



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

FACULTAD DE MECÁNICA

**ESCUELA DE INGENIERÍA DE
MANTENIMIENTO**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO PARA LA
COMUNICACIÓN INDUSTRIAL ENTRE VARIADORES DE FRECUENCIA
Y MONITOREO CON UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA
EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE
MANTENIMIENTO”**

ARBOLEDA ZAPATA GUSTAVO RAFAEL

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA – ECUADOR

2012

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

Septiembre, 10 del 2012

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

GUSTAVO RAFAEL ARBOLEDA ZAPATA

Titulada:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO PARA LA COMUNICACIÓN INDUSTRIAL ENTRE VARIADORES DE FRECUENCIA Y MONITOREO CON UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO”.

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Geovanny Novillo A.

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Marco Santillán

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Cesar Astudillo

ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: GUSTAVO RAFAEL ARBOLEDA ZAPATA

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO PARA LA COMUNICACIÓN INDUSTRIAL ENTRE VARIADORES DE FRECUENCIA Y MONITOREO CON UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO”.

Fecha de Examinación: 10 de Septiembre del 2012

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Hernán Samaniego (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Marco Santillán (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. Cesar Astudillo (ASESOR DE TESIS)			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

f) Gustavo Rafael Arboleda Zapata

DEDICATORIA

El trabajo de la presente tesis va dedicado a mis padres y familia quienes supieron apoyarme en todo momento durante mi vida universitaria hasta ver culminado mi propósito.

Gustavo Rafael Arboleda Zapata

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, y a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser una persona útil a la sociedad. Y en especial a Dios y a mis padres por todo el apoyo brindado de forma incondicional, además a todos los amigos, compañeros y personas que en su momento supieron brindarme ofrecerme su ayuda para culminar con esta con éxito esta etapa muy importante de mi vida.

Gustavo Rafael Arboleda Zapata

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Motores asíncronos o de inducción.....	4
2.1.2 Motores asíncrónicos, jaula de ardilla.....	6
2.1.3 Arranque de un motor trifásico de inducción.....	9
2.1.4 Fundamentos básicos sobre el control de velocidad de un motor trifásico de inducción.....	9
2.1.5 Formas de control de velocidad de un motor trifásico de inducción....	9
2.1.5.1 Control de velocidad mediante el cambio en la frecuencia de alimentación.....	10
2.1.6 Control de velocidad mediante la relación voltaje/frecuencia.....	10
2.1.7 Por medio de tiristores.....	11
2.1.8 Control del voltaje y frecuencia mediante modulación de ancho de pulso (PWM).....	11
2.2 Variador de frecuencia.....	14
2.2.1 Motivos para emplear variadores de velocidad.....	14
2.2.2 Fomentar el ahorro de energía mediante el uso de variadores de velocidad.....	15
2.3 Composición de un variador de frecuencia.....	15
2.4 Tipos de variadores de velocidad.....	16
2.4.1 Aplicaciones de los variadores de frecuencia.....	17
2.5 El variador de velocidad MICROMASTER 440.....	18
2.5.1 Características del variador. MICROMASTER 440.....	19
2.5.2 Puesta en servicio estándar.....	23
2.5.3 Puesta en servicio con el panel de operación BOP.....	27

2.5.4	Funciones avanzadas del BOP.....	27
2.5.5	Modificación de parámetros con el BOP.....	27
2.6	Controladores lógicos programables PLC.....	27
2.6.1	Partes de un autómata programable.....	30
2.6.2	Funciones básicas de un PLC.....	31
2.6.3	Nuevas funciones.....	31
2.6.4	Lenguaje de programación de un PLC.....	32
2.6.5	Campos de aplicación.....	33
2.6.6	Ventajas e inconvenientes de los PLC.....	34
2.6.6.1	Ventajas.....	34
2.6.6.2	Inconvenientes.....	34
2.6.7	Comunicación abierta.....	35
2.6.8	Modularidad óptima.....	35
2.6.9	Características destacadas.....	35
2.7	LabVIEW 11.....	36
2.7.1	Principales usos.....	36
2.7.2	Principales características.....	36
2.7.3	Software LabVIEW.....	38
2.7.4	Interfaz hombre – máquina.....	39
2.8	Protocolos de comunicación.....	40
2.9	Estructura de la red.....	41
2.9.1	Red RS-485. RS-485.....	41
2.10	Servidores OPC.....	43
2.10.1	LabVIEW como un Servidor OPC.....	43
3.	DISEÑO, MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DEL MÓDULO.....	44
3.1.	Estructura del módulo de automatización industrial.....	44
3.1.1	Dimensiones de la estructura modular.....	45
3.1.2	Ubicación del controlador lógico programable.....	46
3.1.3	Ubicación del variador.....	46
3.1.4	Entradas y salidas del módulo.....	46
3.1.5	Ubicación de los pulsadores y selectores.....	47

3.1.6	Consideraciones de diseño.....	47
3.1.7	Diseño del circuito de mando.....	48
3.1.8	Diseño del circuito de potencia.....	50
3.2	Datos técnicos y parámetros de funcionamiento de los equipos.....	50
3.2.1	Datos técnicos y parámetros de funcionamiento del PLC SIMATIC S7-200.....	50
3.3	Datos técnicos y parámetros de funcionamiento del MICROMASTER 440.....	51
3.4	Selección de los equipos y elementos a utilizarse.....	52
3.4.1	Selección de los equipos.....	53
3.4.2	Selección de elementos.....	53
3.4.3	Selección de materiales.....	53
3.4.4	Montaje del PLC SIMATIC S7-200 CPU 224XP.....	55
3.4.5	Prever espacio suficiente para la ventilación y el cableado.....	55
3.4.6	Montaje de los dispositivos eléctrico.....	58
3.4.7	Ubicación de los dispositivos eléctricos en el módulo.....	58
3.4.8	Procedimiento para ubicar los dispositivos eléctricos en el módulo....	58
3.5	Conexiones eléctricas y medios de comunicación.....	58
3.5.1	Conexión del variador.....	60
3.5.2	Conexión del PLC.....	60
3.5.3	Conexión eléctrica y cableada de los elementos y dispositivos.....	61
3.5.4	Medios de comunicación.....	61
3.5.5	Comunicación MICROMASTER 440.....	62
3.5.6	Interface en serie.....	62
3.6	Panel básico del operador (BOP).....	64
3.6.1	Bornes de entradas y salidas.....	65
3.7	Programación.....	65
3.7.1	Programación en KOP del PLC S7- 200 con STEP 7-Micro/WIN.....	65
3.7.2	Pasos para la programación del PLC S7-200.....	66
3.7.3	Instalación del software LabVIEW.....	70
3.7.4	Control y monitoreo del variador de frecuencia por software LabVIEW...	73
3.7.5	Selección de variables.....	73

4.	GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	77
4.1	PRÁCTICA Nº 1.....	77
4.2	PRÁCTICA Nº 2.....	80
4.3	Normas de seguridad para el uso del módulo.....	83
4.4	Plan de mantenimiento de los equipos.....	84
4.4.1	Mantenimiento del Módulo didáctico de Comunicación de variaciones de frecuencia.....	85
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
5.1	Conclusiones.....	86
5.2	Recomendaciones.....	86

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

		Pág.
1	Ajuste de fábrica para el servicio con MICROMASTER 440 (variante analógica).....	25
2	Ajustes de fábrica para el servicio con el MICROMASTER 440 - variante USS.....	26
3	Funciones del panel BOP.....	27
4	Modificación de parámetros.....	28
5	Dimensiones de la estructura modular.....	46
6	Funciones de las CPU's S7-200.....	52
7	Selección de equipos.....	54
8	Selección de elementos.....	54
9	Selección de materiales.....	55
10	Dimensiones de montaje.....	57
11	Medidas para el montaje, pares de apriete para tornillos de sujeción..	57
12	Secciones de cables y pares de bornes, pares de apriete para tornillos de sujeción.....	57
13	Conexión PC – Convertidor.....	63
14	Modos de operación.....	64
15	Bornes de entradas y salidas.....	65

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
1	Motor asincrónico o de inducción.....	5
2	Partes motor trifásico jaula de ardilla.....	6
3	Curvas características par-velocidad para todas las frecuencias.....	10
4	Control de frecuencia de un motor de corriente alterna.....	11
5	Modulación por ancho de pulsos sinusoidal.....	13
6	Modulación de ancho de pulso sinusoidal unidireccional.....	13
7	Composición de un variador de velocidad.....	17
8	Variador de velocidad MICROMASTER 440.....	19
9	Interruptor DIP para frecuencias nominales del motor y terminación de bus.....	24
10	Servicio Estándar, Variante analógica.....	25
11	PLC (controladores lógicos programables).....	29
12	Partes de un autómatas programable.....	30
13	Diagrama escalera (Ladder).....	32
14	Diagrama de flujo secuencial SFC o Grafcet.....	33
15	Diagrama de bloques.....	39
16	Ubicación del PLC.....	46
17	Espacio para ubicar el variador.....	47
18	Estructura general del módulo didáctico.....	48
19	Diseño del circuito de mando.....	49
20	Estructura modular completa.....	49
21	Esquema circuito de potencia.....	51
22	Partes de un PLC S7 200 CPU 224XP.....	52
23	Opciones de montaje en el Riel DIN.....	56
24	Dimensiones de montaje.....	56
25	Ubicación de los dispositivos de protección en el riel DIN.....	58
26	Ubicación de los relés y bases.....	59
27	Colocación de los conectores o Jacks.....	59
28	Colocación de los pulsadores, selectores y lámparas.....	60
29	Conexión de alimentación a los variadores.....	60
30	Conexión de alimentación al PLC.....	61
31	Conexión y cableado de los elementos en el módulo.....	61
32	Comunicación entre PLC-PC.....	62
33	Elementos básicos del KOP.....	66
34	Ventana del STEP 7-Micro/WIN.....	67
35	Crear un programa nuevo.....	68
36	Librería de operaciones.....	68
37	Lista de elementos del KOP.....	68
38	Programación en lenguaje Ladder.....	69

39	Selección del tipo de CPU.....	70
40	Varias opciones de instalación.....	71
41	Registro del programa.....	72
42	Selección de las herramientas.....	72
43	Selección de los productos adicionales.....	73
44	Confirmación de la instalación.....	74
45	Selección para comunicación.....	74
46	Creación de variables.....	75
47	Despliegue de menus para la creación de variables.....	75
48	Colocación de direcciones.....	76
49	Programa en diagrama de bloques y en el panel frontal	76

LISTA DE ANEXOS

- A Especificaciones del variador de frecuencia MICROMASTER 440
- B Especificaciones de secciones de cable necesarias para la conexión de los equipos

- C Tamaño constructivo del variador de frecuencia MICROMASTER 440
- D Instrucciones para el montaje del variador de frecuencia MICROMASTER 440
- E Plan de mantenimiento de elementos y dispositivos presentes en el módulo didáctico.

RESUMEN

En la presente tesis, se realiza el Diseño y Construcción de un Módulo para la Comunicación Industrial entre Variadores de Frecuencia y Monitoreo con un Sistema de Adquisición de Datos para el Laboratorio de Control Industrial de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, el cual servirá para la utilización de los estudiantes.

Con este módulo didáctico se realizó la introducción a nuevas tecnologías con su debido adiestramiento, así también el ahorro energético y el control eficiente de motores de corriente alterna muy utilizados en diversos procesos industriales.

Fue necesario el empleo de autómatas programables y variadores de frecuencia con determinadas características, siendo estos compatibles entre si. Luego se realizó el montaje e instalación respectiva de cada una de las partes que hacen posible que exista comunicación entre ellos y su manejo industrial.

La utilización de los software como: LabVIEW, Micro/WIN y PcAcces permitieron una fácil programación y comunicación de los diferentes elementos y dispositivos empleados dejando una clara idea de la función que cumplen en su conjunto por medio de una interfaz gráfica muy amigable al operador, que permite la visualización, monitoreo y modificación de diferentes parámetros para administrar diversas condiciones de funcionamiento de los motores de corriente alterna.

Finalmente se indican las conclusiones y recomendaciones obtenidas al realizar el diseño y construcción del módulo de comunicación de variadores de frecuencia, las mismas que deben ser tomadas en cuenta para una correcta operación de los elementos y dispositivos que lo conforman y evitar su pronto deterioro, fallos o accidentes.

ABSTRACT

In this research work, the Design and Construction of a Module for Industrial Communication was carried out between frequency drives and Monitoring with a data acquisition system for Industrial Control Laboratory of Engineering Maintenance School that will serve to the student usage.

With this didactic module, the introduction of new technologies with the proper insulation was carried out, as well as the energy saving and efficient control of AC motors are widely used in various industrial processes.

It was necessary to use PLCs and frequency drives with certain characteristics, being compatible. After assembly and installation of each respective parts, there is commutation between them and their industrial handling.

The use of software such as Lab View, Micro / WIN and PcAcces allowed an easy programming and communication of the various components and devices used leaving a clear idea of the role through a friendly graphical interface which allows the operator to view, monitor and modification of various parameters to manage various operating conditions of AC motor.

Finally, the conclusions and recommendation obtained to perform the design and construction of the communication module of frequency have to take into account for proper operation of elements and devices to prevent fast corrosion, failure or accident.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Al momento la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la Facultad de Mecánica cuenta con laboratorios de Control Industrial, los mismos que son de suma importancia dentro del aprendizaje académico y práctico de los estudiantes ayudándoles a adentrarse en el extenso campo de la automatización que hoy en día va ganando terreno dentro de la industria.

Pero hasta la actualidad, desde que se creó el laboratorio de Control Industrial y se instaló en él los equipos para el uso estudiantil, no se ha realizado renovaciones significativas, quedando descontinuados y desactualizados con el constante pasar del tiempo perdiendo sus dotes didácticos de relevante importancia por los que fue adquiridos y situados opacándose frente al constante flujo tecnológico.

El rezago de los equipos es notorio ya que no pueden cumplir con los requerimientos básicos y fundamentales, la asociación entre teoría y práctica de dispositivos de automatización que los estudiantes requieren para lograr la suficiente competitividad necesaria para posicionarse en el campo profesional.

1.2 Justificación

La implementación de módulos de automatización en el laboratorio de Control Industrial de la Facultad de Mecánica, permitirá ofrecer al estudiantado a través de su diseño y construcción una mejor formación teórica y práctica fundamental dentro del área del mantenimiento.

A través de la Facultad de Mecánica, la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento cuenta con equipos de automatización SIEMENS adquiridos, realizándose en la actualidad una renovación de los laboratorios, creyéndose necesario la implementación de estos por medio de módulos didácticos de trabajo para realización de prácticas de los estudiantes.

La Escuela de Ingeniería de Mantenimiento no cuenta con los suficientes recursos para la implementación de módulos didácticos que empleen los equipos SIEMENS en el laboratorio de Control Industrial, viéndose la necesidad emergente resulta conveniente el aporte investigativo

y de desarrollo de los estudiantes para implementar los módulos de automatización realizando un significativo aporte a la institución.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Diseñar y construir un módulo para la Comunicación industrial entre variadores de frecuencia y monitoreo con un sistema de adquisición de datos para el laboratorio de escuela de Ingeniería de Mantenimiento.

1.3.2 *Objetivos específicos*

Demostrar de una manera práctica y sencilla de la comunicación y control de velocidad de los motores asincrónicos trifásicos tipo jaula de ardilla.

Monitorear el módulo de laboratorio mediante la aplicación del programa LabView.

Desarrollar guías prácticas de laboratorio para el manejo y programación del variador de velocidad.

Elaborar un programa de normas de seguridad para el manejo del módulo.

Elaborar un plan de mantenimiento para el módulo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Motores asíncronos o de inducción [1]

El motor de inducción es el tipo más popular de los motores de CA debidos a su simplicidad y su facilidad de operación (figura1). El motor de inducción no tiene un circuito de campo separado; en cambio, depende de la acción transformadora para inducir voltajes y corrientes en su circuito de campo.

De hecho, un motor de inducción, es básicamente un transformador giratorio. Su circuito equivalente es similar al de un transformador, excepto en las variaciones de velocidad.

Un motor de inducción opera por lo regular cerca de la velocidad síncrona, pero nunca exactamente asíncrono. Siempre debe haber cierto movimiento relativo para inducir un voltaje en el circuito de campo del motor de inducción. El voltaje inducido en el rotor por el movimiento relativo entre el campo magnético del estator y el rotor produce una corriente en el rotor que interactúa con el campo magnético del estator para producir el par inducido en el motor.

En un motor de inducción el deslizamiento o velocidad a la que se presenta el par máximo se puede controlar variando la resistencia del rotor. El valor del par máximo es independiente de la resistencia del rotor. Una alta resistencia del rotor disminuye la velocidad a la que se presenta el par máximo y por tanto incrementa el par de arranque del motor. Sin embargo, paga un precio por este par e arranque al tener una regulación de velocidad muy pobre en su intervalo normal de operación.

Cuando aplicamos una corriente alterna a un estator, se produce un campo magnético giratorio, este campo de acuerdo a las leyes de inducción electromagnéticas, induce corriente en las bobinas del rotor y estas producen otro campo magnético opuesto según la ley de Lenz y que por lo mismo tiende a seguirlo en su rotación de tal forma que el rotor empieza a girar con tendencia a igualar la velocidad del campo magnético

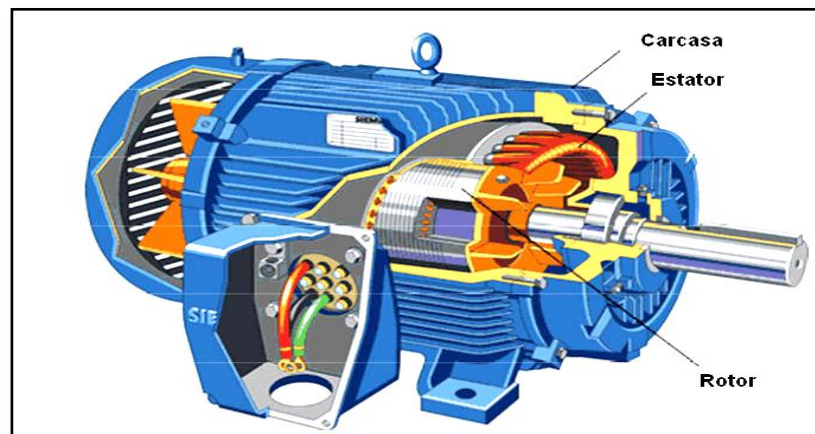
giratorio, sin que ello llegue a producirse. Si sucediera, dejaría de producirse la variación de flujo indispensable para la inducción de corriente en la bobina del inducido.

A medida que se vaya haciéndose mayor la diferencia entre la velocidad de giro del campo y la del rotor, las corrientes inducidas en él y por lo tanto su propio campo, irán en aumento gracias a la composición de ambos campos se consigue una velocidad estacionaria. En los motores asincrónicos nunca se alcanza la velocidad del sincronismo, los bobinados del rotor cortan siempre el flujo giratorio del campo inductor.

Los motores asíncronos o de inducción, son prácticamente motores trifásicos. Están basados en el accionamiento de una masa metálica por la acción de un campo giratorio.

Están formados por dos armaduras con campos giratorios coaxiales: una es fija, y la otra móvil. También se les llama, respectivamente, estator y rotor.

Figura 1. Motor asincrónico o de inducción



Fuente: <http://javier-bermejo-castano.blogspot.com/2011/02/motor-asincrono.html>

El devanado del rotor, que conduce la corriente alterna que se produce por inducción desde el devanado del estator conectado directamente, consiste de conductores de cobre o aluminio vaciados en un rotor de laminaciones de acero. Se instalan anillos terminales de cortocircuito en ambos extremos de la "jaula de ardilla" o bien en uno de los extremos en el caso del rotor devanado. Los motores de inducción de rotor devanado

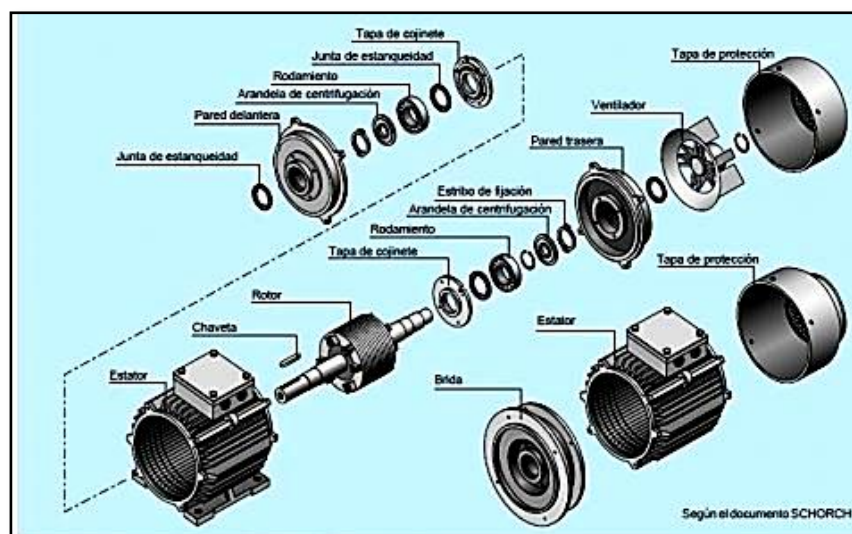
son menos utilizados, debido a su mayor costo de producción y comercialización, y a que requieren de más servicio de mantenimiento que los de jaula de ardilla, de aquí el motivo de su utilización más amplia.

2.1.2 Motores asincrónicos, jaula de ardilla. Es sin duda el más común de todos los motores eléctricos, por su sencillez y forma constructiva (Figura 2). Elimina el devanado en el rotor o inducido. Las planchas magnéticas forman el núcleo del rotor, una vez ensambladas dejan unos espacios cilíndricos que sustituyen a las ranuras de los rotores bobinados, por estas ranuras pasan unas barras de cobre (o aluminio) que sobresalen ligeramente del núcleo, estas barras o conductores están unidos en ambos lados por unos anillos de cobre. Se denomina Jaula de Ardilla por la similitud que tiene con una jaula.

En los motores de jaula de pequeña potencia, las barras son remplazadas por aluminio inyectado igual que los anillos de cierre, a los que se les agregan unas aletas que actúan a su vez en forma de ventilador.

Las ranuras o barras pueden tener diferentes formas y lo que se pretende con ello es mejorar el rendimiento del motor, especialmente reducir las corrientes elevadas que producen los motores de jaula en el momento de arranque.

Figura 2. Partes motor trifásico jaula de ardilla



Fuente: http://grupos.emagister.com/imagen/motor_asincrono_trifasico_de_jaula/1007-82855

Cuando el inducido está parado y conectamos el estator tienen la misma frecuencia que la que podemos medir en la línea, por lo tanto, la autoinducción en el rotor será muy elevada, lo que motiva una reactancia inductiva que es mayor donde mayor es el campo. De la manipulación de las ranuras y en consecuencia las barras dependerán que las corrientes sean más o menos elevadas, lo que en definitiva es el mayor problema de los motores de jaula.

Velocidad de sincronismo. Estos motores se llaman asíncronos porque su velocidad no depende rigurosamente de la velocidad de la frecuencia de la corriente de alimentación, pero resulta siempre un poco menos que la velocidad de sincronismo por razones que derivan de su principio de funcionamiento.

