



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE
MANTENIMIENTO**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE
LABORATORIO PARA EL CONTROL Y
MONITOREO DE UN MOTOR ASÍNCRONO
JAULA DE ARDILLA MEDIANTE UN VARIADOR
DE FRECUENCIA, UN PLC Y SOFTWARE”**

CARRASCO SILVA LUIS SANTIAGO

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA – ECUADOR

2011

Espoch

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

CONSEJO DIRECTIVO

Diciembre, 09 de 2011

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

LUIS SANTIAGO CARRASCO SILVA

Titulada:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE LABORATORIO PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE UN MOTOR ASÍNCRONO JAULA DE ARDILLA MEDIANTE UN VARIADOR DE FRECUENCIA, UN PLC Y SOFTWARE”

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

INGENIERO EN MANTENIMIENTO

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Marco Santillán
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Msc. Pablo Montalvo
ASESOR DE TESIS

EsPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: LUIS SANTIAGO CARRASCO SILVA

TÍTULO DE LA TESIS: “IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE LABORATORIO PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE UN MOTOR ASÍNCRONO JAULA DE ARDILLA MEDIANTE UN VARIADOR DE FRECUENCIA, UN PLC Y SOFTWARE”

Fecha de Examinación: Diciembre 09 del 2011

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. GEOVANNY NOVILLO (Presidente Trib. Defensa)			
ING. MARCO SANTILLÁN (Director de Tesis)			
ING. MSC. PABLO MONTALVO (Asesor)			

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

RECOMENDACIONES: _____

El presidente del tribunal quien certifica al Consejo Directivo 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 de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

f) Nombres y Apellidos autor

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios por darme salud y vida para seguir adelante día a día. Agradezco a mis padres que siempre me han apoyado durante toda mi vida, y más aún durante mi carrera universitaria, gracias a ellos he logrado unas de mis metas que me he trazado.

También a mis hermanos, familiares y a todos los que me apoyaron para salir adelante, un agradecimiento especial al apoyo de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento a su cuerpo docente que sin su ayuda y apoyo incondicional no hubiera sido posible la culminación de esta tesis.

Luis Santiago Carrasco Silva.

DEDICATORIA

Les dedico esta tesis a mis padres Gonzalo Carrasco, Martha Silva que día a día me apoyan y están conmigo, a Patricia, Verónica, y David mis hermanos quienes me brindaron su apoyo incondicional en todo momento y lo siguen haciendo y a Mateo mi hijo que fue la inspiración para realizar esta tesis.

Luis Santiago Carrasco Silva.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO PÁGINA

1.	GENERALIDADES	
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Justificación.....	1
1.3	Objetivos.....	2
1.3.1	Objetivo general.....	2
1.3.2	Objetivos específicos.....	2
2.	MARCO TEÓRICO	
2.1	Motores asíncronos o de inducción.....	3
2.1.1.	Motor asincrónico de rotor bobinado.....	4
2.1.2.	Motores asincrónicos, jaula de ardilla.....	4
2.1.3.	Característica de funcionamiento del motor de inducción.....	6
2.1.4.	Arranque de un motor trifásico de inducción.....	7
2.1.5.	Fundamentos sobre el control de velocidad de un motor de	7
2.1.6.	inducción.....Formas de control de velocidad de un motor trifásico de	8
2.1.7.	inducción.....	8
2.2.	Control de velocidad mediante el cambio en la frecuencia.....	9
2.2.1.	Variador de frecuencia.....	9
2.2.2.	Motivos para emplear variadores de	9
2.2.3.	velocidad.....Velocidad como una forma de	10
2.3.	controlar un proceso.....	10
2.4.	Fomentar el ahorro de energía mediante el uso de variadores.....	11
2.4.1.	Composición de un variador de frecuencia.....	11
2.4.2.	Tipos de variadores de velocidad.....	11
2.4.3.	Variadores mecánicos.....	12
2.4.4.	Variadores hidráulicos.....	12
2.4.5.	Variadores eléctrico-electrónicos.....	13
2.4.6.	Variadores para motores de CC.....	13
2.5.	Variadores por corrientes de Eddy.....	14
2.6.	Variadores de deslizamiento.....	15
2.6.1.	Aplicaciones de los variadores de frecuencia.....	16

