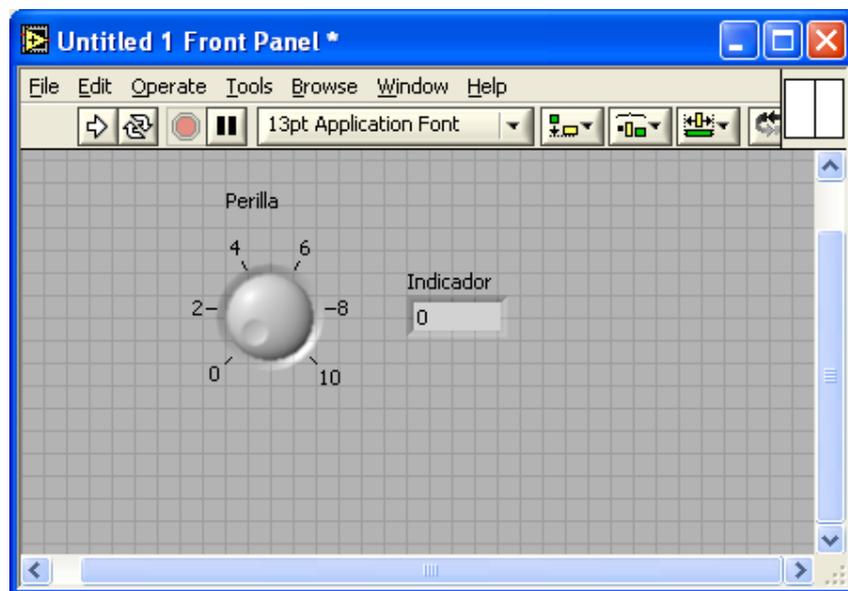
El conector es la interfaz programática de un VI, cuando se utiliza los controles o indicadores del panel para pasar datos desde y hacia SubVIs, éstos requieren de terminales en el panel de conexiones. Las conexiones se definen al escoger el número de terminales que se quiere utilizar para este VI y al asignarle un control o indicador en el panel frontal.

Al hacer clic derecho en el icono del VI aparece la opción Show Conector, el conector reemplaza al icono. LABVIEW selecciona el patrón apropiado para el VI con controles en el lado izquierdo del panel de conexiones e indicadores en el lado derecho.

El número de terminales seleccionados depende del número de controles e indicadores que existen en el Panel Frontal.

Cada rectángulo en el conector, representa un área terminal, se puede utilizar los rectángulos para entrada o salida de VI. Si es necesario se puede seleccionar un patrón diferente de terminales para el VI.

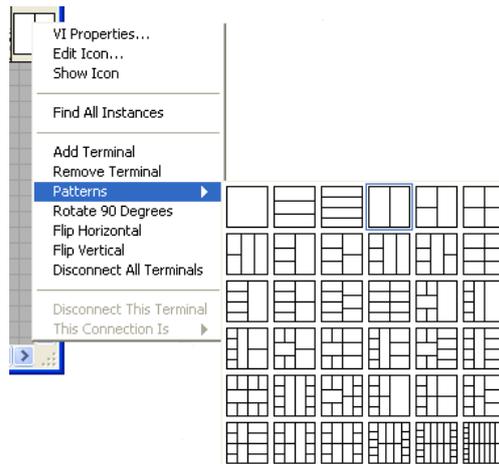
En la figura No. 2.17 se ilustra la creación de conectores.



**FIGURA No. 2.17 Creación de Conectores**

### **Modificar los Patrones de los Terminales**

Para seleccionar un Terminal diferente para el VI, se debe hacer clic derecho en el icono del VI y seleccionar la opción Patterns.



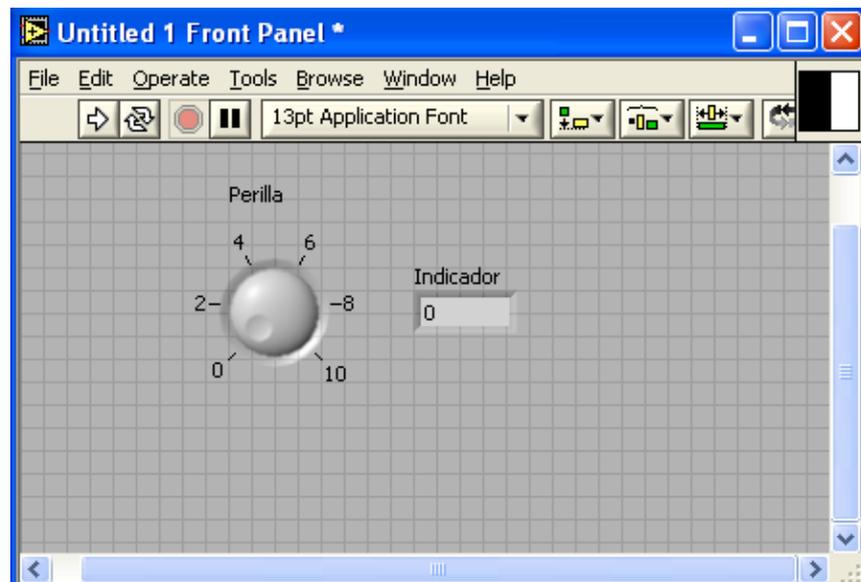
**FIGURA No. 2.18 Patrones de los Terminales**

En la figura No. 2.18 observamos los diferentes tipos de patrones que pueden ser seleccionados, para un SubVI el número máximo de terminales que pueden ser seleccionados es de 28.

### Asignar Terminales a Controles e Indicadores

Para asignar la correspondencia entre los controles e indicadores del Panel Frontal con los terminales, se utiliza la herramienta de cableado. Es necesario seguir los siguientes pasos para asociar el panel de conexiones con los controles e indicadores del Panel Frontal.

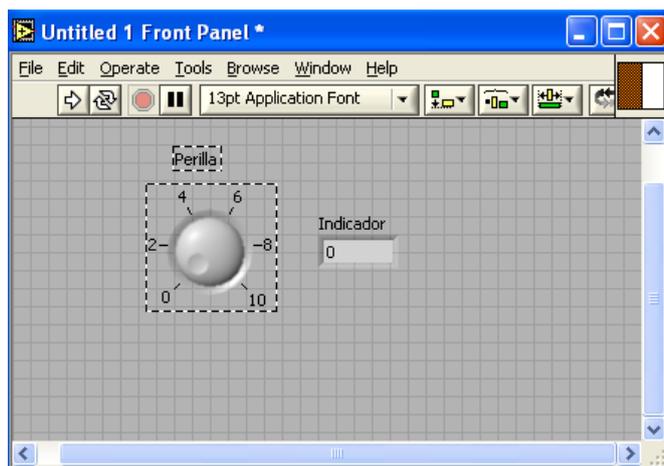
1. Oprimir el botón del mouse sobre el terminal del conector. La herramienta cambia automáticamente a la Herramienta de cableado. El Terminal se pone de color negro como se observa en la figura No. 2.19.



**FIGURA No. 2.19 Asignación de Terminales**

2. Luego se oprime el botón del mouse sobre el control o indicador del Panel Frontal al cual se le desea asignar el terminal seleccionado. Una línea punteada aparecerá alrededor del control seleccionado.

La figura No. 2.20 muestra el control seleccionado para asignarle un terminal.

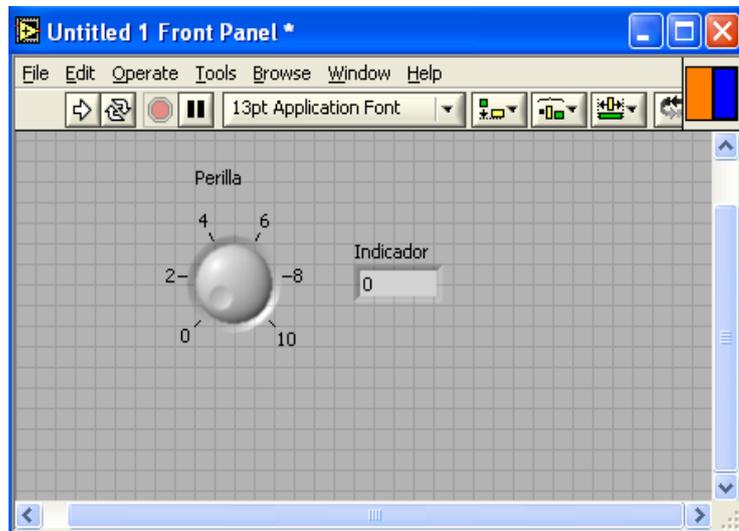


**FIGURA No. 2.20 Asignación de Terminales**

Si se coloca el cursor sobre un espacio libre y oprime el botón del mouse, la línea punteada desaparecerá y el terminal seleccionado se pondrá del mismo color que el tipo de dato en el control o indicador al cual se conectó, indicando que el control o indicador que se seleccionó ahora corresponde a la terminal coloreada.

3. Hay que repetir las operaciones anteriores para cada control e indicador que se quiera conectar.

En la figura No. 2.21 se ilustra la asignación de terminales a un control y a un indicador numérico.

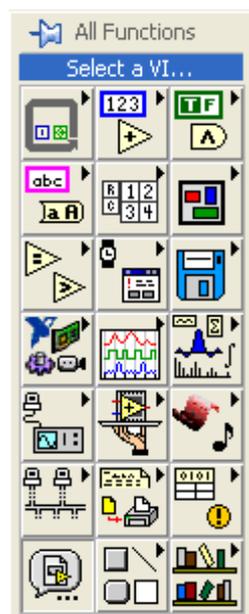


**FIGURA No. 2.21 Asignación de Terminales**

### Utilizar un VI como SubVI<sup>5</sup>

Cualquier VI que posea un icono y un conector puede ser utilizado como un SubVI en el Diagrama de Bloques de otro VI.

Para seleccionar los VIs que se van a utilizar como SubVIs se utiliza la opción Select a VI de la paleta de Funciones. Al elegir esta opción aparecerá una caja de diálogo desde donde se puede seleccionar cualquier VI que se encuentre grabado en el computador.



**FIGURA No. 2.22 Icono Select a VI**

Un SubVI es análogo a una subrutina. El nodo (icono/conector) de un SubVI es análogo a la llamada a la subrutina.

El nodo del SubVI no es el SubVI en sí mismo, sino una llamada a una rutina.

Un Diagrama de Bloques que contiene varios nodos del mismo SubVI llamará a ese SubVI varias veces.

### **Convertir una selección a SubVI<sup>5</sup>**

Se puede simplificar el Diagrama de Bloques de un VI al convertir selecciones del diagrama de en SubVIs, para encapsular subdiagramas en SubVIs. Se debe escoger la selección que se desea convertir y luego se selecciona Create Sub VI From Selection del menú Edit. LABVIEW convierte la selección en un SubVI y reemplaza el sub-diagrama con el nuevo SubVI.

LABVIEW crea controles e indicadores para el nuevo SubVI automáticamente y conecta el SubVI a los cables existentes.

En la figura No. 2.23 se ilustra como convertir una selección a SubVI.



**FIGURA No. 2.23 Crear una selección a SubVI**

### 2.3.4 TIPOS DE ESTRUCTURAS<sup>6</sup>

Las estructuras controlan el flujo de datos de un VI. LABVIEW tiene cinco estructuras que controlan el flujo de del Programa: el Ciclo While, el Ciclo For, la estructura Case, la estructura de Secuencia y la estructura de Eventos.

#### Ciclo While

El ciclo While repite una parte del código del Diagrama de Bloques múltiples veces. Para poner un ciclo While en el diagrama de bloques, se lo selecciona de la Sub-paleta Structures de la paleta Functions.

En la figura No. 2.24 se indica la localización de la paleta Structures y el icono del ciclo While.

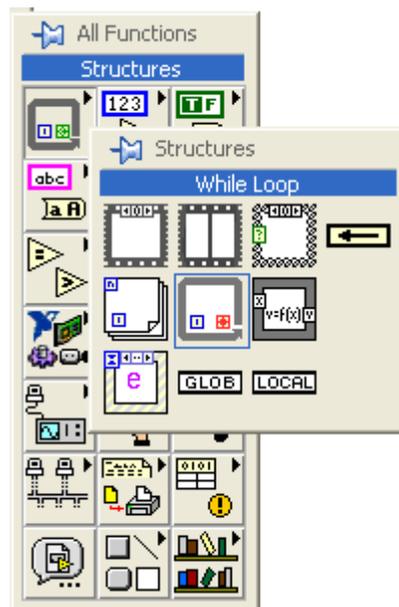


FIGURA No. 2.24 Icono Ciclo While

El ciclo While es una caja es una caja redimensionable. El VI repite el código dentro del ciclo While hasta que el valor Booleano pasado a la terminal condicional sea Falso. El VI revisa la terminal condicional al final de cada iteración. La terminal de iteración es una terminal numérica de salida que

<sup>5</sup> MANUAL LABVIEW BASICO I Capítulo II

contiene el número de veces que el ciclo se ha ejecutado, comenzando desde cero.

-  Terminal Condicional
-  Terminal de Iteración

En la figura No. 2.25 se ilustra los terminales que forman parte de esta estructura.

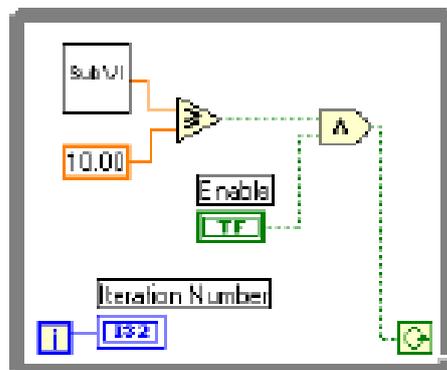


**FIGURA No. 2.25 Ciclo While**

Se puede cambiar la terminal Condicional para que el ciclo deje de ejecutarse si el valor Booleano que ingresa a dicha terminal es Verdadero, esto se lo consigue haciendo clic derecho sobre el símbolo de la terminal condicional y se cambia a este modo de operación. El símbolo se cambiará al siguiente:

-  Terminal Condicional (Detenerse si es Verdadero)

En la figura No. 2.26 se ilustra el diagrama de bloques de un VI en el cual se utiliza una estructura While.



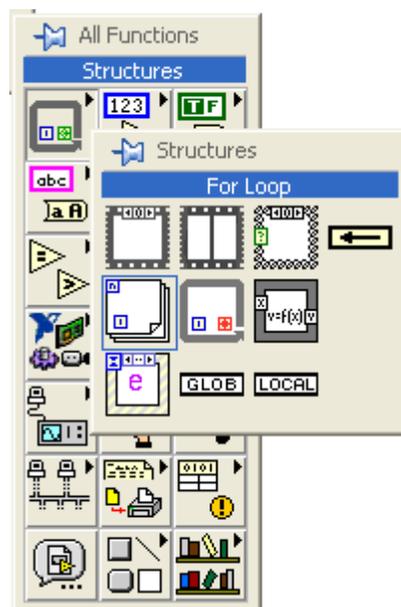
**FIGURA No. 2.26 Terminal Condicional**

### **Ciclo For<sup>6</sup>**

Un Ciclo For repite parte del código del Diagrama de Bloques un número determinado de veces.

El Ciclo For se encuentra en la sub-paleta Structures de la paleta Functions.

En la figura No. 2.27 se indica la localización de la paleta Structures y el icono del ciclo While.



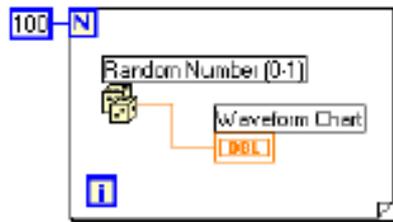
**FIGURA No. 2.27 Icono Ciclo For**

El Ciclo For es una caja redimensionable, que posee dos terminales: la Terminal de cuenta (terminal de entrada), y la Terminal de Iteración (terminal de salida). La terminal de cuenta especifica el número de veces que se va ha

ejecutar el ciclo. La terminal de iteración contiene el número de veces que se ha ejecutado el ciclo.

-  Terminal de Cuenta
-  Terminal de Iteración

En la figura No. 2.28 se ilustra el diagrama de bloques de un VI en el cual se utiliza una estructura For.



**FIGURA No. 2.28 Ciclo For**

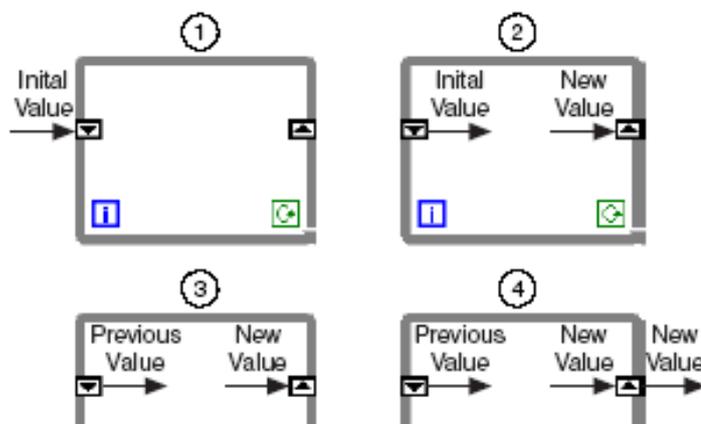
La diferencia entre el Ciclo For y el Ciclo While es que el Ciclo For se ejecuta un número predeterminado de veces. Un ciclo While deja de repetir el código que está encerrado dentro de sus límites únicamente si el valor del Terminal Condicional es Falso. El Ciclo For deja de repetir el código cuando el Terminal de Iteración alcanza el valor del Terminal de Cuenta.

### Registros de Desplazamiento<sup>6</sup>

Los registros de desplazamiento (disponibles en los lazos While y For) se utilizan para pasar de valores de una iteración a la siguiente iteración.

Para crear un registro de desplazamiento, se oprime el botón derecho del mouse sobre el borde izquierdo o derecho del lazo y seleccione Add Shift Register del menú.

El registro de desplazamiento tiene un par de terminales que se encuentran en el borde izquierdo y derecho del ciclo.



**FIGURA No. 2.29 Registro de Desplazamiento**

El terminal derecho almacena los datos hasta que la iteración termina. Al final de la iteración, los datos se pasan al terminal izquierdo para que puedan ser utilizados al iniciarse la siguiente iteración, tal como se muestra en la figura No. 2.29.

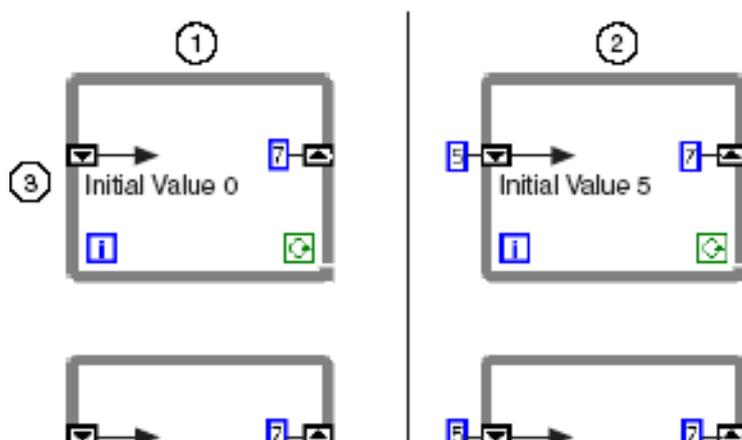
Un registro de desplazamiento puede almacenar cualquier tipo de dato, se adapta automáticamente al tipo de datos del primer objeto que se cablea al registro de desplazamiento.

### **Inicializar Registros<sup>6</sup>**

Para inicializar los registros de desplazamiento con un valor específico, se debe conectar el valor inicial al terminal izquierdo del registro de desplazamiento (fuera del ciclo While). Si el valor inicial se deja sin conectar este tomará el valor default para el tipo de datos del registro de desplazamiento.

Por ejemplo, si el valor inicial del registro de desplazamiento es Booleano, el valor inicial será Falso. De la misma manera, si el registro de corrimiento es de tipo numérico, su valor inicial será cero.

En la figura No. 2.30 se ilustra como se puede inicializar un registro de desplazamiento.



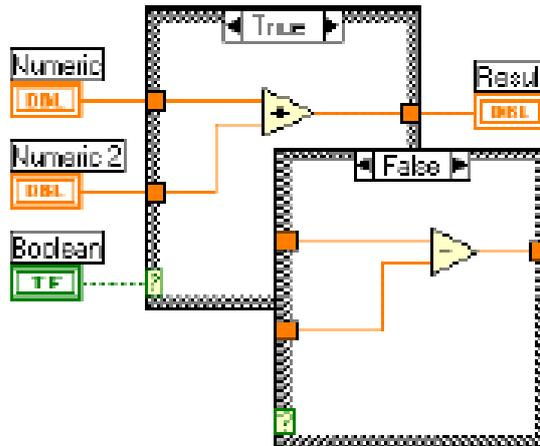
## FIGURA No. 2.30 Inicialización de Registros

### **Estructura Case<sup>6</sup>**

La estructura Case se encuentra en la sub-paleta Structures de la paleta Functions. La estructura Case es análoga a la instrucción Case o a las instrucciones if...then...else en los lenguajes de programación convencionales basados en texto. Esta estructura se parece a una baraja de cartas, en donde únicamente se puede ver un caso a la vez. Cada caso contiene un subdiagrama. Solamente se puede ejecutar un caso, y su ejecución depende del valor conectado a la terminal de selección. La terminal de selección puede ser numérica o Booleana. Si el tipo de dato es booleano, la estructura se basa en un caso Verdadero y un caso Falso. Si el tipo de dato es numérico, la estructura puede tener hasta  $2^{31}$  casos.

### Estructura Case con datos del tipo Boleano

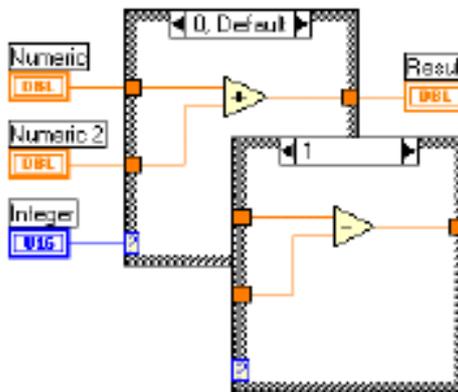
En la figura No. 2.31 los números pasan a través de túneles hacia el interior de la estructura Case y son sumados o restados, dependiendo del valor conectado a la terminal de selección. Si el dato es Booleano conectado a dicha terminal es Verdadero, el VI sumará los números; de lo contrario, los restará.



**FIGURA No. 2.31 Estructura Case con Datos del tipo Booleano**

Estructura Case con datos del tipo Entero

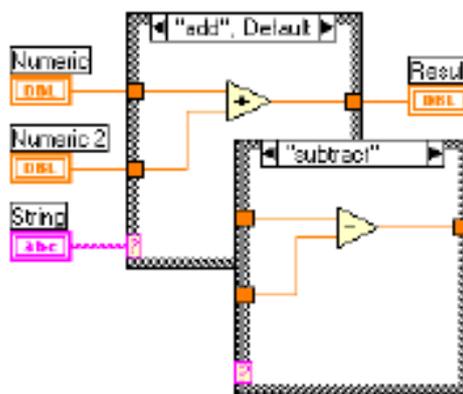
En la figura No. 2.32 los números pasan a través de los túneles hacia el interior de la estructura Case. El valor numérico conectado a la terminal de selección determinará si los números serán sumados o restados.



**FIGURA No. 2.32 Estructura Case con Datos del tipo Entero**

Estructura Case con datos de tipo String (Cadena de Caracteres)

En la figura No. 2.33 se muestra un control por medio de texto, si en el control del texto se escribe la palabra add, los valores numéricos se sumarán, si se escribe la palabra subtract, los valores numéricos se restarán.



**FIGURA No. 2.33 Estructura Case con Datos del tipo String**

Existen opciones en la estructura Case que aparecen al oprimir el botón derecho del mouse sobre la estructura.

Se puede añadir, duplicar o quitar casos. También se puede modificar el orden de los casos u ordenarlos.