Así, pues, la velocidad de rotación del campo en rpm debe ser:

$$n_s = \frac{120f}{Np} \quad (1)$$

Siendo:

f = Frecuencia en periodos por segundo (Hz)

Np = El número de polos

n_s = Velocidad de sincronismo del motor. (rpm)

La velocidad de este tipo de motores se puede cambiar en forma proporcional a la variación de la frecuencia e inversamente proporcional a los cambios de los números de polos. La frecuencia se puede variar mediante aparatos eléctricos especiales, en cambio al número de polos se lo hace cambiando las conexiones de los bobinados (cuando se tienen múltiples).

Deslizamiento. Si a un inducido, cuyas bobinas forman un circuito cerrado, se coloca en un campo magnético giratorio, desarrollará un par por las corrientes inducidas (las espiras son cortadas por el campo magnético y aparece una fuerza electromotriz (fem), por ser un circuito cerrado, circula una corriente y al circular una corriente alrededor de ésta, se forma un campo magnético) que actúan conjuntamente con el campo magnético en rotación. Pero el inducido (rotor) no puede alcanzar la velocidad de rotación del

campo; para que sea así, las bobinas deberían dejar de cortar el flujo y no tendría que haber corriente en el motor, por lo tanto tampoco habrá par alguno.

La diferencia entre la velocidad de rotación del campo y la velocidad del rotor, se llama deslizamiento del motor.

Es más conveniente expresar el deslizamiento con relación a la velocidad del sincronismo.

Llamando n_1 la velocidad del rotor y n_s la velocidad de sincronismo, el deslizamiento será:

$$S = \frac{n_s - n}{n_s} \quad (2)$$

Que puede ser expresado en decimales o en tanto por ciento si multiplicamos por 100.

El deslizamiento a plena carga de los motores industriales varía entre 1% y 10% según su potencia y tipo. Por lo tanto, la velocidad del rotor de un motor de inducción es dada por la expresión.

$$n_1 = \frac{f 60(1-s)}{N_p} \quad (3)$$

En donde:

n_1 Se expresa en r. p. m

s El deslizamiento en decimales

N_p Número de polos

Par motor. Cuando las líneas del campo magnético cortan las barras del rotor, se produce en ellas una fuerza electromotriz que da lugar a corrientes que circulan en los sentidos opuestos (en los hilos más próximos a los polos) es decir, que se producen esas corrientes en hilo separado 180° . Los hilos se ven sometidos a unas fuerzas que tienden a moverlos en dirección perpendicular al campo magnético y produciendo con ello el llamado par motor.

En un motor eléctrico, el par motor y la velocidad de giro n están relacionadas de tal forma que cuando la velocidad decrece el par aumenta. **Par de giro.** El valor del par de giro del motor viene dado por:

$$M = K \ \delta \cdot I_r \quad (4)$$

Siendo:

K = Constante.

δ = Flujo magnético del campo giratorio.

I_r = Intensidad de corriente del rotor.

2.1.3 Arranque de un motor trifásico de inducción. Se denomina arranque de un motor al régimen transitorio en el que se eleva la velocidad del mismo desde que se encuentra el motor en estado detenido o estacionario hasta el momento en el que él se posicione girando a la velocidad de régimen permanente o constante. Son necesarios los arrancadores para limitar la corriente de armadura que fluye cuando el motor se conecta, pues en el momento de arranque la corriente que alcanza el motor de inducción conectado directamente es de 4 a 8 veces la corriente del mismo a plena carga, y aunque puede ser de corta duración, produciría sobrecargas en la línea y consecuentemente caídas de voltaje muy incidente en la red.

2.1.4 Fundamentos básicos sobre el control de velocidad de un motor trifásico de inducción. El motor de corriente alterna, a pesar de ser un motor robusto, de poco mantenimiento, liviano e ideal para la mayoría de las aplicaciones industriales, tiene el inconveniente de ser un motor rígido en cuanto a la posibilidad de variar su velocidad.

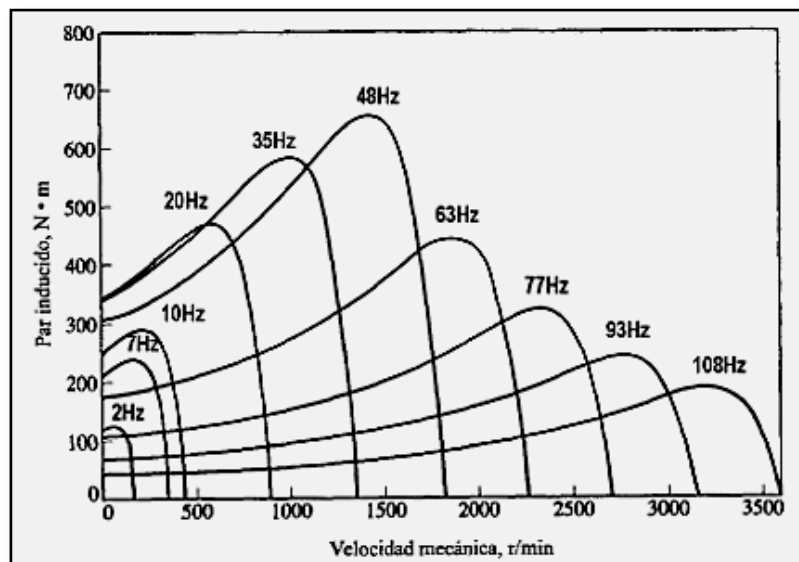
La velocidad del motor asincrónico depende de la forma constructiva del motor y de la frecuencia de alimentación.

Como la frecuencia de alimentación que entregan las compañías de electricidad es constante, la velocidad de los motores asincrónicos es constante, salvo que se varíe el número de polos, el deslizamiento o la frecuencia.

2.1.5 Formas de control de velocidad de un motor trifásico de inducción. Se puede variar la velocidad del motor trifásico de inducción actuando sobre las diferentes variables de las que depende:

2.1.5.1 Control de velocidad mediante el cambio en la frecuencia de alimentación. Al cambiar la frecuencia eléctrica aplicada al estator del motor de inducción, la velocidad de rotación de sus campos magnéticos η_{sinc} cambiará en proporción directa al cambio de la frecuencia eléctrica, y el punto de vacío sobre la curva característica par-velocidad cambiará con ella. La velocidad del motor en condiciones nominales se llama velocidad base. Se puede ajustar la velocidad del motor por encima o por debajo de la velocidad base, utilizando control de frecuencia variable, como se puede ver en la figura. 3 donde la velocidad base es 1800 r.p.m.

Figura 3. Curvas características par-velocidad para todas las frecuencias



Fuente: <http://patricioconcha.ubb.cl/410113/accionamientos/frecuencia.htm>

2.1.6 Control de velocidad mediante la relación voltaje/frecuencia. De acuerdo al método para variar la velocidad sincrónica de un motor trifásico de corriente alterna, debemos alimentar el motor con una tensión y frecuencia variable, dependiendo de la velocidad que se quiera. Es muy importante tener en cuenta que al modificar la frecuencia que se aplica al estator, es necesario variar la tensión aplicada de la misma forma y en la misma magnitud. Esto se debe hacer para mantener el mismo grado de saturación y densidad de flujo en el entrehierro del motor.

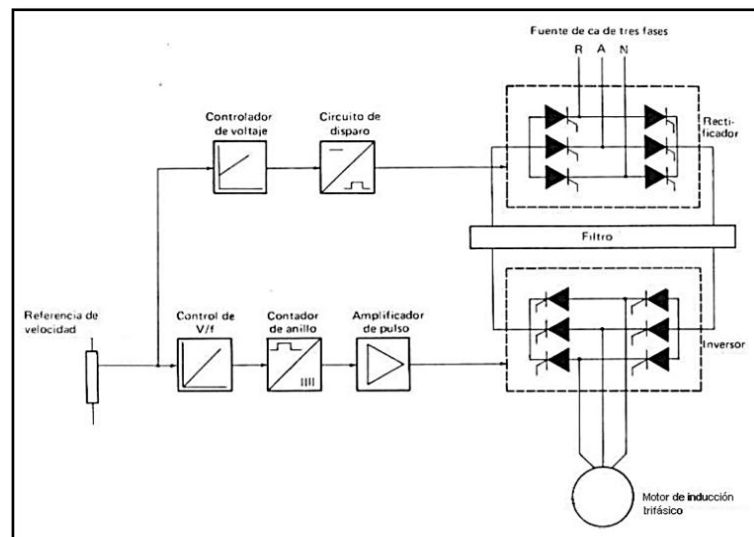
Existen dos maneras de realizar la variación de velocidad en motores trifásicos, las cuales se explican a continuación.

2.1.7 Por medio de tiristores. Hace algunos años, y por mucho tiempo, los tiristores fueron parte fundamental del control de velocidad para motores de CA por variación de frecuencia. En un principio solo estos elementos podían ser utilizados para este fin, pues no existía en el mercado otro tipo de semiconductores que pudieran suministrar las corrientes que estos variadores demandan. Además, éste tipo de semiconductores, debiendo ser de potencia, tenían un alto costo. Esta característica hacía casi imposible su empleo en este tipo de equipos para motores de corriente continua.

Con el advenimiento de nuevas tecnologías para la fabricación de semiconductores, los tiristores fueron desplazados y en su lugar se fueron utilizando transistores de potencia, MOSFETS de potencia, y últimamente IGBTs.

Uno de los principales problemas que se afrontaban con los tiristores era toda la circuitería paralela que se debía diseñar para su apagado. Además se tenía que emplear un gran número de tiristores dentro del diseño, ya que el control de velocidad para motores de CA prácticamente era dos controles en uno; un control de voltaje para la parte de voltaje de CD y otro para la parte de frecuencia. Esto se puede ver en la figura 4.

Figura 4. Control de frecuencia de un motor de corriente alterna



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos91/sistemas-alimentacion-interrumpida-ups/sistemas-alimentacion-interrumpida-ups.shtml>

2.1.8 Control del voltaje y frecuencia mediante modulación de ancho de pulso (PWM). Mediante esta técnica se puede controlar la magnitud y frecuencia de la señal de salida mediante la modulación del ancho de pulso de los interruptores del inversor.

La modulación de ancho de pulso es el proceso de modificar el ancho de los pulsos de un tren de pulsos en razón directa a una pequeña señal de control; cuando mayor sea el voltaje de control, será más ancho el pulso resultante.

Existen diferentes tipos de modulación por ancho de pulso, tales como modulación por ancho de pulso único, por ancho de pulso múltiple, sinusoidal, sinusoidal modificado, entre otros, cada uno con sus respectivas características.

Dado que en este trabajo se necesita producir una señal sinusoidal, se empleará la modulación por ancho de pulso sinusoidal.

Las señales de control, se generan comparando a una señal de referencia sinusoidal de amplitud A_r , con una onda portadora triangular de amplitud A_c y frecuencia f_c .

La frecuencia f_r de la señal de referencia determina la frecuencia fundamental de la salida del inversor. La variable de control es el índice de modulación de amplitud (M), o índice de modulación, el cual es la relación de A_r entre A_c .

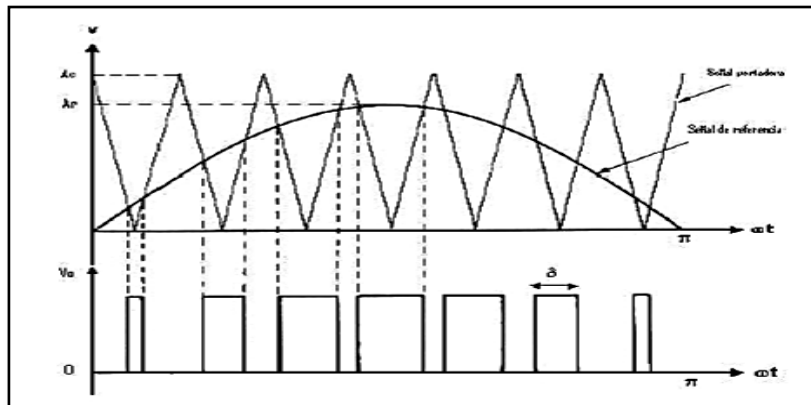
$$M = \frac{A_r}{A_c} \quad (5)$$

Si se varía A_r desde 0 hasta A_c , se puede modificar el ancho de pulso δ , de 0° a 180° .

De esta manera, la amplitud pico de la sinusoidal controla el índice de modulación M , y en consecuencia el voltaje RMS de salida V_0 . La figura 5 muestra lo explicado anteriormente. La cantidad de pulsos por medio ciclo depende de la frecuencia de la portadora. Se puede observar que el área de cada pulso corresponde en forma aproximada, al área bajo la onda sinusoidal, entre los puntos medios adyacentes de los periodos de apagado de las señales de control.

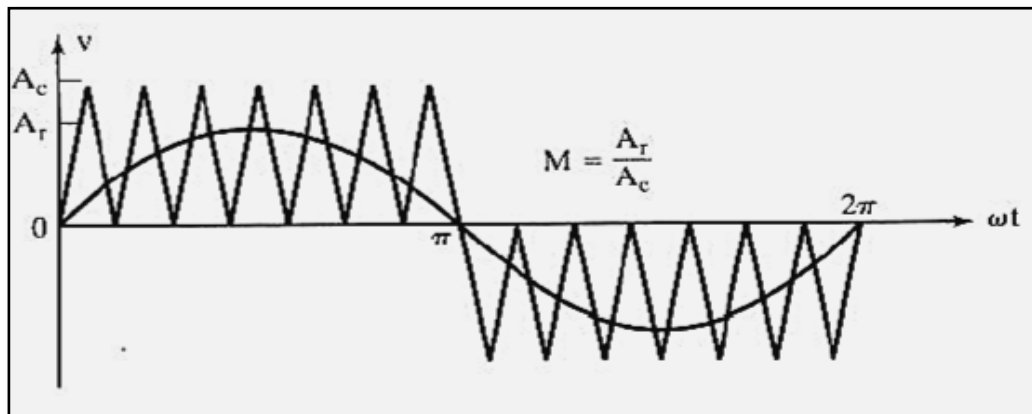
Al analizar el resultado de la forma de onda de la modulación de ancho de pulso sinusoidal unidireccional, se notó que para las señales de control en un puente inversor trifásico, el semiciclo positivo puede ser idéntico al semiciclo negativo, desfasado éste último 180° . ver figura 6.

Figura 5. Modulación por ancho de pulsos sinusoidal



Fuente: http://www.uma.es/investigadores/grupos/electronica_potencia/laboratorio/index.php?option=com_content&view=article&id=83&Itemid=135

Figura 6. Modulación de Ancho de Pulso Sinusoidal Unidireccional



Fuente: <http://cesarpfc.50webs.com/c5.htm>

En base a esta característica, las señales de control se pueden basar sólo en los valores de la señal PWM resultante de un semiciclo.

Finalmente, después de haber analizado las diferentes técnicas con sus características para llevar a cabo la variación de frecuencia - voltaje para el control eficiente de velocidad en motores de corriente alterna, se eligió el control por modulación de ancho de pulso sinusoidal unidireccional.

Lo anterior debido a que el trabajo de la generación de las señales PWM unidireccionales se puede realizar con un microcontrolador.

2.2 Variador de frecuencia [2]

El Variador de Velocidad (VSD, por sus siglas en inglés Variable Speed Drive) en un sentido amplio, es un dispositivo o conjunto de dispositivos mecánicos, hidráulicos, eléctricos o electrónicos empleados para controlar la velocidad giratoria de maquinaria, especialmente de motores eléctricos. Un variador de velocidad puede consistir en la combinación de un motor eléctrico y el controlador que se emplea para regular la velocidad del mismo.

La combinación de un motor de velocidad constante y de un dispositivo mecánico que permita cambiar la velocidad de forma continua (sin ser un motor paso a paso) también puede ser designado como variador de velocidad.

Los variadores son convertidores de energía encargados de modular la energía que recibe el motor.

Otra definición sería, los variadores de velocidad son dispositivos que permiten variar la velocidad y la acopla de los motores asíncronos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables.

2.2.1 *Motivos para emplear variadores de velocidad.* Las principales razones para la utilización de los variadores de velocidad son el control eficiente de procesos y ahorro energético. Los variadores de velocidad fueron desarrollados originalmente para el control de procesos, pero en la actualidad el ahorro energético ha surgido como un objetivo tan importante como el primero.

2.1.1.1 *Velocidad como una forma de controlar un proceso.* Entre las diversas ventajas en el control del proceso proporcionadas por el empleo de variadores de velocidad destacan:

- Operaciones más suaves.
- Control de la aceleración.
- Distintas velocidades de operación para cada fase del proceso.
- Compensación de variables en procesos variables.
- Permitir operaciones lentas para fines de ajuste o prueba.
- Ajuste de la tasa de producción.

- Permitir el posicionamiento de alta precisión.
- Control del Par motor (torque).

2.2.1 Fomentar el ahorro de energía mediante el uso de variadores de velocidad. El accionamiento de un equipo mediante un Variador de velocidad representa un consumo energético mucho menor contrariamente a que el equipo fuera a velocidad fija constante utilizado de forma más convencional.

Los ventiladores y bombas representan las aplicaciones más llamativas. Por ejemplo, cuando una bomba es impulsada por un motor que opera a velocidad fija, el flujo producido puede ser mayor al necesario. Para ello, el flujo podría regularse de manera controlada mediante una válvula de control dejando estable la velocidad de la bomba, pero resulta mucho más eficiente regular dicho flujo controlando la velocidad del motor, en lugar de restringirlo por medio de la válvula, ya que el motor no tendrá que consumir una energía no aprovechada, que es disipada en forma de calor, generando pérdidas notables en el aprovechamiento de la energía.

2.3 Composición de un variador de frecuencia.

Los variadores de frecuencia están compuestos por diferentes etapas y estas son:

- **Etapas Rectificadora.** Convierte la tensión alterna en continua mediante rectificadores de diodos, tiristores, etc.
- **Etapas intermedia.** Filtro para suavizar la tensión rectificada y reducir la emisión de armónicos.
- **Inversor o "Inverter".** Convierte la tensión continua en otra de tensión y frecuencia variable mediante la generación de pulsos. Actualmente se emplean IGBT's (Isolated Gate Bipolar Transistors) para generar los pulsos controlados de tensión. Los equipos más modernos utilizan IGBT's inteligentes que incorporan un microprocesador con todas las protecciones por sobrecorriente, sobretensión, baja tensión, cortocircuitos, puesta a masa del motor, sobretemperaturas, etc.

- **Etapa de control.** Esta etapa controla los IGBT para generar los pulsos variables de tensión y frecuencia. Y además controla los parámetros externos en general, etc. Los variadores más utilizados utilizan modulación PWM (Modulación de Ancho de Pulsos) y usan en la etapa rectificadora puente de diodos rectificadores. En la etapa intermedia se usan condensadores y bobinas para disminuir las armónicas y mejorar el factor de potencia

El Inversor o Inverter convierte la tensión continua de la etapa intermedia en una tensión de frecuencia y tensión variables. Los IGBT envían pulsos de duración variable y se obtiene una corriente casi sinusoidal en el motor.

La frecuencia portadora de los IGBT se encuentra entre 2 a 16kHz. Una portadora con alta frecuencia reduce el ruido acústico del motor pero disminuye el rendimiento del motor y la longitud permisible del cable hacia el motor. Por otra parte, los IGBT's generan mayor calor.

Las señales de control para arranque, parada y variación de velocidad (potenciómetro o señales externas de referencia) estén aisladas galvánicamente para evitar daños en sensores o controles y evitar ruidos en la etapa de control.

2.4 Tipos de variadores de velocidad.

En términos generales, puede decirse que existen tres tipos básicos de variadores de velocidad: mecánicos, hidráulicos y eléctrico-electrónicos.

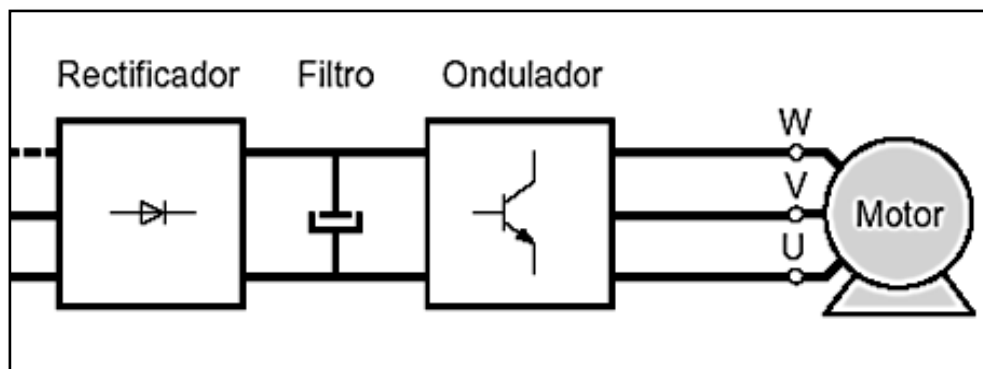
Dentro de cada tipo pueden encontrarse más subtipos, que se detallarán a continuación. Cabe aclarar que los variadores más antiguos fueron los mecánicos, que se emplearon originalmente para controlar la velocidad de las ruedas hidráulicas de molinos, así como la velocidad de las máquinas de vapores. Se los puede clasificar de la siguiente manera:

- Variadores mecánicos
- Variadores hidráulicos.
- Variadores eléctrico-electrónicos.
- Variadores para motores de CC.

- Variadores por corrientes de Eddy.
- Variadores de deslizamiento
- Variadores para motores de CA.

A continuación en la figura 7 se muestra un esquema básico de un variador de velocidad.

Figura 7. Composición de un variador de velocidad



Fuente: <http://html.rincondelvago.com/variadores-de-velocidad.html>

2.4.1 Aplicaciones de los variadores de frecuencia.[3] Los variadores de frecuencia tienen sus principales aplicaciones en los siguientes tipos de máquinas:

- **Transportadoras.** Controlan y sincronizan la velocidad de producción de acuerdo al tipo de producto que se transporta, para dosificar, para evitar ruidos y golpes en transporte de botellas y envases, para arrancar suavemente y evitar la caída del producto que se transporta, etc.
- **Bombas y ventiladores centrífugos.** Controlan el caudal, uso en sistemas de presión constante y volumen variable. En este caso se obtiene un gran ahorro de energía porque el consumo varía con el cubo de la velocidad, o sea que para la mitad de la velocidad, el consumo es la octava parte de la nominal.
- **Bombas de desplazamiento positivo.** Control de caudal y dosificación con precisión, controlando la velocidad. Por ejemplo en bombas de tornillo, bombas de engranajes. Para transporte de pulpa de fruta, pasta, concentrados mineros, aditivos químicos, chocolates, miel, barro, etc.

- **Ascensores y elevadores.** Para arranque y parada suaves manteniendo la cupla del motor constante, y diferentes velocidades para aplicaciones distintas.
- **Extrusoras.** Se obtiene una gran variación de velocidades y control total de la cupla del motor.
- **Centrífugas.** Se consigue un arranque suave evitando picos de corriente y velocidades de resonancia.
- **Prensas mecánicas y balancines.** Se consiguen arranques suaves y mediante velocidades bajas en el inicio de la tarea, se evitan los desperdicios de materiales.
- **Máquinas textiles.** Para distintos tipos de materiales, inclusive para telas que no tienen un tejido simétrico se pueden obtener velocidades del tipo random para conseguir telas especiales.
- **Compresores de aire.** Se obtienen arranques suaves con máxima cupla y menor consumo de energía en el arranque.
- **Pozos petrolíferos.** Se usan para bombas de extracción con velocidades de acuerdo a las necesidades del pozo.