	El variador de velocidad Sinamics G110.....	
2.6.2.	Características del variador Sinamics G110.....	18
2.6.3.		19
2.6.4.	Modos de puesta en servicio.....	22
2.6.5.	Puesta en servicio estándar.....	22
2.6.6.	Puesta en servicio con el panel de operación BOP.....	22
2.7.	Funciones avanzadas del BOP.....	23
2.7.1.	Modificación de parámetros con el BOP.....	24
2.7.2.	Controladores lógicos programables PLC.....	25
2.7.3.	Partes de un autómata programable.....	26
2.8.	Campos de aplicación.....	27
2.8.1.	Ventajas e inconvenientes de los PLC.....	27
2.8.2.	LabVIEW 11.0.....	27
2.8.3.	Principales usos.....	29
2.8.4.	Principales características.....	30
2.9.	Programa en LabVIEW.....	30
2.9.1.	Interfaz humano-máquina.....	31
2.9.2.	Protocolos de comunicación.....	32
2.9.3.	Comunicación Modbus.....	33
2.9.4.	Variantes de Modbus.....	33
2.9.5.	Comunicación serial.....	34
	Servidores OPC.....	
	Definición de OPC.....	

3.

	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE LABORATORIO CON	
3.1	VARIADOR DE FRECUENCIA	36
3.1.1.		37
3.1.2.	Estructura del módulo de automatización industrial.....	37
3.1.3.	Dimensiones de la estructura modular.....	38
3.1.4.	Ubicación del controlador lógico programable.....	39
3.1.5.	Ubicación del variador.....	39
3.1.6.	Entradas y salidas del módulo.....	39
3.1.7.	Ubicación de los pulsadores y selectores.....	40
3.1.8.	Consideraciones básicas para el diseño.....	41
3.2.	Diseño del circuito de mando.....	41

3.2.1.	Diseño del circuito de	42
3.2.2.	potencia.....Datos técnicos y	42
3.2.3.	parámetros de funcionamiento de los equipos.....Datos técnicos y	43
3.2.4.	parámetros de funcionamiento PLC SIMATIC S7-200....	43
3.2.5.	Comunicación abierta.....	43
3.3.	Altas prestaciones.....	45
3.4.	Modularidad óptima.....	46
3.4.1.	Características destacadas.....	46
3.4.2.	Datos técnicos y parámetros de funcionamiento del SINAMICS G110.....	47
3.4.3.	Selección de los equipos y elementos a utilizarse.....	47
3.4.4.	Selección de los equipos.....	48
3.4.5.	Selección de elementos.....	48
3.4.6.	Selección de materiales.....	50
3.4.7.	Montaje de equipos y dispositivos eléctricos en el módulo.....	51
3.4.8.	Montaje del PLC SIMATIC S7-200 CPU 224XP.....	51
3.4.9.	Montaje del el variador de velocidad SINAMICS G110.....	51
3.5.	Montaje de los dispositivos eléctricos.....	53
3.5.1.	Ubicación de los dispositivos eléctricos en el módulo.....	53
3.5.2.	Procedimiento para ubicar los dispositivos eléctricos en el módulo.....	54
3.5.3.	Conexiones eléctricas y medios de comunicación.....	54
3.5.4.	Conexión del variador.....	55
3.5.5.	Conexión del PLC.....	56
3.5.6.	Conexión eléctrica y cableada de los elementos y dispositivos.....	57
3.5.7.	Medios de comunicación.....	57
3.5.8.	Estructura de comunicación SINAMICS G110.....	58
3.5.9.	Terminal.....	58
3.6.	Interface en serie.....	59
3.6.1.	BOP.....	59
3.6.2.	Bornes de entradas y salidas.....	60
3.6.3.	Programación.....	63
3.6.4.	Programación en KOP del PLC S7- 200 con STEP 7-Micro/WIN.....	66
3.6.5.	Pasos para la programación del PLC S7-200.....	67
	Instalación del software LabVIEW.....	
4.	Control y monitoreo del variador de frecuencia por software LabVIEW.....	
	Selección de variables.....	
4.1.		69

4.2.	GUÍAS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	71
4.3.		72
4.3.1.	Práctica de laboratorio 1.....	73
	Normas de seguridad para el uso del módulo.....	
5.	Plan de mantenimiento de los equipos.....	
	Mantenimiento del módulo.....	
5.1.		74
5.2.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
	Conclusiones.....	
	Recomendaciones.....	