En la opción Make This the Default Case del menú, se especifica qué caso se va a ejecutar, si el valor de selección no está listado en la Estructura Case. El primer caso de la Estructura tendrá la palabra Default en el valor de selección.

Es necesario especificar un valor default, si ésta no contiene todos los valores posibles para la terminal de selección (casos numéricos y cadenas de caracteres).

### **Estructura de Secuencia<sup>6</sup>**

La estructura de Secuencia se encuentra en la sub-paleta Structures de la paleta de funciones.

Esta estructura se asemeja a un rollo de película, ejecuta los diagramas en una secuencia establecida.

En lenguajes de programación convencionales basados en texto, las instrucciones se ejecutan en el orden en el que aparecen.

En programación basada en el flujo de datos, un nodo se ejecuta cuando todos los datos están disponibles en sus entradas, pero en ocasiones es necesario ejecutar algún nodo antes que otro.

La estructura de secuencia es el mecanismo que permite a LABVIEW controlar el orden en el que se ejecutan los nodos.

El diagrama que va a ser ejecutado primero, se coloca dentro del Marco 1 (1...x), y así sucesivamente.

El símbolo (0...x) representa el rango de marcos existentes en la estructura de Secuencia.

Al igual que la estructura Case, solamente un marco es visible a la vez.

### **Variables de Secuencia**

Las variables de secuencia son variables que pasan datos entre los diferentes marcos de la estructura de Secuencia.

Se pueden crear variables de secuencia en los bordes de un marco.

Los datos conectados a una variable de secuencia estarán disponibles en marcos subsecuentes.

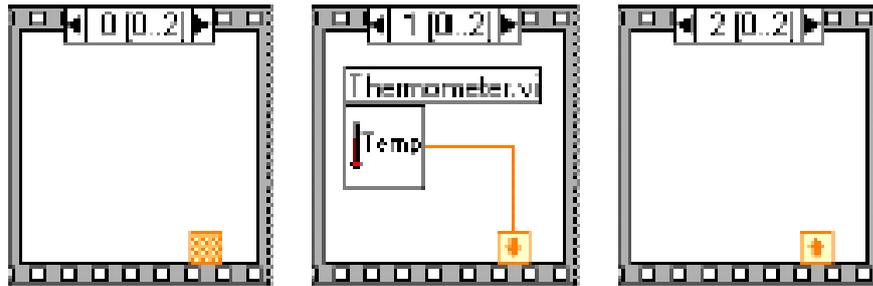
Sin embargo dichos datos no están disponibles en marcos que preceden el marco donde se creó la variable de secuencia.

En la siguiente figura No. se muestra una Estructura de Secuencia con 3 marcos. Una variable de secuencia en el Marco 1 pasa el valor que regresa la función Tick Count (ms) (La función Tick Count (ms) regresa el número de milisegundos que han pasado desde el inicio).

Este valor esta disponible en el Marco 2 (como lo indica la dirección de la flecha que apunta hacia el Marco 2) pero no está disponible en el Marco 0 (como lo indica el cuadro oscuro).

El VI despliega una secuencia a la vez.

En la figura No. 2.34 se ilustra como se despliega una estructura de secuencia dentro de un VI.

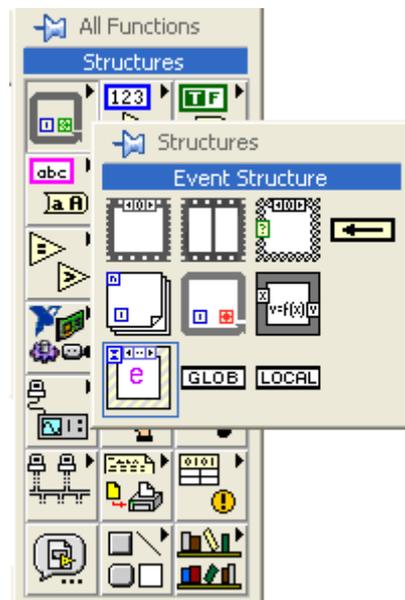


**FIGURA No. 2.34 Estructura de Secuencia**

### **Estructura de Eventos**

La estructura de Eventos se encuentra en la sub-paleta Structures de la paleta de funciones.

En la figura No. 2.35 se indica la localización de la paleta Structures y el icono de la estructura de Eventos.

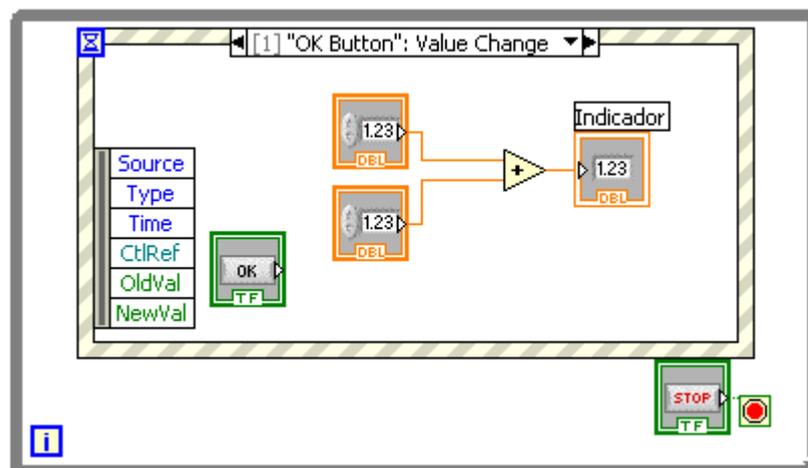


**FIGURA No. 2.35 Icono de la Estructura de Eventos**

Esta estructura tiene la propiedad de ahorrar recursos en la PC mientras se ejecuta un VI. El programa se pone en modo de espera hasta que ocurra un Evento en el Panel Frontal. Un evento se define como una acción que el usuario desea que realice el programa, por ejemplo: el hacer clic sobre un botón de control puede constituirse como un evento, y en este momento se ejecuta el código que se encuentre en el interior de dicha estructura.

Esta estructura es semejante a la estructura de secuencia, cada caso que se defina se constituye en un Evento. En la figura No. se muestra un programa en donde al pulsar el botón OK en el Panel Frontal se ejecuta el Evento calcular y se realiza la suma de dos números y se despliega en el indicador el resultado. Mientras no se pulse el botón OK en el Panel Frontal la estructura de eventos hace que el VI se ponga en modo de espera y el lazo While no se ejecuta mientras no se ejecute algún evento que se encuentre definido, esto le permite ahorrar recursos a la PC.

En la figura No. 2.36 se ilustra el diagrama de bloques de un VI con una estructura de eventos.

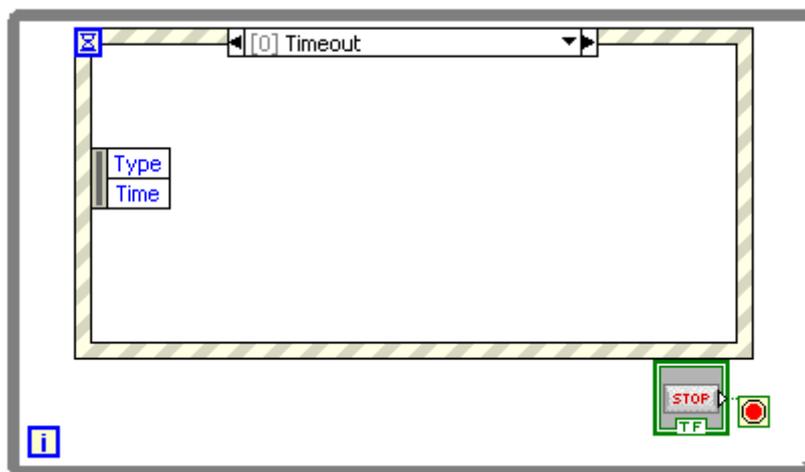


**FIGURA No. 2.36 Eventos para optimización de Recursos**

Esto puede ser comprobado al colocar un indicador en el Terminal de Iteración, de tal manera que cuando el VI se encuentra en modo de ejecución este indicador permanece estático hasta que se ejecute un evento definido en la estructura.

Para definir un evento se debe hacer clic derecho en la estructura y seleccionamos Add Event Case., posteriormente aparece una ventana de diálogo donde se le pregunta al usuario, cuál de los controles colocados en el Panel Frontal desea que se defina como un Evento, posteriormente se deberá escoger en que momento desee que se ejecute dicho evento, por ejemplo, si es un botón de control booleano, es definido como evento, la acción que el usuario deberá ejecutar para que el programa realice la tarea podría ser al cambiar de estado de Falso a Verdadero.

En la figura No. 2.37 se ilustra como se debe definir un evento.



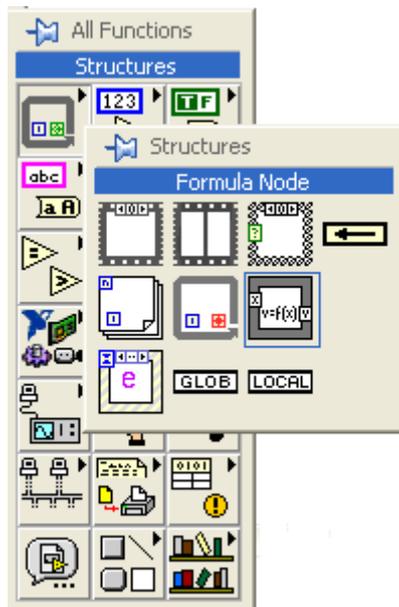
**FIGURA No. 2.37 Definición de un Evento**

### **Nodo de Fórmulas<sup>6</sup>**

El nodo de fórmulas se encuentra en la Paleta Functions sub-paleta Structures, en el Diagrama de Bloques. Dentro de esta estructura se puede escribir ecuaciones. En la figura No. 2.38 se ilustra el icono del nodo de fórmulas.

---

<sup>6</sup> MANUAL LABVIEW BASICO I Capítulo VI



**FIGURA No. 2.38 Icono Nodo de Fórmulas**

El nodo de fórmula es una caja redimensionable que se utiliza para escribir ecuaciones algebraicas directamente en el Diagrama de Bloques.

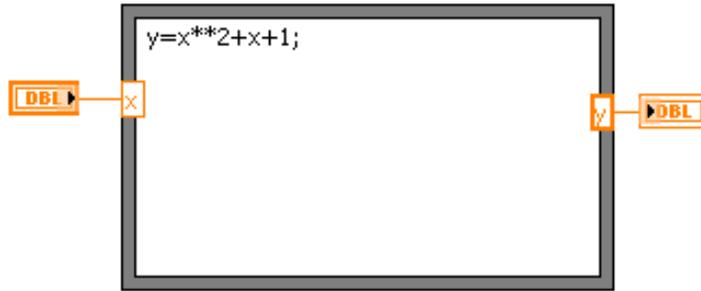
Esta opción es extremadamente útil cuando las ecuaciones tienen cierta complejidad o están compuestas de muchas variables.

En las siguientes figuras se muestran los diagramas de Bloque, el primero utilizando las funciones aritméticas de LABVIEW, y el segundo utilizando el Nodo de Fórmula.

En la figura No. 2.39 se ilustra un diagrama de bloques donde se realiza una operación sin el Nodo de Fórmulas y un programa utilizando dicha estructura.



Programa sin Nodo de Fórmulas



Programa con Nodo de Fórmulas

**FIGURA No. 2.39** Nodo de Fórmulas

### 2.3.5 CADENAS DE CARACTERES Y MENJO DE ARCHIVOS<sup>7</sup>

Una cadena de caracteres es una colección de caracteres despleables o no despleables. Las cadenas de caracteres se utilizan para hacer más cosas que desplegar mensajes de texto.

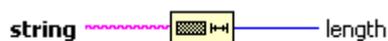
#### **Crear Controles y Cadenas de Caracteres**

Los controles e indicadores se encuentran se encuentran en las sub-paleta String & Table de la paleta Controls.

#### **Funciones de Cadena de Caracteres**

Estas funciones están disponibles en la sub-paleta String de la paleta de funciones. Algunas de las funciones más comunes son las siguientes:

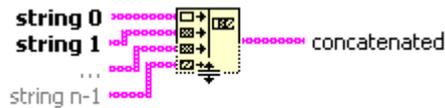
**String Length.-** Regresa el número de caracteres.



**String Length**

**FIGURA No. 2.40 Icono del Comando String Lenght**

**Concatenate Strings.-** Une todas las cadenas de caracteres y arreglos de cadenas de caracteres de entrada y regresa en una sola cadena de caracteres como salida.



**Concatenate Strings**

**FIGURA No. 2.41 Icono del Comando Concatenate String**

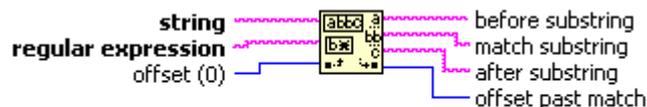
**String Subset.-** Regresa un subconjunto de la cadena comenzando en offset y conteniendo length número de caracteres. El offset del primer carácter es cero.



**String Subset**

**FIGURA No. 2.42 Icono del Comando String Subset**

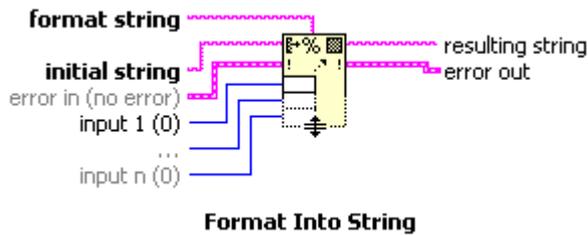
**Match Pattern.-** Si la función encuentra una cadena de caracteres que sea igual a la expresión regular, divide la cadena de caracteres en tres subcadenas. Si no encuentra la cadena de caracteres, el valor de salida subcadenas estará vacío y el valor de offset past match será de -1.



**Match Pattern**

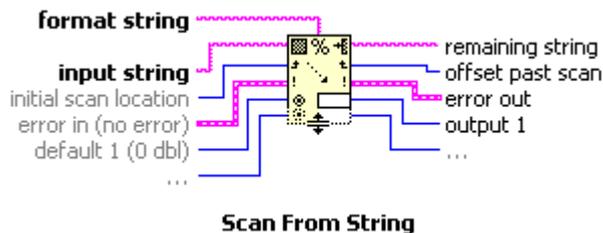
**FIGURA No. 2.43 Icono del Comando Match Pattern**

**Format Into String.-** Convierte cualquier argumento (ejm. Numérico) al formato especificado y lo coloca en resulting string.



**FIGURA No. 2.44 Icono del Comando Format Into String**

**Scan From String.** - Convierte una cadena de caracteres que contiene caracteres numéricos válidos (0 al 9, +,-, e, E, punto) a un número. La función comienza leyendo la cadena de caracteres input string en la posición inicial de búsqueda inicial search location. La función tiene la habilidad de convertir la cadena de entrada a diferentes tipos de datos.



**FIGURA No. 2.45 Icono del Comando Scan From String**

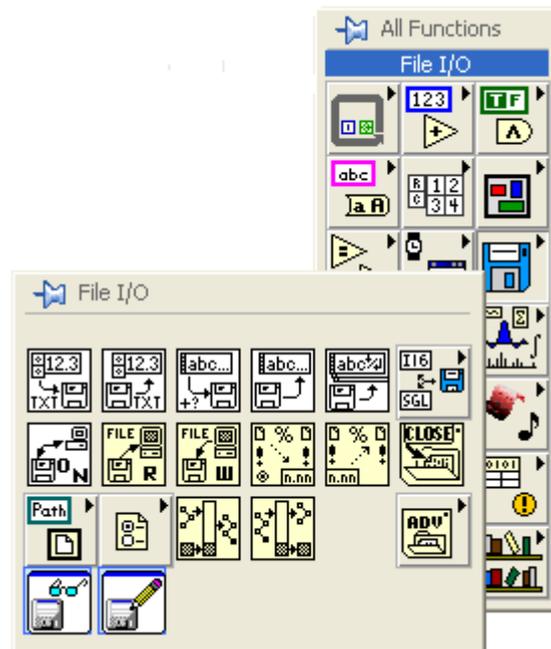
### **Operaciones de Entrada/Salida con Archivos<sup>7</sup>**

Las operaciones de entrada y salida (E/S) de archivos permiten almacenar y obtener información de los archivos que se encuentran almacenados en disco. LABVIEW cuenta con varias funciones y VIs para manejar la E/S de archivos. Todas las funciones de E/S de archivos se localizan en la sub-paleta File I/O de la paleta de funciones.

Estas funciones y VIs están organizadas en 3 jerarquías:

- VIs de Archivo de Alto Nivel.
- Funciones intermedias para el manejo de archivos.
- Funciones avanzadas para el manejo de archivos.

En la figura No. 2.46 se muestra los iconos de los VIs para manejar archivos.



**FIGURA No. 2.46 Iconos para manejar Archivos**

### **VIs de Alto Nivel para el Manejo de Archivos de Alto Nivel<sup>7</sup>**

Estos VIs se encuentran en la fila superior de la sub-paleta File I/O, que también incluye una sub-paleta para los VIs de Archivos Binarios (Binary File VIs). Estos VIs llaman a las funciones Intermedias para el manejo de archivos y simplifican las operaciones más comunes de E/S de manejo de archivos al llamar de una manera transparente a las funciones de bajo nivel. Estos VIs también proporcionan un método sencillo de manejo de errores. Si un error de manejo de archivos ocurre durante la ejecución de uno de estos VIs, aparecerá una caja de diálogo mostrando el error.

### **VIs Intermedios para el Manejo de Archivos<sup>7</sup>**

Las funciones intermedias para el manejo de archivos se encuentran en la segunda fila de las sub-paleta File I/O. Estos VIs proveen mayor funcionalidad

que los VIs de alto nivel, ya que permiten abrir y cerrar archivos programáticamente y permiten manejar la lectura y escritura de archivos utilizando marcadores.

### Funciones Avanzadas para el Manejo de Archivos<sup>7</sup>

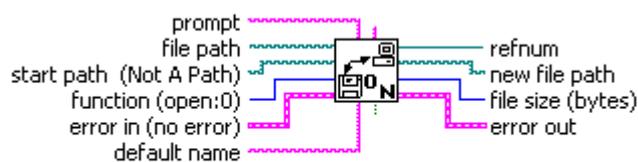
Las funciones avanzadas de archivos están en la sub-paleta File I/O de la paleta de funciones. Estas funciones manejan los detalles de las operaciones de E/S de archivos en LABVIEW y proporcionan flexibilidad para el manejo de archivos.

### E/S de Archivos utilizando Funciones Intermedias<sup>7</sup>

El proceso básico para la manipulación de archivos a un nivel intermedio consiste en abrir o crear un archivo, leer o escribir de él y cerrarlo.

Open / Create / Replace File.- Abre o reemplaza un archivo existente o crea un nuevo archivo. Si la terminal File Path se deja sin conectar, el VI despliega una caja de diálogo de la cual puede seleccionar un archivo nuevo o existente. Una vez que el archivo ha sido creado o abierto, se pueden leer datos de él o escribir datos en él utilizando las funciones:

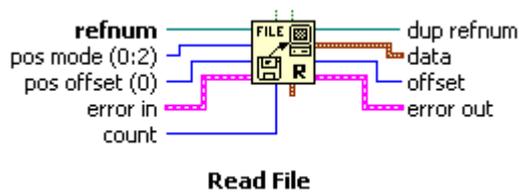
**Read File y Write File.** - Esa posible leer o escribir cualquier tipo de datos utilizando las funciones Read File y Write File.



**Open/Create/Replace File.vi**

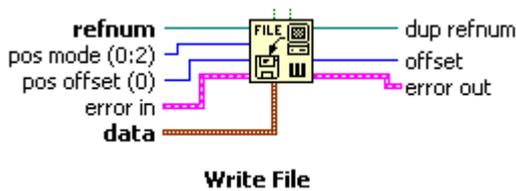
**FIGURA No. 2.47 Icono Open/Create/Replace File**

**Read File.-** Lee los bytes de la terminal count del archivo especificados por la terminal refnum y regresa los datos leídos en data. La lectura comienza en el lugar especificado por pos mode y pos offset.



**FIGURA No. 2.48 Icono Read File**

**Write File.** - Escribe al archivo especificado por refnum. La escritura comienza en el lugar especificado por pos offset y pos mode.



**FIGURA No. 2.49 Icono Read File**

**Close File.** - Cierra el archivo especificado por refnum y regresa el tamaño del archivo en bytes. Este VI cierra todo tipo de archivos.



**FIGURA No. 2.50 Icono Close File**

### Grabando Datos en un Archivo<sup>7</sup>

Grabar datos en un archivo nuevo o existente es un proceso que consiste en 3 pasos:

- Abrir o crear el archivo.
- Escribir datos en el archivo.
- Cerrar el archivo.

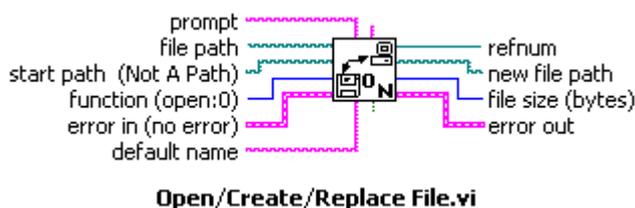
Con los VIs de Archivo se puede escribir cualquier tipo de datos en el archivo que se encuentre abierto o creado.

<sup>7</sup> MANUAL LABVIEW BASICO I Capítulo VII

Si otros usuarios o aplicaciones necesitan tener acceso al archivo creado en LABVIEW, se recomienda que almacene los datos en el archivo utilizando formato ASCII.

LABVIEW permite tener acceso los archivos de una manera programática o a través de una caja de diálogo, se debe dejar el terminal File Path sin conectar en el VI **Open/Create/Replace File**.

Este VI abre el archivo desplegando una caja de diálogo interactiva con el título Enter Filename. Read File lee el número de bytes especificado por file size. La función Close File cierra el archivo.



**FIGURA No. 2.51** Icono Open/Create/Replace File.vi

## 2.4 INTRODUCCION A LOS MODULOS FIELD POINT<sup>8</sup>

FieldPoint de National Instruments es un sistema modular de Entradas y Salidas distribuidas con gran desempeño de grado industrial, y con capacidad de integración de software.

FieldPoint posee una gran variedad de módulos aislados de Entradas y Salidas analógicas y digitales, bases terminales e interfaces de redes de trabajo para conexiones a tecnologías de redes abiertas o estándares.

### Sistema Modular

<sup>8</sup> Catálogo 2003-2004 MEDICION Y AUTOMATIZACION PG. 33

FieldPoint posee una arquitectura innovadora que modularía las comunicaciones, funciones de Entradas y Salidas. Por lo tanto se puede seleccionar independientemente el estilo de red de trabajo industrial.

FieldPoint incluye 3 clases de componentes que hacen posible esta flexibilidad:

- Módulos de red de trabajo.
- Módulos de entradas y salidas.
- Bases terminales.

### **Módulos de Red de Trabajo**

Los módulos de Red de trabajo suministran conectividad para abrir redes industriales. Las opciones corrientes para módulos de red de trabajo incluyen: Ethernet (10 y 100 Mbps), serial (RS-232, RS-485), CAN y Foundation Fieldbus. Para control distribuido de tiempo real, los módulos FP-20xx ejecutan código de LABVIEW Real-Time embebido. Los módulos de redes de trabajo se comunican con módulos de entradas y salidas locales mediante el bus local de alta velocidad formado por bases terminales enlazadas.

### **Módulos de Entradas y Salidas**

El sistema FieldPoint incluye dos tipos generales de módulos de entradas y salidas, módulos estándares de 8 y 16 canales, también existen módulos de canal dual. Los módulos de entradas y salidas manejan señales analógicas y digitales aisladas, permitiendo de esta manera conectar una gran variedad de sensores, facilitando de esta manera la instalación y mantenimiento.

### **Bases Terminales**

Estas son utilizadas para conectar los módulos de entradas y salidas, suministran terminales para la conexión de cable, así como también el suministro de potencia para dichos módulos. Se puede conectar y desconectar los módulos de entradas y salidas sin desconectar el cableado.