2.5 El variador de velocidad MICROMASTER 440[4]

La serie MICROMASTER 440 es una gama de convertidores de frecuencia (también denominado variadores, ver figura 8) para modificar la velocidad de motores trifásicos. Los diferentes modelos que se suministran abarcan un rango de potencias desde 120W para entrada monofásica hasta 75.00 kW con entradas trifásicas. Los convertidores están controlados por microprocesador y utilizan tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de última generación. Esto los hace fiables y versátiles. Un método especial de modulación por ancho de impulsos con frecuencia de pulsación seleccionable permite un funcionamiento silencioso del motor. Extensas funciones de seguridad ofrecen una protección excelente tanto del convertidor como del motor.

Figura 8. Variador de velocidad MICROMASTER 440



Fuente: <http://www.inverterdrive.com/group/AC-Inverter-Drives-230V/Siemens-Micromaster-440-250W-230V-1ph-3ph/default.aspx>

El MICROMASTER 440, con sus ajustes por defecto realizados en fábrica. Es ideal para una gran gama de aplicaciones sencillas de control de motores.

El MICROMASTER 440 también puede utilizarse para aplicaciones más avanzadas de control de motores haciendo uso de su funcionalidad al completo. También donde se encuentre aislado como integrado en sistemas de automatización.

MICROMASTER 440 existe en dos variantes:

- Variante USS
- Variante analógica

Ambos modelos con o sin filtro EMC y disipador plano.

2.5.1 Características del variador. MICROMASTER 440. Características principales

- Fácil de instalar, parametrizar y poner en servicio
- Diseño robusto en cuanto a CEM
- Puede funcionar en alimentación de línea IT
- Tiempo de respuesta a señales de mando rápido y repetible

- Amplio número de parámetros que permite la configuración de una gama extensa de aplicaciones
- Conexión sencilla de cables
- Relés de salida
- Salidas analógicas (0 – 20 mA)
- 6 entradas digitales NPN/PNP aisladas y conmutables
- 2 entradas analógicas:
 - AIN1: 0 – 10V, 0- 20 mA y -10 a + 10V
 - AIN2: 0 – 10V, 0- 20 mA
- Las 2 entradas analógicas se pueden utilizar como la 7ª y 8ª entrada digital
- Tecnología BiCo
- Diseño modular para configuración extremadamente flexible
- Altas frecuencias de pulsación para funcionamiento silencioso del motor
- Información de estado detallada y funciones de mensajes integradas
- Opciones externas para comunicaciones por PC, panel BOP (Basic Operator Panel) y módulo de comunicación PROFIBUS

Funciones

- Tiempo de respuesta a señales de mando rápido
- Limitación rápida de corriente (fast current limit FCL) para funcionamiento seguro sin desconexiones por fallo Freno combinado
- Freno por inyección de corriente continua integrada
- Frecuencias fijas
- Función de potenciómetro motorizado
- Tiempos de aceleración y deceleración ajustables con redondeo parametrizable
- Característica V/f multipunto
- 150% de sobrecarga en 60 segundos
- Control con 2-hilos/3-hilos control
- Rearranque automático después de cortes de red
- Rearranque al vuelo

Prestaciones

- Control vectorial sin sensores
- Control de flujo de corriente FCC para una mejora de la respuesta dinámica y control del motor
- Limitación rápida de corriente FCL para funcionamiento libre de disparos intempestivos
- Freno por inyección de corriente continua integrado
- Frenado compuesto o combinado para mejorar las prestaciones del frenado
- Tiempos de aceleración/deceleración con redondeo de rampa programable
- Control en lazo cerrado utilizando una función PID, con autoajuste
- Rampas de subida y bajada seleccionables
- Característica V/f multipunto

Características de protección

- Protección sobretensión / mínima tensión
- Protección de sobre temperatura para el convertidor
- Protección de defecto a tierra
- Protección de cortocircuito
- Protección térmica del motor por i^2t
- Protección del motor mediante sondas PTC/KTY

Beneficios del variador MICROMASTER 440

- Instalación, parametrización y puesta en servicio simples
- Diseñado para máxima compatibilidad electromagnética
- Extenso rango de parámetros que permite configurarlo para una amplia gama de aplicaciones
- Funcionalidad adaptada gracias a variantes análogas y USS
- Funcionamiento silencioso del motor gracias a altas frecuencias de pulsación
- Posibilidad de copiar rápidamente parámetros usando el panel BOP opcional
- Opciones externas para comunicación con PC así como BOP

- Actuación rápida y reproducible de las entradas digitales para aplicaciones de alta velocidad
- Protección de las partes mecánicas de las máquinas gracias a banda de frecuencias inhibible para evitar resonancias, rampas de aceleración/deceleración parametrizables de hasta 650 s, redondeo de rampas
- Led para la información de estado
- Interruptor DIP para adaptación rápida a aplicaciones de 50 Hz ó 60Hz
- Límite de tensión inferior regulable en el circuito intermedio para iniciar un frenado controlado del motor en caso de un fallo de la red

Gama de aplicación. El variador MICROMASTER 440 es especialmente idóneo para aplicaciones con bombas y ventiladores, como accionamiento en diferentes sectores tales como alimentación, textil, papelera o de embalajes, así como en aplicaciones de mantenimiento, accionamientos de puertas de fábricas, galpones y garajes, y como accionamiento universal para paneles publicitarios móviles.

Modos de puesta en servicio. La puesta en servicio estándar para el MICROMASTER 440 se puede llevar a cabo con uno de los métodos que se indican a continuación y es adecuada para la mayoría de las aplicaciones.

- Usando el convertidor con los ajustes de fábrica, prescribiendo consignas y comandos por medio de entradas digitales y analógicas o por medio de la interface RS485.
- Usando el panel de operaciones BOP (Basic Operator Panel).

La puesta en servicio avanzada permite adaptar el MICROMASTER 440 a aplicaciones específicas. El variador MICROMASTER 440 existe en dos variantes:

Variante analógica. Está indicada para aplicaciones con un solo convertidor.

Las órdenes y consignas se imparten con un interruptor externo y un potenciómetro utilizando las entradas digitales y la entrada analógica del MICROMASTER 440.

Variante USS [5]. Indicada para aplicaciones con varios convertidores comunicados.

Las órdenes y consignas se imparten usando la interface RS485 con protocolo USS. Se pueden operar varios MICROMASTER 440 en el mismo bus.

Si utiliza la interface USS, necesita un potencial 0 V común a todos los componentes en el bus USS. Esto lo puede hacer mediante el borne 10 de la tarjeta de control.

Cada modelo MICROMASTER 440 dispone de diferentes modos para hacer la puesta en servicio. Estas opciones se describen a continuación.

2.5.2 Puesta en servicio estándar. El MICROMASTER 440 se suministra con valores de parámetro pre ajustados en fábrica, con las siguientes características:

Los datos asignados del motor; tensión, corriente y frecuencia se encuentran almacenados en el convertidor y se han dado partiendo de un motor apropiado al convertidor.

Velocidad máxima 3000 min⁻¹ para motores bipolares de 50 Hz (3600 min⁻¹ para 60 Hz); controlable por un potenciómetro en la entrada analógica del convertidor (variante analógica) o por interface RS485 (variante USS). Rampas de aceleración y deceleración = 10 s.

Adaptación a motores de 60 Hz. Los MICROMASTER 440 están pre ajustados para motores con una frecuencia nominal de 50 Hz. Se pueden adaptar, por medio el interruptor DIP que se encuentra en la parte frontal, para el funcionamiento con motores de 60 Hz.

El interruptor DIP 1 se utiliza para conmutar entre 50 Hz y 60 Hz. La posición del ajuste de fábrica es la de 50 Hz. La potencia de salida, en esa posición, se visualiza en kW (si hay un BOP incorporado). Los datos específicos del motor se calculan en base a 50 Hz.

Cambiando la posición del interruptor DIP (ver figura 9) a 60 Hz se adapta el MICROMASTER 440 a la aplicación de 60 Hz.

El interruptor se tiene que poner a la frecuencia requerida antes de aplicar la tensión de red.

Al conectar la tensión se lee la posición del interruptor y se calculan los siguientes parámetros específicos del motor:

- Frecuencia nominal del motor (P0310)
- Frecuencia máxima del motor (P1082)
- Frecuencia de referencia (P2000)

Figura 9. Interruptor DIP para Frecuencias Nominales del Motor y Terminación de Bus

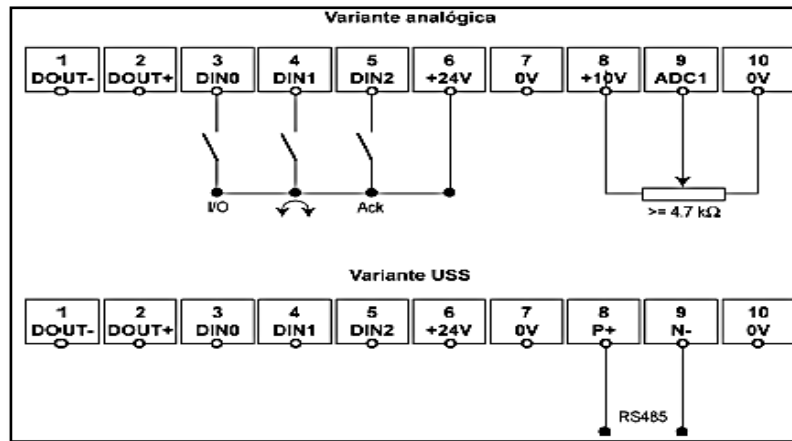


Fuente: <http://www.watson-marlow.de/pdfs-global/opspa.pdf>

Ajuste de fábrica. El convertidor MICROMASTER 440 viene ajustado ya de fábrica para emplearlo en aplicaciones estándar V/f con un motor asíncrono trifásico de 4 polos que tenga los mismos datos de potencia que el convertidor.

El control de velocidad del motor se lleva a cabo a través de las entradas analógicas en la variante analógica o a través de la interface RS485 en la variante USS.

Figura 10. Servicio Estándar, Variante Analógica



Fuente: <http://www.watson-marlow.de/pdfs-global/opspa.pdf>

El convertidor ya viene preajustado desde la fábrica para emplearlo directamente en la mayoría de las aplicaciones. El ajuste de fábrica para la variante analógica se encuentra en la Tabla 1 y para la variante USS en la Tabla 2. La asignación de bornes se muestra en la Figura 10.

Tabla 1. Ajuste de fábrica para el servicio con MICROMASTER 440 (variante analógica)

Descripción	Bornes	Parámetros-ajuste de fábrica	Función
Fuente de consig. frecuencia.	9	P1000 = 2	Entrada analógica
Fuente de órdenes	3,4 y 5	P0700 = 2	(véase abajo)
Entrada digital 0	3	P0701 = 1	ON/OFF1
Entrada digital 1	4	P0702 = 12	Inversión sentido de giro
Entrada digital 2	5	P0703 = 9	Acuse de fallo
Tipos de control vía bornes	-	P0727 = 0	Control Siemens estándar

Fuente: <http://www.watson-marlow.de/pdfs-global/opspa.pdf>

Con los ajustes de fábrica de la variante analógica se obtienen las siguientes funciones:

- Órdenes ON y OFF para el motor (DIN0 vía interruptor externo)
- Conmutación de giro: horario/anti horario del motor (DIN1 vía interruptor externo)
- Acuses de fallo (DIN2 vía interruptor externo).

El control de velocidad del motor se puede efectuar mediante un potenciómetro ($\geq 4,7$ k Ω) en la entrada analógica (variante analógica) y mediante la interface RS485 (variante USS).

Tabla 2. Ajustes de fábrica para el servicio con MICROMASTER 440 - variante USS

Descripción	Bornes	Parámetros-ajuste de fábrica	Función
Dirección USS	8/9	P2011 = 0	Dirección USS = 0
Vel. transmisión USS	8/9	P2010 = 6	Vel. transmisión USS = 9600 bps
Longitud PZD USS	8/9	P2012 = 2	En la parte PZD del telegrama USS hay dos palabras de 16 bits.
Consigna de frecuencia	8/9	P1000 = 5	Prescripción de consigna vía protocolo USS (HSW = consigna principal)
Fuente de órdenes	8/9	P0700 = 5	Vía protocolo USS (STW = palabra de mando)

Fuente: <http://www.watson-marlow.de/pdfs-global/opspa.pdf>

Mensajes de diagnóstico del convertidor. El LED (diodo luminiscente) muestra los estados de funcionamiento, alarma y fallo del convertidor.

Terminación de bus en la variante USS. La variante USS del MICROMASTER 440 utiliza protocolo RS485 para la comunicación entre el control y el (los) convertidor(es) en el bus. El último convertidor en el bus necesita una resistencia. La resistencia de terminación de bus se activa poniendo los interruptores DIP 2 y 3 (Figura 13 lado frontal del MICROMASTER 440) en la posición "Bus termination".

2.5.3 Puesta en servicio con el panel de operación BOP. Con el panel de operaciones opcional BOP se pueden modificar señales de control y consignas de velocidad, apretando simplemente el botón pertinente. Con el BOP también se tiene fácilmente acceso a los parámetros del MICROMASTER 440.

2.5.4 Funciones avanzadas del BOP. El BOP ofrece la posibilidad de realizar una puesta servicio completa (Tabla 3).

- El BOP se fija directamente en el convertidor.
- El BOP también se puede poner y quitar estando el convertidor bajo tensión.
- El MICROMASTER 440 detecta cuando se ha incorporado un BOP y permite acceder a los parámetros. Para el mando del convertidor con el BOP (ON-OFF, consigna) se tienen que poner los parámetros P0700 (fuente de órdenes para ON/OFF, cambio de giro, JOG) y P1000 (consigna de frecuencia) a 1. También se puede ajustar como alternativa P0719 = 11.

2.5.5 Modificación de parámetros con el BOP. A continuación se describe cómo seleccionar parámetros y modificar sus valores utilizando el BOP (Tabla 4). Según el esquema también se puede ajustar el convertidor para operar mediante el BOP (arrancar/detener, prescripción de consignas de frecuencia)

2.6 Controladores lógicos programables PLC [6]










Un autómatas programable industrial (API) o Programmable Logic Controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales. Ver figura 11.

Hasta no hace mucho tiempo el control de procesos industriales se venía haciendo de forma cableada por medio de contactores y relés.

Al operario que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones, se le exigía tener altos conocimientos técnicos para poder realizarlas y posteriormente mantenerlas.

Además cualquier variación en el proceso suponía modificar físicamente gran parte de las conexiones de los montajes, siendo necesario para ello un gran esfuerzo técnico y un mayor desembolso económico.

Tabla 3. Funciones del panel BOP

Panel/	Función	Efectos
	Indicación de estado	La pantalla de cristal líquido muestra los ajustes actuales del convertidor.
	Marcha	Al pulsar este botón se arranca el convertidor. Por defecto está bloqueado Para activarlo: P0700 = 1 o P0719 = 10 ... 15
	Parada	OFF1 Pulsando este botón se para el motor siguiendo la rampa de deceleración seleccionada. Para activarlo: P0700 = 1 o P0719 = 10 ... 15 OFF2 Pulsando el botón dos veces (o una vez prolongada) el motor separa de forma natural (inercia hasta parada).
	Invertir sentido	Pulsar este botón para cambiar el sentido de giro del motor. El inverso se indica mediante un signo negativo (-) o un punto decimal intermitente. Por defecto está bloqueado. Para activarlo: P0700 = 1 o P0719 = 10 ... 15.
	Jog motor	Pulsando este botón en estado "listo" el motor arranca y gira a la frecuencia Jog preseleccionada. Pulsando este botón mientras el convertidor no tiene salida hace que el motor arranque y gire a la frecuencia Jog preseleccionada. El motor se detiene cuando se suelta el botón. Pulsar este botón cuando el motor está funcionando carece de efecto.
	Función	Este botón sirve para visualizar información adicional. Funciona pulsándolo y manteniéndolo apretado. Muestra lo siguiente comenzando por cualquier parámetro durante la operación: 1. Tensión en circuito intermedio (indicado mediante d - unidades en V). 2. Frecuencia de salida (Hz) 3. Tensión de salida (o - unidades en V). 4. El valor seleccionado en P0005. (Si P0005 se ha configurado de tal forma que se muestra uno de los datos indicados arriba (1 - 3), no aparece el valor correspondiente de nuevo). Cualquier pulsación adicional hace que vuelva a visualizarse la sucesión indicada anteriormente. Función de salto Pulsando brevemente el botón Fn es posible saltar desde cualquier parámetro (rxxxx o Pxxxx) a r0000, lo que permite, si se desea, modificar otro parámetro. Una vez retornado a r0000, si pulsa el botón Fn irá de nuevo a su punto inicial. Acusar Cuando aparecen mensajes de alarma y error, se pueden acusar, pulsando el botón Fn.
	Acceder a parámetros	Pulsando este botón es posible acceder a los parámetros.
	Subir valor	Pulsando este botón se sube el valor visualizado.
	Bajar valor	Pulsando este botón se sube el valor visualizado.

Fuente: <http://www.watson-marlow.de/pdfs-global/opspa.pdf>

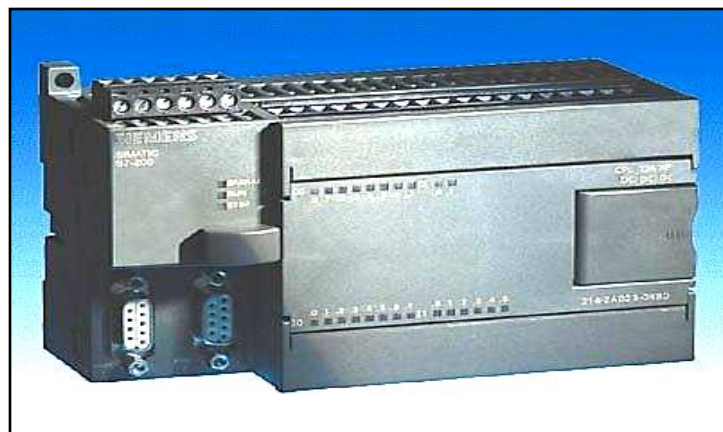
Modificación de parámetros, ejemplo p0003 "nivel de Acceso"

Tabla 4. Modificación de parámetros

Paso		Resultado en pantalla
1	Pulsar P para Acceder a parámetros	r0000
2	Pulsar ▲ hasta que se visualice P0003	P0003
3	Pulsar P para Acceder al nivel de valor del parámetro	1
4	Pulsar ▲ o ▼ hasta el valor requerido	3
5	Pulsar P para confirmar y guardar el valor	P0003
6	El nivel de Acceso 3 está ajustado. Se pueden seleccionar todos los parámetros de los niveles 1 a 3.	

Fuente: <http://www.watson-marlow.de/pdfs-global/opspa.pdf>

Figura 11. PLC (controladores lógicos programables)



Fuente: <http://www.shh.cl/node/11>

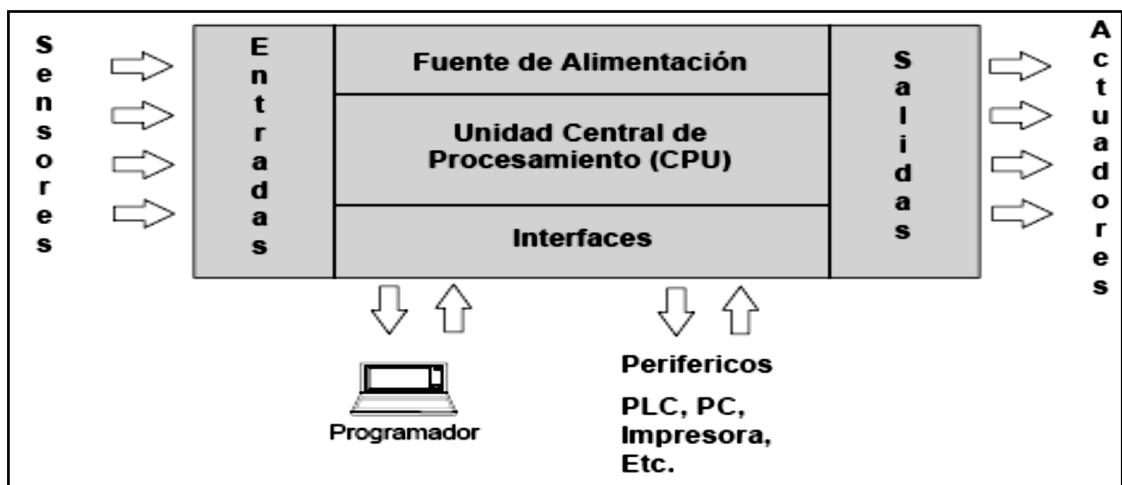
En la actualidad no se puede entender un proceso complejo de alto nivel desarrollado por técnicas cableadas. El ordenador y los autómatas programables han intervenido de forma considerable para que este tipo de instalaciones se hayan visto sustituidas por otras controladas de forma programada. El Autómata Programable Industrial (API) nació como solución al control de circuitos complejos de automatización. Por lo tanto se puede decir que un API no es más que un aparato electrónico que sustituye los circuitos

auxiliares o de mando de los sistemas automáticos. A él se conectan los captadores (finales de carrera, pulsadores, etc.) por una parte, y los actuadores (bobinas de contactores, lámparas, pequeños receptores, etc.) por otra

2.6.1 Partes de un autómata programable. Para poder interpretar luego el funcionamiento de un PLC presentamos la Figura 12, donde se muestra un esquema de su estructura interna.

Podemos distinguir cinco bloques en la estructura interna de los Autómatas Programables, que pasaremos a describirlos:

Figura 12. Partes de un autómata programable



Fuente: <http://www.siemens.com/pdf/catalogos/Manual del sistema de automatización S7 200>

- **Bloque de Entradas.** En él se reciben las señales que proceden de los sensores, estas son adaptadas y codificadas de forma tal que sean comprendidas por la CPU. También tiene como misión proteger los circuitos electrónicos internos del PLC, realizando una separación eléctrica entre éstos y los sensores.
- **Bloque de Salidas:** Trabaja de forma inversa al anterior. Interpreta las órdenes de la CPU, las descodifica y las amplifica para enviarlas a los actuadores.

- **Unidad Central de Procesamiento CPU):** En ella reside la inteligencia del sistema. En función de las instrucciones del usuario (programa) y los valores de las entradas, activa las salidas.
- **Fuente de Alimentación:** Su misión es adaptar la tensión de red (220V/50Hz) a los valores necesarios para los dispositivos electrónicos internos (generalmente 24Vcc y 5Vcc).
- **Interfaces:** Son los canales de comunicación con el exterior. Por ejemplo con:
 - Los equipos de programación
 - Otros autómatas.
 - Computadoras.

2.6.2 *Funciones básicas de un PLC*

- Detección.
- Mando.
- Dialogo maquina hombre.
- Programación.