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

TABLA PÁGINA

2.1	AJUSTE DE FÁBRICA – VARIANTE ANALÓGICA.....	21
2.2	AJUSTES DE FÁBRICA – VARIANTE USS.....	21
2.3	MODIFICACIÓN DE PARÁMETRO.....	23
3.1	DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA MODULAR.....	37
3.2	FUNCIONES DE LAS CPUS S7-200.....	44
3.3	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL VARIADOR DE TIPO C.....	46
3.4	SELECCIÓN DE EQUIPOS.....	46
3.5	SELECCIÓN DE ELEMENTOS.....	47
3.6	SELECCIÓN DE MATERIALES.....	48
3.7	DIMENSIONES DE MONTAJE.....	50
3.8	MEDIDAS PARA EL MONTAJE.....	50
3.9	PARES DE APRIETE PARA TORNILLOS DE SUJECIÓN.....	50
3.10	CONEXIÓN PC – CONVERTIDOR.....	56
3.11	MODOS DE OPERACIÓN.....	57
3.12	BORNES DE ENTRADAS Y SALIDAS.....	58

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
2.1	Motor trifásico de inducción.....	3
2.2	Partes motor trifásico jaula de ardilla.....	4
2.3	Curva característica del motor trifásico de inducción.....	7
2.4	Curvas características par-velocidad para todas las frecuencias.....	8
2.5	Composición de un variador de frecuencia.....	10
2.6	Variador de velocidad Sinamics G110.....	15
2.7	Interruptor DIP para frecuencia nominal del motor y terminación de bus.	20
2.8	Servicio estándar, variante analógica.....	20
2.9	PLC (controladores lógicos programables).....	23
2.10	Partes de un autómatas programable.....	24
2.11	Diagrama de bloques.....	29
2.12	Trama genérica del mensaje según el código empleado.....	32
3.1	Ubicación del PLC.....	38
3.2	Espacio para ubicar el variador.....	38
3.3	Bosquejo general de la estructura modular tipo rampa.....	40
3.4	Modular terminado.....	40
3.5	Partes de un PLC S7 200 CPU 224XP.....	45
3.6	Opciones de montaje en el riel DIN.....	49
3.7	Dimensiones de montaje.....	49
3.8	Ubicación de los dispositivos de protección en el riel DIN.....	51
3.9	Ubicación de los relés y bases.....	52
3.10	Colocación de los conectores o Jacks.....	52
3.11	Colocación de los pulsadores, selectores y lámparas.....	53
3.12	Conexión de alimentación al variador.....	53
3.13	Conexión de alimentación al PLC.....	54
3.14	Conexión y cableado de los elementos en el módulo.....	55
3.15	Comunicación entre PLC-PC.....	56
3.16	Elementos básicos del KOP.....	59
3.17	Ventana del STEP 7-Micro/WIN.....	60
3.18	Creación de nuevo programa.....	60
3.19	Librería de operaciones.....	61
3.20	Lista de elementos del KOP.....	61

3.21	Programación en diagrama Ladder.....	62
3.22	Selección del tipo de CPU.....	63
3.23	Opción de selección de instalación.....	64
3.24	Registro del programa.....	64
3.25	Selección de las herramientas.....	65
3.26	Selección de los productos adicionales.....	65
3.27	Confirmación de la instalación.....	66
3.28	Selección para comunicación.....	67
3.29	Creación de variables.....	67
3.30	Colocación de direcciones.....	68
3.31	Programa en diagrama de bloques y en el panel frontal.....	68

LISTA DE ABREVIACIONES

AC	Corriente alterna
ADC	Convertidor analógico-digital
AIN	Entrada analógica
AOUT	Salida analógica
ASP	Valor nominal analógico
BOP	Unidad de manejo con indicación numérica
DC	Corriente continua
DIN	Entrada digital
DIP	Interruptor
DOUT	Salida digital
E/S	Entradas y salidas
FN	Botón de funciones
FS	Tamaño constructivo
FEM	Fuerza electromagnética
HMI	Human machine interface
IGBT	Transistor bipolar con compuerta aislada
JOG	Impulsor de avance
LCD	Display de cristal líquido
LED	Diodo luminoso
PLC	Controlador lógico programable
PPI	Interfaz punto a punto
RPM	Revoluciones por minuto
USS	Interface en serie universal

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO A:** Circuito de mando
- ANEXO B:** Circuito de potencia
- ANEXO C:** Diagrama de bloques del variador SINAMICS G110
- ANEXO D:** Características del variador SINAMICS G110
- ANEXO E:** Lista de fallos que se pueden presentar en el variador
- ANEXO F:** Descripción del BOP

SUMARIO

Con el presente trabajo de investigación, construcción y desarrollo se ha logrado Implementar un Módulo de Laboratorio para Control y Monitoreo de un Motor Asíncrono Jaula de Ardilla Trifásico, el mismo que será utilizado en la escuela para la variación de la frecuencia y la velocidad de los motores en mención, con el propósito de instruir a los estudiantes mayores conocimientos, y que tengan una mejor visión acerca de las aplicaciones industriales que hoy en día se manejan, mediante la realización de las prácticas y pruebas.

En este trabajo se utilizaron un PLC, un software para el monitoreo y un variador de velocidad SINAMIC G110, los cuales nos permiten el control de la velocidad de un motor eléctrico, alimentación suministrada al mismo, este es el método más eficiente de controlar la velocidad.