## **2.4.1 TIPOS DE FIELD POINT**

Existen algunos tipos de módulos de red de trabajo (FieldPoint), que poseen ciertas características que se adaptan a las necesidades que se requiere para sensar y/o controlar un proceso.

#### **2.4.1.1 FP 1000<sup>9</sup>**

El FieldPoint tipo FP 1000 tiene las siguientes características:

- Conexión directa al puerto serial del PC (RS-232)
- Soporta hasta 9 módulos de entradas y salidas conectadas a él.
- Se pueden conectar hasta 25 módulos en red, utilizando el puerto serial (RS-485).
- La comunicación entre la PC y el FP 1000 es de alta velocidad.
- La comunicación a través del puerto serial RS-485 es del tipo Full Dúplex.

En la figura No. 2.52 se muestra al módulo FP-1000



**FIGURA No. 2.52 FP 1000**

#### **FP 1001<sup>9</sup>**

Otro tipo de FieldPoint es el FP 1001, el cuál posee las siguientes características:

- Estos módulos son utilizados para conectarse en red.
- A él se le puede conectar hasta 9 módulos de entradas y salidas.
- Posee únicamente una interfaz para comunicación (RS-485).
- Se pueden conectar hasta 25 módulos de este tipo en red.
- La comunicación es del tipo Full Dúplex.

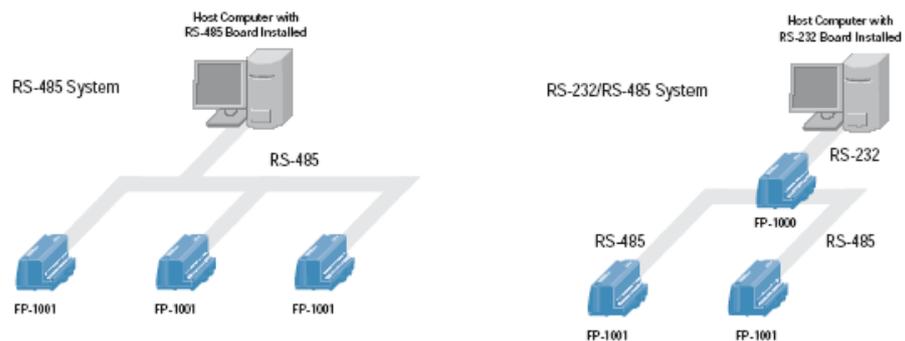
- Los módulos pueden ser conectados a la red a través de un módulo FP 1000 o directamente a una red RS-485.
- En la figura No. 2.53 se muestra al módulo FP 1001.



**FIGURA No. 2.53 FP 1001**

En la figura No. 2.54 se muestra una red serial industrial, formada por interfaces RS-232 y RS-485, las cuales permiten enlazar computadoras con los módulos FP-1000 y FP-1001.

## RS-232 and RS-485 Serial Network Interfaces



*Figure 1. FieldPoint Serial Network System Configurations*

**FIGURA No. 2.54 Red Serial con Módulos FP 1000 y FP 1001**

#### **2.4.1.2 FP-1601<sup>9</sup>**

Este módulo utiliza para comunicarse conexión Ethernet (TCP/IP 100BaseTX (100 Mb/s), 10BaseTX (10 Mb/s).

- El rango de operación de estos módulos se encuentra entre -25 a 55 °C.
- Debido a que posee un conector RJ-45 este puede ser conectado a una red del tipo Ethernet.
- Puede conectarse a él un total de 9 módulos entre entradas y salidas.
- Este módulo publica el cambio de estado de los módulos a la red, de acuerdo a como se lo haya configurado principalmente en el manejo de señales analógicas, esto permite optimizar el tráfico de la información en la red.
- A través de este módulo se puede dotar de seguridad al proceso, debido, a que los usuarios pueden ser suscritos a través de su dirección IP ya sea como: sólo lectura, sólo escritura o lectura y escritura, o simplemente negar el acceso.

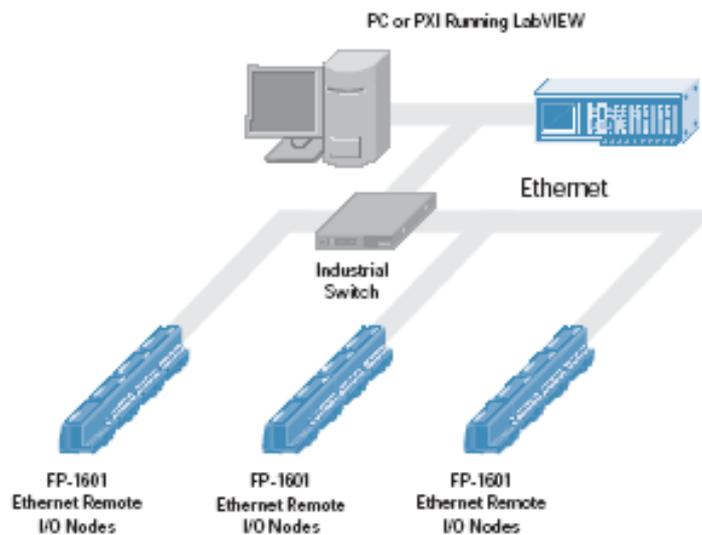
En la figura No. 2.55 se muestra el módulo FP-1601.



**FIGURA No. 2.55 FP 1601**

### **Ethernet Network Interface for FieldPoint**

En la figura No. 2.56 se muestra una red Ethernet industrial, que permite la conexión entre Computadoras, módulos FP-1601, a través de un Switch Industrial.



**FIGURA No. 2.56 Red Ethernet con Módulos FP 1601**

### **Controladores de Tiempo Real**

Estos controladores ejecutan LABVIEW Real-Time para control, registro de datos y procesamiento de señales.

- Poseen una memoria de 32 MB de memoria DRAM.
- Posee hasta 512 MB de almacenamiento no volátil.
- Poseen puertos seriales RS-232 y RS-485.
- Almacenamiento removible CompacFlash (cFP-2020).

#### **2.4.1.3 FP-2000<sup>9</sup>**

Este tipo de módulo posee las siguientes características:

- Posee un puerto serial y un puerto ethernet.

- Controlador que ejecuta LABVIEW Real-Time para control, registro de datos y procesamiento de señales.
- Posee 16 MB de memoria no volátil.
- Posee 16 MB de memoria DRAM.
- Soporta hasta 9 módulos de entradas y salidas conectadas a él.
- Este módulo posee un procesador interno que permite ejecutar una aplicación, pese a que al PC se encuentre desconectado de dicho módulo.
- Se pueden descargar las aplicaciones dentro de la memoria del controlador, desconectar la PC y posteriormente conectarla para recuperar información, todo esto dependerá de cómo se haya configurado el módulo.

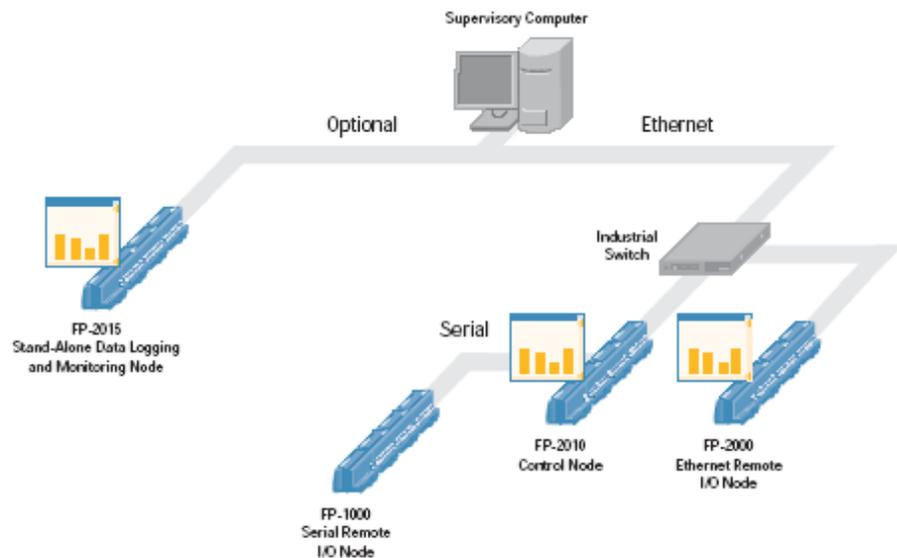
En la figura No. 2.57 se muestra el módulo FP-2000.



**FIGURA No. 2.57 FP 2000**

En la figura No. 2.58 se muestra una red industrial con módulos de control en Tiempo Real.

# LabVIEW Real-Time Controller Interfaces with Ethernet



**FIGURA No. 2.58 Red Ethernet Real Time con Módulos Field Point**

## 2.4.1.4 cFP Compac FieldPoint<sup>9</sup>

Los módulos Compac FieldPoint poseen las siguientes características:

- Con este controlador se pueden desarrollar poderosos sistemas de control y medición empleando LABVIEW Real-Time y se puede embeber fácilmente sus aplicaciones para despliegue ya sea distribuido o autónomo de manera confiable.
- Compac FieldPoint incluye un servidor Web, el cual facilita monitorear y controlar los sistemas desde cualquier computador en la red empleando un navegador Web.
- Compac FieldPoint expande los Controladores Lógicos Programables (PLC) actuales, para adicionar capacidades avanzadas de control analógico, mediciones, registro de datos y comunicaciones.
- Las bases para colocar los módulos de entradas y salidas se los encuentra de 4 a 8.

- Los bancos de Compac FieldPoint se comunican a una velocidad de 10 y 100 Mbps.

### **cFP 2020<sup>9</sup>**

El módulo cFP 2020 tiene las siguientes características:

- Posee un puerto serial RS-485 y 3 puertos RS-232.
- También posee un conector RJ-45 para comunicación Ethernet.
- Posee una memoria CompacFlash removible para almacenamiento de datos.
- Utiliza LABVIEW Real-Time para control, registro de datos y procesamiento de señales.
- Posee un procesador interno y en la memoria no volátil se puede descargar una aplicación, de esta manera se puede controlar y monitorear sin necesidad de tener conectado el módulo al computador.
- El sistema de comunicación es similar al del FP 1601, utilizando el puerto para red Ethernet, y solo envía información a la red cuando existe un cambio en las entradas, facilitando el tráfico de la información en la Red.
- También posee los sistemas de protección para denegar el acceso, permitir solo la lectura de datos, solo la escritura de datos o el acceso para escritura y lectura.

En la figura No. 2.59 se muestra el módulo cFP 2020.



**FIGURA No. 2.59 cFP 2020**

## **2.4.2 Módulos de Control**

El sistema de FieldPoint incluye en forma general 2 tipos generales de módulos de entradas y salidas.

Estos módulos a su vez pueden manejar 2 tipos de señales: analógicas y digitales.

Cada módulo puede poseer de 8 a 16 canales. La ventaja de utilizar estos módulos es que se pueden conectar directamente los sensores, ya que internamente estos poseen acondicionadores de señal que facilitan la instalación, el mantenimiento y el tratamiento de las señales.

Son módulos muy robustos diseñados para ambientes industriales.

Tienen un rango de operación de -40 a 70°C.

### **2.4.2.1 FP-AO-210<sup>9</sup>**

Este módulo posee las siguientes características:

- Este es un módulo de salidas analógicas de voltaje de 0 a 10V.
- Posee una resolución de 12 bits.
- Frecuencia máxima de operación 200Hz.
- Posee 8 canales de salidas analógicas de voltaje.

- También existe el módulo FP-AO-200 con similares características la FP-AO-210, pero éste proporciona una salida analógica de corriente de 0-20 mA o de 4-20 mA.

En la figura No. 2.60 se muestra el módulo de salidas analógicas.



**FIGURA No. 2.60 Módulo FP-AO-210**

#### **2.4.2.2 FP-DI-300<sup>9</sup>**

El módulo de entradas digitales posee las siguientes características:

- Es un módulo de entradas digitales que posee 8 canales.
- Las entradas son de 24 VDC.
- Posee una frecuencia de operación de 1 KHz.
- Cada canal incluye un circuito limitador de corriente para prevenir daños en el módulo.

En la figura No. 2.61 se muestra el módulo de entradas digitales.



**FIGURA No. 2.61 Módulo FP-DI-300**

#### **2.4.2.3 FP-RLY-420<sup>9</sup>**

El módulo de salidas a relé posee las siguientes características:

- Es un módulo que posee salidas a relé, electromecánico.
- Los contactos soportan 3A a 35 VDC o 250 VAC.
- Posee contactos son normalmente abiertos y también normalmente cerrados.
- La temperatura de operación es de -40 a 70 ° C.

En la figura No. 2.62 se muestra el módulo de salidas a relé.



**FIGURA No. 2.62 Módulo FP-RLY-420**

#### **2.4.2.4 FP-QUAD-510<sup>9</sup>**

El módulo de entradas para encoders posee las siguientes características:

- Este es un módulo de entrada de encoders.
- Posee 4 canales, es decir se pueden conectar hasta cuatro sensores.
- A este módulo es posible conectar encoders del tipo diferencial, para sensar posición, velocidad en ambos sentidos de giro.
- Maneja señales tipo TTL y soporta una frecuencia máxima de 1 MHz.
- Posee una fuente interna reguladora a 5 VDC.
- Este módulo posee 4 contadores de 16 bits para sensar velocidad.
- Posee 4 contadores de 32 bits para sensar posición.
- Al encoder se le puede también mandar la señal de reset, para iniciar una nueva cuenta.

En la figura No. 2.63 se muestra el módulo de entradas para encoders.



**FIGURA No. 2.63 Módulo FP-QUAD-510**

#### **2.4.2.5 FP-AI-100<sup>9</sup>**

El módulo de entradas analógicas posee las siguientes características:

- Es un módulo de entradas analógicas, que tiene una resolución de 12 bits.
- Posee 8 canales que manejan señales de voltaje.
- Se puede medir señales en milivoltios, o voltios.
- Sus canales trabajan a alta velocidad (2.8 milisegundos en la actualización de datos).
- Los canales soportan 30 VDC.
- También existen módulos con una resolución de 16 bits.
- También existen módulos de entradas analógicas de corriente que pueden medir señales de 4 a 20 mA o de 0 a 20 mA.
- Existen módulos que sus canales soportan un voltaje de 120V.

En la figura No. 2.64 se muestra el módulo de entradas analógicas.



**FIGURA No. 2.64 Módulo FP-AI-100**

#### **2.4.2.6 FP-TC-120<sup>9</sup>**

Este módulo tiene las siguientes características:

- Es un módulo de entradas para termocuplas o entrada para señales en milivoltios.
- Se puede configurar por software el rango de operación, el tipo de termocupla y escoger el canal que se va a emplear.
- Posee 8 entradas diferenciales con una resolución de 16 bits.
- También existen módulos que aceptan como entradas RTD.

En la figura No. 2.65 se muestra el módulo de entrada para termocuplas.



**FIGURA No. 2.65 Módulo FP-TC-120**

### **2.5 COMUNICACIONES INDUSTRIALES<sup>10</sup>**

El término “comunicaciones industriales” se refiere a la amplia gama de dispositivos de hardware, programas de software, y protocolos de transferencia de datos que forman una red que comunica entre sí computadores, controladores, instrumentos, sensores y otros elementos utilizados en ambientes industriales.

### 2.5.1 El Modelo OSI de 7 Capas

El modelo OSI (Open System Interconnection) fue introducido hace décadas para definir la forma de interconexión de elementos de redes por medio de una estructura de siete capas como se muestra en la tabla No. 2.1. Aunque este modelo es necesario para los diseñadores de redes de comunicaciones, para el usuario común es transparente. Sin embargo, conocer las bases de este modelo ayuda a los instaladores de redes a comprender y escoger los elementos correctos.

CAPA	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO
7	Aplicación	Especificaciones y protocolos para aplicaciones y usuarios de redes: como enviar un mensaje, cómo especificar el nombre de un archivo, como responder a solicitudes, etc.	FTP, SNMP, SMTP, HTTP, Telnet, -HTTP
6	Presentación	Representación de los datos. Traducción de datos. Codificación y Decodificación.	
5	Sesión	Establecimiento de sesión de comunicaciones. Seguridad.	
4	Transporte	Integridad de transferencia, corrección de errores. Los datos son empaquetados en tramos manejables. Encargada de reenviar mensajes fallidos, y no duplicar mensajes correctos.	TCP, UDP
3	Red	Asignación de dirección, métodos de transmisión de paquetes, enrutamiento	IP
2	Enlace	Formato y transmisión de trama	Ethernet, CSMA/CD
1	Física	Componentes físicos básicos: cables, conectores, velocidades, valores de voltaje, etc.	Ethernet Cable Cat.5 (8bits)

**TABLA No. 2.1 Modelo OSI**

### 2.5.2 REDES INDUSTRIALES

Llevan este nombre las redes de comunicaciones instaladas en ambientes industriales como manufactura, laboratorios, bodegaje, etc. Se diferencia con las redes corporativas utilizadas en ambientes de oficina en aspectos como robustez, inmunidad al ruido, confiabilidad, etc.

### 2.5.3 COMUNICACIONES PC-AP<sup>10</sup>

<sup>9</sup> THE MEASUREMENT AND AUTOMATION CATALOG 2004 PGS. 508 a 587

APs (Autómatas Programables) son aquellos equipos que cumplen funciones de control automático de procesos. Esta clasificación incluye:

- PLCs (Controladores Lógicos Programables).
- Controladores de Procesos, equipos de lógica de control predeterminada con parámetros configurables por el usuario (lazos PID, control On/Off, etc.).
- Controladores de Tiempo Real (FieldPoint RT, tarjetas DAQ, PXI-RT).
- Sensores con capacidad de comunicación o lógica de control asociada (medidores de energía eléctrica, válvulas y sensores inteligentes, etc.).
- Computadores equipados con el hardware y software necesarios para desempeñar funciones de control.

Dada la aceptación universal de estos dispositivos en todo tipo de aplicaciones que requieren control automático de procesos, es evidente la necesidad de conectarlos entre ellos para ampliar las capacidades de control, y conectarlos a PCs para crear sistemas de monitoreo, control interactivo, cambio de parámetros en línea, sistemas HMI y SCADA.

#### **2.5.4 ESPECIFICACIONES DE COMUNICACIONES**

Habiendo revisado las redes de comunicación industriales queda claro que para comunicar un AP con un PC es necesario conocer las diferentes capas del modelo de comunicaciones OSI que utiliza cada elemento de la red. En el caso más general se tiene un AP (por ejemplo un PLC) y se requiere conectarlo a un computador. Las tres “piezas” que se deben tomar en cuenta para la conexión son:

1. Red Física - Conectores, cables, adaptadores...
2. Protocolo - Modbus, ASCII, Optomux...
3. Driver - software que comunica el programa de aplicación con el AP hablando el protocolo indicado. Por ejemplo: Se utiliza un PC con LabVIEW y se quiere comunicar con un PLC Telemecanique modelo Nano, que tiene un puerto RS-485 (capa física necesaria: tarjeta PCI-485/2, cable apantallado de 4 hilos + gnd, conectores Combicon) y que utiliza Modbus (protocolo).

Para que LabVIEW hable Modbus es necesario el Driver de comunicaciones (National Instruments OPC Industrial Automation Drivers).

Es necesario notar que algunos protocolos especifican también la capa física, pero en algunos casos se requiere de un hardware especial. Es el caso de Profibus-DP, que aunque se comunica mediante RS-485, no se puede utilizar una tarjeta genérica, sino específicamente una tarjeta Profibus RS-485.

### **2.5.5 REDES SERIALES<sup>10</sup>**

Serial es un protocolo de comunicaciones muy común en PCs e instrumentos. Las tres versiones más utilizadas son:

**RS-232 (ANSI/EIA-232)** ha sido el puerto estándar en PCs compatibles IBM, aunque actualmente está siendo reemplazado por USB, y en el futuro quizás por Firewire.

Utiliza conexión desbalanceada, referenciando cada señal a la tierra del puerto. Otra característica es que solamente soporta conexión punto a punto (2 dispositivos).

Características eléctricas

Emisor:

1 lógico: de -5 a 15 volts

0 lógico: de +5 a + 15 volts

Receptor:

1 lógico: voltajes menores a -3 volts

0 lógico: voltajes mayores a +3 volts

Tierra común a todos los circuitos

Alcance: Hasta 15 mts a velocidades del orden de los 20 Kbps

**RS-422 (EIA RS-422-A)** es la conexión serial utilizada originalmente en las computadoras Apple de Macintosh.

Utiliza conexión diferencial, lo que mejora su inmunidad al ruido y permite extender el cable mayores distancias soportando hasta 10 dispositivos.

**RS-485 (EIA RS-485)** es una red RS-422 mejorada, pues soporta hasta 32 dispositivos y define las características eléctricas necesarias para asegurar voltajes adecuados bajo máxima carga. Su alta inmunidad al ruido, capacidad de múltiples dispositivos y su sencillez (puede operar con dos o con cuatro cables) la hacen muy utilizada en dispositivos industriales. Puesto que RS-485 es una versión mejorada de RS-422, todo dispositivo RS-422 puede ser controlado por una tarjeta RS-485. Existen en el mercado conversores de RS-232 a RS-485.

El protocolo RS485, posee dos líneas llamadas A y B, estas líneas funcionan como par diferencial (sin tierra absoluta como el RS232).

El 1 lógico se representa por la condición en que el voltaje en la línea A, es mayor que el de la línea B, y al revés para el 0 lógico. Típicamente  $A - B = 5$  voltios para 1 lógico y  $A - B = -5$  voltios para 0 lógico.

La comunicación RS485 es bidireccional Half duplex, a diferencia del RS422 que usa los mismos niveles de voltaje pero con 2 pares de líneas para comunicación Full duplex.

En la tabla No. 2.2 se muestra características de los diferentes tipos de interfaces seriales.

	RS-232	RS-422	RS-485
<b>Ancho de Banda</b>	230 kb/s	10 Mb/s	10 Mb/s
<b>Max. Numero de Dispositivos</b>	1	10	32 (depende del sistema)
<b>Max. Longitud de Cable</b>	15 m	1220 m	1220 m

**TABLA No. 2.2 Interfaces Seriales**

### 2.5.6 ETHERNET<sup>10</sup>

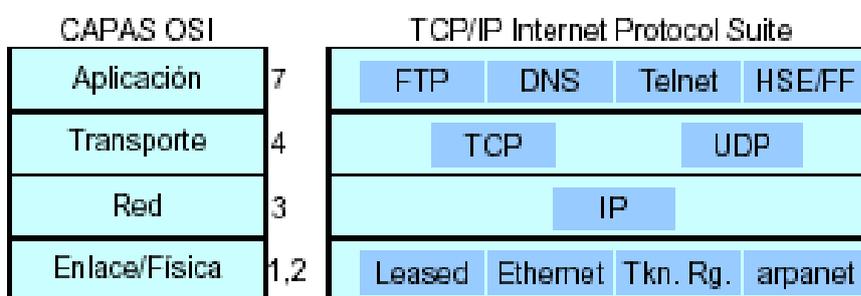
Originalmente desarrollado por Xerox, Digital e Intel en la década de 1970, hoy es el estándar IEEE 802.3, y es el tipo de red más popular en aplicaciones de tecnología informática y redes corporativas. Ethernet utiliza un protocolo de enlace CSMA/CD (Carrier Sense, Multiple Access, Collision Detect) el cual, cuando una estación está lista para enviar los datos y detecta que la red está

libre, publica su trama en la red con la dirección del destinatario. Todas las estaciones escuchan los datos, pero solamente la destinataria responde. Este sistema es capaz de interrumpir la transmisión si detectó una colisión, e intenta retransmitir los datos luego de una espera de tiempo aleatoria. En la especificación estándar IEEE 802.3, Ethernet trabaja a 10 Mb/s, su topología es multimodo, y soporta hasta 1,024 nodos en par trenzado, fibra óptica o cable coaxial.

Otras definiciones de Ethernet amplían sus características a 100Mb/s, autonegociación de velocidad, y la nueva tecnología Gigabit Ethernet amplía la velocidad hasta 1000 Mb/s.