2.6.3 *Nuevas funciones*

- Redes de comunicación.
- Sistemas de supervisión.
- Control de procesos continuos.
- Entradas – Salidas distribuidas.

Mediante un solo cable de comunicación se pueden conectar al bus captadores y accionadores, reemplazando al cableado tradicional. El autómata consulta cíclicamente el estado de los captadores y actualiza el estado de los accionadores.

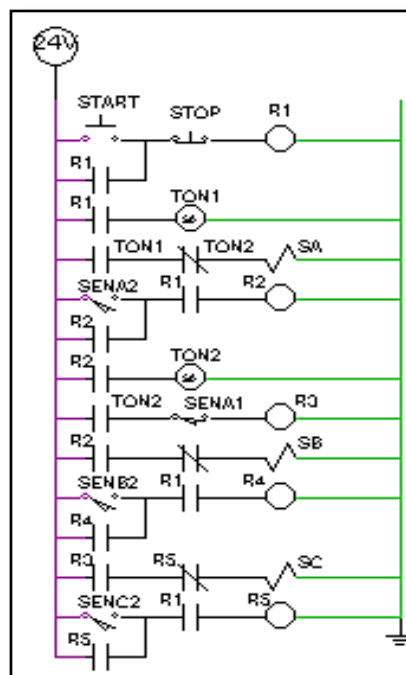
2.6.4 *Lenguaje de programación de un PLC.* El programa de aplicación se realiza a partir de una terminal de mano o de un software apropiado para PC.

El lenguaje empleado es sencillo y de fácil comprensión, además se encuentra al alcance de todas las personas. Conocido como diagrama escalera o ladder, está basado en los esquemas eléctricos funcionales de control, y se ilustran en la figura 13. Otro lenguaje que se puede utilizar para la programación de PLCs, es el Diagrama de Flujo Secuencial o SFC (también denominado Grafcet), reconocido como el lenguaje gráfico mejor adaptado a la expresión de la parte secuencial de la automatización de la producción, ilustrado en la figura 14.

El SFC representa la sucesión de las etapas en el ciclo de producción. La evolución del ciclo, Etapa por Etapa se controla por una "Transición" ubicada entre cada etapa. A cada una de las etapas le puede corresponder una o varias acciones. A cada transición le corresponde una "receptividad", condición que debe cumplirse para poder superar la transición, lo que permite la evolución de una etapa a la siguiente.

Para asegurar la estandarización de los lenguajes de programación de los PLCs, y asegurarle al usuario una única forma de programar, sin importar la marca comercial del PLC, ha sido establecida la norma IEC 1131-3 que fija criterios en tal sentido.

Figura 13. Diagrama escalera (Ladder).



Fuente: <http://julitovaldes86.blogspot.com/>

alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

Ejemplos de aplicaciones generales:

- Maniobra de máquinas.
- Maniobra de instalaciones.
- Señalización y control.

2.6.6 *Ventajas e inconvenientes de los PLC.* No todos los autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido, principalmente, a la variedad de modelos existentes en el mercado y las innovaciones técnicas que surgen constantemente. Tales consideraciones me obligan a referirme a las ventajas que proporciona un autómata de tipo medio.

2.6.6.1 *Ventajas*

- Menor tiempo de elaboración de proyectos y puesta en funcionamiento
- Posibilidad de añadir modificaciones sin costo añadido en otros componentes.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra.
- Mantenimiento económico.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo autómata.

2.6.6.2 *Inconvenientes*

- Adiestramiento de técnicos.
- Costo.

A día de hoy los inconvenientes se han hecho nulos, ya que todas las carreras de ingeniería incluyen la automatización como una de sus asignaturas. En cuanto al costo tampoco hay problema, existen autómatas para toda necesidad y a precios ajustados.

2.6.7 *Comunicación abierta.*

- Puerto estándar RS-485 con velocidad de transferencia de datos comprendida entre 1,2 y 187,5 kbits/s.
- Protocolo PPI en calidad de bus del sistema para interconexión sin problemas.
- Modo libremente programable con protocolos personalizados para comunicación con cualquier equipo.
- Rápido en la comunicación por PROFIBUS vía módulo dedicado, operando como esclavo.
- Potente en la comunicación por bus AS-Interface, operando como maestro.
- Accesibilidad desde cualquier punto gracias a comunicación por módem (para telemantenimiento, teleservicio o telecontrol).
- Con conexión a Internet mediante módulo correspondiente.
- S7-200 PC ACCESS, servidor OPC para simplificar la conexión al mundo del PC.

2.6.8 *Modularidad óptima.* La gama del sistema:

- 5 CPUs escalonadas en prestaciones con extensa funcionalidad básica y puerto Freeport integrado para comunicaciones.
- Amplia gama de módulos de ampliación para diferentes funciones:
- Software STEP 7-Micro/WIN con librería Add-on Micro/WIN.

2.6.9 *Características destacadas*

- Tarjeta de memoria para Data Logging, administración de recetas, almacenamiento de proyecto Micro/ WIN, archivo de la documentación en formatos diversos.
- Función PID Auto Tune.
- 2 puertos integrados amplían las posibilidades de comunicación, por ejemplo con equipos externos

- (CPU 224 XP, CPU 226).
- CPU 224 XP con entradas y salidas analógicas integradas.

2.7 LabVIEW 11.0 [7]

LabVIEW es una herramienta gráfica para pruebas, control y diseño mediante la programación. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje Gráfico.

2.7.1 Principales usos. Es usado principalmente por ingenieros y científicos para tareas como:

- Adquisición de datos y análisis matemático
- Comunicación y control de instrumentos de cualquier fabricante
- Automatización industrial y programación de PACs (Controlador de Automatización Programable)
- Diseño de controladores: simulación, prototipaje rápido, hardware-en-el-ciclo (HIL) y validación
- Diseño embebido de micros y chips
- Control y supervisión de procesos
- Visión artificial y control de movimiento
- Robótica
- Domótica y redes de sensores inalámbricos
- En 2008 el programa fue utilizado para controlar el LHC, el acelerador de partículas más grande construido hasta la fecha.
- Pero también juguetes como el Lego Mindstorms o el WeDo lo utilizan, llevando la programación gráfica a niños de todas las edades.

2.7.2 Principales características. Su principal característica es la facilidad de uso, válido para programadores profesionales como para personas con pocos conocimientos en programación pueden hacer (programas) relativamente complejos, imposibles para ellos de hacer con lenguajes tradicionales. También es muy rápido hacer programas con LabVIEW y cualquier programador, por experimentado que sea, puede beneficiarse de él. Los programas en LabVIEW son llamados instrumentos virtuales (VIs) Para los

amantes de lo complejo, con LabVIEW pueden crearse programas de miles de VIs (equivalente a millones de páginas de código texto) para aplicaciones complejas, programas de automatizaciones de decenas de miles de puntos de entradas/salidas, proyectos para combinar nuevos VIs con VIs ya creados.

Incluso existen buenas prácticas de programación para optimizar el rendimiento y la calidad de la programación. El LabVIEW 7.0 introduce un nuevo tipo de subVI llamado VIs Expreso (Express VIs). Estos son VIs interactivos que tienen una configuración de caja de diálogo que permite al usuario personalizar la funcionalidad del VI Expreso.

El VIs estándar son VIs modulares y personalizables mediante cableado y funciones que son elementos fundamentales de operación de LabVIEW.

Presenta facilidades para el manejo de:

- Interfaces de comunicaciones:
 - Puerto serie
 - Puerto paralelo
 - GPIB
 - PXI
 - VXI
 - TCP/IP, UDP, DataSocket
 - Irda
 - Bluetooth
 - USB
 - OPC.

- Capacidad de interactuar con otros lenguajes y aplicaciones:
 - DLL: librerías de funciones
 - .NET
 - ActiveX

- Multisim
 - Matlab/Simulink
 - AutoCAD, SolidWorks, etc.
-
- Herramientas gráficas y textuales para el procesado digital de señales.
 - Visualización y manejo de gráficas con datos dinámicos.
 - Adquisición y tratamiento de imágenes.
 - Control de movimiento (combinado incluso con todo lo anterior).
 - Tiempo Real estrictamente hablando.
 - Programación de FPGAs para control o validación.
 - Sincronización entre dispositivos.

2.7.3 Software LabVIEW. Como se ha dicho es una herramienta gráfica de programación, esto significa que los programas no se escriben, sino que se dibujan, facilitando su comprensión.

- **Panel frontal:** El Panel Frontal es la interfaz con el usuario, la utilizamos para interactuar con el usuario cuando el programa se está ejecutando. Los usuarios podrán observar los datos del programa actualizados en tiempo real (como van fluyendo los datos, un ejemplo sería una calculadora, donde tú le pones las entradas, y te pone el resultado en la salida).
- En esta interfaz se definen los controles (los usamos como entradas, pueden ser botones, marcadores etc.) e indicadores (los usamos como salidas, pueden ser gráficas).
- **Diagrama de bloques:** es el programa propiamente dicho, donde se define su funcionalidad, aquí se colocan íconos que realizan una determinada función y se interconectan el código que controla el programa. Suele haber una tercera parte icono/conector que son los medios utilizados para conectar un VI con otros Vis (ver figura 15).

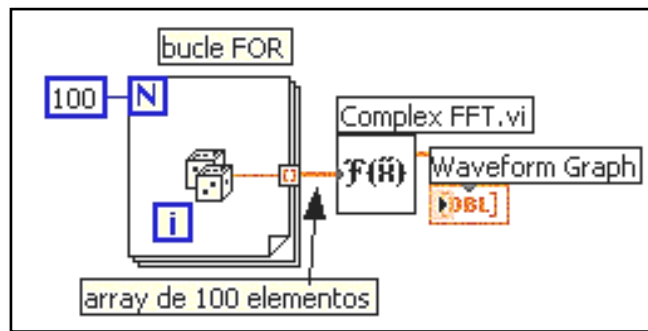
En el panel frontal, encontraremos todo tipos de controles o indicadores, donde cada uno de estos elementos tiene asignado en el diagrama de bloques una terminal, es decir

el usuario podrá diseñar un proyecto en el panel frontal con controles e indicadores, donde estos elementos serán las entradas y salidas que interactuarán con la terminal del VI.

Podemos observar en el diagrama de bloques, todos los valores de los controles e indicadores, como van fluyendo entre ellos cuando se está ejecutando un programa VI.

La Figura muestra un Diagrama de Bloques de un programa en el que se genera un array de 100 elementos aleatorios, a continuación se hace la FFT de este array y se muestra en una gráfica:

Figura 15. Diagrama de bloques



Fuente: http://www.directoriow.com/pe_Nacional_Instruments_LabVIEW_8_5_25721.html

2.7.4 Interfaz humano – máquina. Una interfaz Hombre - Máquina o HMI es el aparato que presenta los datos a un operador (humano) y a través del cual éste controla el proceso.

Los sistemas HMI podemos pensarlos como una "ventana de un proceso". Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en un ordenador. Los sistemas HMI en ordenadores se los conoce también como software HMI o de monitorización y control de supervisión. Las señales del proceso son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en el ordenador, PLC's (Controladores lógicos programables), PACs (Controlador de automatización programable), RTU (Unidades remotas de I/O) o DRIVER's (Variadores de velocidad de motores). Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI.

La industria de HMI nació esencialmente de la necesidad de estandarizar la manera de monitorizar y de controlar múltiples sistemas remotos, PLCs y otros mecanismos de control. Aunque un PLC realiza automáticamente un control pre-programado sobre un proceso, normalmente se distribuyen a lo largo de toda la planta, haciendo difícil recoger los datos de manera manual, los sistemas SCADA lo hacen de manera automática. Históricamente los PLC no tienen una manera estándar de presentar la información al operador. La obtención de los datos por el sistema SCADA parte desde el PLC o desde otros controladores y se realiza por medio de algún tipo de red, posteriormente esta información es combinada y formateada. Un HMI puede tener también vínculos con una base de datos para proporcionar las tendencias, los datos de diagnóstico y manejo de la información así como un cronograma de procedimientos de mantenimiento, información logística, esquemas detallados para un sensor o máquina en particular, incluso sistemas expertos con guía de resolución de problemas.

2.8 Protocolos de comunicación

La necesidad de conectar equipos de control con redes de PC llevó a la industria a la estandarización, de facto o de jure, de tecnología que pudiese llevar a cabo esta tarea.

La evolución de uno u otro segmento de esta comunicación llevan la necesidad permanente de actualización en la tecnología de vinculación.

Sin embargo la utilización industrial se mas vinculada con aspectos de robustez y seguridad y que si no se comprende y convive con estas circunstancias, se pueden cometer errores tanto en la interpretación como en la elaboración de soluciones necesarias.

El esquema de comunicación industrial ampliamente difundido para redes de integración de equipos de control es el denominado maestro-esclavo, este sistema de comunicación consta esencialmente de un equipo que se lo denomina maestro y uno o varios equipos denominados esclavos; el maestro es quien gobierna los ciclos de comunicación, toda iniciativa de comunicación es llevada a cabo por este equipo, los esclavos solo responden a la petición del maestro, si les corresponde, el proceso de pregunta/respuesta de un equipo maestro a uno esclavo se lo conoce como transacción.

2.9 Estructura de la red

- **Medio Físico.** El medio físico de conexión puede ser un bus semidúplex o dúplex. La comunicación es asíncrona y las velocidades de transmisión previstas van desde los 75 baudios a los 19200 baudios.

La distancia máxima entre estaciones depende del nivel físico pudiendo alcanzar hasta 1200m sin repetidores.

- **Acceso al Medio.** La estructura lógica es el tipo maestro-esclavo, con acceso al medio controlado por el maestro. El número máximo de estaciones previsto es de 63 esclavos más una estación maestra.

Los intercambios de mensaje pueden ser:

- **Intercambio punto a punto.-** Que compartan siempre dos mensajes, una demanda del maestro y una respuesta del esclavo, por ejemplo un simple reconocimiento.
- **Mensajes difundidos.-** Consiste en una comunicación unidireccional del maestro a todos los esclavos. Este tipo de mensajes no tienen respuesta por parte de los esclavos y se suelen emplear para mandar datos comunes de configuración, resetear, etc.

2.9.1 Red RS-485. RS-485.[8] También conocido como EIA-485. Está definido como un sistema en bus de transmisión multipunto diferencial, es ideal para transmitir a altas velocidades sobre largas distancias (35 Mbps hasta 10 metros y 100 Kbps en 1.200 metros) y a través de canales ruidosos, ya que reduce los ruidos que aparecen en los voltajes producidos en la línea de transmisión. El medio físico de transmisión es un par entrelazado que admite hasta 32 estaciones en 1 solo hilo, con una longitud máxima de 1.200 metros operando entre 300 y 19200 bps y la comunicación half - duplex (semiduplex). Soporta 32 transmisiones y 32 receptores. La transmisión diferencial permite múltiples drivers dando la posibilidad de una configuración multipunto. Al

tratarse de un estándar bastante abierto permite muchas y muy diferentes configuraciones y utilidades.

La interfaz RS485 ha sido desarrollada, de un modo análogo a la interfaz RS422, para la transmisión serial de datos a altas velocidades y a distancias grandes. En el sector de la automatización industrial la interfaz RS485 aun está muy extendida, pero está siendo desplazada lentamente por interfaces basadas en Ethernet.

Mientras la RS422 sólo permite la conexión unidireccional de hasta 10 receptores en un emisor, la RS485 ha sido concebida como sistema de bus bidireccional con hasta 32 usuarios. Con los modernos Transceiver - ICs es posible conectar hasta 128 usuarios a un sistema de bus mediante la reducción de la carga que generan los nodos de bus.

Físicamente las interfaces RS422 y RS485 varían poco, de modo que se puede utilizar los mismos módulos Transceiver para las dos interfaces.

Especificaciones requeridas

- Interfaz diferencial
- Conexión multipunto
- Alimentación única de +5V
- Hasta 32 estaciones (ya existen interfaces que permiten conectar 256 estaciones)
- Velocidad máxima de 10 Mbps (a 12 metros)
- Longitud máxima de alcance de 1.200 metros (a 100 Kbps)
- Rango de bus de -7V a +12V

Aplicaciones

- SCSI -2 y SCSI-3 usan esta especificación para ejecutar la capa física.
- RS-485 se usa con frecuencia en las UARTs para comunicaciones de datos de poca velocidad en las cabinas de los aviones. Por ejemplo, algunas unidades de control del pasajero lo utilizan. Requiere el cableado mínimo, y puede compartir el cableado entre varios asientos. Por lo tanto reduce el peso del sistema.

- RS-485 se utiliza en sistemas grandes de sonido, como los conciertos de música y las producciones de teatro, se usa software especial para controlar remotamente el equipo de sonido de una computadora, es utilizado más generalmente para los micrófonos.
- RS-485 también se utiliza en la automatización de los edificios pues el cableado simple del bus y la longitud de cable es larga por lo que son ideales para ensamblar los dispositivos que se encuentran alejados.

2.10 Servidores OPC[9]

OPC es la forma abreviada de "OLE for Process Control" y significa tecnología OLE para el control de procesos. OPC es una interfaz estándar basada en los requerimientos de la tecnología OLE/COM y DCOM de Microsoft, que facilita el intercambio de datos en forma estandarizada y simple entre aplicaciones de control y automatización, entre dispositivos y sistemas de campo y entre aplicaciones administrativas y de oficina. En pocas palabras, OPC simplifica la interfaz entre componentes de automatización de distintos fabricantes, así como programas y aplicaciones tales como sistemas administrativos y de visualización.

Con OPC se pueden intercambiar datos a través de una interfaz común entre dispositivos de hardware y aplicaciones de software desarrolladas por una variedad de fabricantes. La tecnología de Windows y OPC hacen posible la combinación de hardware de control programable y software sin la necesidad de drivers especiales.

OPC representa un complemento importante en las actividades relacionadas con buses de campo. El propósito principal de la estandarización en el sector de los buses de campo es la transferencia de datos de forma rápida y fiable. OPC estandariza la comunicación de tal modo que cualquier servidor OPC y cualquier aplicación OPC pueden trabajar juntos sin ningún problema.

2.10.1 *LabVIEW como un Servidor OPC.* Con LabVIEW y versiones más actuales, usted puede publicar cualquier tipo de datos que tenga en un servidor nativo OPC utilizando una variable compartida. Usando este método, usted puede publicar cualquier dato que tenga en LabVIEW en cualquier aplicación que pueda actuar como Cliente OPC.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO, MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DEL MÓDULO

El presente módulo didáctico de comunicación de variadores de frecuencia ha sido desarrollado para cumplir con las expectativas del estudiante en el campo de la automatización, capacitándolo a través de guías prácticas de laboratorio que muestren de manera fácil y sencilla el manejo automatizado y seguro de los dispositivos de control de frecuencia, como también las normas de seguridad y mantenimiento que permitan la disponibilidad de los elementos.

El módulo didáctico de comunicación es configurado mediante el software del PLC y por medio del software LabVIEW la programación y control del mismo además del variador de velocidad.

En la actualidad mediante el constante avance de la tecnología podemos contar con equipos que permiten el ahorro energético y eficiente automatización de procesos, los mismos que permitirán al futuro ingeniero en mantenimiento, desenvolverse y tener un conocimiento más profundo y extenso del campo industrial.

El módulo didáctico de comunicación de variadores de frecuencia será destinado a un laboratorio para el control, manipulación y simulación de procesos industriales los mismos que son de mucha relevancia dentro de la carrera de ingeniería de mantenimiento permitiendo la práctica segura, enfocada a la enseñanza.

3.1 Estructura del módulo de automatización industrial

La estructura del módulo permitirá montar diferentes componentes como el PLC, variadores de frecuencia y los diferentes elementos que simulan entradas y salidas del PLC fundamentales para el desarrollo de la presente tesis que permitirán realizar diferentes tareas de demostración y adiestramiento.

El módulo de comunicación se dimensionará considerando los elementos y espacios de trabajo que intervendrán en el proyecto, para ello se analizan las dimensiones generales del tablero de control, el sitio designado para el variador y el PLC, el área que será

destinada para las entradas y salidas del PLC analógicas y digitales, la ubicación de los simuladores de señales y el material que se designarán para el mismo.

Un aspecto importante es la ergonomía que permitirá realizar las diferentes tareas propias del módulo de manera adecuada y sencilla.

La disposición de todos y cada uno de los elementos montados en el módulo de comunicación han sido colocados de manera que puedan ser modificados, corregido o incluso implementado, admitiendo la colocación de elementos adicionales que permitan satisfacer las necesidades que puedan surgir al momento de realizar las diferentes tareas.

Los equipos y dispositivos que estarán sujetos a ubicación y dimensionamiento se encuentran:

- Estructura modular
- Variador MICROMASTER 440A
- Controlador Lógico Programable (PLC S7 -200)
- Cable PPI
- Entradas y salidas del módulo
- Pulsadores
- Selectores
- Breakers
- Relés

Varios de los elemento empleados requieren de manejo diestro de parámetros y códigos que permite su correcto manejo para lo cual es necesario la utilización de manuales y tablas que nos permitan seleccionar correctamente los elementos del proceso.

3.1.1 Dimensiones de la estructura modular. Para la determinación de las medidas para la construcción del módulo debió tomarse en cuenta las dimensiones de equipos y dispositivos a utilizarse y la distribución física de los mismos tomando en consideración ergonomía y estética. El módulo de comunicación de variadores de frecuencia se

construirá de acuerdo a las siguientes medidas estandarizadas para el laboratorio, ver tabla 5:

Tabla 5. Dimensiones de la estructura modular

Dimensiones	mm
Alto(A)	700
Largo(B)	400
Ancho(C)	600

Fuente: Dimensiones estándar módulo didáctico laboratorio Ing. de Mantenimiento

3.1.2 Ubicación del controlador lógico programable. El Controlador Lógico Programable (PLC) se le considera como principal elemento del módulo didáctico ya que éste permite la automatización de diferentes procesos industriales.

El PLC debido a su importancia dentro del proceso de control deberá ubicarse en la parte superior del módulo (figura 16), facilitando el acceso y visualización clara del funcionamiento del autómeta cuando esté en modo RUN o cuando el programa está funcionando.

Figura 16. Ubicación del PLC



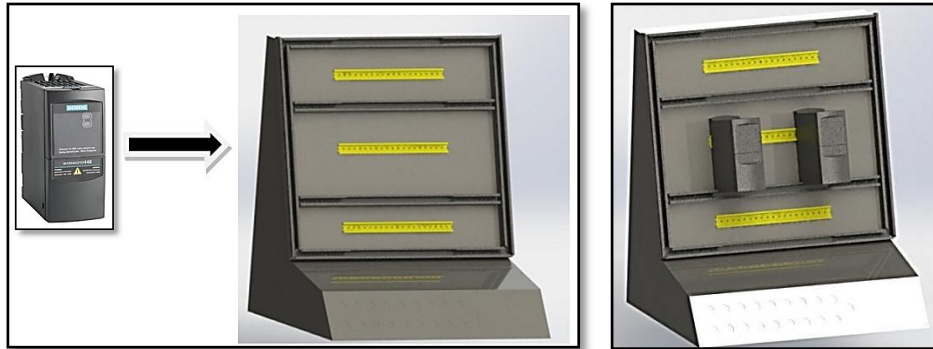
Simulación módulo didáctico por: Gustavo Arboleda

3.1.3 Ubicación del variador. Es de suma importancia la correcta disposición de manera didáctica de los variadores de frecuencia (figura17) para poder realizar una correcta visualización de las labores y procesos que se hayan programado.

3.1.4 Entradas y salidas del módulo. Las entradas y salidas que se ubicarán en el módulo, representan las entradas y salidas que tiene el PLC, pueden ser estas digitales o

analógicas, también el módulo dispondrá de entradas de señales abiertas (NO) y cerradas (NC) y conectores para el encendido de lámparas de señalización.

Figura 17. Espacio para ubicar el variador



Fuente: Simulación módulo didáctico por: Gustavo Arboleda

En el módulo a las entradas de 24 VCD del PLC se conectarán pulsadores normalmente abiertos y cerrados, además de borneras, que simulan señales digitales. En las borneras se pueden conectar dispositivos como: interruptores, finales de carrera, relés térmicos y varios sensores on/off, que emiten señales reales.

En el módulo a las salidas de 110VCA se pueden conectar leds indicadores y también se pueden conectar diferentes dispositivos como: sirenas, bobinas, pistones neumáticos, motores, display, entre otros que funcionen a este voltaje.

3.1.5 Ubicación de los pulsadores y selectores. Los pulsadores y selectores que se utilizarán en el módulo son dispositivos de mando que simulan entradas digitales de 24 VCD hacia el PLC.

Las entradas digitales serán distribuidas en el espacio físico inferior del módulo, con el fin de tener facilidad de operación y manipulación y también por tener estética en la distribución.

3.1.6 Consideraciones de diseño. El módulo de COMUNICACIÓN DE VARIADORES DE FRECUENCIA debe satisfacer varios requisitos como el poder cumplir con el factor didáctico, ya que a través de éste se realizaran diferentes prácticas

de laboratorio, su forma y diseño deberá basarse en la tabla de alternativas y criterios establecidos para su forma modular.

Un factor muy importante a tomarse en cuenta para el presente módulo es la disposición ergonómica más adecuada dotándole de una forma tipo rampa que permita la visualización e ingreso de parámetros, así como la fácil operación y acceso de los diferentes elementos y dispositivos que éste incluye.

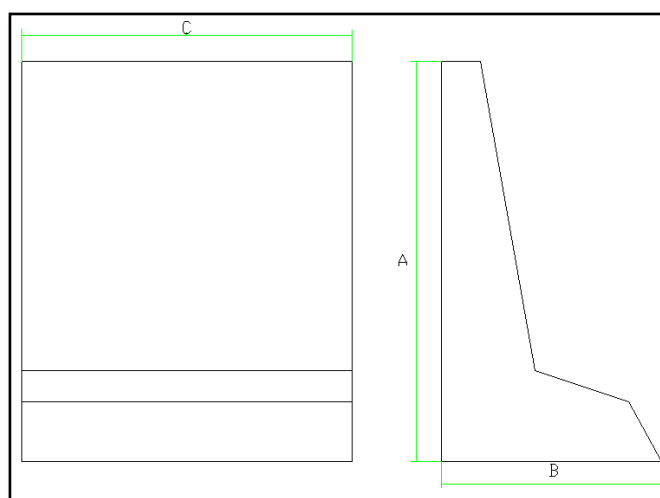
La estructura modular tipo rampa se la puede visualizar a continuación en la figura 18.

3.1.7 Diseño del circuito de mando. Para el desarrollo de un proyecto automatizado debe tomarse en cuenta una secuencia lógica para ejecutar el proyecto como son: la esquematización eléctrica de sus componentes y conexión del cableado eléctrico de los elementos que van a estar involucrados en el sistema de control (figura19).

La estructura modular es construida y ensamblada con medidas totales teniendo en considerando las diferentes áreas para la colocación de elementos y dispositivos.

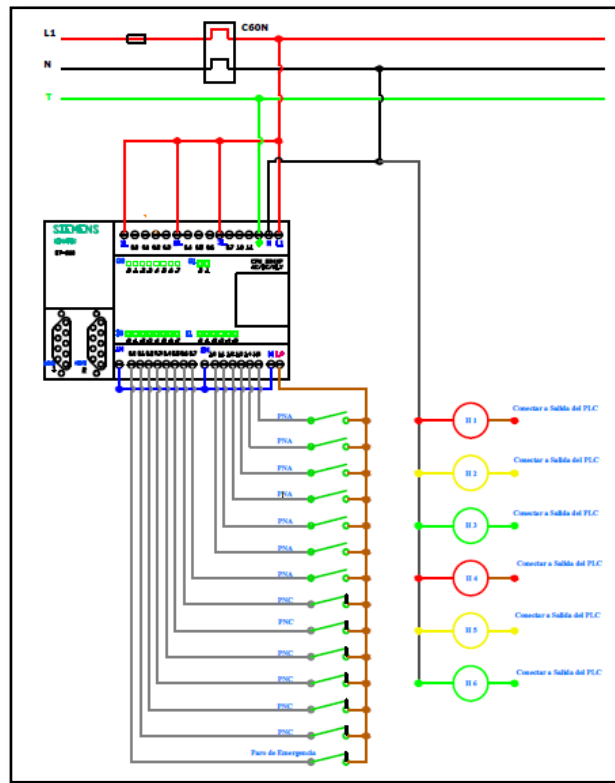
Puede observarse la construcción total en la figura 20.

Figura 18. Estructura general del módulo didáctico



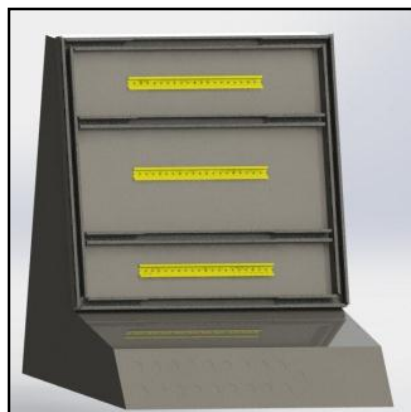
Fuente: Dimensiones estándar módulo didáctico laboratorio Ing. de
Mantenimiento

Figura 19. Diseño del circuito de mando



Fuente: Circuito de mando del módulo de comunicación de variadores de frecuencia por: Gustavo Arboleda

Figura 20. Estructura modular completa



Fuente: Simulación módulo didáctico por: Gustavo Arboleda

Todas las entradas del PLC serán conectadas a una señal de entrada, sea esta con pulsadores normalmente abiertos (NO) o normalmente cerrados (NC), o se conectarán selectores, o cualquier señal que de un estado de on/off, encendido/apagado, 0/1; es decir una señal digital.

El diseño de este circuito por lo tanto consiste en la conexión de todas las entradas del PLC que se designan como I0.0 hasta I1.5.

3.1.8 *Diseño del circuito de potencia.* En el esquema del circuito de potencia todas las salidas del PLC (110 VCA) serán conectadas a relés cada una respectivamente, sirviendo de medio de protección para el PLC, tomándose en cuenta que en caso de uso indebido o falla fortuita de los equipos, la reposición de un relé es más práctica en aspectos económicos y de tiempo antes que un PLC. Se muestra en la figura 21. el diseño del circuito de potencia.

Así es que, para alimentar a la bobina del relé, el terminal de entrada será conectado a una salida del PLC que se representa como Q0.0, y así sucesivamente se conectarán las diez salidas del PLC, Q0.0 hasta Q1.1 y para cerrar el circuito el terminal de salida de la bobina será conectado de forma directa al neutro. A las salidas de los relés tendremos contactos normalmente abiertos, que representan las salidas del PLC, que podrán conectarse mediante cables – bananas a otros dispositivos según el proceso industrial lo amerite.

Por lo tanto básicamente el diseño del presente circuito por lo tanto consiste en la conexión de todas las salidas del PLC a las bobinas de los relés, y de los contactos de los relés a los conectores o jacks designados como Q0.0 hasta Q1.1

3.2 Datos técnicos y parámetros de funcionamiento de los equipos

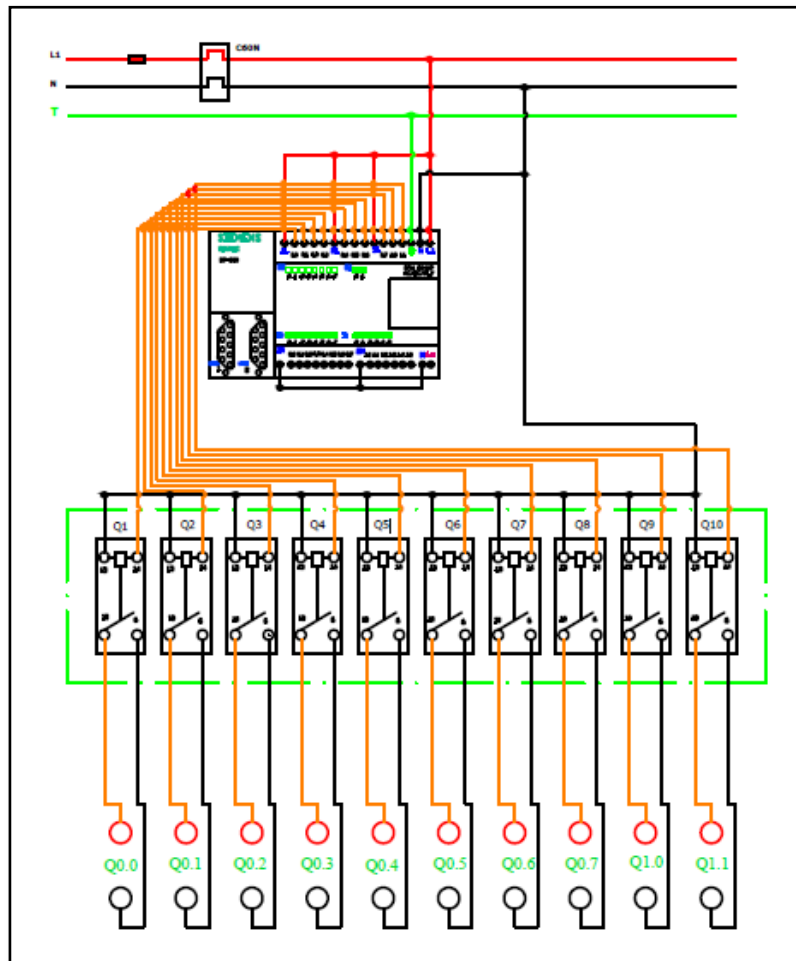
Los equipos, poseen datos técnicos que constan en sus respectivos manuales mismos que deben ser revisados para comprensión de principios básicos de funcionamiento, instalación, elementos necesarios para la implementación y regulación en base a parámetros.

Los datos técnicos que proporcionamos a continuación corresponden al PLC SIMATIC S7-200 CPU 224XP y VARIADOR MICROMASTER 440A.

3.2.1 *Datos técnicos y parámetros de funcionamiento del PLC SIMATIC S7-200.* El SIMATIC S7-200 es un micro-PLC al máximo nivel: es compacto y potente

particularmente en lo que atañe a respuesta en tiempo real, rápido, ofrece una conectividad extraordinaria y todo tipo de facilidades en el manejo del software y del hardware, además, pueden ampliarse en cualquier momento.

Figura 21. Esquema circuito de potencia



Fuente: Circuito de potencia del módulo de comunicación de variadores de frecuencia por: Gustavo Arboleda

El PLC le simplifica al máximo el trabajo porque puede programarse de forma muy fácil, igualmente, las librerías complementarias para el software permiten realizar las tareas en forma ágil, simple y rápida.

3.3 Datos técnicos y parámetros de funcionamiento del MICROMASTER 440

Los convertidores MICROMASTER 440 son convertidores de frecuencia para regular la velocidad en motores trifásicos. Los diferentes modelos que se suministran cubren un

margen de potencia de 75.0 kW en redes monofásicas. Los convertidores están controlados por microprocesador y utilizan tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de última generación.

En el anexo A se presenta las diferentes características técnicas del variador de velocidad Siemens Micromaster 440.

Tabla 6. Funciones de las cpus S7-200

Función	CPU 224XP, CPU 224XP
Dimensiones físicas (mm)	140 x 80 x 62
Memoria del programa: con edición en runtime sin edición en runtime	12288 bytes 16384 bytes
Memoria de datos	10240 bytes
Memoria de backup	100 horas (típ.)
E/S integradas Digitales Analógicas	14 E/10 S 2 E/1 S
Módulos de ampliación	7 módulos*
Contadores rápidos Fase simple Dos fases	4 a 30 KHz 2 a 200 KHz 3 a 20 KHz 1 a 100 KHz
Salidas de impulsos (DC)	2 a 100 KHz
Potenciómetros analógicos	2
Reloj de tiempo real	Incorporado
Puertos de comunicación	2 RS-485
Aritmética en coma Flotante	Sí
Tamaño de la imagen de E/S digitales	256 (128 E / 128 S)
Velocidad de ejecución booleana	0.22 microsegundos/operación

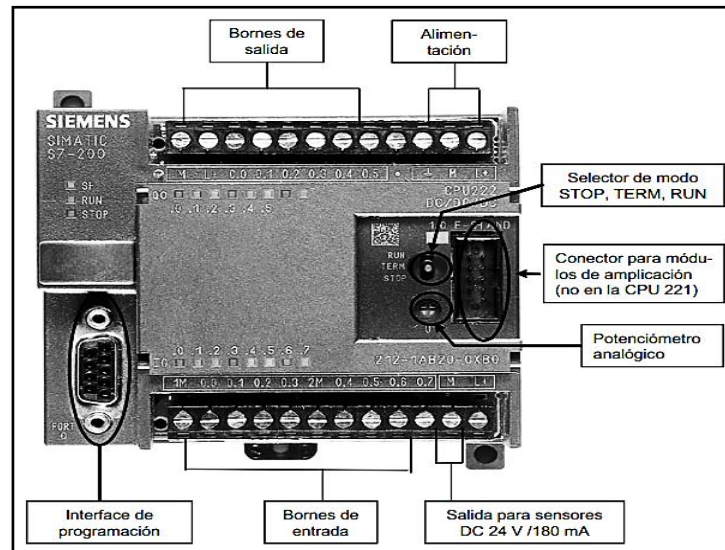
Fuente: <http://www.siemens.com/pdf/catalogos/Manual del sistema de automatización S7 200>

3.4 Selección de los equipos y elementos a utilizarse

Los equipos, elementos y materiales que han sido especificados, están empleados en el módulo didáctico de comunicación de variadores de frecuencia utilizando un PLC S7 200 (figura 22) y dos variadores de frecuencia MICROMASTER 440.

3.4.1 Selección de los equipos. Para la construcción del módulo didáctico de comunicación industrial se seleccionaron los siguientes equipos de automatización a continuación. (Ver tabla 7).

Figura 22. Partes de un PLC S7 200 CPU 224XP



Fuente: <http://www.siemens.com/pdf/catalogos/Manual del sistema de automatización S7 200>

3.4.2 Selección de elementos. Para seguridad de los equipos del módulo didáctico de automatización seleccionamos dispositivos de protección, además de los elementos que simulan las salidas del PLC están protegidos por cualquier anomalía que se puede dar al momento de realizar las prácticas.

El PLC se alimenta de una fuente de 110 VCA y el variador se alimenta de una fuente de 220VCA.

Para las entradas de 24 VCD del PLC son conectados pulsadores normalmente abiertos y cerrados, selectores, borneras, conectores o jacks que simulan señales digitales.

En las salidas se pueden ser conectados voltajes de CD o CA, dado que las salidas del PLC están direccionadas a través de contactos normalmente abiertos de los relés.

3.4.3 Selección de materiales. Para la conexión e instalación de los equipos y dispositivos, se requiere de materiales eléctricos y otros materiales necesarios aptos para realizar el montaje de los elementos al módulo.

A continuación se detalla la lista de materiales necesarios para ejecutar el trabajo de conexión e instalación en el módulo didáctico, siendo determinados según las correspondientes necesidades de los equipos y materiales a emplearse (tabla 8).

Tabla 7. Selección de equipos

EQUIPO	MODELO
PLC siemens	Simatic S7-200 CPU 224xp
Variador siemens	Micromaster 440A

Fuente: Equipos módulo didáctico de comunicación de variadores de frecuencia

Tabla 8. Selección de elementos

CANTIDAD	ELEMENTOS
1	Breaker (2 A), para protección de los equipos
1	Breaker 16 A), para protección del variador
1	Pulsador de mando de paro de emergencia
5	Pulsadores normalmente abiertos (PNA).
5	Pulsadores normalmente cerrados (PNC)
4	Selector de dos posición
1	Selector de tres posiciones
1	Borneras pequeñas
1	Borneras para conexión a tierra
60	Conectores o jacks banana rojos y negros
7	Lámparas piloto de colores
10	Relés 110VAC/3A
10	Base de relés
1	Potenciómetro de precisión

Fuente: Elementos módulo didáctico de comunicación de variadores de frecuencia

Tabla 9. Selección de materiales

CANTIDAD	MATERIAL
2	Canaleta ranurada , 25x25mm
1	Riel DIN
20	Remaches 5/32
15	Metros de cable flexible TFF #16 negro
15	Metros de cable flexible TFF #16 amarillo
15	Metros de cable flexible TFF #16 azul
15	Metros de cable flexible TFF #16 rojo
4	Metros de cable flexible TFF #16
3	Metros de cable flexible 3x16
3	Metros de cable flexible UTP
1	Libretín marcador letras y números
100	Terminal puntera 16-14 azul 2mm
50	Terminal aislado espiga rojo 4 mm
100	Terminal U 16-14 azul 4mm
10	Amarras plásticas
1	Fundas de espiral plástico 8mm

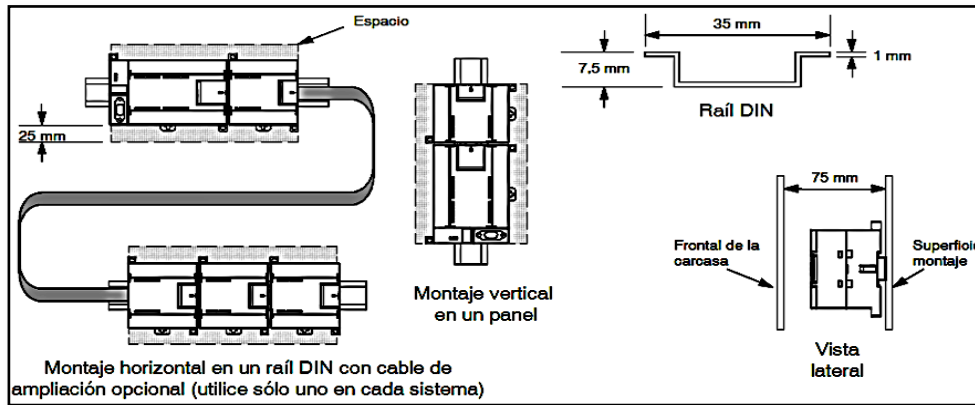
Fuente: Materiales módulo didáctico de comunicación de variadores de frecuencia

3.4.4 *Montaje del PLC SIMATIC S7-200 CPU 224XP.* Los equipos S7-200 son fáciles de montar. Se pueden instalar bien sea en un panel, utilizando los orificios de sujeción previstos, o bien en un riel normalizado (DIN), usando ganchos de retención integrados, sea horizontal o verticalmente. El tamaño pequeño del S7-200 permite ahorrar espacio (figura 23).

3.4.5 *Prever espacio suficiente para la ventilación y el cableado.* El equipo S7-200 requiere de ventilación por lo que se ha previsto la ventilación por convección natural. Deberá dejarse un margen mínimo de 25 mm por encima y por debajo de los equipos. Asimismo, prevea por lo menos 75 mm para la profundidad de montaje. Cuidado del S7-200. En el montaje vertical, la temperatura ambiente máxima admisible se reduce en 10 grados centígrados. Montar la CPU S7-200 debajo de los módulos de ampliación. Al

planificar la disposición del sistema S7-200, disponer de espacio suficiente para el cableado y la conexión de los cables de comunicación. Para mayor flexibilidad al configurar la disposición del sistema S7-200, utilice un cable de conexión para los módulos de ampliación.

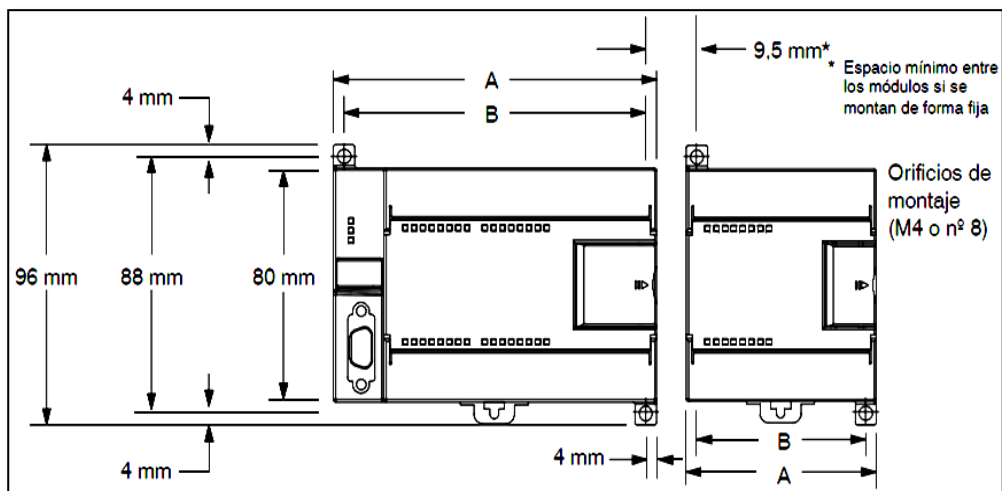
Figura 23. Opciones de montaje en el Riel DIN



Fuente: <http://www.siemens.com/pdf/catalogos/Manual del sistema de automatización S7 200>

3.4.5.1 Dimensiones de montaje. Las CPUs S7-200 y los módulos de ampliación disponen de orificios para facilitar el montaje en paneles. En la figura 24 se dispone de las dimensiones de montaje.

Figura 24. Dimensiones de montaje



Fuente: <http://www.siemens.com/pdf/catalogos/Manual del sistema de automatización S7 200>

La siguiente tabla muestra las dimensiones de diferentes tipos de CPU's del autómeta S7 – 200 empleados en el presente módulo didáctico.

Tabla 10. Dimensiones de montaje

Módulo S7-200	Ancho A	Ancho B
CPU 224XP, CPU 224XPsi	140 mm	132

Fuente: <http://www.siemens.com/pdf/catalogos/Manual del sistema de automatización S7 200>

3.4.6 Montaje del el variador de velocidad MICROMASTER 440. El variador de frecuencia MICROMASTER 440 tiene un diseño que la permite ser montado en armarios y cuadros eléctricos, paneles, además posee una unidad de refrigeración constituida de un ventilador que ayuda a la disipación de la energía que utiliza el dispositivo transformada en calor.

Medidas para el montaje.