Algunos medios físicos utilizados por Ethernet son cable coaxial, par trenzado, y fibra óptica (definidos por 10Base5, 10Base2, 10BaseT, 10BaseF, etc.). Es importante entender que Ethernet define solamente la capa física y de enlace, más no el protocolo.

En la figura No. 2.66 se muestra el Modelo OSI y su relación con Ethernet.



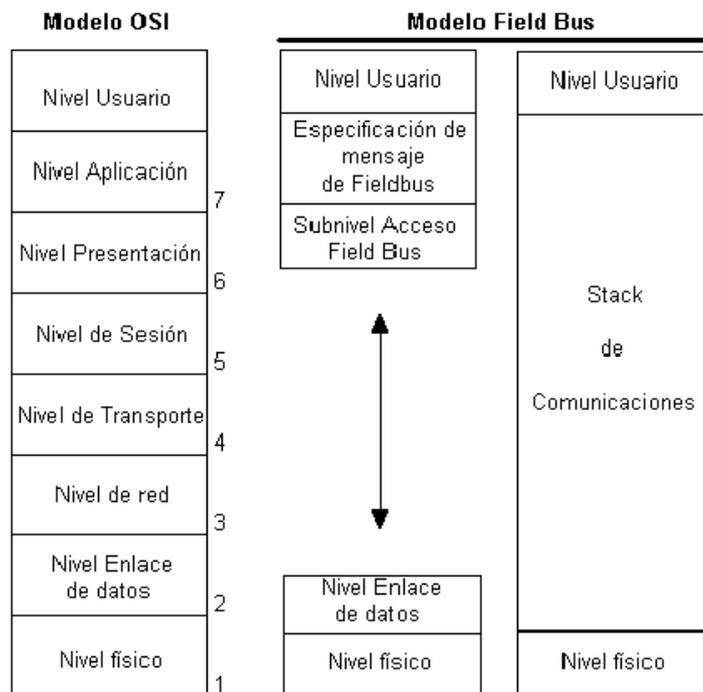
**FIGURA No. 2.66 Modelo OSI y su relación con Ethernet**

Aunque para ambientes corporativos las redes Ethernet pueden resultar muy económicas y sencillas de instalar, es necesario tomar en cuenta que para ambientes industriales es preferible utilizar elementos más robustos, lo cual encarece su costo. Sin embargo, la creciente cantidad de dispositivos que soportan Ethernet, junto con la estandarización de protocolos estándares en la industria como TCP/IP y OPC hacen de esta red una elección atractiva para sistemas donde se requiere conectividad abierta e interoperabilidad entre

sistemas y plataformas. Existen por ejemplo conversores GPIB/Ethernet, RS-232/Ethernet, etc.

### 2.5.7 FIELDBUS<sup>10</sup>

La Fundación Fieldbus es una organización de más de 120 compañías que fabrican más del 80% de productos Fieldbus a nivel mundial. Fieldbus es una red industrial diseñada específicamente para aplicaciones de control de procesos distribuidos, creada sobre tecnologías existentes siempre que sea posible, incluyendo trabajo conjunto con ISA, IEC, Profibus, FIP, y HART. La tecnología Fieldbus contempla las capas física, de enlace (communications stack), y de Usuario (no definida en el modelo OSI). No implementa las capas de 3 a 7 porque los servicios de éstas no son requeridos en aplicaciones de control de procesos. En la figura No. 2.67 se muestra el Modelo OSI, y el Modelo empleado en Field Bus.



**FIGURA No. 2.67 Modelo OSI y Modelo Field Bus**

**Capa Física (Nivel Físico):** Son las características mecánicas, eléctricas y funcionales para establecer y liberar conexiones físicas.

Existen 3 velocidades: 31,25 Kbs (baja), 1 Mbps (media) y 2,5 Mbps (alta).

En baja se puede alcanzar una distancia de 1900 m, la que disminuye con la cantidad de dispositivos en el bus, soporta especificaciones de seguridad intrínseca.

La comunicación es compatible dispositivos existente en 4-20 mA.

Los dispositivos del bus toman energía del mismo par, evitando fuentes independientes.

**Capa de Enlace (Nivel de Enlace):** El stack de comunicaciones provee los servicios de interfaces entre el nivel físico y el nivel de usuario y comprende fundamentalmente:

El Nivel Enlace de Datos (Data Link) es del tipo token-ring y establece la vinculación con el Nivel Físico. Su función es la de controlar la transmisión de mensajes hacia y desde el Nivel Físico.

El acceso al bus se realiza mediante el programa LAS (link Active Scheduler) que actúa como un centralizador y arbitrador de uso del bus, permitiendo una comunicación determinista realizando una distribución del tiempo para que todo dispositivo conectado sea sensado. Además permite que todos los datos publicados en el bus estén disponibles para todos los dispositivos conectados que los reciben simultáneamente.

El Nivel de Aplicación comprende la transferencia de datos desde el Nivel 2 al Nivel 7 y el tratamiento de los comandos del Nivel de Usuario para direccionar y acceder por su nombre los dispositivos remotos.

**Nivel Usuario:** Define una interface que permite que el usuario interactúe con los dispositivos de campo.

Hay dos recursos importantes: los bloques y la descripción de dispositivos.

Existen 3 tipos de bloques:

- **Bloque de Recurso.-** Describe características del dispositivo tales como: nombre, fabricante, modelo y número de serie.
- **Bloque de Función.-** Son objetos que proveen acciones de control en base al comportamiento de las I/O del dispositivo. Los bloques pueden residir dentro de los dispositivos de campo y estar disponibles para otros, a través de la red.

En la tabla No. 2.3 se muestra algunas funciones usuales de control y de I/O.

Block de Función	Símbolo
Analog Input	AI
Analog Output	AO
Discrete Input	DI
Discrete Output	DO
Manual Loader	ML
Proportional/Derivative	PD
Proportional/Integral/Derivative	PID

**TABLA No. 2.3 Funciones Usuales de Control y de I/O**

- **Bloque de Transferencia.-** Acopla o desacopla bloques de funciones de acuerdo al requerimiento local de las I/O del dispositivo.

El usuario crea aplicaciones sobre el bus de campo, conectando los bloques de función formando una estrategia de control distribuido, pudiendo especificar en que tiempo y en que dispositivo se ejecutan.

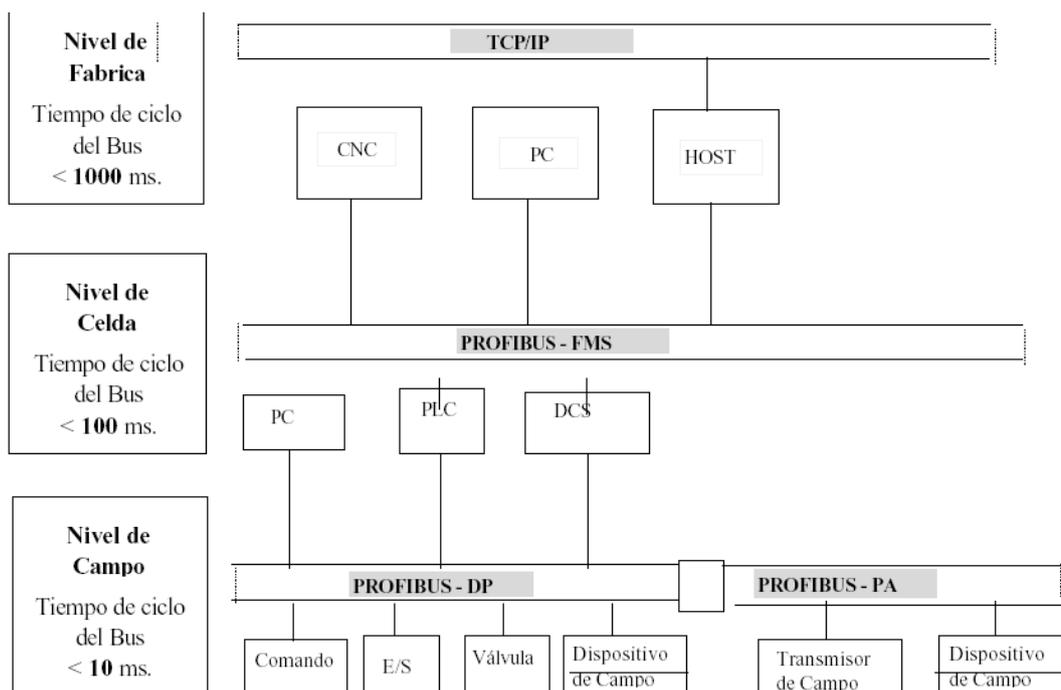
Por ejemplo las funciones AI, PID y AO pueden residir en forma individual en un transmisor, en un controlador de lazo abierto y en un actuador respectivamente.

El segundo recurso importante es la **descripción de las funciones** disponibles en el dispositivo, partir de cuya información se puede crear la HMI (Human Machine Interface), que le permita al usuario configurar parámetros y realizar la calibración, diagnóstico y acceder a otras funciones de servicio que se encuentran en los dispositivos de campo.

## 2.5.8 PROFIBUS<sup>10</sup>

Ahora reglamentado por el estándar alemán DIN 19245, es el sistema Fieldbus líder en Europa y utilizado ampliamente en sistemas de control distribuido al rededor del mundo.

Más de 650 compañías componen el grupo de desarrollo de Profibus, desarrollando su tecnología de modo es aplicable tanto para aplicaciones de alta velocidad y de tiempo crítico con los puntos de E/S, como en comunicaciones complejas entre controladores. Varios modelos de PLCs de Siemens utilizan este protocolo. Se necesitan tarjetas de comunicación RS-485 especiales (fabricadas por Applicom). Cumple también con el modelo OSI de 7 Capas. Existen tres versiones separadas y compatibles entre ellas: FMS, DP y PA. En la figura No. 2.68 se muestra los tiempos de ciclo de Bus para los diferentes tipos de versiones de Profibus.



**FIGURA No. 2.68 Tiempos de Ciclo de Bus para las versiones de Profibus**

**Profibus-DP.-** Está diseñado para aplicaciones de bajo costo y alta velocidad entre controladores y puntos de E/S distribuidos mediante líneas de 24V ó 0-20 mA.

En esta red, controladores centrales como PLCs ó PCs se comunican con dispositivos de campo distribuidos como E/S, drives y válvulas por enlace serial de alta velocidad, normalmente de manera cíclica.

Profibus-DP utiliza las capas 1 (usualmente RS-485 y fibra), 2 (Fieldbus Data Link) y de Usuario. Las capas de 3 a 7 no están definidas.

El Nivel de Usuario dispone de un servicio de intercomunicación con el Nivel 2. En esta versión importa la velocidad sobre la cantidad de datos (Tiempo de ciclo del bus < 10 ms.).

**Profibus-FMS.-** Está diseñada para comunicaciones de propósito general entre controladores (normalmente PLCs) y PCs, y acceder también a dispositivos de campo (Tiempo de ciclo del bus < 100 ms.).

Es el único miembro de la familia que, además de las capas 1,2 y de Usuario, define la capa 7 (de Aplicación) que hace posible acceder a variables, transmitir eventos, enviar programas y controlar su ejecución.

Tiene definido los niveles 1, 2 y 7. Mediante el FDL (Fieldbus Data Link) se realiza el control y acceso al bus correspondiente al Nivel 2.

Con el FMS Fieldbus Message Specifications se implementa el Nivel 7 vinculando el Usuario con el Nivel 2. Para el Nivel dispone soporte de fibra óptica en RS-485.

#### Nivel Físico para DP/FMS

El nivel físico más frecuente usado por Profibus-DP/FMS es RS-485.

Las velocidades de transmisión pueden ser de 9.6 Kb/s a 12 Mb/s.

En cada segmento del bus sin repetidor, pueden conectarse hasta 32 dispositivos y hasta 127 dispositivos pueden conectarse con repetidores.

La máxima longitud del cable (trenzado y apantallado) depende de la velocidad de transmisión.

**Profibus-PA.-** Está diseñada específicamente para automatización de procesos, utilizando la capa física estándar internacional Fieldbus (IEC 1158-2) definida para sensores y actuadores alimentados por el propio bus y dirigido para áreas donde se requiere seguridad intrínseca. Profibus-PA extiende el

protocolo Profibus-DP para transmisión de datos, siendo posible unir ambas redes por medio de acopladores de segmentos.

En la tabla No. 2.4 se muestran las diferentes velocidades, dependiendo de la longitud del segmento.

Velocidad (Kb/s)	9.6	19.2	93.75	187.5	500	1500	12000
Distancia/Segmento (m)	1200	1200	1200	100	400	200	100

**TABLA No. 2.4 Velocidades vs. Longitud del Segmento**

### **2.5.9 OPC: ESTÁNDAR DE COMUNICACIONES<sup>10</sup>**

OPC (OLE for Process Control) define una interfaz de comunicaciones abierto y estándar basado en tecnologías Microsoft COM, DCOM y ActiveX y cuya meta es comunicar dispositivos de campo como APs, computadores, e incluso programas. OPC está reemplazando a DDE y sus derivados como NetDDE debido a que la confiabilidad y eficiencia de ésta antigua tecnología era limitada.

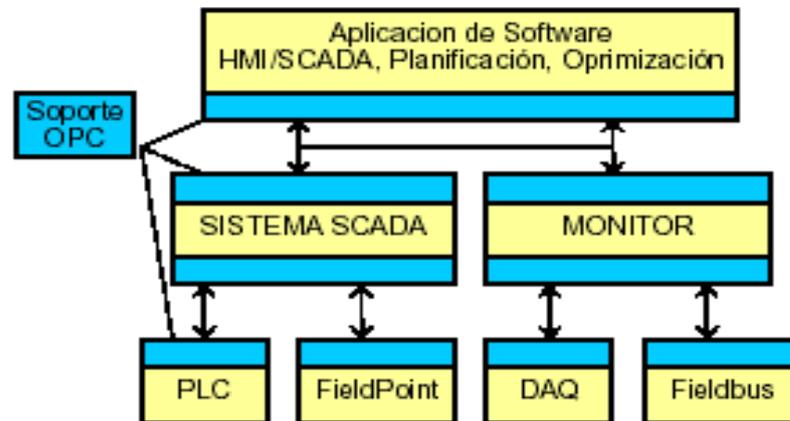
La especificación OPC documenta un conjunto de interfaces COM definiendo objetos, métodos y propiedades, y DCOM permite comunicar éstos mediante una red (que puede ser ethernet, serial, etc.).

Actualmente, desarrolladores de software y hardware incluyen soporte Cliente y Servidor OPC, de modo que la comunicación entre ellos está garantizada.

En la figura No. 2.69 se muestra como se interconectan dispositivos de campo con el estándar de comunicaciones OPC.

---

<sup>10</sup> Revista de Instrumentación y Control Año 2004 No. 02 PGS. 02 y 03



**FIGURA No. 2.69 OLE Process Control**

Por ejemplo, LabVIEW soporta OPC como cliente y como servidor.

Si se tiene un PLC cuyo driver es compatible con OPC, la comunicación está garantizada (suponiendo que la red está correctamente instalada).

Así mismo, se puede equipar a LabVIEW con el conjunto de drivers OPC de National Instruments y así comunicarse con más de 90 PLCs de diferentes marcas y modelos.

## **CAPITULO III**

En este capítulo se tratará la selección y características técnicas de los Equipos que serán empleados en la construcción del sistema de Control adecuado para la maquinaria.

### **DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL**

El sistema de control a seleccionarse debe cumplir con ciertas especificaciones, para poder satisfacer las necesidades de los operadores de la maquinaria, personal de mantenimiento y las de la empresa en general.

Estas necesidades fueron analizadas cuidadosamente y se concluyó lo siguiente:

1. El sistema debe poseer la capacidad de acceder a una base de datos donde se guardarán todas las Especificaciones (modelos) de los diferentes tipos de transformadores que se construyen en dichas máquinas.
2. El sistema debe ser moderno, de tal manera que los repuestos se los pueda encontrar fácilmente en el mercado para su reemplazo.
3. El mantenimiento de la máquina debe ser mínimo ya que esta opera 16 horas al día.
4. El sistema de control debe ser lo suficientemente flexible con la finalidad de que facilite las tareas del operador en el momento de la construcción de la bobina.
5. El sistema debe poseer una buena señalización con el objetivo de que el operador pueda conocer el estado en el cual se encuentra el proceso de manufactura.
6. Se debe brindar confiabilidad por parte del sistema al operador en caso de suspensión del suministro de energía eléctrica.
7. A través del nuevo sistema de control se pretende aumentar la producción reduciendo los tiempos de manufactura del producto.

Para satisfacer todas las necesidades anotadas anteriormente se decidió implementar un sistema de control basado en Computador.

A continuación se presenta las características más importantes del módulo de control.

Cabe señalar que se estudió la posibilidad de implementar un control basado en PLC (Programadores, Lógicos de Control), pero debido a la variedad de modelos de transformadores, y la necesidad de realizar la conexión con la base de datos se dificulta implementar dicha aplicación.

Al implementar un control por Computador se facilita el trabajo de enlazar el proceso de manufactura con la base de datos de los diferentes modelos. Por este motivo se decidió utilizar el programa LabView para desarrollar el software de control.

Al desarrollar el programa de aplicación se consigue gran versatilidad, debido a que se lo hace de acuerdo a las necesidades del operador y del proceso de manufactura en general.

### **3.1 SELECCIÓN DE LOS MOTORES**

Los motores que se empleen en el nuevo sistema de control deben poseer ciertas características de tal manera que se adapten a las necesidades del proceso.

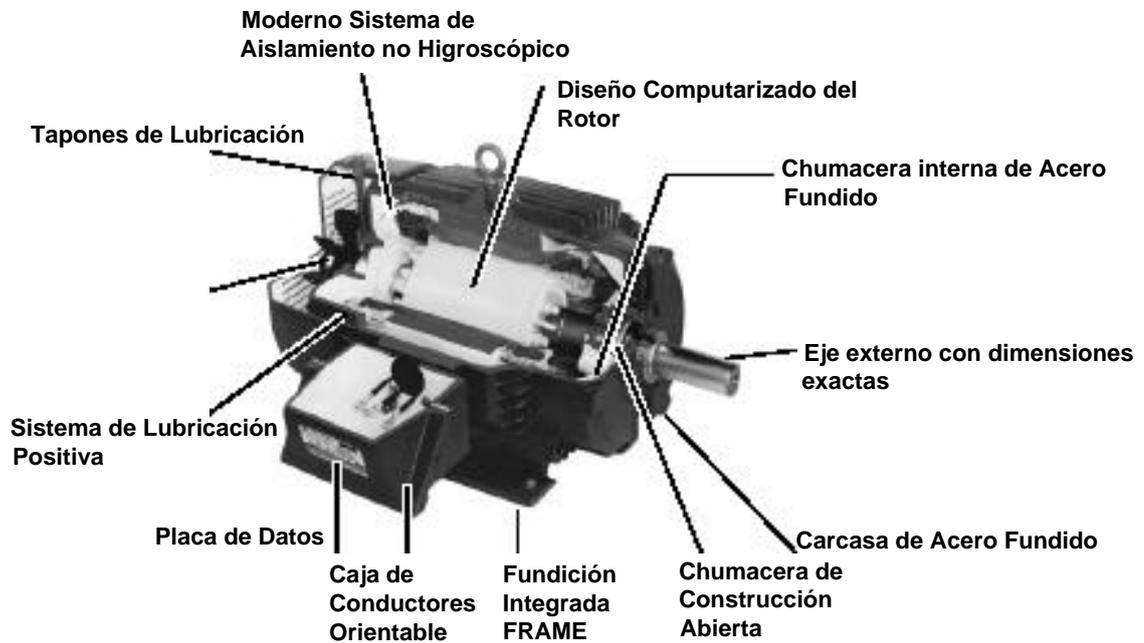
La maquinaria actual cuenta con dos motores de Corriente Continua DC, un motor es del Mandril y el otro motor es del Husillo.

Se decidió cambiar dichos motores de corriente continua DC, por motores tipo Jaula de Ardilla, de Corriente Alterna CA, esto se debe a que en la actualidad los motores de Corriente Continua están siendo reemplazados por motores de Corriente Alterna y el control de velocidad de los mismos se lo está haciendo a través de Variadores de Frecuencia.

Los motores que se seleccionaron son marca Allen Bradley con los siguientes códigos:

- Código: 1329RS-HAF3336NVH (Motor de 0.33HP Husillo de la máquina)
- Código: 1329RS-HA00536FCH (Motor de 5HP Mandril de la máquina)

Los motores son del tipo Totally Enclosed AC Motors Constant Torque, y poseen las características que se muestran en la figura No. 3.1.



**FIGURA No. 3.1 Características de los Motores**

### **3.1.1 Características técnicas de los motores**

Los motores seleccionados poseen las siguientes características:

Motor 1329RS-HAF3336NVH (Husillo de la máquina)

Potencia: 0.33HP

Voltaje: 230/460

RPM: 3600

Fases: 3

Frecuencia: 50-60Hz

Frame: EB56

Eficiencia: 78.5%

Dimensiones: ABD1001

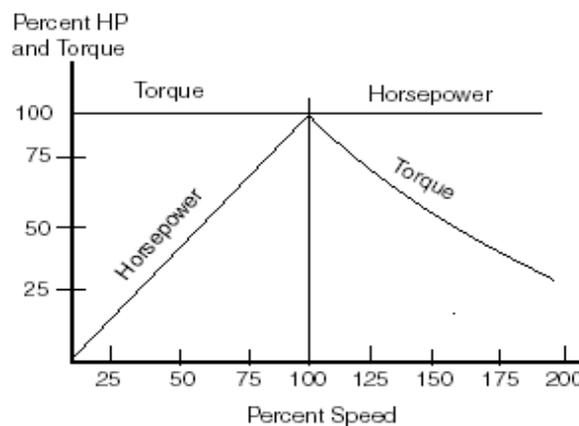
Peso: 18 Libras

Motor 1329RS-HA00536FCH (Mandrill de la Máquina)

Potencia: 5HP

Voltaje: 230/460  
RPM: 3600  
Fases: 3  
Frecuencia: 50-60Hz  
Frame: 184T  
Eficiencia: 90.2%  
Dimensiones: ABD1006  
Peso: 115 Libras

Los dos motores están diseñados con clase de aislamiento tipo F (soporta 170°C de temperatura), y son del tipo “Torque Constante”, esta característica es una de las razones principales para haberlos seleccionado, ya que en operación pese a estar trabajando a bajas revoluciones su torque trata de permanecer constante, tal como se muestra en la figura No. 3.2.



**FIGURA No. 3.2 Características de Torque de los Motores**

Para más información sobre las características técnicas de los motores ver el ANEXO 1.

## **3.2 SELECCIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA**

Para la selección de los variadores se tomó en consideración algunos parámetros que requería la aplicación.

- El variador de Frecuencia debe tener la capacidad de ser controlado remotamente.
- El equipo debe poseer protecciones contra sobre-corrientes, sobre-voltajes.
- El equipo también debe poseer compensación de Torque.
- El variador no debe ser de los de última generación (Control Vectorial), ya que es suficiente que posea la técnica de control PWM (Pulse Width Modulation), descrita en el capítulo anterior.

Todos estos requisitos cumplen los variadores Power Flex 4 de la marca Allen Bradley.

Los códigos de los variadores para los motores seleccionados son los siguientes:

Para el motor de 0.33HP, el código del variador es:

22A-B017N104

Para el motor de 5HP, el código del variador es:

22A-B2P3N104

### **3.2.1 Características técnicas de los variadores de frecuencia**

El variador con la serie 22A-B017N104 posee las siguientes características:

Voltaje: 200 - 240 VAC

Voltaje: 0 - 230 VAC

Fases: 3

Frecuencia: 50-60Hz

Potencia: 5HP

Corriente de Salida: 17.5A

Posee interfaz RS-485

Sin filtro para EMI

Enclosure: IP 20 (NEMA tipo Abierto)

El variador con la serie 22A-B2P3N104 posee las siguientes características:

Voltaje: 200 - 240 VAC

Voltaje: 0 - 230 VAC

Fases: 3

Frecuencia: 50-60Hz

Potencia: 0.5HP

Corriente de Salida: 2.3A

Posee interfaz RS-485

Sin filtro para EMI

Enclosure: IP 20 (NEMA tipo Abierto)

### **3.2.2 Parámetros de ajuste del Variador de Frecuencia**

El variador Power Flex 4 de Allen Bradley posee para su calibración y ajuste tres grupos diferentes de instrucciones:

- Grupo de Datos del motor a ser controlado por el variador.
- Grupo de Visualización de Parámetros
- Grupo de Parámetros avanzados.