Tabla 11. Medidas para el montaje, pares de apriete para tornillos de sujeción

Tamaño construct	Dimensiones generales			Método de fijación	Par de apriete
	Altura	Ancho	Profundidad		
A	173 mm	73 mm	149 mm	2 x tornillos M4 Conectando al carril DIN	2.5 Nm con arandelas puestas

<http://www.siemens.com/pdf/catalogos/Manual del sistema de automatización S7 200>

Tabla 12. Secciones de cables y pares de bornes, pares de apriete para tornillos de sujeción

Tamaño constructivo A		
Par de apriete	[Nm]	1.1
	[Lbf.in]	10
Sección mínima de cable	[mm ²]	1
	[AWG]	17
Sección máxima de cable	[mm ²]	2.5
	[AWG]	14

Fuente: <http://www.siemens.com/pdf/catalogos/Manual del sistema de automatización S7 200>

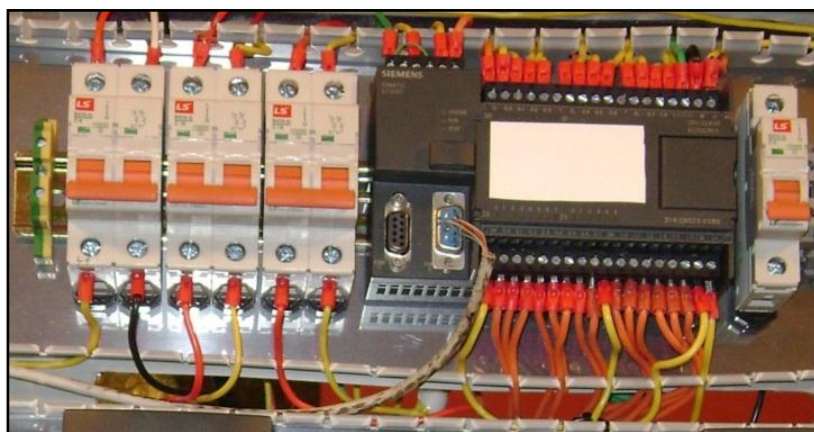
3.4.7 *Montaje de los dispositivos eléctricos.* Para realizar el montaje de los elementos se debe tomar en cuenta la ubicación exacta dentro del módulo y el procedimiento adecuado para su colocación.

3.4.8 *Ubicación de los dispositivos eléctricos en el módulo.*

- Para la protección de los diferentes dispositivos van colocados Los Breakers para el circuito de mando y potencia, fusible de acción instantánea, borneras para la conexión directa de señales y la fuente externa de 24 VDC, se las ubicara en el riel Din donde ira ubicado el PLC en la parte superior del módulo.
- Los relés con sus respectivas bases irán conectadas con las salidas del PLC, y se ubicarán en la parte inferior del variador.
- Los conectores o Jacks se los ubicarán en el área para las entradas y salidas del PLC, que permitirán realizar las diversas conexiones con los cables - bananas.
- Lámparas pilotos, pulsadores y selectores serán ubicados en la parte inferior del módulo, donde permitirán realizar la de entradas y salidas digitales al PLC.

3.4.9 *Procedimiento para ubicar los dispositivos eléctricos en el módulo.* Dispositivos eléctricos tales como: relés y bases de relés, breakers de protección, borneras, deberán ser ubicados en un riel DIN, debiendo estar sujeto al módulo mediante remaches de aluminio (figura 25).

Figura 25. Ubicación de los dispositivos de protección en el riel DIN



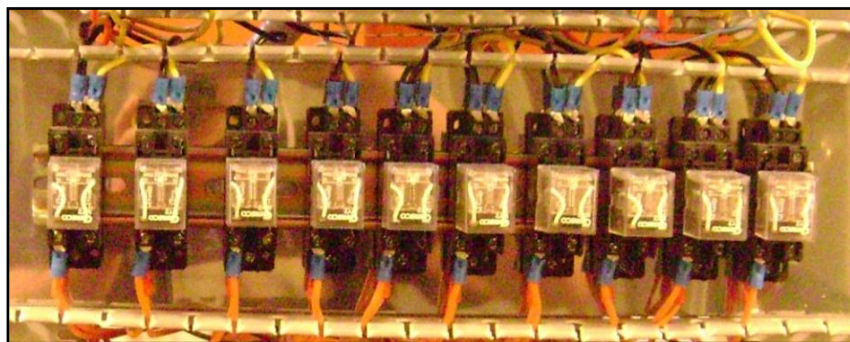
Fuente: Módulo de comunicación de variadores de frecuencia

Los relés, tendrán que colocarse en la parte mediana del módulo, sujetos a un riel DIN, con sus respectivos espacios para permitir la conexión de bobinas y contactos (figura 26).

Para la colocación de conectores o Jacks (figura 27), con sus respectivos cables bananas deberán emplearse brocas para metal de diámetro \varnothing 6.125 mm, para realizar los agujeros donde se alojaran los conectores, y desde la parte interior la sujeción de los mismos a la estructura de módulo didáctico.

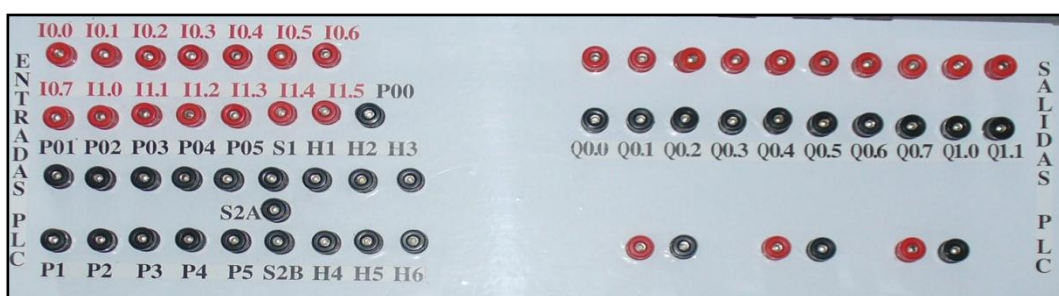
los conectores jacks por ningún motivo deben hacer contacto con estos últimos para evitar posibles descargas y cortocircuitos en los equipos que conforman el módulo didáctico, o a su vez causar accidentes a los operarios.

Figura 26. Ubicación de los relés y bases



Fuente: Módulo de comunicación de variadores de frecuencia

Figura 27. Colocación de los conectores o Jacks



Fuente: Módulo de comunicación de variadores de frecuencia

Previa a la colocación de lámparas pilotos, pulsadores y selectores, deberán realizarse perforaciones en la lámina de metal del módulo con un sacabocados hidráulico o una

broca de diámetro Ø 22mm, continuando después con la colocación de pulsadores para realizar el ajuste de la rosca de acople por la parte interna del módulo (figura 28).

Figura 28. Colocación de los pulsadores, selectores y lámparas



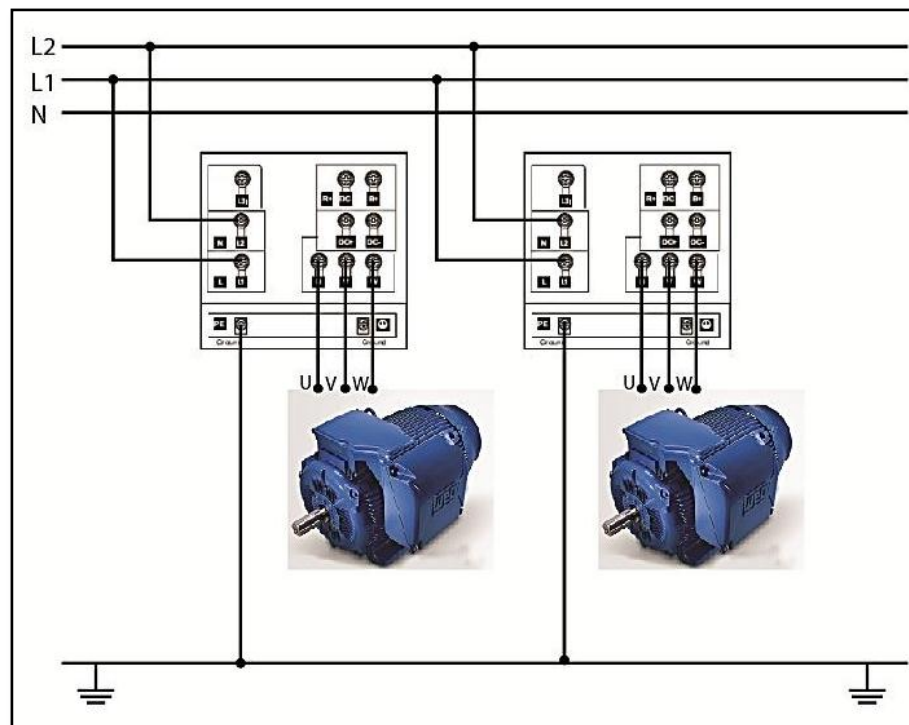
Fuente: Módulo de comunicación de variadores de frecuencia

3.5 Conexiones eléctricas y medios de comunicación

Las conexiones eléctricas empleadas en el presente módulo didáctico se encuentran detalladas en los planos ubicados en los planos eléctricos, ver anexo B y C.

3.5.1 *Conexión del variador.* Se colocarán los cables de alimentación en L1 y N, tal como muestra en la figura 29.

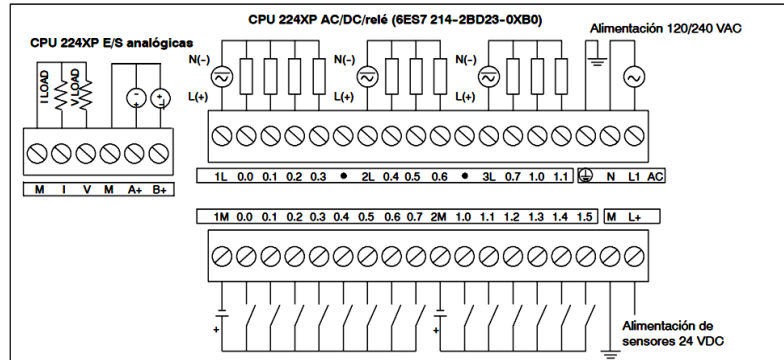
Figura 29. Conexión de alimentación a los variadores



Fuente: Circuito de potencia módulo de comunicación de variadores de frecuencia

3.5.2 Conexión del PLC. Se colocarán los cables de alimentación en L1 y N, tal como muestra la figura 30.

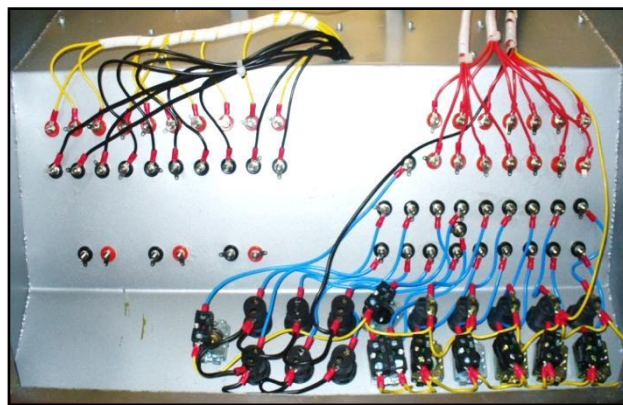
Figura 30. Conexión de alimentación al PLC



Fuente: <http://www.siemens.com/pdf/catalogos/Manual del sistema de automatización S7 200>

3.5.3 Conexión eléctrica y cableada de los elementos y dispositivos. Las conexiones eléctricas de todos y cada uno de dispositivos y elementos que están comprendidos en el módulo didáctico, deberán realizarse al interior de canaletas ubicadas sobre y a los costados del módulo para obtener un mejor ordenamiento para fácil acceso de posibles correcciones y reordenamiento según la necesidad dotándole además de un mejor aspecto estético (figura 31). El módulo didáctico deberá alimentarse con la red monofásica y para la alimentación trifásica necesaria para los variadores de frecuencia se tomará de la fuente utilizando cables - banana. Para la protección de elementos y dispositivos debe realizarse la correspondiente conexión a tierra.

Figura 31. Conexión y cableado de los elementos en el módulo



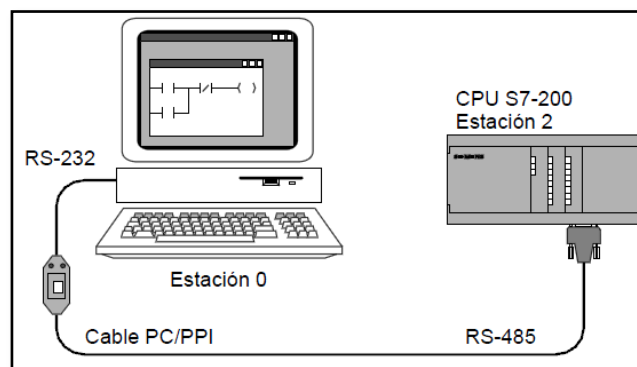
Fuente: Módulo de comunicación de variadores de frecuencia

Para realizar el cableado y las respectivas conexiones de dispositivos en los circuito de potencia y control se utilizara cable #16 AWG, debido a que soporta la intensidad de corriente. Antes de realizar el cableado es necesario revisar las normas de seguridad respectivas, además de verificar que las fuentes se encuentren desconectadas para la de alimentación de los módulos.

3.5.4 Medios de comunicación. Para realizar la comunicación entre PLC-PC, se debe utilizar el cable de comunicación PPI-RS485 (figura32), este tipo de comunicación permite transmitir los datos de programación que se realiza en el PC mediante el Software Step7 Micro/WIN al PLC y viceversa. Por lo general, los puertos de comunicación de un PC son compatibles con el estándar RS-232.

Los interfaces de comunicación de la CPU S7-200 utilizan el estándar RS-485 para poder agregar varios dispositivos a una misma red. El cable PC/PPI permite conectar el puerto RS-232 de un PC al interface RS-485 de una CPU S7-200. Dicho cable se puede utilizar también para conectar el interface de comunicación de una CPU S7-200 a otros dispositivos compatibles con el estándar RS-232.

Figura 32. Comunicación entre PLC-PC



Fuente: <http://www.siemens.com/pdf/catalogos/Manual del sistema de automatización S7 200>

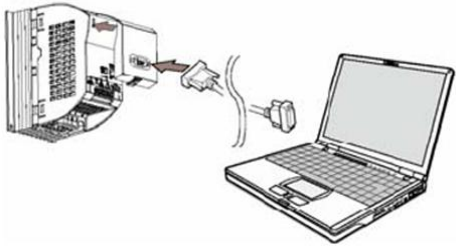
3.5.5 Comunicación MICROMASTER 440. Esta herramienta de software para el PC, Starter ofrece al usuario un panel de operaciones gráfico que facilita el acceso a los parámetros del convertidor. Se puede elegir entre una lista para expertos o una puesta en servicio guiada. El software STARTER funciona con los siguientes sistemas operativos:

- Windows NT

- Windows 2000
- Windows XP Professional

El software STARTER es de fácil uso y posee además ayuda en línea. Para utilizarlo se necesita un "kit de conexión PC-convertidor" en ambas variantes. En la variante USS se puede, además conectar un PC vía bornes 8 y 9 utilizando un convertidor de interfaces RS485/232.

Tabla 13. Conexión PC – Convertidor

Kit de conexión PC-convertidor	MICROMASTER 440
	Ajustes USS, "Interface en serie (USS)"
	STARTER
	Menú extras → Ajustar interface PG/PC → Seleccionar "Puerta COM del PC (USS)" → Propiedades → Interface "COM1" Seleccionar velocidad de transmisión
	NOTA Los ajustes de parámetros USS en los convertidores MICROMASTER 440 deben concordar el STARTER!

Fuente: <http://www.siemens.com/pdf/catalogos/Manual del sistema de automatización S7 200>

Para realizar la comunicación de los variadores de frecuencia MICROMASTER440 con el software STARTER son necesarios los siguientes componentes opcionales:

- Kit de conexión PC-convertidor
- BOP, hay que modificar los valores estándar USS en los convertidores MICROMASTER440.

El MICROMASTER440 puede conectarse para funcionar en diferentes modos de operación, por ejemplo BOP acoplado, se utiliza el bus USS, en los bornes de las entradas digitales hay interruptores conectados.

3.5.6 Terminal. La operación mediante bornes es un método sencillo de manejar el convertidor por medio de un interruptor y un potenciómetro. Solo se puede hacer con la variante analógica.

3.5.7 Interface en serie. El protocolo USS se puede utilizar tanto con la interface RS232, como con la interface RS485 para poner en servicio, operar y parametrizar el convertidor.

Tabla 14. Modos de operación

Modo de operación	Variante analógica	Variante USS	Aclaración (componentes opcionales requeridos)
Bornes	(Requiere interruptor y potenciómetro)	(Entrada analógica sin soporte. Es posible fuente de órdenes vía interruptor externo)	1 = BOP 2 = kit de conex. PC-convertidor 3 = software STARTER ✓ = con soporte
Interface en serie (USS-RS485)	Sin soporte	✓	
Interface en serie (USS-RS232)	✓ 2	✓ 2 (USS-RS232 y USSRS485 no se pueden usar a la vez)	
BOP	✓ 1	✓ 1	
STARTER	✓ 2 y 3	✓ (3 con convertidor de interface RS485 en bornes x8/x9 o con 2)	

Fuente: <http://www.siemens.com/pdf/catalogos/Manual del sistema de automatización S7 200>

La interface RS485 solo se puede aplicar en la variante USS y se puede conectar directamente a un bus de convertidores y a un maestro USS como por ejemplo a un PLC. La RS232 se puede usar en ambas variantes y necesita el "kit de conexión PC-convertidor"

3.6 Panel básico del operados (BOP)

El BOP permite al usuario acceder directamente a los parámetros del MICROMASTER 440. Cuando el ajuste de fábrica del convertidor no es adecuado a la aplicación, se puede modificar el ajuste y adaptar el convertidor a la aplicación requerida utilizando el BOP.

Con el BOP se pueden ejecutar las siguientes funciones:

- Modificación de valores de parámetros
- Visualización de parámetros especiales

- Transmisión de juegos de parámetros de un MICROMASTER 440 a otro. Esta función es de gran utilidad cuando se tiene que parametrizar una gran cantidad de convertidores en la variante USS.

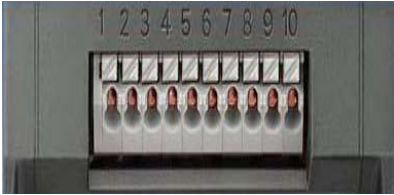
Con el BOP se pueden ajustar varios convertidores. Una vez se finalizan los ajustes de uno, se quita el BOP de un convertidor y se puede poner en otro.

El BOP posee una visualización de cinco cifras, con la que se puede leer y modificar valores de parámetros.

3.6.1 Bornes de entradas y salidas. Ver tabla 15.

Tabla 15. Bornes de entradas y salidas

Borne	Significado	Funciones	
1	DOUT -	Salida digital	
2	DOUT +	Salida digital	
3	DIN0	Entrada digital	
4	DIN1	Entrada digital	
5	DIN2	Entrada digital	
6	-	Salida +24V / máx. 50mA	
7	-	Salida 0V	
Variante		Analógica	USS
8	-	Salida +10V	RS485 P+
9	CAD1	Entrada analógica	RS485 N-
10	-	Salida 0V	



Fuente: <http://www.watson-marlow.de/pdfs-global/opspa.pdf>

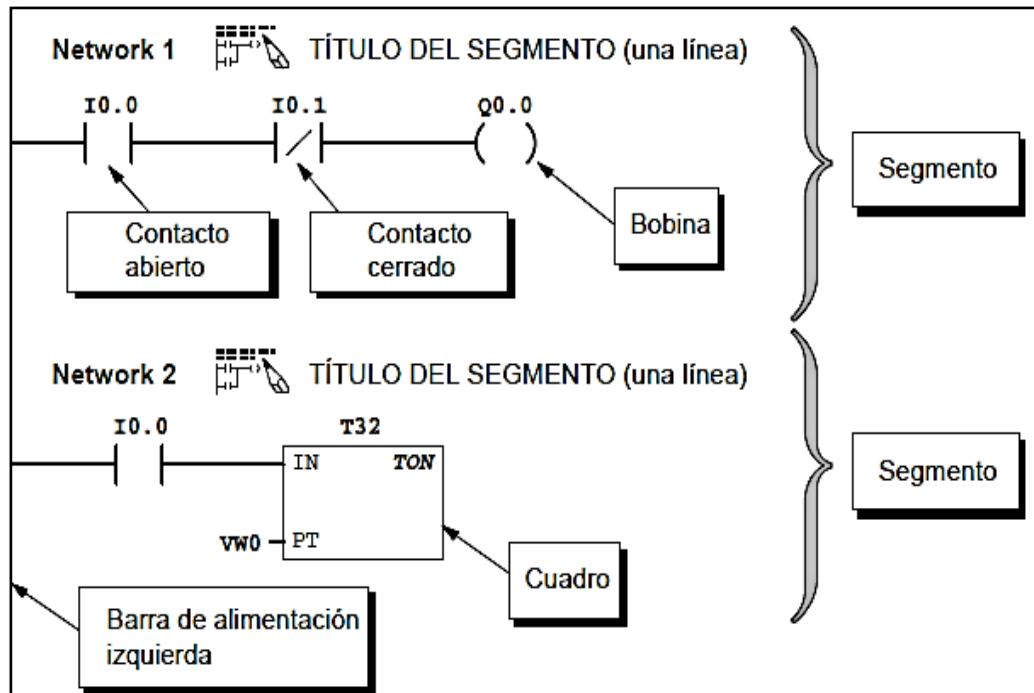
3.7 Programación

Los equipos y dispositivos a emplearse son, el PLC S7 - 200 y los variadores de frecuencia MICROMASTER 440, debiéndose aplicar a cada un software especializado que permita el control de sistema por medio del ingreso de datos y variables.

3.7.1 Programación en KOP del PLC S7- 200 con STEP 7-Micro/WIN. KOP es una abreviación de Kontaktplan que en alemán significa Plan de Contacto o arreglo de contactos. Básicamente es un método para programar PLCs. En inglés serían los

Diagramas Ladder y como lenguaje de programación, es más conocido como Ladder Logic. En la figura 33 se ofrecen los elementos básicos para crear programas.

Figura 33. Elementos básicos del KOP



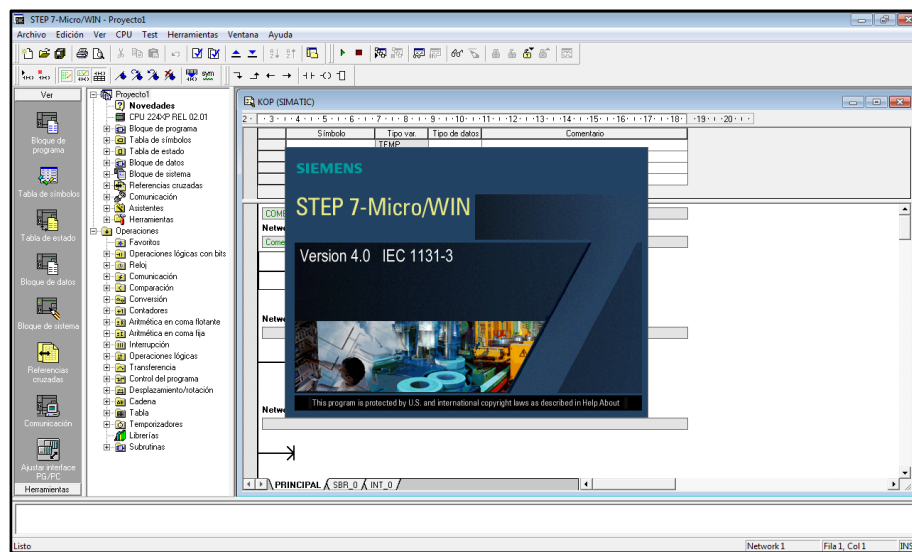
Fuente: <http://www.watson-marlow.de/pdfs-global/opspa.pdf>

- **Contacto:** es un interruptor a través del cual circula la corriente cuando está cerrado.
- **Bobina:** representa un relé, el mismo que se excita cuando se le aplica tensión.
- **Cuadro:** permite representar las funciones que se ejecutan cuando la corriente circula a través de él.
- **Segmento:** constituyen un circuito completo. La corriente circula desde la barra de alimentación izquierda pasando a través de los contactos cerrados para excitar las bobinas o cuadros.