**Grupo de Datos del Motor.-** En este conjunto de instrucciones se ingresa los datos de placa del motor, frecuencias Máxima y Mínima, Modos de Frenado, Tipo de Control, entre otros.

**Grupo de Visualización de Parámetros.-** En este conjunto de instrucciones se escoge que variable es la que se quiere visualizar en el display que posee el variador como por ejemplo: Frecuencia de salida, Voltaje de salida, etc.

**Grupo de Parámetros Avanzados.-** En este conjunto de instrucciones se encuentran operaciones especiales que se pueden programar, como por ejemplo: Compensación de Torque, Control de los relés auxiliares que posee el equipo, Refuerzos en el arranque, etc.

En la tabla No. 3.1 se encuentra en resumen el conjunto de instrucciones que posee el variador de frecuencia.

### GRUPO DE DATOS DEL MOTOR

No.	Parámetro	Pantalla/ Opciones	Valor Predeterminado
P031	Voltaje de Placa del Motor	1 Vca	Basado Cap. Nom. Variador
P032	Frecuencia Nominal	1 Hz	60
P033	Corriente Máxima del motor	0.1 A	Basado Cap. Nom. Variador
P034	Frecuencia Mínima	0.1 Hz	0
P035	Frecuencia Máxima	1 Hz	60

### GRUPO DE VISUALIZACION

No.	Parámetro	Pantalla Opciones	Valor Predeterminado
d001	Frecuencia de Salida	0.0 / Frec. Máx.	0.1 Hz.
d002	Frecuencia de Comando	0.0 / Frec. Máx.	0.1 Hz.
d003	Int. Salida	0.0 / Intens. Var. x 2	0.01A
d004	Tensión de Salida	0/Volt. Nom. Var.	1 Vca

### GRUPO DE PARAMETROS AVANZADO

No.	Parámetro	Pantalla Opciones	Valor Predeterminado
A051	Entrada Digital 1	0/7	4
A052	Entrada Digital 2	0/7	4
A055	Salida de Pulsos	0/9	0
A056	Nivel Salida de Pulsos	0/9999	0
A067	Tiempo de Aceleración 2	0/60 seg.	20
A068	Tiempo de Desaceleración 2	0.1/600.0 seg.	20

**TABLA No. 3.1 Resumen del conjunto de Instrucciones que posee el Variador de Frecuencia**

Para más información sobre las características técnicas e instrucciones del variador de frecuencia ver el ANEXO 2.

### 3.3 SELECCIÓN DE LOS SENSORES DE POSICION

Para la selección de los sensores de posición se debe tomar en cuenta todos los parámetros físicos a ser sensados, para que el Software pueda tener control sobre dichas variables en el proceso de manufactura del producto.

Luego de estudiar al proceso se decidió utilizar dos encoder ya que estos dispositivos nos permiten sensar posición. El proceso requiere que se sense el número de vueltas del primario del transformador y el desplazamiento lineal que tiene el Husillo de la máquina. El sensor debe poseer la capacidad de proporcionar señales en sentido horario y sentido anti-horario. Estas características las poseen los Encoders Incrementales Opticos de la marca Allen Bradley cuyo código es: 845P-SHC14-CN3

#### 3.3.1 Características técnicas de los Encoder

El encoder incremental óptico 845P convierte la rotación del eje en un formato digital electrónico. La salida de encoder (pulsos de onda cuadrada) proporciona un medio preciso de digitalizar posición, velocidad y dirección de rotación.

El encoder 845P es un encoder incremental industrial tamaño 15. El envoltorio de aluminio tipo 1 proporciona protección contra el contacto incidental con suciedad, polvo, pelusas, fibras y otros contaminantes no líquidos. Los componentes electrónicos ofrecen señales de encoder de dos canales en cuadratura, con un índice inhibido estándar. El encoder proporciona señales de salida diferencial a 100 kHz, con resolución de disco de códigos de 500 a 1000 pulsos por revolución. En la tabla No. 3.2 se encuentra las características técnicas del equipo:

<b>Eléctricas</b>	
<b>Formato de código</b>	Incremental, 2 canales con índice cero
<b>Cuadratura</b>	90 <sup>±</sup> 36 El canal A precede al canal B hacia la izquierda
<b>Simetría</b>	50 % <sup>±</sup> 10 %
<b>Canal de índice cero</b>	½ ciclo, inhibición al canal B
<b>Requisitos de alim. Eléctrica</b>	5 VCC <sup>±</sup> 5 % a 90 mA máximo
<b>Respuesta a frecuencia</b>	100 kHz

<b>Vel. De operación (datos)</b>	(100 kHz x 60)/pulsos por revolución = RPM o 5000 RPM, el valor más bajo de los dos
<b>Resolución</b>	500 ó 1000 PPR en disco de código
<b>Capac. de control de salida</b>	Controlador de línea diferencial = $\pm 20$ mA
<b>Mecánicas</b>	
<b>Par de arranque</b>	0.6 Ncm típico (0.9 pulg.-oz)
<b>Par de torsión</b>	0.1 Ncm típico (0.15 pulg.-oz)
<b>Velocidad de giro</b>	5000 RPM
<b>Carga de eje</b>	Axial 2.5 lbs [11 N] Radial 22 N [5.0 lbs]
<b>Tamaño de eje</b>	6.4 mm [1/4 pulg.] de diámetro
<b>Ambiental</b>	
<b>Carcasa</b>	NEMA tipo 1
<b>Temperatura</b>	0 °C a +60 °C (+32° F a +140 °F).operación -25 °C a +90 °C (-13 °F a +194 °F).almacenam.
<b>Humedad</b>	85 % sin condensación
<b>Impacto</b>	50 g (11 ms. de duración)
<b>Vibración</b>	20 g (5 a 2000 Hz)
<b>Peso de embalaje aprox.</b>	0.34 kg. (12 oz.)

**TABLA No. 3.2 Características Técnicas del Encoder**

En la figura No. 3.3 se muestra al encoger 845P.



**FIGURA No. 3.3 Encoder 845P**

Para más información sobre las características técnicas de los encoders ver el ANEXO 3.

### **3.4 SELECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL SISTEMA**

Los dispositivos de mando del sistema de control, son la interfaz entre el Software de control y los actuadores, en este caso los variadores de Frecuencia que a su vez controlan los motores del sistema.

También los dispositivos de mando deben permitir que se pueda sensar la posición, estos datos son proporcionados por los encoder, para que el Software adquiera dicha información, la procese y de una señal de respuesta a la maquinaria.

Todos estos requerimientos fueron encontrados en los módulos FieldPoint de National Instruments, los cuales permiten ser controlados por aplicaciones desarrolladas en LabView, y son construidos exclusivamente para ambientes industriales.

Estos dispositivos son del tipo modular, es decir que se adquieren los módulos de acuerdo a las necesidades del proceso, existen módulos, de entradas digitales, entradas analógicas de voltaje o corriente, entradas para sensores específicos como: termocuplas, RTD, Encoder, etc., también existen módulos de salidas digitales, salidas analógicas de voltaje y corriente, salidas de pulsos, etc.

Para el control de este proceso se seleccionó los siguientes módulos:

- Módulo FP-AO-210 (Módulo de salidas analógicas de voltaje).
- Módulo FP-QUAD-510 (Módulo de entradas para señales de Encoder).
- Módulo FP-RLY-420 (Módulo de salidas a Relé).
- Módulo FP-DI-301 (Módulo de entradas digitales).

También se requiere de una interfaz entre el computador y estos módulos, este dispositivo es el FP-1601, este posee una interfaz para conector tipo RJ-45, el mismo que sirve para conectarlo a una red industrial o sino para realizar una conexión punto a punto que es la que requiere nuestra aplicación. La ventaja de utilizar este dispositivo son las velocidades de transmisión. Existen otros tipos de módulos con interfaces seriales, pero trabajan a velocidades menores.

### 3.4.1 Características técnicas de los módulos FieldPoint

**Módulo FP-1601.-** Este dispositivo es la interfaz entre el Software de aplicación y los módulos que son utilizados para el control y monitoreo del proceso. Este se adapta a las necesidades del sistema, principalmente por las velocidades de transmisión que maneja de 10 a 100Mbps. En la tabla No. 3.3 se muestra las especificaciones técnicas de este dispositivo.

#### Especificaciones

<b>Red</b>	
Interface	10BaseT y 100BaseTX Ethernet
Compatibilidad	IEEE 802.3
Rango de Comunicación	10 Mb/s 100Mb/s
Long. Max. Del cable	100m./segmento
Máximo número de I/O módulos	9 terminales
Máx. Fuente de Poder por Base Terminal	9 W.
Máximo número de bancos	Definido por la topología de red

#### Requisitos de Potencia

Fuente de Poder	11-30 Vdc
-----------------	-----------

#### Características Físicas

LED Indicadores	
POWER (verde)	Módulo Encendido
STATUS (rojo)	Condición de Falla
LINK (verde)	Conexión
SPEED (Amarillo)	100 Mb/s 10 Mb/s
ACTIVE (verde)	Actividad Ethernet
Tx (verde)	Transmisión activa
Rx (verde)	Recepción activa
Cable de conexión	16-26 AWG
Torque para Base Terminal	0.5-0.6 Nm.
Peso	235 g.
Ambiente	
Temperatura de Operación	-25 a 55 °C
Temperatura Ambiente	-55 a 85 °C
Humedad Relativa	10 a 90% sin condensado

**TABLA No. 3.3 Características Técnicas del Módulo FP-1601**

Para más información sobre las características técnicas del Módulo FP-1601 ver el ANEXO 4.

**Módulo FP-DI-301.-** Este módulo es del tipo Entradas digitales, este sirve para enviar información al software de los estados de los dispositivos digitales que son utilizados en la máquina, por ejemplo, máquina energizada, paro de emergencia activado, etc.

Este módulo posee 16 entradas digitales con un rango de operación de 15 a 30 V DC. En la tabla No. 3.4 se muestra las características técnicas de este módulo.

### Especificaciones

<b>Entradas Digitales</b>	
FP-DI-301	16 canales
FP-DI-300	8 canales

### Características de Entrada

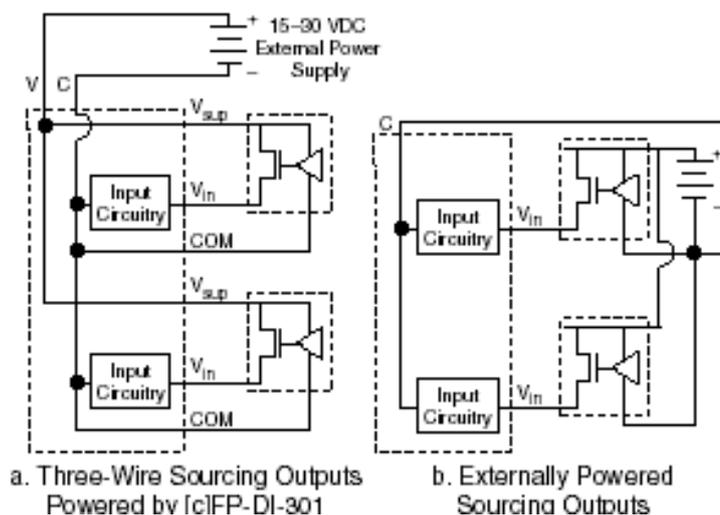
Impedancia de Entrada	5 K ohms
Límite de Corriente de Entrada	1.5 Ma

### Características Físicas

<b>LED Indicadores</b>	
POWER (verde)	Módulo Encendido
READY (verde)	Módulo Configurado y listo
De 0 a 15 (verde)	Estado de las Entradas
Dimensiones incluida la base	10.7 x 10.9 x 9.1 cm.
Peso	133g.
<b>Vibración</b>	
Rango de Operación y vibración	10 a 500 Hz.
Vibración Sinusoidal	10 a 500 Hz.
<b>Requisitos de Potencia</b>	
Fuente de Poder	325 mW.
<b>Ambiente</b>	
Temperatura de Operación	-40 a 70 °C
Temperatura Ambiente	-55 a 85 °C
Humedad Relativa	10 a 90% sin condensado

**TABLA No. 3.4 Características Técnicas del Módulo FP-DI-301**

En la figura No. 3.4 se muestra la conexión de las entradas digitales con una fuente externa o sin ella. La figura fue tomada del manual del usuario del módulo FP-DI-301 Pg. 4.



**FIGURA No. 3.4 Circuito de Conexión del Módulo FP-DI-301 con Fuente externa y sin ella**

Para más información sobre las características técnicas del módulo FP-DI-301 ver el ANEXO 5.

**Módulo FP-RLY-420.-** Este módulo es del tipo salidas a relé, estas son utilizadas para enviar señales de mando desde el software de control al proceso, este dispositivo controla todos los mandos digitales que posee la máquina, por ejemplo, activación del freno, inversiones de giro de los motores (estas señales son enviadas a los variadores que poseen entradas digitales de 24 V DC para hacer el control remoto del sentido de giro de los motores).

Los relés de este módulo soportan una corriente máxima de 3A con un voltaje de 250V AC o 35 V DC. Este módulo está formado por 8 salidas a relé.

En la tabla No. 3.5 se muestra las características técnicas de este módulo.

### Especificaciones

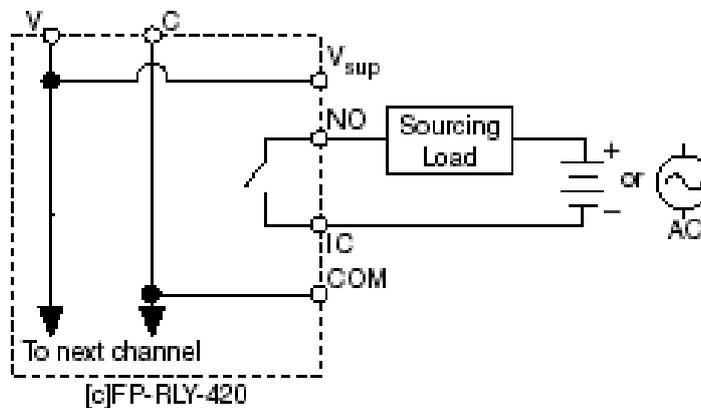
<b>Salidas a Relé</b>	
FP-RLY-420	8 canales
FP-RLY-422	4 canales
<b>Máxima Capacidad de Corriente (carga Resistiva)</b>	
AC	3 A 250Vac
DC	3 A 35 Vdc

### Características Físicas

<b>LED Indicadores</b>	
POWER (verde)	Módulo Encendido
READY (verde)	Módulo Configurado y listo
De 0 a 7 (verde)	Estado de las Entradas
Dimensiones incluida la base	10.7 x 10.9 x 9.1 cm.
Peso	160g.
<b>Tiempo de vida</b>	
Mecánico	2x10 <sup>7</sup> operaciones / s
Eléctrico	300000 operaciones a 3 <sup>a</sup> 35 Vdc.
<b>Requisitos de Potencia</b>	
Fuente de Poder	2.5 mW.
<b>Ambiente</b>	
Temperatura de Operación	-40 a 70 °C
Temperatura Ambiente	-55 a 85 °C
Humedad Relativa	10 a 90% sin condensado

**TABLA No. 3.5 Características Técnicas del Módulo FP-RLY-420**

En la figura No. 3.5 se muestra el diagrama de conexión de este módulo con carga. La figura fue tomada del manual del usuario del módulo FP-RLY-420 Pg. 5.



**FIGURA No. 3.5 Circuito de Conexión del Módulo FP-RLY-420**

Para más información sobre las características técnicas del módulo FP-RLY-420 ver el ANEXO 6.

**Módulo FP-AO-210.-** Este módulo es del tipo de salidas analógicas de voltaje, de 0 a 10 V DC, estas son utilizadas para comandar desde el software de control la velocidad de los motores. Las señales emitidas por este dispositivo son enviadas a las entradas analógicas de voltaje de los variadores de frecuencia para que estos a su vez controlen la velocidad de los motores de la máquina.

Este módulo posee 8 canales cada uno con una resolución de 12 bits, soporta una corriente de 1 mA sin fuente externa y máximo una corriente de 10 mA con fuente externa.

En la tabla No. 3.6 se muestra las características técnicas de este módulo.

#### **Especificaciones**

<b>Salidas Analógicas</b>	
Número de canales	8 canales
Resolución	12 bits

#### **Voltaje de Salida**

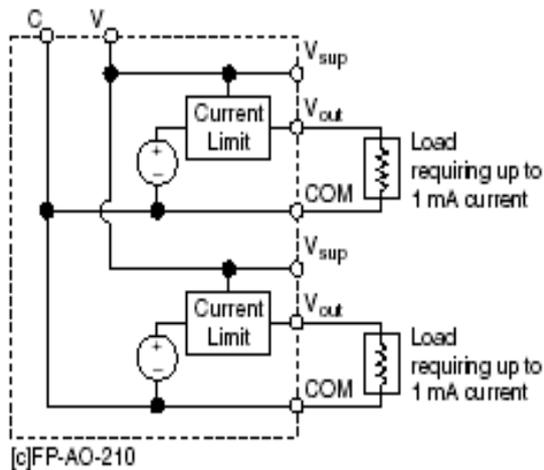
Rango de Salida	0 – 10 V.
Máx. Corriente por canal	1 mA sin fuente externa

#### **Características Físicas**

<b>LED Indicadores</b>	
POWER (verde)	Módulo Encendido
READY (verde)	Módulo Configurado y listo
Fault Status (rojo)	Exceso de Corriente en el canal.
Dimensiones incluida la base	10.7 x 10.9 x 9.1 cm.
Peso	145g.
<b>Vibración</b>	
Rango de Operación y vibración	10 a 500 Hz.
Vibración Sinusoidal	10 a 500 Hz.
<b>Requisitos de Potencia</b>	
Fuente de Poder	600 mW.
<b>Ambiente</b>	
Temperatura de Operación	-40 a 70 °C
Temperatura Ambiente	-55 a 85 °C
Humedad Relativa	10 a 90% sin condensado

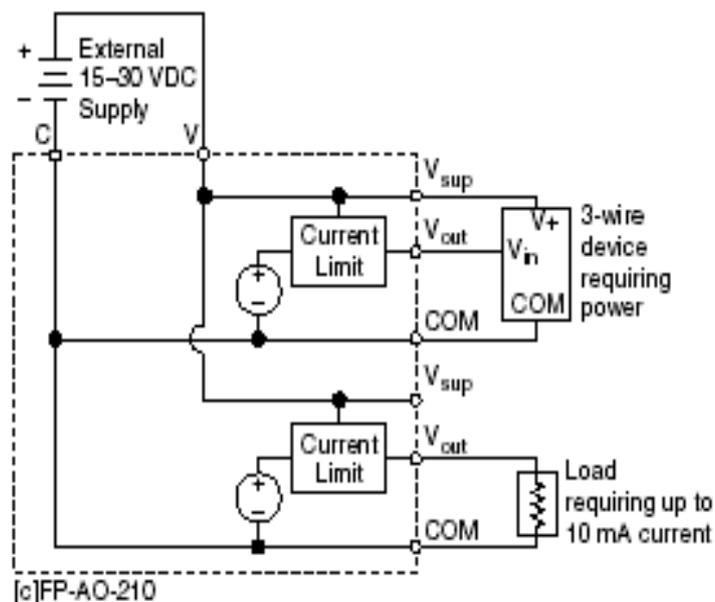
**TABLA No. 3.6 Características Técnicas del Módulo FP-AO-210**

En la figura No. 3.6 se muestra la conexión de las salidas analógicas sin fuente externa, cada canal se encuentra conectado a una carga en forma independiente. La figura fue tomada del manual del usuario del módulo FP-AO-210 Pg. 5.



**FIGURA No. 3.6 Circuito de Conexión del Módulo FP-AO-210 sin fuente externa**

En la figura No. 3.7 se muestra la conexión de las salidas analógicas con fuente externa, cada canal se encuentra conectado a una carga en forma independiente. La figura fue tomada del manual del usuario del módulo FP-AO-210 Pg. 5.



**FIGURA No. 3.7 Circuito de Conexión del Módulo FP-AO-210 con fuente externa**

Para más información sobre las características técnicas del módulo FP-AO-210 ver el ANEXO 7.

**Módulo FP-QUAD-510.-** Este módulo es del tipo de entradas para encoders, estas servirán para conectar los dos sensores de posición de la máquina, para que el software adquiera la información del número de vueltas en el que se encuentra el proceso de manufactura, y tome las acciones de control.

Este dispositivo cuenta con cuatro entradas para encoder tipo diferencial (cuenta pulsos en el sentido horario como también en el sentido anti-horario).

Cada canal posee una resolución de 32 bits. Tiene la opción de enviar una señal digital al sensor la cual se encarga de encerrar al encoder.

En la tabla No. 3.7 se muestra las características técnicas de este módulo.

#### Especificaciones

<b>Entradas para Encoders</b>	
Número de canales	4 canales
Resolución	32 bits

#### Características de Entrada

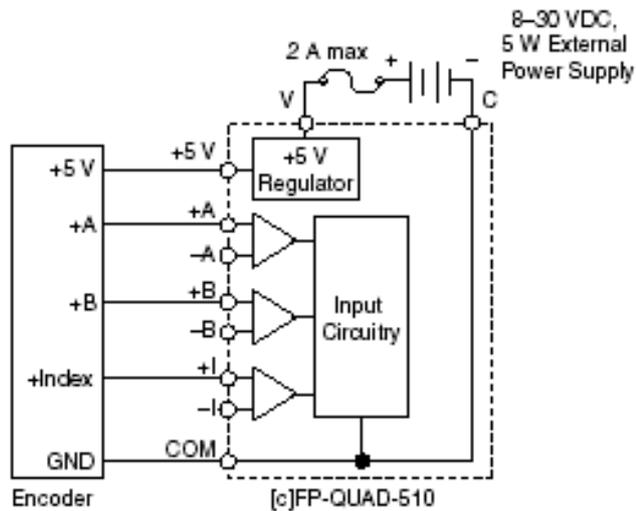
Frecuencia del Encoder	1 millón de pulsos
Mínimo Ancho del Pulso	2 microsegundos

#### Características Físicas

<b>LED Indicadores</b>	
POWER (verde)	Módulo Encendido
READY (verde)	Módulo Configurado y listo
Dimensiones incluida la base	10.7 x 10.9 x 9.1 cm.
Peso	143g.
<b>Vibración</b>	
Rango de Operación y vibración	10 a 500 Hz.
Vibración Sinusoidal	10 a 500 Hz.
<b>Requisitos de Potencia</b>	
Fuente de Poder	1.2 W.
<b>Ambiente</b>	
Temperatura de Operación	-40 a 70 °C
Temperatura Ambiente	-55 a 85 °C
Humedad Relativa	10 a 90% sin condensado

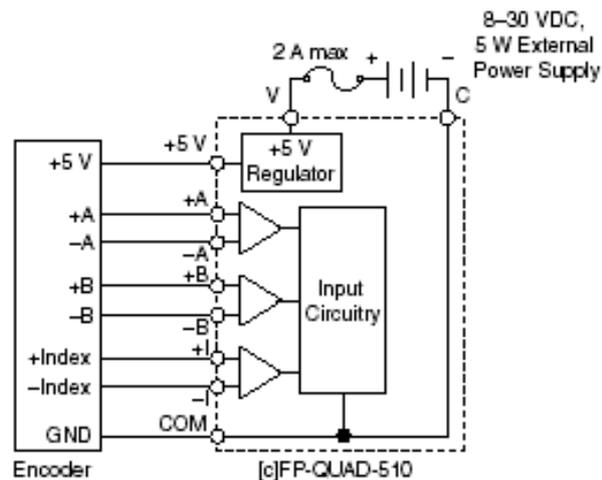
**TABLA No. 3.7 Características Técnicas del Módulo FP-QUAD-510**

En la figura No. 3.8 se muestra la conexión de un encoder no diferencial (únicamente emite pulsos en un solo sentido de giro). La figura fue tomada del manual del usuario del módulo FP-QUAD-510 Pg. 6.



**FIGURA No. 3.8 Circuito de Conexión del Módulo FP-QUAD-510 a un encoder No diferencial**

En la figura No. 3.9 se muestra la conexión de un encoder diferencial. La figura fue tomada del manual del usuario del módulo FP-QUAD-510 Pg. 6.



**FIGURA No. 3.9 Circuito de Conexión del Módulo FP-QUAD-510 a un encoder diferencial**

Para más información sobre las características técnicas del módulo FP-QUAD-510 ver el ANEXO 8.

### 3.4.2 Características del Software de Configuración de los módulos FieldPoint (MAX)

MAX (Measurement and Automation Explorer) es una herramienta de National Instruments que proporciona todos los drivers de configuración de cualquier dispositivo de esta marca, es decir cualquier tipo de hardware ya sean estos: tarjetas de adquisición de datos (DAQ), Módulos FieldPoint, tarjetas para sistemas de Visión artificial (IMAQ), etc. Pueden ser configurados desde este software.

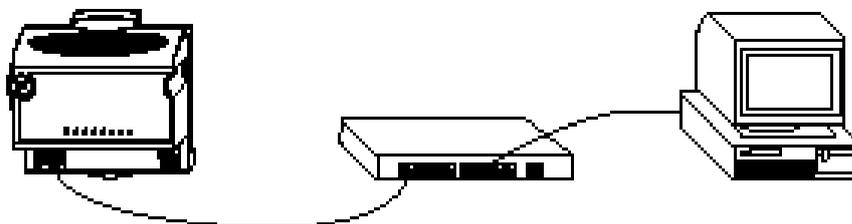
El sistema de control de la aplicación es una conexión punto a punto tal como se muestra en la figura No. 3.10.



**FIGURA No. 3.10 Conexión del Módulo FP-1601 a un PC**

La interfaz que se utiliza para esta conexión es un cable UTP en conexión cruzada.

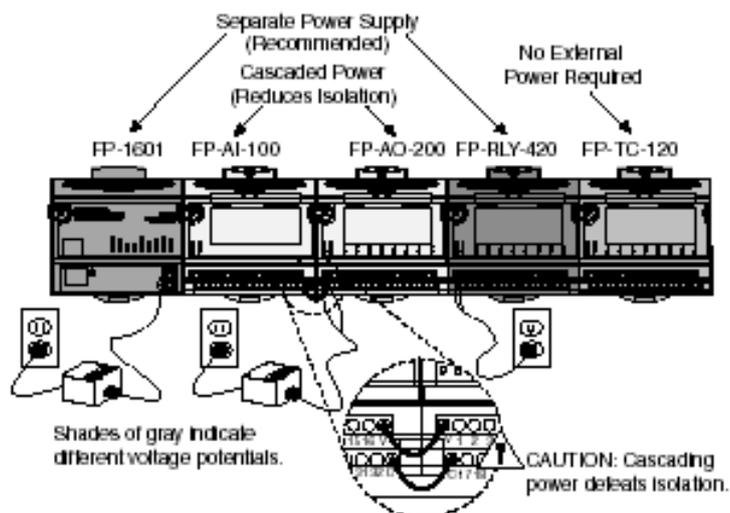
También el módulo FP-1601 puede ser conectado a dispositivos de red ya sean estos: HUB, SWITCH, tal como se muestra en la figura No. 3.11.



**FIGURA No. 3.11 Conexión del Módulo FP-1601 a un dispositivo de Red**

La interfaz que se utiliza para esta conexión es un cable UTP en conexión directa.

El módulo FP-1601 debe estar conectado junto con los devices (por ejemplo: FP-AO-210, FP-RLY-420, FP-DI-301). La conexión del módulo FP-1601 con los devices se muestra en la figura No. 3.12.

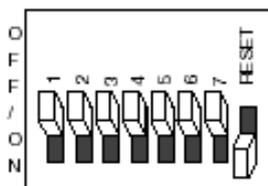


**FIGURA No. 3.12 Conexión del Módulo FP-1601 con los devices**

Posteriormente de realizar todas las conexiones, se procede a configurar mediante el software MAX a cada uno de los devices.

Para que el módulo FP-1601 sea reconocido por el computador hay que asignarle una dirección IP, internamente el módulo FP-1601 posee una memoria donde se alojará dicha dirección. Para poder asignar una dirección IP hay que resetear al módulo. Para hacerlo se procede de la siguiente manera:

1. Se desconecta al módulo FP-1601 de la alimentación eléctrica.
2. Se procede a colocar en la posición de ON al switch de RESET, tal como se muestra en la siguiente figura No. 3.13.



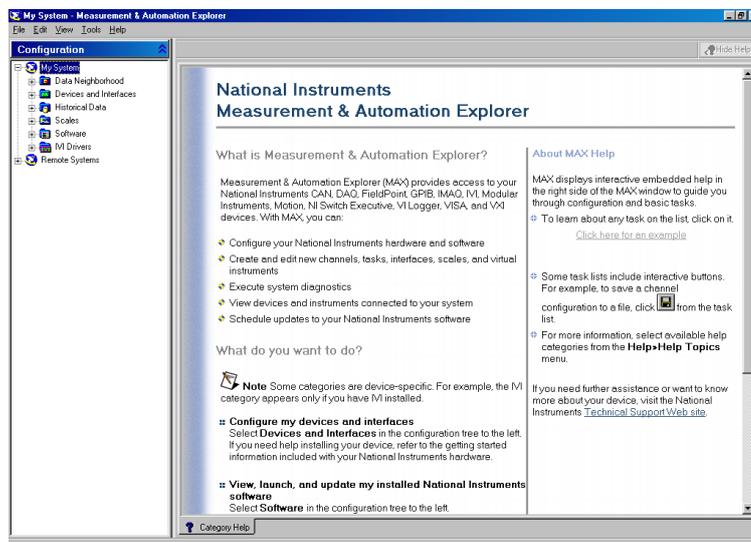
**FIGURA No. 3.13 SWITCH RESET en la posición ON**

3. Luego se conecta nuevamente el módulo FP-1601 a la fuente de alimentación, hasta que el LED de STATUS (color rojo) empiece a titilar.
4. Luego de desconecta nuevamente el módulo de la fuente de alimentación.
5. Posteriormente el switch de RESET se coloca en la posición OFF.
6. Finalmente se conecta nuevamente el módulo FP-1601 a la fuente de alimentación.

El módulo indicará que no posee una dirección cuando el led de STATUS se encuentre titilando.

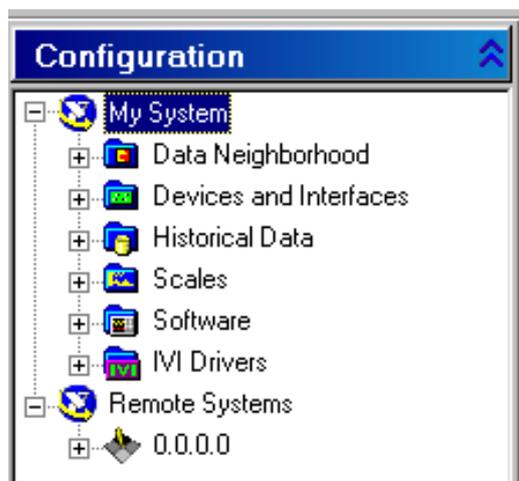
Antes de abrir el software MAX se debe asegurar que cualquier otro programa de National Instruments se encuentre cerrado, por ejemplo: LabView, Lookout, etc.

Al abrir MAX aparece la pantalla que se muestra la figura No. 3.14.



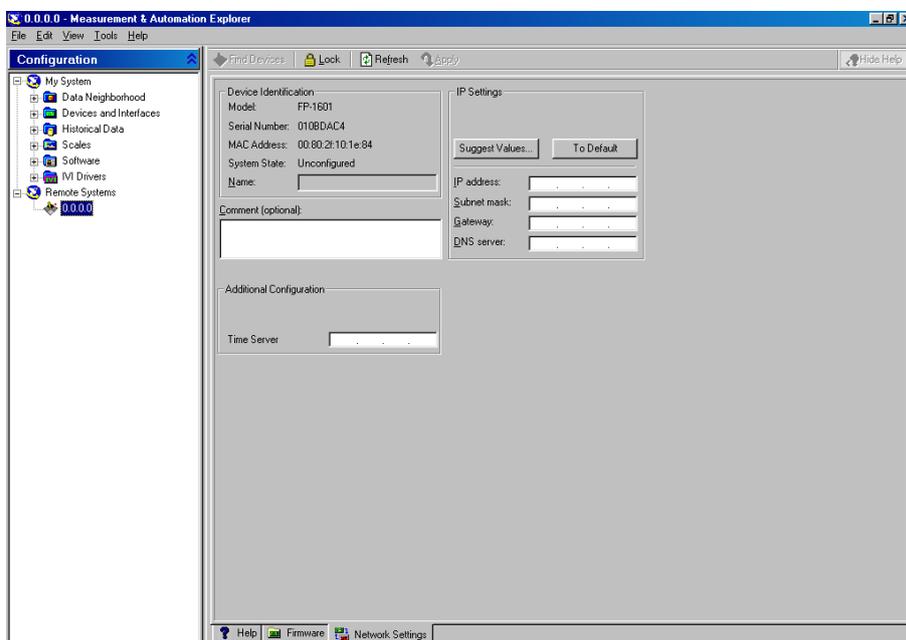
**FIGURA No. 3.14 Pantalla Principal del Software MAX**

Posteriormente se hace clic en la opción Remote Systems que se encuentra al costado izquierdo de la pantalla en la última posición, y parecen los dispositivos conectados al computador, como se muestra en la figura No. 3.15.



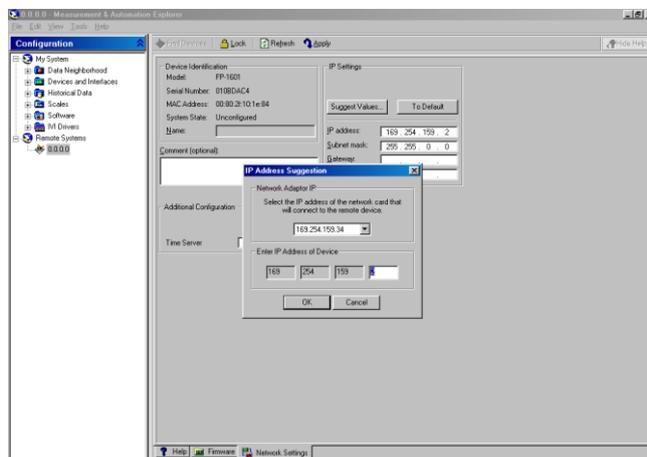
**FIGURA No. 3.15 Remote Systems (Software MAX)**

En caso de que no aparezca el icono 0.0.0.0 se debe reiniciar la computadora. Luego se hace clic sobre el icono 0.0.0.0 y aparece la pantalla de la figura No. 3.16.



**FIGURA No. 3.16 Pantalla de Configuración (Software MAX)**

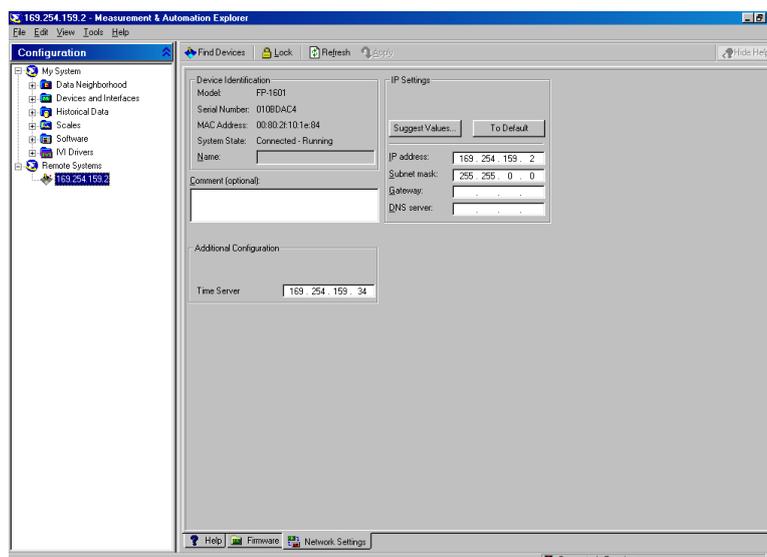
Posteriormente se selecciona la opción Suggest Values, y automáticamente el sistema asigna una dirección IP al módulo, tal como se muestra en la figura No. 3.17.



**FIGURA No. 3.17 Asignación de Dirección IP al módulo FP-1601 (Software MAX)**

Cabe señalar que se puede asignar una dirección IP manualmente siempre y cuando se conozca la dirección del Host (Computadora) que se encuentra en la tarjeta de red de la PC. Luego se selecciona OK y la opción Apply que se encuentra en la parte superior de la pantalla. 

Luego aparece la pantalla de la figura No. 3.18, se observa que el icono donde se encontraba la dirección 0.0.0.0 ahora aparece con la dirección IP que se seleccionó.

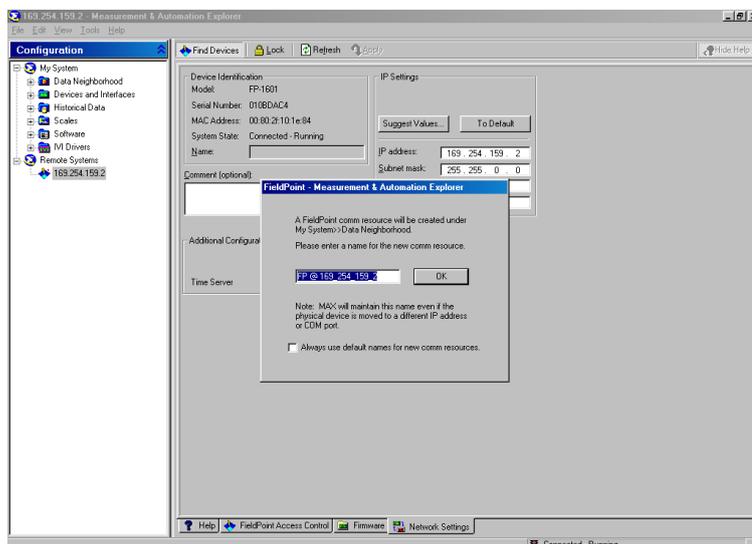


**FIGURA No. 3.18 Nueva Dirección IP del módulo FP-1601 (Software MAX)**

Luego se hace clic en la opción Find Devices que se encuentra en la parte superior de la pantalla.

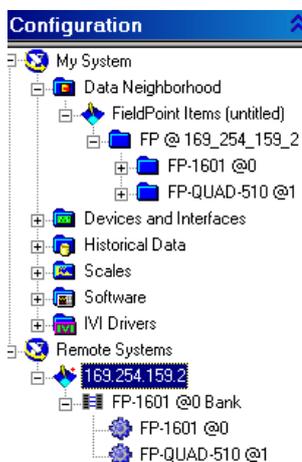


Aparece la pantalla que se muestra en la figura No. 3.19 y se presiona OK.



**FIGURA No. 3.19 Opción Find Devices (Software MAX)**

La opción Find Devices permite que el computador reconozca cuantos y cuáles dispositivos se encuentran conectados al módulo FP-1601. Dependiendo de esto aparecerá la siguiente pantalla. Para el ejemplo se encuentra conectado únicamente un device FP-QUAD-510, y la pantalla que aparece en la figura No. 3.20 es la que se presenta a continuación:

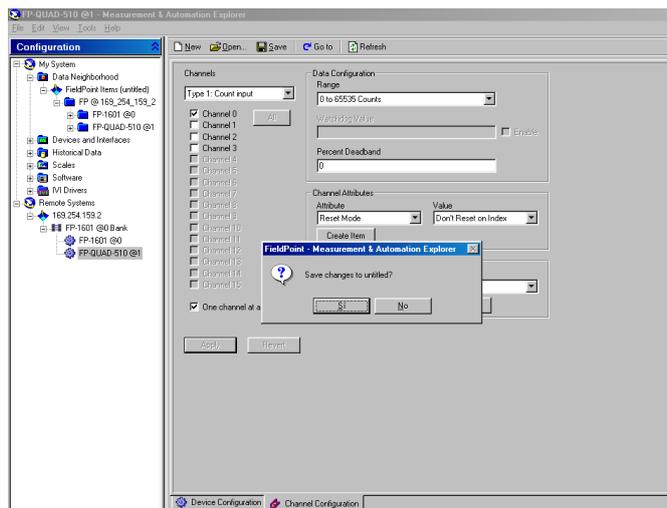


**FIGURA No. 3.20 Devices conectados al módulo FP-1601 (Software MAX)**

Para configurar cada uno de los devices se hace clic sobre la etiqueta de los mismos y MAX desplegará las opciones de configuración de cada uno de ellos, por ejemplo para un device de termocuplas, MAX permite configurar que tipo de termocupla se conectará a cada uno de los canales pudiendo ser esta, tipo J, tipo K, etc. También permite hacer compensaciones de juntura fría, entre otros.

La configuración dependerá del tipo de device que se encuentre conectado al módulo FP-1601.

Posteriormente de haber configurado todos los devices se procede a cerrar MAX este preguntará si desea guardar los cambios como se muestra en la figura No. 3.21.



**FIGURA No. 3.21 Guardar Configuración de Devices (Software MAX)**

MAX pregunta en que parte del disco desea guardar este archivo, y cual es el nombre del mismo.

El nuevo archivo creado posee una extensión (\*.iak) la cual es propia para las configuraciones de Field Point, para el ejemplo el archivo se llama Prueba y se encuentra guardado en la carpeta Mis Documentos, como se observa en la figura No. 3.22:



**FIGURA No. 3.22** Archivo de configuración con extensión .iak

Luego al abrir LabView y al realizar un programa con el módulo FP-1601 junto con todos los devices que se encuentren enlazados a este, el archivo prueba del ejemplo servirá para crear la interfaz entre el software de aplicación y el hardware conectado al computador, en este caso el módulo FP-1601.

### **3.5 DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DE CONTROL Y FUERZA DEL SISTEMA**

En los planos que se muestran a continuación constan cada uno de los circuitos que forman parte del sistema de control y fuerza de la maquinaria.

#### **Plano Circuito de Fuerza Bobifil (Plano No. 1)**

En el plano No. 1 se muestra toda la parte de Potencia de la máquina, este está formado por los motores del Husillo y del Mandril, además se ha agregado un ventilador que ayudará a disipar el calor generado por el motor del Husillo,

en el plano también constan los variadores de frecuencia y los contactores que energizan a la máquina.

### **Plano Circuito de Control Bobifil (Plano No. 2)**

En el plano No. 2 se muestra el circuito de entradas digitales, este servirá para que el módulo FP-DI-301 realice la interfaz entre el software de control y las variables físicas a ser sensadas.

### **Plano Circuito de Control Bobifil (Plano No. 3)**

En el plano No. 3 se muestra el circuito de salidas analógicas y digitales, las cuales servirán para realizar la interfaz entre el software de control y las variables a ser controlada, en este caso serían: velocidad, posición, sentido de giro.

### **Plano Conexión de Encoder al Módulo FP-QUAD-510 (Plano No. 4 y No. 5)**

En los planos No. 4 y No. 5 se muestra la conexión de los dos sensores (Encoders) al módulo FP-QUAD-510, físicamente el cable del encoder es muy pequeño por lo que se debieron realizar extensiones, esto se lo realiza con un cable par trenzado y conectores DB9.

### **Plano Armario de Control (Plano No. 6)**

En el plano No. 6 se muestra la disposición de cada uno de los equipos que formarán parte del sistema de control de la máquina dentro del armario.

### **Plano Conexión de las Baterías y Cargadores (Plano No. 7)**

En el plano No. 7 se muestra la conexión de las baterías con los cargadores de las mismas.

## CAPITULO IV

### DISEÑO DEL SOFTWARE DE CONTROL

En este capítulo se tratará sobre el diseño y características de los diferentes Paneles Frontales que servirán de enlace entre el usuario y el control del proceso en general.

#### 4.1 Programación en LabView

Como ya se trató en el Capítulo 2, este lenguaje de programación es orientado a objetos, por lo tanto, la persona que desarrolla una aplicación en este Software, posee muchas herramientas que facilitan, el diseño, la construcción y el desempeño, del mismo.

A continuación se presenta en la figura No. 4.1 el diagrama de Flujo del Software de aplicación.

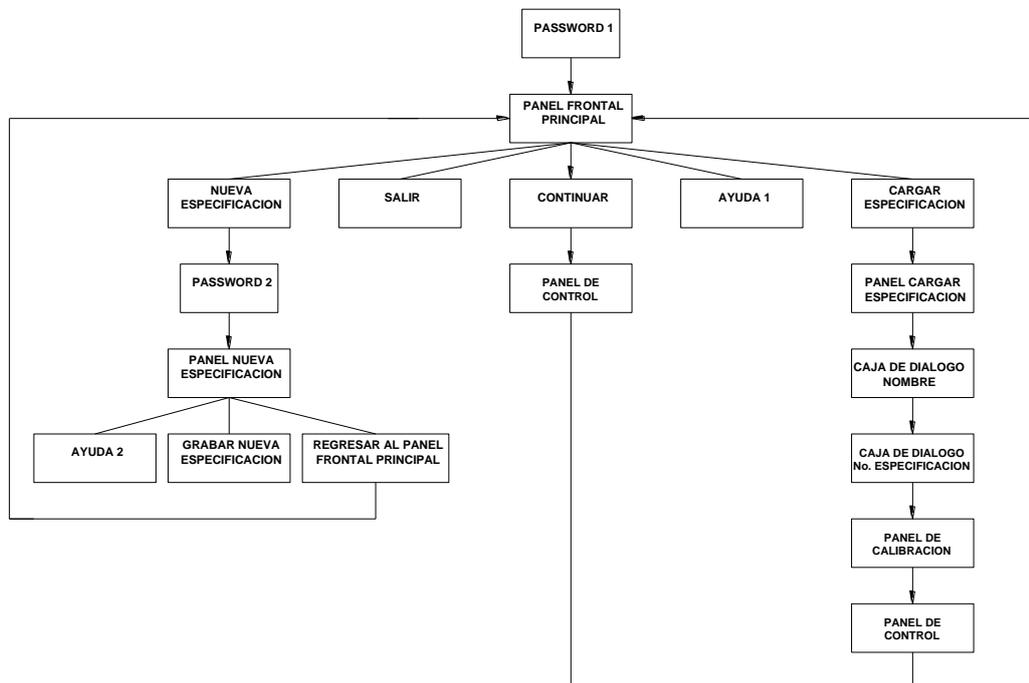


FIGURA No. 4.1 Diagrama de Flujo del Software de Aplicación

#### 4.1.1 Panel Frontal Principal

Este Panel le permite al operador de la maquinaria realizar algunas tareas, dependiendo del botón que se haya presionado.

En este Panel existen 5 botones, en la figura No. 4.2 se muestra dicho Panel:



FIGURA No. 4.2 Panel Frontal Principal

A continuación se detalla cada una de las funciones de los botones de este panel:

#### NUEVA ESPECIFICACION

El botón “Nueva Especificación”, despliega otro panel frontal donde el operador podrá ingresar un nuevo modelo a la base de datos existente en el computador.

#### BOBINAR

El botón “Bobinar”, despliega el panel frontal donde el operador escoge el modelo que desea construir.



#### 4.1.2 Panel Frontal de la Base de Datos

En este panel el usuario puede ingresar un nuevo modelo a la base de datos, no todas los operadores podrán ingresar a esta pantalla debido a que el manejo de esta información es muy delicado.