3.7.2 Pasos para la programación del PLC S7-200. Para realizar la programación del PLC deben seguirse los siguientes pasos:

- **Abrir el programa STEP 7-Micro/WIN (figura34)**

Figura 34. Ventana del STEP 7-Micro/WIN



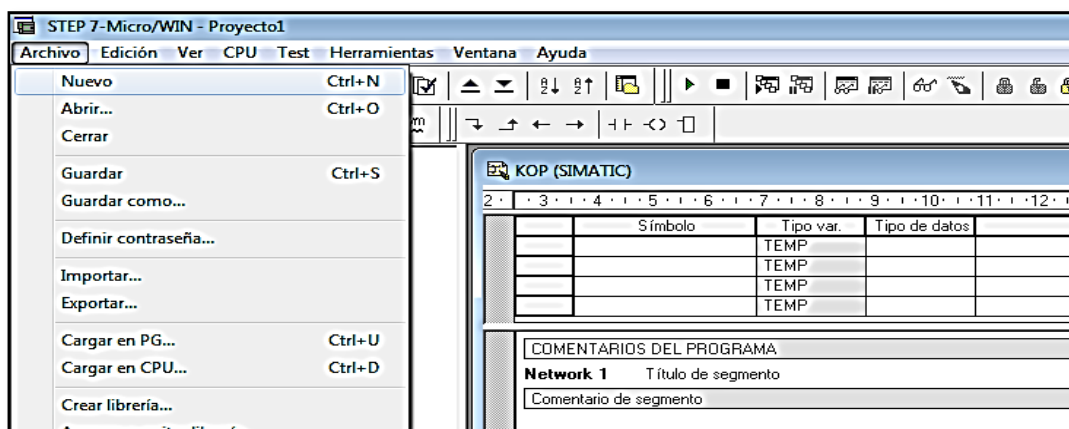
Fuente: Software Micro/WIN

- **Creación de un programa mediante el lenguaje KOP**

Al momento de activarse el programa, por defecto, se crea un proyecto sin nombre. Además puede crearse un nuevo proyecto tocando “Archivo”, o a su vez pulsando el icono que se encuentra en la parte superior en la barra de herramientas.

Una vez creado el proyecto se abrirá automáticamente la ventana del editor KOP. La interfaz del programa tendrá el siguiente aspecto (figura 35):

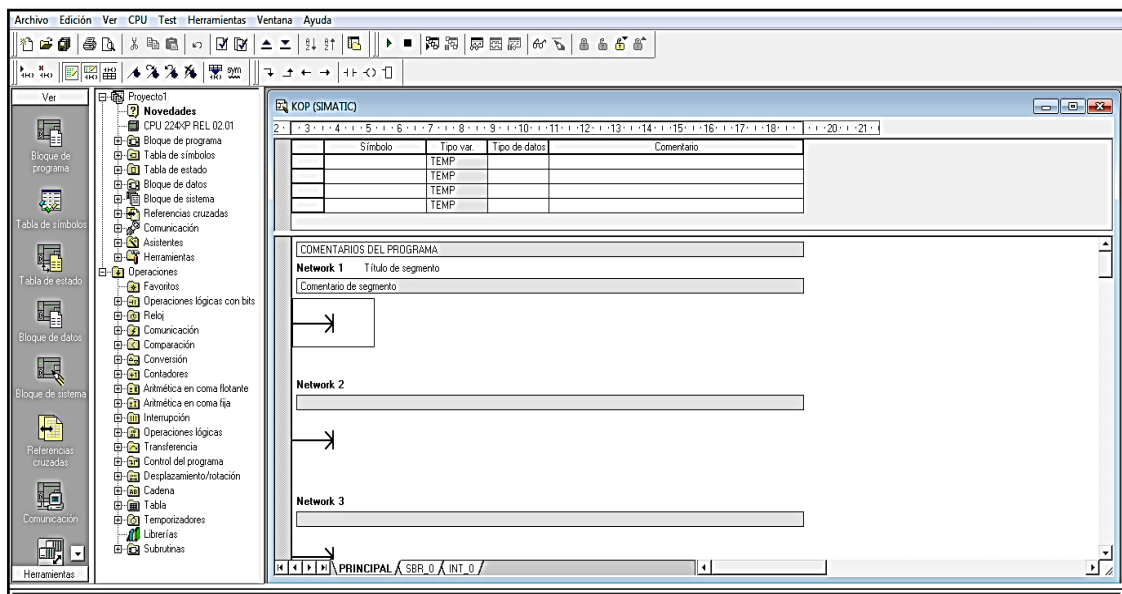
Figura 35. Crear un programa nuevo



Fuente: Software Micro/WIN

Abriendo la carpeta “Operaciones” pueden distinguirse subcarpetas con diferentes grupos de elementos que pueden introducirse en un programa KOP (figura 36). Abriendo cada una de las carpetas aparecen los símbolos de los elementos. Basta seleccionarlos con el ratón para que se incorporen al programa.

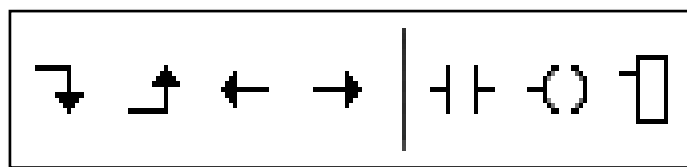
Figura 36. Librería de operaciones



Fuente: Software Micro/WIN

Es posible la introducción de elementos operando con el ratón en la ventana de la izquierda, para seleccionar un componente que se desee incluir en el esquema de contactos se puede utilizar las listas de elementos de la parte superior izquierda (figura 37).

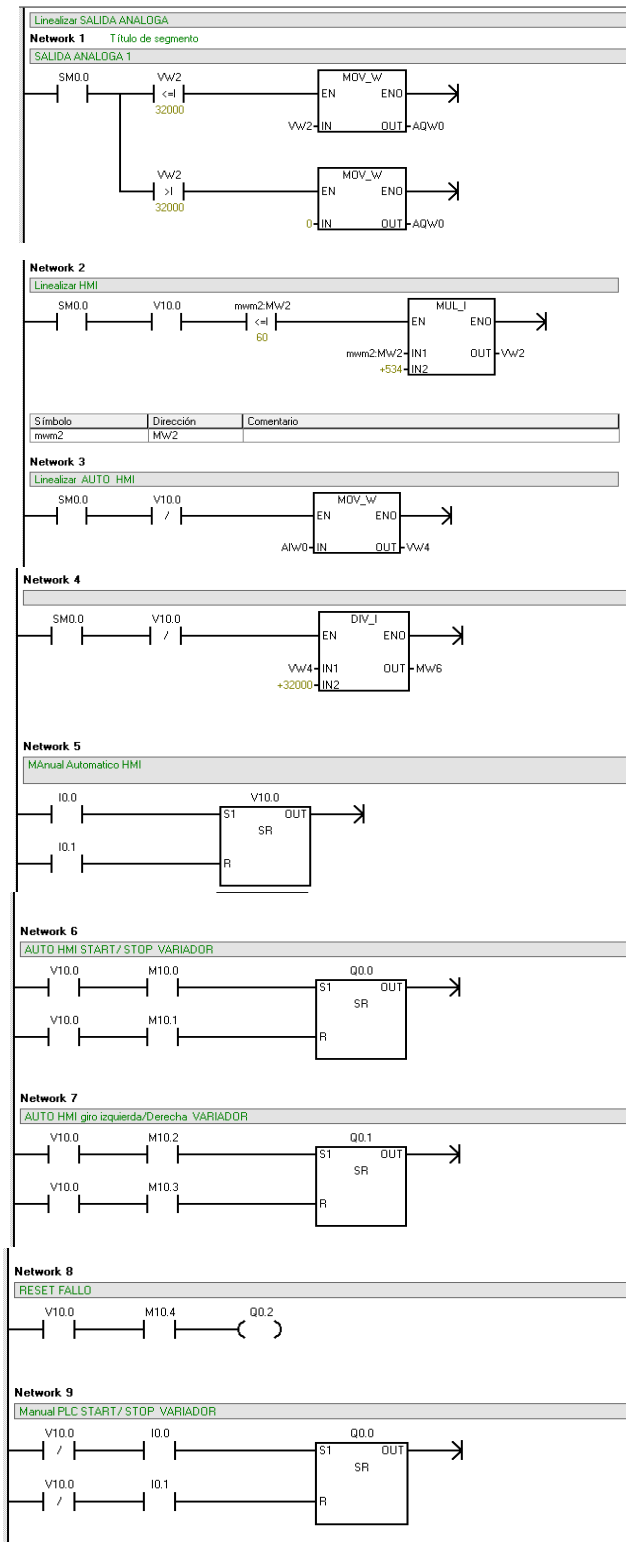
Figura 37. Lista de elementos del KOP



Fuente: Software Micro/WIN

Un programa en KOP se organiza en “redes” (network). Cada red contiene una serie de elementos que en tiempo de ejecución serán evaluados y generarán el estado de las salidas, es de destacar que cada red puede contener sólo ‘una operación’ referida al cálculo de una o varias salidas (figura 38).

Figura 38. Programación en lenguaje Ladder



Fuente: Software Micro/WIN

- **Compilación y ejecución de un programa**

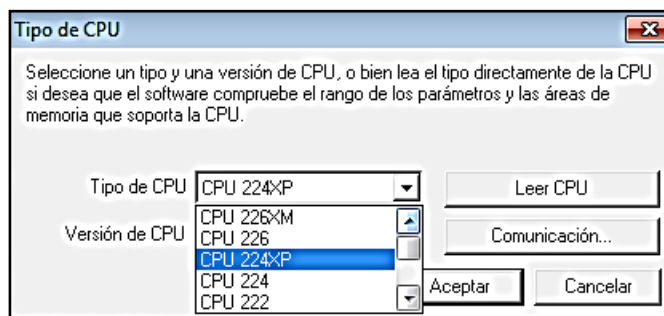
Una vez diseñado el plano de contactos con el editor KOP es necesario compilarlo y cargarlo en el autómata para probarlo. Para compilar el programa se debe pulsar sobre el icono situado en la barra de herramientas principal.

- **Seleccionar tipo de CPU**


Antes de poder cargar el programa en el autómata hay que configurar la comunicación entre éste y el ordenador. Esto se hace pulsando en el menú la opción CPU y después la opción tipo (figura 39).



Aparecerá una pantalla como la siguiente:

Figura 39. Selección del tipo de CPU



Fuente: Software Micro/WIN

Realizada esta acción, y dando por hecho que el programa no posee errores, está listo para cargarlo en el autómata. Para ello hay que pulsar sobre el icono “Cargar en CPU” .

Una vez cargado el software en el autómata (y el selector en modo RUN) se puede ejecutar o detener la ejecución cuando sea necesario pulsando sobre los botones “RUN”  y “STOP” .

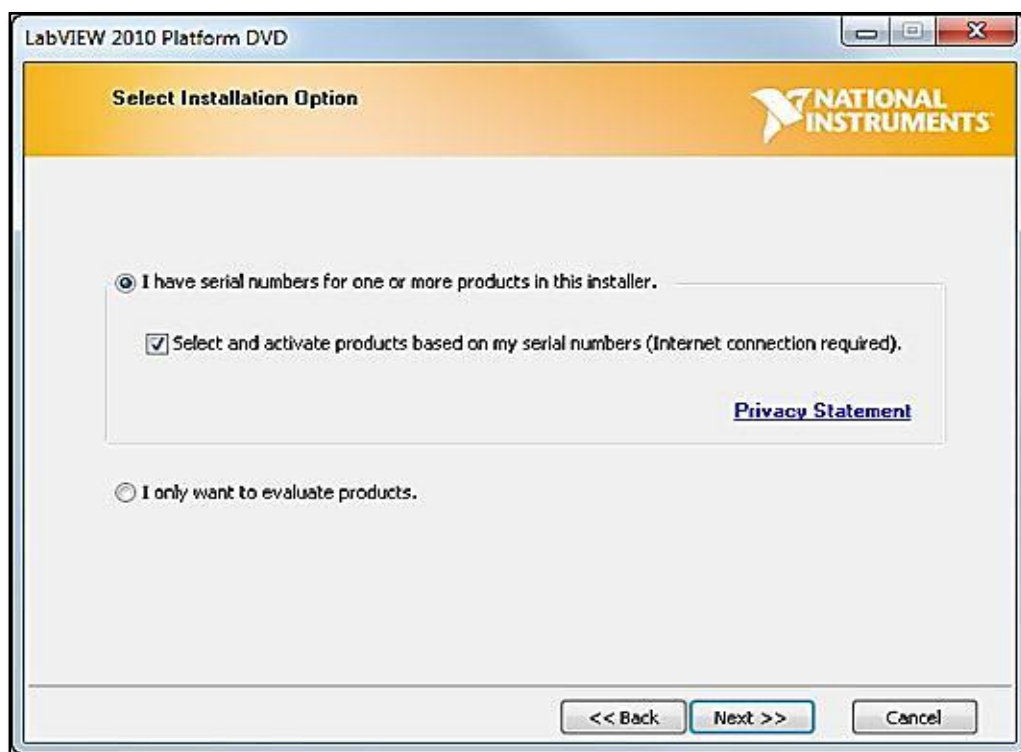
3.7.3 Instalación del software LabVIEW. La finalidad de esta actividad es que el usuario sea capaz de instalar por sí mismo el software LabVIEW de National Instruments en su ordenador habitual de trabajo. Se supone que el ordenador utilizado por el usuario es de tipo PC, y que el sistema operativo instalado en él es el Windows (XP o superior) de Microsoft.

En cuanto al click del ratón, salvo que se diga lo contrario, se supone que éste se realiza con el botón izquierdo del mismo. Colocar el DVD en la unidad del DVD de su sistema y esperar que aparezca la pantalla de auto-ejecución.

Después seleccionar la opción “Install LabVIEW, I/O server, Data socket, Modules, and Toolkits”. Si se recibe una advertencia de Windows preguntando si desea continuar, se selecciona Sí.

Seleccione si desea introducir los números de serie para instalar productos que ha comprado o instalar el software en modo de evaluación. Si se escoge introducir los números de serie, el instalador puede seleccionar el software adecuado para usted (figura 40).

Figura 40. Varias opciones de instalación

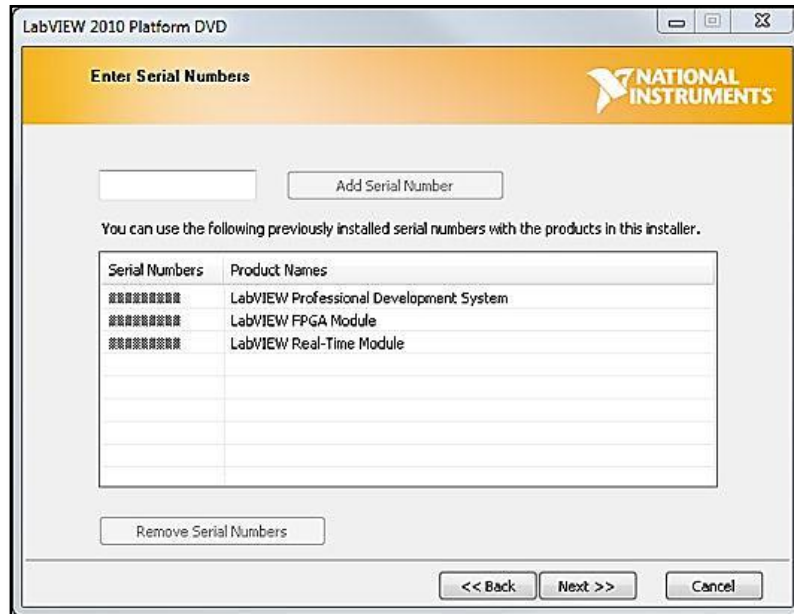


Fuente: Software LabVIEW

Es necesario proporcionar los números de serie para el sistema de desarrollo de LabVIEW que ha comprado.

Si tiene los números de serie para los complementos de LabVIEW, como módulos y juegos de herramientas, también los puede proporcionar ahora (figura 41).

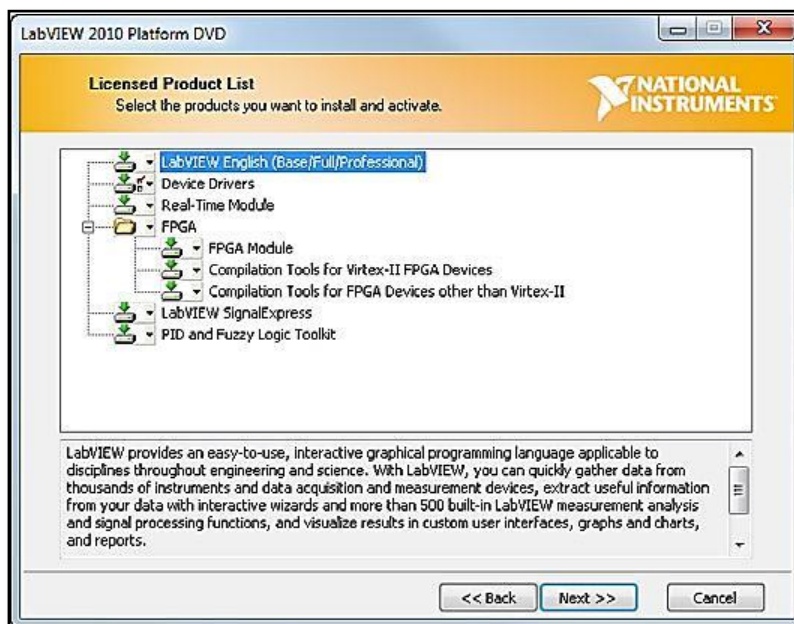
Figura 41. Registro del programa



Fuente: Software LabVIEW

Revisar la lista de productos autorizados, la cual incluye el entorno de LabVIEW, módulos y juegos de herramientas que tienen licencias válidas, además de controladores de dispositivos. Después hacer clic en next (figura 42).

Figura 42. Selección de las herramientas



Fuente: Software LabVIEW

Seleccionar los productos adicionales a instalar en la lista de productos para evaluación (figura 43).

Figura 43. Selección de los productos adicionales



Fuente: Software LabVIEW

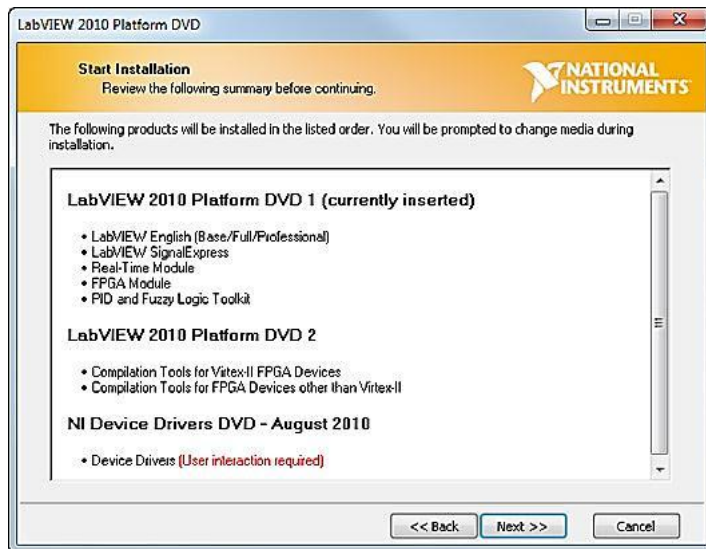
Escoger el directorio de instalación para el software de National Instruments, acepte los acuerdos de licencia y haga clic en next. Proporcione su nombre completo y empresa. Esta información será usada para completar el registro de su software. Los productos enlistados requieren interacción del usuario para finalizar. De lo contrario, puede dejar la instalación desatendida (figura 44).

3.7.4 Control y monitoreo del variador de frecuencia por software LabVIEW. Para la comunicación entre el PLC y el software LabVIEW utilizamos el programa OPC ACCESS para poder enviar la programación realizada en el PLC.

A continuación en LabVIEW, abrir un nuevo proyecto y seleccionamos los parámetros que se pueden ver en la figura 45.

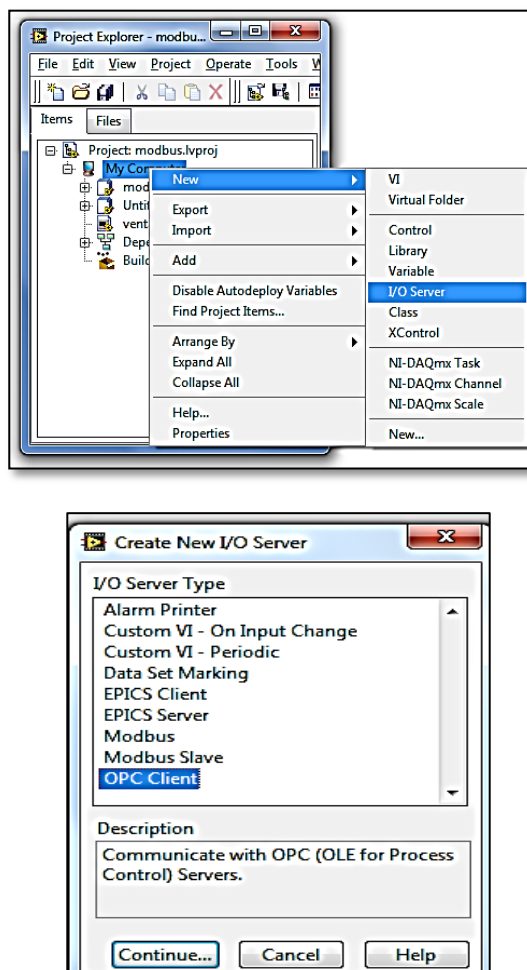
3.7.5 Selección de variables. Después de elegir la comunicación seleccionamos variables (click derecho), algunas variables son las que registrará el PLC y otras serán las que actuarán con el variador de frecuencia (figura 46).