Antes de desplegar esta pantalla el programa ejecuta un VI donde se le pide al usuario ingresar un Password.

Este Panel posee 4 botones.

En la figura No. 4.4 se muestra el Panel Frontal de la Base de Datos:



**FIGURA No. 4.4 Panel Frontal de la Base de Datos**

A continuación se detalla cada una de las funciones de los botones de este panel:

#### **BUSCAR ESPECIFICACION**

El botón "Buscar Especificación", despliega un cuadro de diálogo donde el usuario escoge la ubicación en la cual se encuentra el nuevo modelo que se desea guardar en la base de datos.

## GUARDAR CAMBIOS

El botón “Guardar Cambios “, despliega otro cuadro de diálogo donde se le pregunta al usuario en que lugar del disco desea guardar el archivo del nuevo modelo.

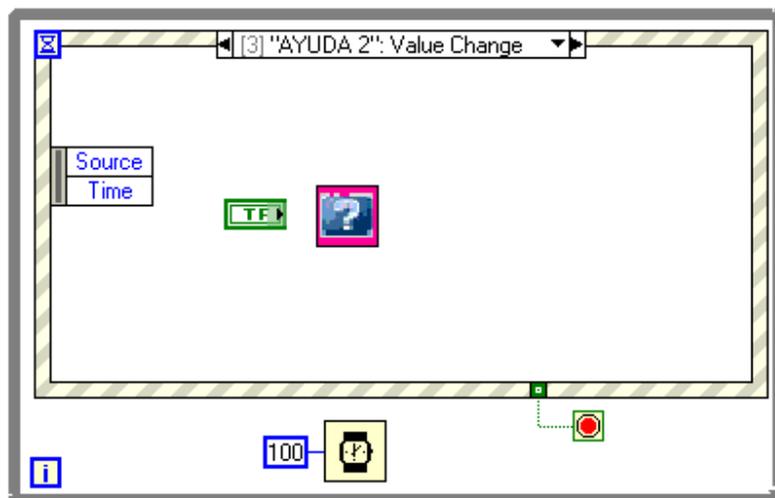
## REGRESAR AL MENU

El botón “Regresar al Menú” cierra este panel y despliega el Panel Frontal Principal.

## AYUDA

El botón “Ayuda” despliega otro panel donde se describe cada una de las tareas de los botones que posee el panel Frontal de la Base de Datos.

En la figura No. 4.5 se muestra el diagrama de bloques del Panel Frontal de la Base de Datos.



**FIGURA No. 4.5 Diagrama de Bloques del Panel Frontal de la Base de Datos**

### 4.1.3 Panel Frontal para seleccionar la Especificación

En este panel el operador escoge el modelo (Especificación) que se va a construir, en este panel existen 4 botones y dos controles auxiliares.

En la figura No. 4.6 se muestra este panel:



**FIGURA No. 4.6 Panel Frontal para Seleccionar la Especificación**

A continuación se detalla cada una de las funciones de los botones de este panel:

#### **BUSCAR ESPECIFICACION**

El botón "Buscar Especificación", despliega un cuadro de diálogo donde el usuario escoge el archivo donde se encuentra la Especificación que desea construir.

#### **SIGUIENTE**

El botón "Siguiente", se lo debe presionar una vez que se haya, escogido la Especificación a ser construida, se haya llenado el espacio Ancho de la Bobina, y se haya escogido cualquiera de las opciones una o dos bobinas.

## REGRESAR AL MENU

El botón “Regresar al Menú” cierra este panel y despliega el Panel Frontal Principal.



El botón “Ayuda” despliega otro panel donde se describe cada una de las tareas de los botones que posee el panel Frontal de la para seleccionar la Especificación.

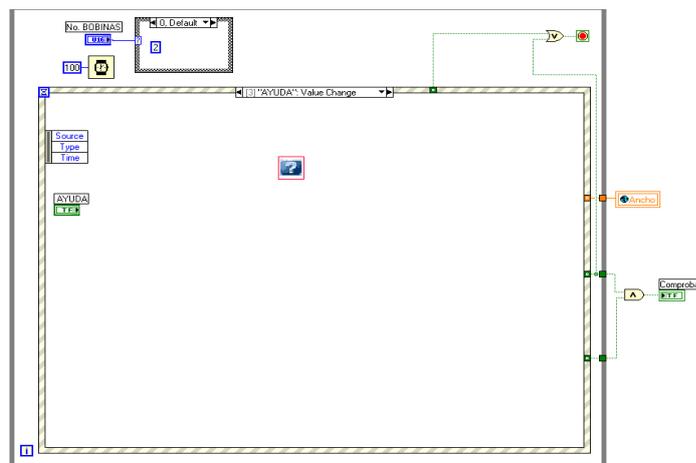
## BOBINAR UNA NUMERO DE BOBINAS

En el control “Número de Bobinas” el operador escoge cuantas bobinas va a construir.



En el control “Ancho de la Bobina” el operador debe ingresar el ancho de la bobina en milímetros.

En la figura No. 4.7 se muestra el diagrama de bloques del Panel Frontal para seleccionar la Especificación.



**FIGURA No. 4.7 Diagrama de Bloques del Panel Frontal para Seleccionar la Especificación**

#### 4.1.4 Panel Frontal para el Ajuste de la Máquina

En este panel el operador realiza un ajuste grueso de la máquina, ya que debe colocar los sensores inductivos que actúan como finales de carrera de acuerdo con el ancho de la bobina.

En este panel frontal se controla el motor del Husillo de la máquina, haciendo que este se mueva hacia la izquierda o hacia la derecha dependiendo desde que lado se empezará a bobinar, en este panel existe un solo botón, el resto son indicadores del estado de la máquina.

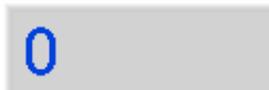
En la figura No. 4.8 se muestra este panel:



FIGURA No. 4.8 Panel Frontal para el Ajuste de la Máquina

A continuación se detalla cada una de las funciones de los botones de este panel:

#### **POSICION**



El indicador “Posición”, indica la posición actual del husillo en milímetros, este dato es proporcionado por el encoder.



El foco “Izquierdo” se enciende cuando el operador presiona el botón que hace girar el motor del husillo, haciendo que este se mueva hacia la izquierda.



El foco “Derecho” se enciende cuando el operador presiona el botón que hace girar el motor del husillo, haciendo que este se mueva hacia la derecha.

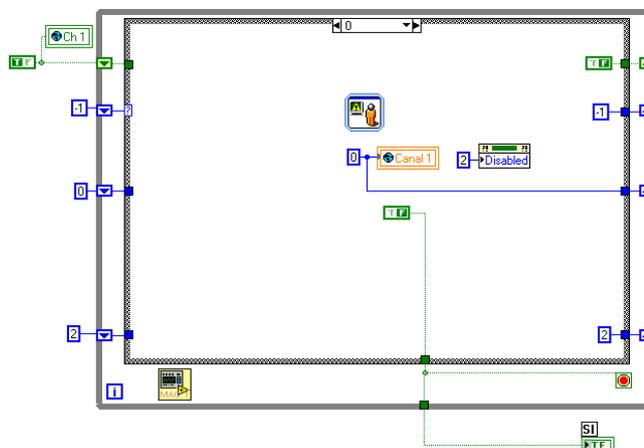


El foco “Inicio” se enciende cuando el sensor inductivo que actúa como final de carrera, ya sea el izquierdo o el derecho, sensa la presencia del husillo, esta acción provoca que el motor se detenga.



El botón “Terminar”, permanece deshabilitado, hasta que el foco “Inicio”, se encuentre encendido, una vez que ha ocurrido esta acción, el botón queda habilitado y le permite al operador cerrar esta pantalla.

En la figura No. 4.9 se muestra el diagrama de bloques del Panel Frontal para el Ajuste de la máquina.



**FIGURA No. 4.9 Diagrama de Bloques del Panel Frontal para el Ajuste de la Máquina**

#### 4.1.5 Panel Frontal de Control

Este panel es la interface entre el operador y el proceso de construcción de la Bobina. En este panel se encuentra toda la información necesaria para que el operador sepa en que parte del proceso de manufactura se encuentra.

En la figura No. 4.10 se muestra este panel:



**FIGURA No. 4.10 Panel Frontal de Control**

En este panel existen varios controles e indicadores los cuales se detallan a continuación:



El indicador "Taps", muestra en que número de vuelta se debe construir cada uno de ellos, y los focos que se encuentran junto a los indicadores numéricos de los taps señalan cuáles ya han sido construidos. Cuando un Tap es construido el foco correspondiente a este, se enciende.

**VUELTAS CONSTRUIDAS**

0

El indicador "Vueltas Construidas" indica el número actual de espiras que se han construido.

**CAPAS CONSTRUIDAS**

0

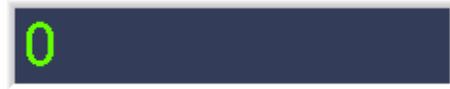
El indicador "Capas Construidas", indica el número actual de capas que se han construido.

**No. Capas Totales**

0

El indicador "Número de Capas Totales", indica el número de capas que se deben construir en total.

#### **Posición del Brazo**



El indicador “Posición del Brazo”, indica la posición del husillo en milímetros.

#### **No. Vueltas en la Capa**



El indicador “Número de Vueltas en la Capa”, indica el número de espiras que deben estar construidas en la capa actual.

#### **No. Vueltas Totales**



El indicador “Número de Vueltas Totales”, indica el número de espiras totales que se deben construir.

#### **POWER**



El foco “Power” indica si la máquina (motores), se encuentran encendidos, Si este foco se encuentra de color rojo quiere decir que la máquina se encuentra energizada, si el foco se encuentra apagado la máquina no se encuentra energizada.

#### **PAUSA**



El foco “Pausa” indica que la máquina se encuentra detenida para acomodar las espiras, que en ocasiones provocan problemas en la construcción de la bobina, debido a la desigualdad del aislante que se encuentra recubriendo al alambre de cobre.

## IZQUIERDO

El foco “Izquierdo”, se enciende únicamente cuando se encuentra encendido el foco Pausa y el operador de la máquina oprime el botón del pedal, que hará girar a los motores en el sentido indicado para acomodar espiras.

## DERECHO

El foco “Derecho”, se enciende únicamente cuando se encuentra encendido el foco Pausa y el operador de la máquina oprime el botón del pedal, que hará girar a los motores en el sentido indicado para acomodar espiras.

### **VELOCIDAD**



El selector “Velocidad” permite al operador de la maquinaria seleccionar la velocidad de trabajo.



El indicador en forma de flecha “Izquierda”, indica el sentido en el cual se moverá el husillo de la máquina.

El indicador en forma de flecha “Derecha”, indica el sentido en el cual se moverá el husillo de la máquina.

### **CALIBRAR**



El switch “Calibrar”, le permite al operador mover únicamente el husillo ya sea en el sentido izquierdo o derecho.

## 0.01 COMPENSACION

El selector “Compensación”, es usado por el operador para lograr un ajuste óptimo en el husillo para que las espiras se acomoden de la mejor manera.

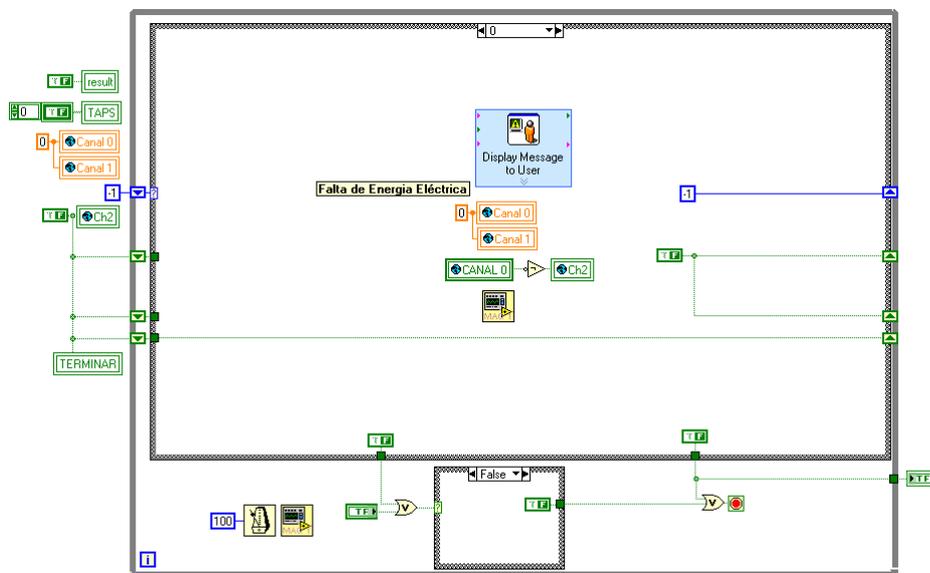


El botón “Salir”, se lo puede presionar para abortar la ejecución del programa de Control, al oprimir este botón se cierra el Panel de Control y se regresa al Panel Frontal Principal.



El botón “Terminar”, se encuentra deshabilitado, hasta cuando el operador termina de construir la bobina, una vez que haya sucedido esto, este botón se habilita y el operador puede salir del Panel de Control.

En la figura No. 4.11 se muestra el diagrama de bloques del Panel de Control.



**FIGURA No. 4.11 Diagrama de Bloques del Panel de Control**

#### **4.1.6 Paneles Frontales Auxiliares**

Estos paneles corresponden a todas las ayudas existentes en el programa para que el operador haga uso de las mismas. También se considera como panel auxiliar, a los cuadros de diálogo que sirven para escribir información, como por ejemplo: Password, nombre, número de bobina, etc.

A continuación se detalla cada uno de los Paneles Frontales auxiliares existentes en el software.

##### **Password 1**

Este cuadro de diálogo se despliega cuando alguien hace doble clic en el icono de la aplicación, antes de poder acceder al Panel Frontal Principal, la persona debe llenar el password para acceder a dicho panel.

En la figura No. 4.12, se muestra este cuadro de diálogo.



**FIGURA No. 4.12 Cuadro de diálogo Password 1**

Si la persona oprime el botón cancelar, se cerrará automáticamente la aplicación, caso contrario, si la persona escribe correctamente el Password, podrá acceder al Panel Frontal Principal, luego de presionar el botón OK.

##### **Password 2**

Este cuadro de diálogo se despliega cuando alguien hace clic en el botón “Nueva Especificación” del Panel Frontal Principal, este panel es de uso restringido ya que la información que se guarda en la Base de Datos es de vital importancia para el normal funcionamiento de la maquinaria.

En la figura No. 4.13, se muestra este cuadro de diálogo.



**FIGURA No. 4.13 Cuadro de diálogo Password 2**

Si la persona oprime el botón cancelar, se regresa nuevamente a la pantalla del Panel Frontal Principal, caso contrario si la persona escribe correctamente el Password, podrá acceder al Panel Frontal de la Base de Datos, luego de presionar el botón OK.

### **Ayuda del Panel Frontal Principal**

Al pulsar el botón “Ayuda” del Panel Frontal Principal, aparece otro panel frontal donde se especifica cada una de las funciones que cumplen los botones del Panel Frontal Principal. En la figura No. 4.14, se muestra el Panel Frontal “Ayuda del Panel Frontal Principal”:



**FIGURA No. 4.14 Ayuda de Panel Frontal Principal**

El usuario al oprimir el botón “Regresar al Menú”, retorna al Panel Frontal Principal.

### **Ayuda del Panel Frontal de la Base de Datos**

Al pulsar el botón “Ayuda” del Panel Frontal de la Base de datos aparece otro panel frontal donde se especifica cada una de las funciones que cumplen los botones del Panel Frontal de la Base de datos.

En la figura No. 4.15, se muestra el Panel Frontal “Ayuda del Panel Frontal de la Base de Datos”:



**FIGURA No. 4.15 Ayuda de Panel Frontal de la Base de Datos**

El usuario al oprimir el botón “Regresar al Menú”, retorna al Panel Frontal de la Base de Datos.

### **Ayuda del Panel Frontal para seleccionar la Especificación**

Al pulsar el botón “Ayuda” del Panel Frontal para seleccionar la Especificación aparece otro panel frontal donde se indica cada una de las funciones que cumplen los botones del Panel Frontal para seleccionar la Especificación.

En la figura No. 4.16, se muestra el Panel Frontal “Ayuda del Panel Frontal para seleccionar la Especificación”:



**FIGURA No. 4.16 Ayuda de Panel Frontal para seleccionar la Especificación**

El usuario al oprimir el botón “Regresar al Menú”, retorna al Panel Frontal para seleccionar la Especificación.

### **Nombre**

Este cuadro de diálogo se despliega luego de que el operador ha seleccionado la especificación que desea construir, en este cuadro el operador debe escribir su apellido acompañado de la inicial de su nombre. En la figura No. 4.17, se muestra este cuadro de diálogo.



**FIGURA No. 4.17 Cuadro de diálogo Nombre**

## **Código**

Este cuadro de diálogo se despliega luego de que el operador ha escrito su nombre en el cuadro de diálogo anterior y ha pulsado el botón OK.

En el cuadro de diálogo Código, el operador debe escribir el número de bobina que va a construir.

En este cuadro de diálogo aparece el nombre de la especificación seleccionada y la fecha en la cual va a ser construida dicha bobina.

En la figura No. 4.18, se muestra este cuadro de diálogo.



**FIGURA No. 4.18 Cuadro de diálogo Código**

Cabe señalar que los cuadros de diálogo Nombre y Código, son utilizados por el programa de aplicación para crear un archivo por cada bobina que se va a construir.

Para más información sobre el funcionamiento del Software de Control ver el Anexo 9 Manual del Usuario.

## **4.2 Configuración de los Módulos Field Point a través del Software Mesurment & Automation Explorer (MAX)**

Este tema no será abordado debido a que en el Capítulo 3, ya se trató como se configura No. el módulo FP-1601, junto con los Devices.

Esta información se encuentra en la sección 3.4.2.

## **4.3 Arquitectura de Programación**

Este tema no será tratado ya que en el Capítulo 2, se describió, la mayoría de las herramientas que se empleó en el desarrollo del Software.

Esta información se encuentra en la sección 2.3.

## CAPITULO V

### IMPLEMENTACION DEL PROYECTO

En este capítulo se tratará sobre la implementación y construcción de los circuitos que intervienen en el sistema de control de la maquinaria.

#### 5.1 Montaje de los Equipos

Para el montaje de los dispositivos, en la Empresa se construyó el Armario de Control, en donde se alojan todos los elementos que controlan los motores de la maquinaria.

En la figura No. 5.1, se muestra una fotografía en la cual se detalla cada una de las partes con las que cuenta el armario de Control.

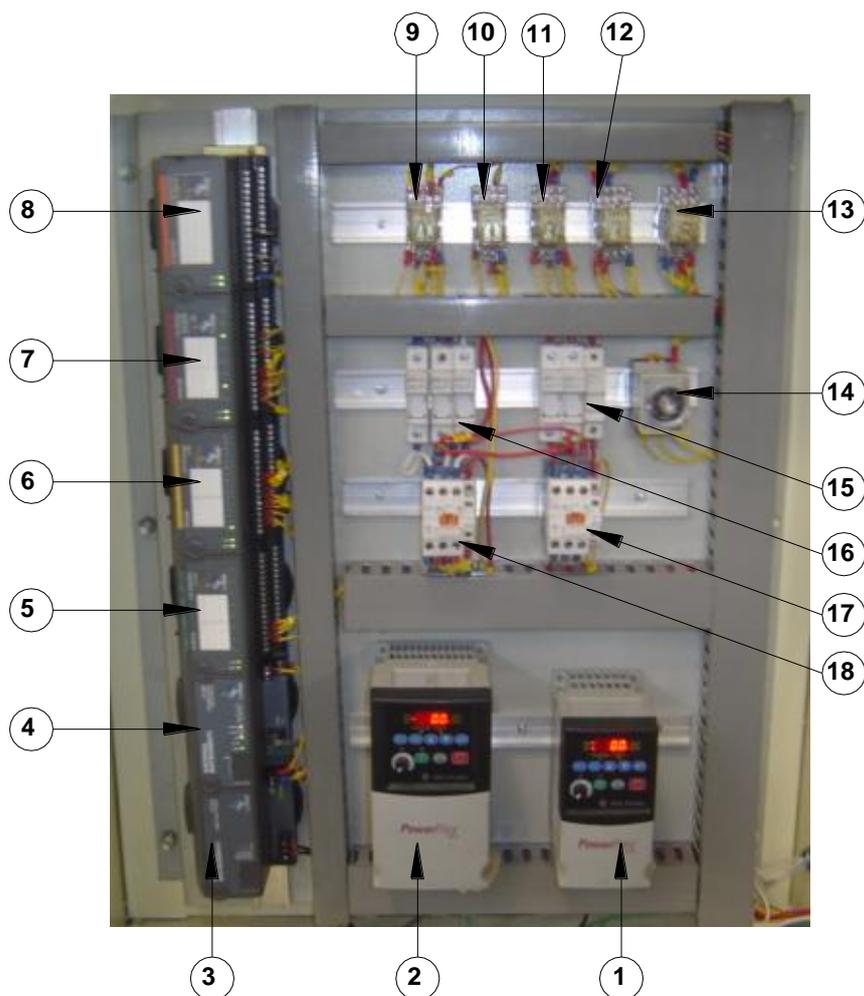


FIGURA No. 5.1 Armario de Control

A continuación se indican cada uno de los elementos numerados en la figura No. 5.1.

1. Variador de Frecuencia del Husillo.
2. Variador de Frecuencia del Mandril.
3. Fuente de alimentación del circuito de 24 Vdc.
4. Módulo FP-1601.
5. Módulo FP-AO-210.
6. Módulo FP-DI-301.
7. Módulo FP-RLY-420.
8. Módulo FP-QUAD-510.
9. Relé R.
10. Relé R1.
11. Relé R2.
12. Relé R3.
13. Relé R4.
14. Temporizador ON Delay.
15. Fusibles para el Variador de Frecuencia del Husillo.
16. Fusibles para el Variador de Frecuencia del Mandril.
17. Contactor C1.
18. Contactor C2.

En el Anexo Planos, Plano del Armario de Control (Plano No. 6), se muestra como esta dispuesta la disposición de los elementos señalados en la figura No. 5.1.

En la figura No. 5.2 se muestra el armario de control con la computadora.



**FIGURA No. 5.2 Armario de Control**

Para mayor información sobre las características técnicas de los equipos y mantenimiento de los mismos ver el Anexo 12 Manual de Mantenimiento.

En los Anexos 13, 14,15, hasta el 20 se encuentran fotografías detallando las partes que forman parte de la máquina.

### **5.2 Calibración y Ajuste de los Variadores de Frecuencia**

En las tablas No. 5.1, 5.2 y 5.3 se muestran los valores en los cuales se deben encontrar los diferentes parámetros de ajuste del Variador de Frecuencia que controla el Mandril de la máquina.

#### **PARAMETROS DE PROGRAMACION BASICA**

<b>No.</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
P031	Voltaje de Placa del Motor	230
P032	Frecuencia Nominal	60
P033	Corriente Máxima del motor	17.5
P034	Frecuencia Mínima	0
P035	Frecuencia Máxima	64
P036	Fuente de Arranque	1

P037	Modo de Paro	0
P038	Referencia de Velocidad	2
P039	Tiempo de Aceleración	6.5
P040	Tiempo de Desaceleración	1.5
P041	Restablecer a Predeterminado	0

**TABLA No. 5.1 Parámetros de Programación Básica**

**PARAMETROS GRUPO DE VISUALIZACION**

No.	Parámetro	Valor
D001	Frecuencia de Salida	SI

**TABLA No. 5.2 Parámetros de Grupo de Visualización**

**PARAMETROS GRUPO AVANZADO**

No.	Parámetro	Valor
A051	Entrada Digital 1	4
A052	Entrada Digital 2	4
A055	Salida de Pulsos	4
A056	Nivel Salida de Pulsos	0
A067	Tiempo de Aceleración 2	10
A068	Tiempo de Desaceleración 2	0.5
A069	Frecuencia Interna	60
A070	Frecuencia Preset 0	0
A071	Frecuencia Preset 1	5
A072	Frecuencia Preset 2	10
A073	Frecuencia Preset 3	20
A078	Frecuencia Test	10
A079	Impulsos Acel/Desacel.	10
A080	Tiempo Freno	0
A081	Nivel Freno CC	0.9
A082	Selección Resistencia	0
A083	% Curva S	0
A084	Refuerzo en el Arranque	7.5
A088	Tensión Máxima	230
A089	Límite de Corriente	26.3
A090	Selección SC Motor	0
A091	Frecuencia PWM	4
A092	Int. Rearme Automático	0
A093	Retrd reinic aut	1
A094	Inic. Al encender	0
A095	Inversión Deshabilitado	0
A096	Act. March Vuelo	0
A097	Compensación	1
A098	Disparo por Corriente	0

A099	Factor de Proceso	30
A100	Borrar Fallo	0
A101	Bloqueo Programa	0
A102	Sel. Punto Prueba	400
A103	Velocidad de datos Com.	3
A104	Direr nodo Com	100
A105	Acción pérd. Comun.	0
A106	Tmp. Pérd. Comun.	5
A107	Formato Com.	0
A110	Entrada Analógica min. (0-10V)	0
A111	Entrada Analógica max. (0-10V)	100
A112	Entrada Analógica min. (4-20mA)	0
A113	Entrada Analógica max. (4-20mA)	100
A114	Compensación por deslizamiento	2

**TABLA No. 5.3 Parámetros de Grupo Avanzado**

En las tablas No. 5.4, 5.5 y 5.6 se muestran los valores en los cuales se deben encontrar los diferentes parámetros de ajuste del Variador de Frecuencia que controla el Husillo de la máquina.

**PARAMETROS DE PROGRAMACION BASICA**

No.	Parámetro	Valor
P031	Voltaje de Placa del Motor	230
P032	Frecuencia Nominal	60
P033	Corriente Máxima del motor	4.6
P034	Frecuencia Mínima	0
P035	Frecuencia Máxima	60
P036	Fuente de Arranque	1
P037	Modo de Paro	0
P038	Referencia de Velocidad	2
P039	Tiempo de Aceleración	60
P040	Tiempo de Desaceleración	0.2
P041	Restablecer a Predeterminado	0

**TABLA No. 5.4 Parámetros de Programación Básica**

**PARAMETROS GRUPO DE VISUALIZACION**

No.	Parámetro	Valor
D001	Frecuencia de Salida	SI

**TABLA No. 5.5 Parámetros de Grupo de Visualización**

### PARAMETROS GRUPO AVANZADO

No.	Parámetro	Valor
A051	Entrada Digital 1	4
A052	Entrada Digital 2	4
A055	Salida de Pulsos	0
A056	Nivel Salida de Pulsos	0
A067	Tiempo de Aceleración 2	10
A068	Tiempo de Desaceleración 2	20
A069	Frecuencia Interna	60
A070	Frecuencia Preset 0	0
A071	Frecuencia Preset 1	5
A072	Frecuencia Preset 2	10
A073	Frecuencia Preset 3	20
A078	Frecuencia Test	10
A079	Impulsos Acel/Desacel.	10
A080	Tiempo Freno	3.5
A081	Nivel Freno CC	0.9
A082	Selección Resistencia	0
A083	% Curva S	0
A084	Refuerzo en el Arranque	8
A088	Tensión Máxima	230
A089	Límite de Corriente	4.1
A090	Selección SC Motor	0
A091	Frecuencia PWM	4
A092	Int. Rearme Automático	0
A093	Retrd reinic aut	1
A094	Inic. Al encender	0
A095	Inversión Deshabilitado	0
A096	Act. March Vuelo	0
A097	Compensación	3
A098	Disparo por Corriente	0
A099	Factor de Proceso	30
A100	Borrar Fallo	0
A101	Bloqueo Programa	0
A102	Sel. Punto Prueba	400
A103	Velocidad de datos Com.	3
A104	Direr nodo Com	100
A105	Acción pérd. Comun.	0
A106	Tmp. Pérd. Comun.	5
A107	Formato Com.	0
A110	Entrada Analógica min. (0-10V)	0
A111	Entrada Analógica max. (0-10V)	100
A112	Entrada Analógica min. (4-20mA)	0
A113	Entrada Analógica max. (4-20mA)	100
A114	Compensación por deslizamiento	2

**TABLA No. 5.6 Parámetros de Grupo Avanzado**

Los valores de las tablas anteriores, deben estar ajustados en los variadores, tanto del Husillo como del Mandril para la correcta operación y funcionamiento de la maquinaria.

### **OBSERVACIONES:**

A continuación se describen los parámetros de ajuste más importantes, para el normal funcionamiento del variador de frecuencia.

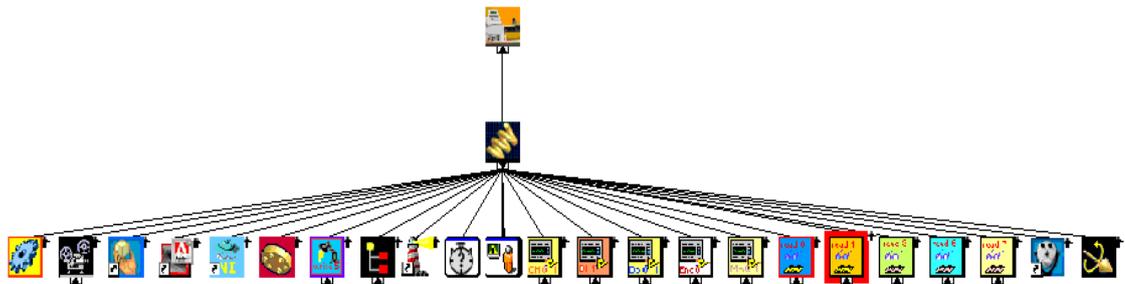
- Voltaje de Placa del Motor.- Este parámetro se refiere al voltaje nominal trifásico del motor.
- Corriente Máxima del Motor.- Este parámetro define la corriente máxima del motor cuando este se encuentra en régimen de sobrecarga.
- Frecuencia Máxima.- Este parámetro permite ajustar la frecuencia máxima con la que se quiere que opere el motor, cabe señalar que la frecuencia es proporcional a la velocidad de operación, es decir que al ajustar este valor, se está a la vez limitando la velocidad del motor.
- Frecuencia Mínima.- Este parámetro permite ajustar la frecuencia mínima con la que se quiere que opere el motor, es decir que al ajustar este valor, se está seleccionando la velocidad mínima del motor.
- Fuente de Arranque.- Este permite seleccionar el modo de arranque del motor, si va a ser en forma local (desde el teclado del variador), o en forma remota (comandado por elementos externos). En el caso de este proyecto la fuente de arranque es en modo remoto.
- Referencia de Velocidad.- Este parámetro permite seleccionar desde donde se va a comandar la velocidad del motor, es decir en forma local (desde el teclado del variador), o en forma remota (comandado por elementos externos).
- Tiempo de Aceleración.- Es el tiempo en el cual se quiere que el motor alcance la velocidad seleccionada.
- Tiempo de Desaceleración.- Es el tiempo en el cual se quiere que el motor se frene y alcance la velocidad seleccionada.

Para realizar el procedimiento de calibración y ajuste se deben seguir los pasos indicados en el Anexo 10.

### 5.3 Calibración y Ajuste del Software de Control

El Software de Control fue calibrado y ajustado de acuerdo a las exigencias del operador de la maquinaria, esto se lo hizo mientras se hacían las pruebas con diferentes Especificaciones.

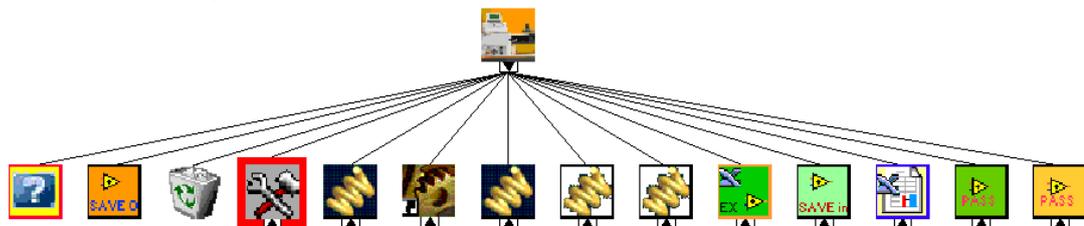
En la figura No. 5.3 se muestran los SubVI que son utilizados por el Software de Control. Cabe señalar que en la figura No. 5.3 se muestra cada uno de los SubVI en forma jerárquica.



**FIGURA No. 5.3 SubVI del Panel de Control**

Cada uno de los SubVI que se muestran en la figura No. 5.3 cumplen con una función específica, de tal manera que fueron calibrados y ajustados para el normal funcionamiento de la maquinaria.

En la figura No. 5.4 se muestran los SubVI que forman parte del Panel Frontal Principal.



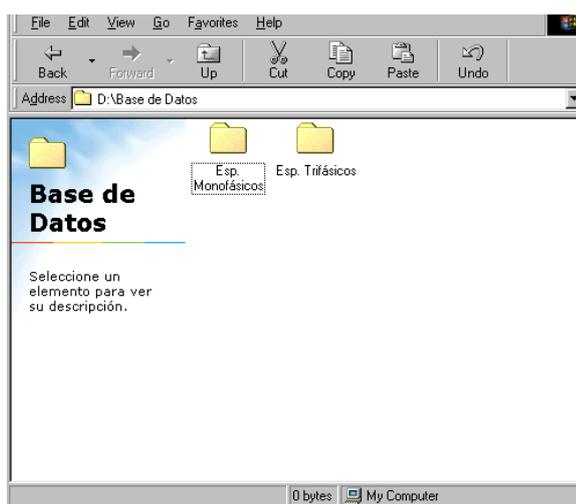
**FIGURA No. 5.4 SubVI del Panel Frontal Principal**

Al igual que en el Panel de Control, cada uno de los SubVI del Panel Frontal Principal fueron calibrados y ajustados a las necesidades del operador de la maquinaria y del proceso en general.

#### 5.4 Creación de la Base de Datos de las Especificaciones

El Software de Control funciona con los archivos que se encuentran en la Base de datos que se encuentra en la unidad D del computador, “Carpeta Base de Datos”.

Dentro de esta carpeta se encuentran otras, dividiendo a las especificaciones en Monofásicas y Trifásicas. Tanto en la carpeta Monofásicas como Trifásicas, existen carpetas que contienen las especificaciones (modelos), separadas por potencias, tal como se muestra en la figura No. 5.5.



**FIGURA No. 5.5 Carpeta Base de Datos**

Los archivos que se encuentran dentro de estas carpetas fueron hechos en Excel, y convertidos a Block de Notas.

Esto se lo hizo debido a que la información con la extensión txt, es mucho más liviana que la información con extensión xls.

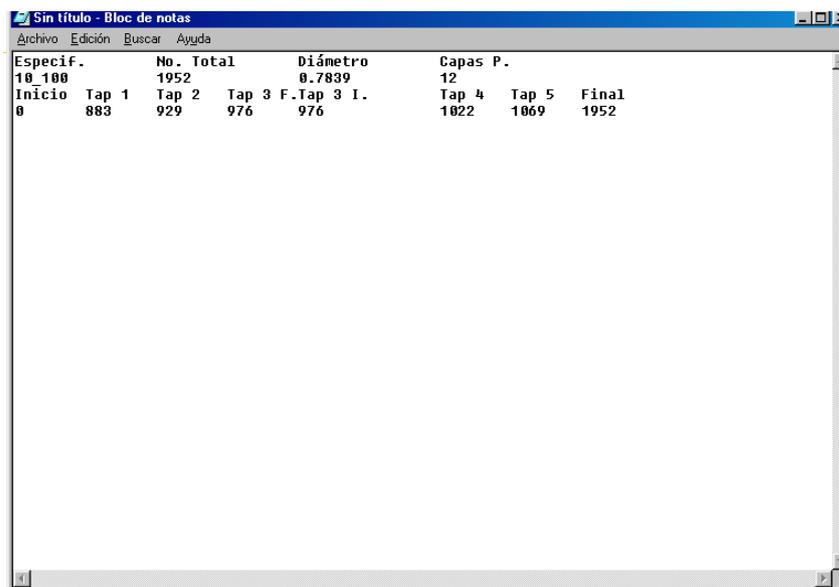
En la tabla No. 5.7 se muestra una especificación (modelo) desarrollada en Excel.

Código	Especific.	Voltaje P.	Calibre	Vueltas Totales	Capas de Papel	Calibre	Diámetro
10071 11	10_100	13800	21	1952	12	21	0.7839
Inicio	Tap 1	Tap 2	Tap 3 F.	Tap 3 I.	Tap 4	Tap 5	Final
0	883	929	976	976	1022	1069	1952

**TABLA No. 5.7 Especificación hecha en Excel**

El archivo hecho en Excel se lo debe convertir a Block de Notas, para que con este formato sea grabado en la computadora que controla la maquinaria.

En la figura No. 5.6, se muestra una especificación convertida a Block de Notas.



**FIGURA No. 5.6 Especificación convertida a Block de Notas**

De esta manera todas las especificaciones que maneja la máquina se encuentran en el Disco duro de la computadora dentro de la planta industrial, y toda la información se encuentra respaldada por el Departamento de Ingeniería de la empresa.

## 5.5 Pruebas y Resultados

En primera instancia se realizaron pruebas por separado de los equipos que conforman el control de la maquinaria y los resultados fueron satisfactorios, ya que estos funcionaron de acuerdo a lo planificado.

Posteriormente se desarrolló el software de control y se armó el circuito con los motores, los variadores de frecuencia y los módulos FieldPoint, sin carga, dando como resultado un funcionamiento satisfactorio. En esta etapa se realizó un ajuste grueso del software de control.

Finalmente se implementó el proyecto en la maquinaria, se procedieron a hacer pruebas de funcionamiento de la misma, y se procedió a hacer un ajuste fino del software de control. Una vez realizado el ajuste fino en el software de control, se procedieron a hacer las siguientes pruebas:

Para la realización de las Pruebas se construyeron algunas especificaciones (modelos), con diferentes calibres de conductores. Cabe señalar que se bobinaron transformadores para clientes, es decir fueron órdenes de producción que ingresaron a la Planta. Todas estas bobinas fueron sometidas a la Prueba TTR, que es utilizada para medir la relación de transformación entre el Primario y el secundario.

En el Anexo 11 se muestra una tabla con un resumen de todas las especificaciones que fueron construidas en esta máquina, dando como resultado, medidas satisfactorias en la medición de la relación de transformación.

Para el resto de calibres que no constan en la tabla, como por ejemplo el calibre 14 AWG, 25 AWG, no se realizaron bobinas completas, ya que no existieron órdenes de producción con estos calibres.

Únicamente se construyeron capas de prueba para comprobar el funcionamiento satisfactorio de la maquinaria. Es importante indicar que en la

máquina se bobina con calibres desde el número 14 AWG, hasta el calibre 25 AWG.

Como se observa en la tabla del Anexo 11, se tiene como dato, el tiempo de fabricación de las bobinas, que de acuerdo a la experiencia del obrero, es el mismo con respecto a los de la otra máquina, que posee el sistema de control anterior.

Hay que indicar que en algunas bobinas del Anexo 11, existe variación entre los tiempos de una bobina con la misma especificación, respecto a otra de las mismas características. Esto se debe a que en el proceso de construcción de una bobina, el obrero debe preparar la máquina, cargando un carrito de alambre nuevo, soldar terminales, etc.

También se hizo notorio las irregularidades que existen en el aislamiento (esmalte), que recubre al alambre de cobre, como se puede observar en el Anexo 11, el valor de compensación varía, entre una bobina y otra, pese a que se trata del mismo fabricante, esto ocurre debido a que una bobina a veces se la tiene que construir con dos carretes de alambre.

En el Anexo 11, también se muestra que todas las bobinas construidas en la maquinaria pasaron la prueba de TTR, relación de transformación, lo cual indica que la maquinaria operó de una manera eficiente.

Al momento de poner en marcha la maquinaria, se aceptaron todas las sugerencias hechas por parte del usuario final del programa, en este caso, el operador de la maquinaria. Es por este motivo que el Software original fue corregido y depurado, para que el proceso de construcción de bobinas se lo desarrolle de la mejor manera posible.

En los Anexos 21, 22, 23 se muestran fotografías de la máquina en funcionamiento, y también del proceso de fabricación de bobinas.

## CAPITULO VI

### 1. CONCLUSIONES

1. Con la implementación de este Proyecto en la Empresa Ecuatran S.A. se logró habilitar una máquina que se encontraba sin producir cerca de año y medio.
2. Al repotenciar la maquinaria, se la dotó de un sistema de control moderno, cuyos repuestos se los puede encontrar en el mercado nacional y extranjero.
3. Se eliminó la tarea de programación que el operador de la maquinaria tenía que realizar antes de empezar la construcción de una bobina, por lo que esto disminuye el tiempo de fabricación.
4. Se logró bobinar cerca de una bobina adicional diaria, respecto al número de bobinas que se construyen en la otra máquina que posee el sistema de control anterior.
5. El Software desarrollado, es una interface, entre el usuario (operador de la maquinaria), y el proceso de manufactura en general, amigable y dinámica a la vez, ya que despliega la información que requiere el operador para construir la bobina con mayor facilidad.
6. Con la implementación del nuevo sistema de control, se contribuye de cierto modo al ahorro de energía, ya que cuando el operador va a realizar otras actividades como por ejemplo: traer materia prima, traer secundarios, etc., el operador debe desenergizar los motores, por lo tanto no existe circulación de corriente hacia los mismos. Esto no se lo puede hacer en la máquina que cuenta con el sistema anterior, ya que esto provocaría la pérdida de los

datos del número de espiras con las que el proceso de construcción se encuentra.

7. Con la creación de la base de datos de las especificaciones se facilita el manejo de la información, ya que el operador únicamente utilizará la máquina, y no empleará el documento para la construcción de una bobina.
8. El software permite almacenar la hora a la que empieza y la hora en que termina, un determinado obrero, la construcción de una bobina. Con esta información se puede determinar cuáles son los empleados que rinden de mejor manera en este puesto de trabajo y tomar decisiones al respecto.
9. La opción de alimentar el módulo FP-1601, con un banco de baterías, fue acertada, ya que se comprobó que ante la falta de suministro de energía eléctrica, o ante cualquier falla del sistema operativo, del computador, no se pierden los datos de la espira en la que se encuentra el proceso de fabricación, tampoco se pierde la posición del brazo, lo cual lo vuelve un sistema de mayor confiabilidad que el anterior.
10. Con la culminación de este proyecto se han cumplido todos los objetivos, tanto generales y específicos, planteados en un inicio, ya que la máquina cumplió con las expectativas de la Empresa Ecuatran S.A.
11. Se determinó que el Software de Programación LabView, es una poderosa herramienta que no sólo debe ser empleada para realizar proyectos en el área de instrumentación virtual, sino también se pueden desarrollar proyectos de monitoreo y control de procesos en general.

12. Los dispositivos de control industrial FieldPoint, muestran características robustas para ser aplicados en ambientes industriales, y muestran mayor cantidad de ventajas y versatilidad que un PLC.
13. En cuanto a la inversión que realizó la empresa, esta fue de aproximadamente de \$8000 dólares, este es un costo relativamente bajo, ya que se cotizó un sistema de control para la máquina, y se lo ofertó a un precio de aproximadamente \$15000 dólares, el cuál, se lo iba a realizar con PLC, y no prestaba la funcionalidad como el que se desarrolló.
14. En lo concerniente a la recuperación de la inversión, esta no se la puede determinar de una manera real, debido a que estas máquinas son empleadas cuando los pedidos son superiores a las 10 unidades, entonces el tiempo de recuperación estará en función de que tipo de transformadores (Potencia, Monofásicos o Trifásicos), se bobinen en la máquina, y de cuántos se hagan, pudiendo ser el tiempo de recuperación prolongado o inmediato.
15. Para realizar un Proyecto de esta naturaleza, se debe recolectar correctamente la información y estar en contacto permanente con el usuario final del producto, en este caso, el Software debe ser lo suficientemente versátil, para que el operador de la maquinaria se sienta a gusto con el mismo.
16. Con la culminación de este Proyecto, se demuestra las habilidades y destrezas, que posee un Ingeniero Electromecánico, pues es notorio que también podemos incursionar en el mundo de la Electrónica de Control a través de Computadora.

17. Todos los conocimientos que un Ingeniero Electromecánico, los adquiere durante su formación, constituyen muy buenas bases para desarrollar Proyectos de automatización y Control.

## **2. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda a los operadores de la maquinaria seguir cuidadosamente el Manual del Usuario, para la normal operación y funcionamiento de la misma.
2. Se recomienda al personal de mantenimiento cumplir lo que se indica en el manual de mantenimiento de la máquina.
3. Las personas que se encuentran al frente de la Empresa Ecuatran S.A., deben continuar con su gestión, e impulsar nuevos proyectos, en los cuáles se les permita desarrollar, tanto conocimientos como habilidades a los nuevos profesionales que forman las diferentes Universidades del país.
4. Este proyecto puede ser el inicio de la automatización completa de la sección Bobinado, por lo tanto los directivos podrían proyectarse a futuro a invertir en todo el resto de maquinarias con las que cuenta esta sección.
5. Se recomienda para los proyectos de control y automatización dentro de una planta industrial, utilizar dispositivos FieldPoint, ya que estos son inmunes al ruido y poseen características robustas para ambientes industriales.

## **ANEXOS**

- ANEXO 1: CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS MOTORES**
  - ANEXO 2: CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS VARIADORES DE FRECUENCIA**
  - ANEXO 3: CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS ENCODERS**
  - ANEXO 4: CARACTERISTICAS TECNICAS DEL MODULO FP-1601**
  - ANEXO 5: CONDICIONES DE MONTAJE DE LOS MODULOS FIELD POINT CARACTERISTICAS Y ASIGNACION DE TERMINALES PARA EL MÓDULO DE ENTRADAS DIGITALES FP-DI-301**
  - ANEXO 6: CARACTERISTICAS Y ASIGNACIÓN DE TERMINALES PARA EL MÓDULO DE SALIDAS A RELÉ FP-RLY-420**
  - ANEXO 7: CARACTERISTICAS Y ASIGNACIÓN DE TERMINALES PARA EL MÓDULO DE SALIDAS ANALÓGICAS FP-AO-210**
  - ANEXO 8: CARACTERISTICAS Y ASIGNACIÓN DE TERMINALES PARA EL MÓDULO DE ENTRADAS PARA ENCODER FP-QUAD-510**
  - ANEXO 9: MANUAL DEL USUARIO**
  - ANEXO 10: PROCEDIMIENTO PARA CALIBRAR Y AJUSTAR LOS VARIADORES DE FRECUENCIA**
  - ANEXO 11: TABLA DE PRUEBAS**
  - ANEXO 12: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**
  - ANEXO 13: BOTONERA DE CONTROL DE LA MÁQUINA**
  - ANEXO 14: PEDALES DE LA MÁQUINA**
  - ANEXO 15: SENSORES Y ENCODER DEL HUSILLO**
  - ANEXO 16: ARMARIO DE CONTROL**
  - ANEXO 17: ARMARIO DE CONTROL Y COMPUTADOR**
  - ANEXO 18: MOTOR DEL HUSILLO Y ENCODER DEL MANDRIL**
  - ANEXO 19: MOTOR DEL MANDRIL**
  - ANEXO 20: PARTE POSTERIOR DEL ARMARIO DE CONTROL**
  - ANEXO 21: SISTEMA EN OPERACION**
  - ANEXO 22: BOBINA ANTES DE LA CONSTRUCCION DE LA CAPA Y LUEGO DE LA CONSTRUCCION DE LA MISMA**
  - ANEXO 23: BOBINA CONSTRUIDA**
- PLANOS**