Figura 44. Confirmación de la instalación



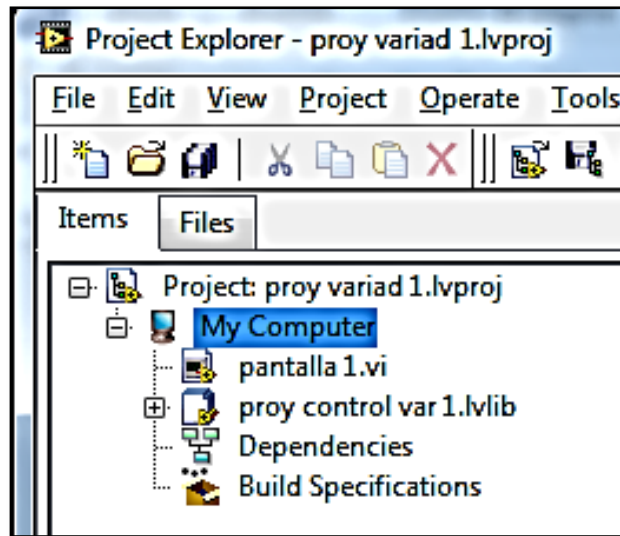
Fuente: Software LabVIEW

Figura 45. Selección para comunicación



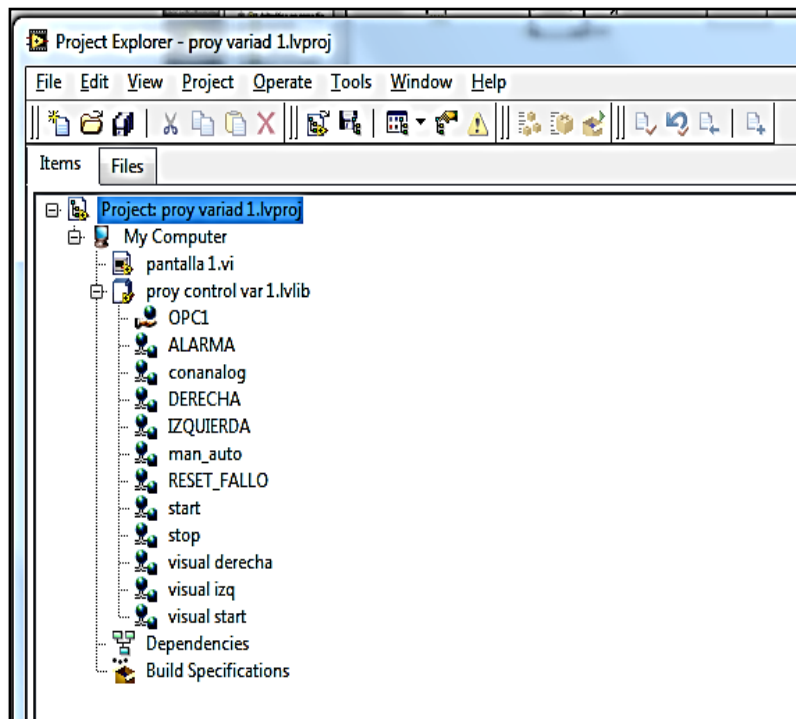
Fuente: Software LabVIEW

Figura 46. Creación de variables



Fuente: Software LabVIEW

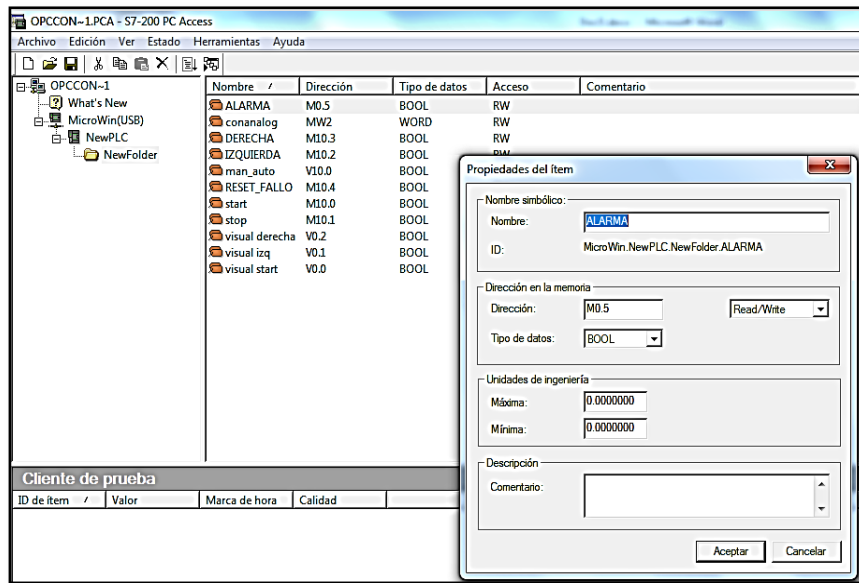
Figura 47. Despliegue de menus para la creación de variables



Fuente: Software LabVIEW

- Para vincular botoneras, perillas, bombillas, etc. Es por medio del OPC server. Primero añadimos las direcciones al OPC server (figura 48).

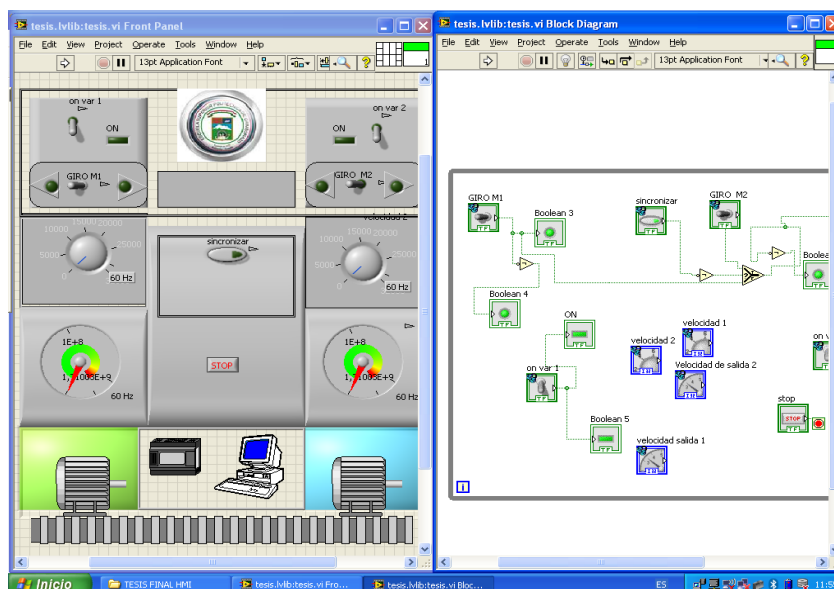
Figura 48. Colocación de direcciones



Fuente: Software PC Acces

- En el Panel Frontal del programa de LabVIEW damos al icono que deseo que reciba la dirección del PLC o del Variador o podemos arrastrar las variables que tenemos en las librerías del project explorer (figura 49).

Figura 49. Programa en diagrama de bloques y en el panel frontal



Fuente: Programa para control y monitoreo del modulo didáctico de variadores de frecuencia

CAPÍTULO IV

4. GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

La presente guía de prácticas fue diseñada y elaborada con la idea de permitir al estudiante familiarizarse con los diferentes elementos, equipos y dispositivos empleados, y como en su conjunto permiten el funcionamiento automatizado y transmisión de energía de forma eficiente a la maquinaria y realización de procesos industriales de manera eficaz y coordinada a través de operación de contactos físicos sincronizados y regulación de parámetros.

El módulo didáctico de comunicación de variadores de frecuencia es una herramienta que permitirá al estudiante adentrarse en el mundo de la automatización mediante la familiarización con los diferentes elementos que lo constituyen,

La capacitación es el motivo por el cual se ha llevado a cabo esta guía correlacionando la teoría con la práctica permitiendo una visualización práctica de posibles aplicaciones así como de las prestaciones que estos equipos pueden ofrecer dentro del campo industrial, y la importancia del adiestramiento en tecnologías de vanguardia que permiten la utilización efectiva de la energía.

4.1 PRÁCTICA N° 1

Tema: Conocer las funciones básicas del BOP (Panel básico del operador).

Objetivos:

- Conocer y familiarizarse con la utilización del BOP con sus parámetros para la puesta en servicio.
- Conocer los botones, funciones y aplicaciones respectivas que cumplen cada una de ellos.
- Ingresar los datos de la placa del motor para la parametrización, seleccionando la fuente de comandos del panel básico de operaciones.

Marco Teórico:

A través del panel BOP (Basic Operator Panel) que puede ser montado en el variador de manera opcional, pueden modificarse los diferentes parámetros, señales de control y variación de la frecuencia pulsando el botón respectivo.










El panel BOP debe ser reemplazado por el existente que se encuentra colocado en la parte frontal superior para permitir la visualización de la variación de parámetros, y el control exacto de la velocidad del motor cambiando la frecuencia de salida de la corriente

Se muestra a continuación de forma práctica y sencilla la puesta en servicio y comunicación de los variadores de frecuencia utilizando el BOP.

Equipos y Materiales:

- Fuente de energía 220 V CA.
- Fuente de energía 120 V CA
- 2 Módulos de motor de inducción jaula de ardilla.
- 2 Variadores MICROMASTER 440A.
- Panel de operación opcional BOP.
- Cables de conexión.
- Cable PPI
- Multímetro

Procedimiento:

Panel/Botón	Función	Efectos
	Indicación de estado	La pantalla de cristal líquido muestra los ajustes actuales del convertidor.
	Marcha	Al pulsar este botón se arranca el convertidor. Por defecto está bloqueado. Para activarlo: P0700 = 1 o P0719 = 10 ... 15
	Parada	OFF1 Pulsando este botón se para el motor siguiendo la rampa de deceleración seleccionada. Para activarlo: P0700 = 1 o P0719 = 10 ... 15 OFF2 Pulsando el botón dos veces (o una vez prolongada) el motor se para de forma natural (inercia hasta parada). Esta función está constantemente activada.
	Invertir sentido	Pulsar este botón para cambiar el sentido de giro del motor. El inverso se indica mediante un signo negativo (-) o un punto decimal intermitente. Por defecto está bloqueado. Para activarlo: P0700 = 1 o P0719 = 10 ... 15.
	Jog motor	Pulsando este botón en estado "listo" el motor arranca y gira a la frecuencia Jog preseleccionada. Pulsando este botón mientras el convertidor no tiene salida hace que el motor arranque y gire a la frecuencia Jog preseleccionada. El motor se detiene cuando se suelta el botón. Pulsar este botón cuando el motor está funcionando carece de efecto.
	Función	Este botón sirve para visualizar información adicional. Funciona pulsándolo y manteniéndolo apretado. Muestra lo siguiente comenzando por cualquier parámetro durante la operación: 1. Tensión en circuito intermedio (indicado mediante d - unidades en V). 2. Frecuencia de salida (Hz) 3. Tensión de salida (o - unidades en V). 4. El valor seleccionado en P0005. (Si P0005 se ha configurado de tal forma que se muestra uno de los datos indicados arriba (1 - 3), no aparece el valor correspondiente de nuevo). Cualquier pulsación adicional hace que vuelva a visualizarse la sucesión indicada anteriormente. Función de salto Pulsando brevemente el botón Fn es posible saltar desde cualquier parámetro (rxxxx o Pxxxx) a r0000, lo que permite, si se desea, modificar otro parámetro. Una vez retornado a r0000, si pulsa el botón Fn irá de nuevo a su punto inicial. Acusar Cuando aparecen mensajes de alarma y error, se pueden acusar, pulsando el botón Fn.
	Acceder a parámetros	Pulsando este botón es posible acceder a los parámetros.
	Subir valor	Pulsando este botón se sube el valor visualizado.
	Bajar valor	Pulsando este botón se baja el valor visualizado.

Resultados:

Esta practica permite conocer el acción de los botones que se encuentran en el panel BOP con las diferentes funciones que realizan, ademas de sus diversos parametros con sus respectivas aplicaciones y parametros.

Conclusiones

La presente practica le permite conocer al estudiante la utilización del panel BOP mediante el cual se ingresan diferentes parámetros que permiten la modificación efectiva de los dispositivos empleados enfocándose a la capacitación de los estudiantes para la proyección a diversas aplicaciones y la introducción al conocimiento de nuevas y más eficientes tecnologías.

Recomendaciones

Es de suma importancia seguir las instrucciones de seguridad, normas y parametros del fabricante para eobtener del módulo un correcto funcionamiento y evitar posibles accidentes

4.2 PRACTICA N° 2

Tema: Monitoreo y mandos manual y remoto del módulo de comunicación de variadores de frecuencia

Objetivos:

- Activación del módulo de comunicación industrial para variadores de frecuencia mediante los modos de control instalados, manual y remoto de forma individual.
- Realizar en cada uno de los modos la variación de parámetros.

- Control y modificación del comportamiento de motores de inducción mediante la comunicación de variadores de frecuencia a través de las funciones del módulo de comunicación en cada uno de los modos.

Marco Teórico:

Modo manual

A través del panel BOP (Basic Operator Panel) que puede ser montado en el variador de manera opcional, pueden modificarse los diferentes parámetros, señales de control y variación de la frecuencia pulsando el botón respectivo.

Modo remoto

A través del software LabVIEW fue posible elaborar y diseñar una interfaz gráfica que permite controlar desde el computador la comunicación de variadores de frecuencia para el control y monitoreo de motores de inducción jaula de ardilla.

Equipos y Materiales:

- Fuente de energía 220 V CA.
- Fuente de energía 120 V CA
- 2 Módulos de motor de inducción de jaula de ardilla.
- Módulo de comunicación de variadores de frecuencia
- Panel de operación opcional BOP.
- Cables de conexión.
- Cable PPI
- Laptop

Procedimiento:

- Realizar la conexión desde el computador al módulo de comunicación.

- Realizar las conexiones desde las salidas de los variadores hacia los terminales de los módulos de motores de induccion jaula de ardilla.
- Realizar las conexiones de las terminales del PLC y pulsadores para la posterior activacion en modo manual.
- Realizar las respectivas conexiones a fuentes de energia de 120 VCA y 220 VCA respectivamente.
- Energizacion del módulo de comunicación.
- Escoger la opcion de control manual con el selector de dos posiciones en la parte inferior del módulo de comunicación.
- Revisar y pulsar los diferentes botones tanto en el módulo para la activacion de funciones, como en los variadores para cambiar los parametros para modificar el funcionamiento de los motores de induccion.
- Cambiar con el selector a modo remoto para realizar el control de los motores de induccion desde el computador.
- Determinar el funcionamiento mediante la pulsacion de cada uno de los botones y cambio de parametros.

Resultados:

La presente practica permite operar el módulo de comunicación de variadores en dos diferentes modalidades, manual y remota, esta ultima mediante el software LabVIEW en el que se puede monitorear en tiempo real el funcionamiento de los variadores conjuntamente con los motores.

Nota: para la utilizacion del ordenador en la presente practica debera previamente tener instalado un sistema operativo de 32 bits (de preferencia XP) y el software LabView con el achivo correspondiente a la simulacion conjuntamente con Pc acces para establecer a comunicación con el cable PPI.

Conclusiones

Se permitió conocer las distintas modalidades en las que se puede operar el módulo de comunicación de modo manual o remoto con monitoreo a distancia, simulando la maniobrabilidad que se puede tener en la industria.

Recomendaciones

Cabe recomendar el seguimiento riguroso de normas de seguridad para eximir al operario y equipo de posibles accidentes.

4.3 Normas de seguridad para el uso del módulo

Las advertencias y precauciones que se muestran a continuación se han ideado para seguridad de usuarios además de constituir como medidas preventivas de posibles accidentes o daños que puedan ocasionarse en los elementos y dispositivos que se encuentran en el módulo didáctico.

A continuación se detallan las diferentes normas de seguridad para la correcta conservación de los variadores de frecuencia:

- Este equipo contiene tensiones peligrosas y controla partes mecánicas en rotación potencialmente peligrosas. No respetar las advertencias o no seguir las instrucciones contenidas en este documento puede provocar la muerte, lesiones graves o daños materiales considerables.
- En este equipo sólo deberá trabajar personal adecuadamente cualificado y sólo una vez familiarizado con todas las consignas de seguridad procedimientos de instalación, operación y mantenimiento.
- Los condensadores del circuito intermedio, permanecen cargados durante cinco minutos después de desconectar la alimentación, por lo que el equipo no se debe abrir sino hasta cinco minutos después de haber desconectado todas las tensiones.
- Durante la carga de parámetros al convertidor (download) con la herramienta de PC para la puesta en servicio STARTER/BOP las salidas digitales pueden emitir señales irregulares (no válidas). Antes de llevar a cabo la transferencia de parámetros al convertidor hay que tomar las medidas necesarias que aseguren que no se encuentra ninguna carga colgante no asegurada; p. ej. Utilizando un freno

externo o depositando la carga en el suelo y asegurándola.

- En imprescindible conectar a tierra el convertidor. De no realizarse esta acción, podría ocasionarse daños severos en el dispositivo y operario, también se aplica este principio si el convertidor trabaja en redes no puestas a tierra.
- El MICROMASTER 440A no posee interruptor principal y está bajo tensión al conectar la alimentación de red. El convertidor permanece en estado "listo para servicio" con los impulsos bloqueados hasta que se imparta la orden ON (mediante el botón correspondiente en el panel o mediante el borne 3).
- El convertidor está diseñado para aceptar señales de control solo para detener o arrancar el motor.
- Es necesario prevenir que los niños y el público en general puedan acceder o aproximarse a este equipo.
- El equipo solo puede ser utilizado para aplicaciones especificadas por el fabricante. Las modificaciones no autorizadas así como el uso de repuestos y accesorios no vendidos o recomendados por el fabricante pueden provocar incendio, choques eléctricos y lesiones.

4.4 Plan de mantenimiento de los equipos

Para el correcto funcionamiento del módulo didáctico y seguridad de los operarios deberá tomarse especial atención al programa de mantenimiento, en el que consta de inspecciones visuales, limpieza, reajustes de los componentes, elementos y dispositivos evitándose posibles fallas, averías y accidentes, además de pérdidas de tiempo.

En el plan de mantenimiento se detallara específicamente el tipo de mantenimiento que se debe realizar a los componentes del módulo, tomando en cuenta las diferentes frecuencias y recomendaciones de los fabricantes para los equipos de los equipos del

modular el cual se lo ha desarrollado de forma mensual semestral y anual.

4.4.1 *Mantenimiento del módulo didáctico de comunicación de variaciones de frecuencia.(ver anexo E)*

El plan de mantenimiento mostrado en el anexo E debe ser ejecutado de la manera en que se lo indica, ya que su seguimiento permitirá obtener del módulo didáctico toda su vida útil, evitándose su pronta degradación.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El diseño y construcción del módulo didáctico para comunicación de variadores de frecuencia permitió tener una idea más clara de los aspectos didáctico y ergonómico, fundamentales para el motivo por el cual se los llevó a cabo, ideados para labores de enseñanza y capacitación de los estudiantes, dejando además conocer las varias y diversas funciones y aplicaciones que poseen los dispositivos.
- Fue de relevante importancia la revisión y utilización de manuales del usuario emitidos por el fabricante, ya que contienen la información correcta sobre conexiones, funcionamiento y parámetros bajo los cuales el equipo puede tener su mejor desempeño y correcto funcionamiento.
- La utilización del software LabVIEW permitió una fácil programación y simulación con los diferentes aspectos necesarios para permitir la comunicación, asociación y monitoreo de los elementos y dispositivos necesarios para automatización de procesos.
- Los equipos y dispositivos utilizados requirieron de un plan de mantenimiento con la finalidad de obtener fiabilidad, durabilidad y disponibilidad de sus componentes.

5.2 Recomendaciones

- Tomar en cuenta cada uno de los elementos para lograr una distribución didáctica y a la vez ergonómica.
- Buscar guías, manuales, y asesoramiento para realizar una correcta labor al momento del diseño y construcción del módulo, ya que la manipulación incorrecta de estos podría ocasionar daños o accidentes.
- Realizar previamente a la activación de los equipos inspecciones visuales en cables, conexiones y equipos para posteriormente en la energización descartar algún tipo de fallo.

- Esperar cinco minutos después de quitar la alimentación de los equipos ya que los condensadores que se encuentran al interior de los variadores mantienen su energía durante este tiempo y podrían ocasionar descargas
- Conectar siempre y en todo caso los convertidores de frecuencia y redes a tierra, debido a que estos podrían destruirse o generar altas tensiones, peligrosas para el operador.
- Realizar el mantenimiento respectivo a los equipos siguiendo los lineamientos de seguridad planteados para evitar el prematuro deterioro y lograr el correcto funcionamiento.
- Utilizar el módulo para los fines a los cuales fue diseñado y construido obteniendo de forma correcta el máximo provecho.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ENRÍQUEZ, G. H. Manual de Electricidad Industrial II, Reparación de Motores Eléctricos. México: Limusa, 1996. Pág 6
- [2] SMEATON, R. W. Motores Eléctricos, Selección, Mantenimiento y Reparación. 2da.ed. México: McGraw-Hill, 2004. Pág 10
- [3] KOSOW, I. Máquinas Eléctricas y Transformadores. 2da.ed. México: Prentice Hall, 1993. Pág 14
- [4] <http://grupos.emagiter.com/ficheros/vcruzada?fdwn=1&idgrupo=1419&idFi>
- [5] http://electronica.li2.uchile.cl/new/documentacion/CNC/Masterdrives%20%20MC/Manuales%20Completos%20%20Compendio%20V1.4/Compendium/mc14_kompend_kap081_s.pdf
- [6] http://www.automation.siemens.com/simatic/portal/html_00/techdoku.htm
- [7] <http://es.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>
- [8] http://www.wikepedia.org/wiki/comunicacion_serial
- [9] <http://www.wikepedia.org/wiki/opc>

BIBLIOGRAFÍA

ENRÍQUEZ, G. H. Manual de Electricidad Industrial II, Reparación de Motores

Eléctricos. México: Limusa, 1996.

SMEATON, R. W. Motores Eléctricos, Selección, Mantenimiento y Reparación. 2da.ed.

México: McGraw-Hill, 2004.

KOSOW, I. Máquinas Eléctricas y Transformadores. 2da.ed. México: Prentice Hall,

1993.

LINKOGRAFÍA

MOTORES ASÍNCRONOS TRIFÁSICOS.

[http://es.wikipedia.org/wiki/Motor síncrono](http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_síncrono)

2011 – 08 - 08

VARIADORES DE VELOCIDAD

[http://es.wikipedia.org/wiki/Variador de velocidad](http://es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_velocidad)

2011 – 08 - 22

<http://html.rincondelvago.com/variadores-de-velocidad.html>

2011 – 08 - 22

<http://grupos.emagiter.com/ficheros/vcruzada?fdwn=1&idgrupo=1419&idFi>

2011 – 08 - 22

AUTÓMATAS S7-200

http://www.automation.siemens.com/simatic/portal/html_00/techdoku.htm

2011 – 08 - 29

<http://www.siemens.com/pdf/catalogos/Manual del sistema de automatización S7 200>

2011 – 08 - 29

LabVIEW

<http://es.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>

2011 – 09 – 05

OPC SERVER

<http://www.wikipedia.org/wiki/opc>

2011 – 09 – 05

COMUNICACIÓN SERIAL

[http://www.wikipedia.org/wiki/comunicacion serial](http://www.wikipedia.org/wiki/comunicacion_serial)

2011 – 09 – 12

COMUNICACIÓN USS

http://electronica.li2.uchile.cl/new/documentacion/CNC/Masterdrives%20%20MC/Manuales%20Completos%20%20Compendio%20V1.4/Compendium/mc14_kompend_kap081_s.pdf

2011 – 09 – 13