Los equipos requieren de una programación, se puedan comunicarse entre sí, con este propósito se utiliza el software STEP 7/MicroWIN, el software S7-200 PC Access para la comunicación del PLC con el programa LabVIEW, instalados previamente en un computador y luego se transfiere el programa hacia los equipos mediante el interfaz de comunicación.

Las pruebas realizadas verifican el correcto funcionamiento del módulo, finalmente se elaboran un manual de prácticas, plan de mantenimiento y normas de seguridad que servirán de guía para los estudiantes en la realización de sus prácticas y también para la conservación del mismo.

Se recomienda tomar las precauciones necesarias para el uso de estos dispositivos, ya que estos manejan tensiones elevadas.

SUMMARY

With the present investigation, construction and development work it has been possible to increase a Lab Module for the Control and Monitoring of a Three-phase Squirrel Cage Asynchronous Motor which will be used at the school for the frequency and speed variation of the above motors so as to provide the students a higher knowledge with a better vision of the industrial applications handled nowadays, through practices and tests.

In this work a PLC, a software for monitoring and velocity changer SINAMIC G110 were used which permit to control the electric motor speed and feeding; this is the most efficient method to control speed.

The equipment requires programming to communicate itself; with this purpose the software STEP7/MicroWIN and the software S7-200 PC Access for the PLC communication to the program LabVIEW installed previously in a computer and after having transferred the program to the equipment through the communication interface, were used.

The tests carried out verify the correct module functioning; finally a practice manual, a maintenance plan and security norms which will serve as a guide for the students in carrying out their practices and for its conservation, are elaborated.

It is recommended to take the necessary precautions for the use of these devices as these work with high tensions.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

Sin duda alguna los accionamientos a base de motores eléctricos son los más numerosos en la mayoría de las aplicaciones industriales y dentro de ellos los basados en motores de corriente continua y que han gozado de una total hegemonía en el campo industrial durante décadas; entre otras razones porque la variación de la velocidad está en función de la variación de la tensión de alimentación. No obstante es un motor con un elevado costo de mantenimiento. En la actualidad el motor con menor nivel de exigencias en el mantenimiento son los motores trifásicos, asíncronos tipo jaula de ardilla o rotor en cortocircuito, debido a que carecen de colector, tienen una relación peso-potencia mucho menor que los de continua, y por tanto también un costo significativamente más bajo. Cuenta además con capacidad de soportar sobrecargas y su elevado rendimiento, lo hacen el motor más atractivo para la industria de hoy en día. No obstante, una limitación era la no fácil variación simultánea del par y la velocidad. Los variadores de frecuencia permiten, paralelamente controlar la tensión, lo cual ha permitido cambiar radicalmente esta limitación.

1.2. Justificación

El desarrollo de sistemas de enseñanza en automatización industrial no sólo apoya al mejoramiento de la enseñanza y desarrollo tecnológico, sino que permite a los futuros ingenieros adentrarse de manera más profunda en las tecnologías y procesos de control y automatización.

Es por eso que he considerado necesario la implementación de un módulo de laboratorio para el control y monitoreo de un motor asíncrono jaula de ardilla trifásico mediante un variador de frecuencia, que será utilizado en el laboratorio de Control Industrial y del cual serán directamente beneficiados los estudiantes para tratar de complementar aún más los conocimientos adquiridos durante la etapa estudiantil.

El control de procesos y el ahorro de la energía son las dos principales razones para el empleo de variadores de velocidad. Históricamente, los variadores de velocidad fueron desarrollados originalmente para el control de procesos, pero el ahorro energético ha surgido como un objetivo tan importante como el primero.

El variador de frecuencia regula la frecuencia del voltaje aplicado al motor, logrando modificar su velocidad. Sin embargo, simultáneamente con el cambio de frecuencia, debe variarse el voltaje aplicado al motor para evitar la saturación del flujo magnético con una elevación de la corriente que dañaría el motor.

Los controles de frecuencia variable permiten que los motores de inducción se usen en casos que antes pertenecían al dominio de los motores de corriente continua.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Implementar un módulo de laboratorio para el control y monitoreo de un motor asíncrono jaula de ardilla trifásico mediante un variador de frecuencia, un PLC y software.

1.3.2. Objetivos específicos

- Desarrollar el módulo para el control y monitoreo de los motores asíncronos.
- Demostrar de una manera práctica y sencilla el control, de velocidad de los motores asíncronos.
- Establecer la comunicación entre el equipo de control y el software de monitoreo, mediante la aplicación del programa LabVIEW.
- Desarrollar guías de 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

El motor de inducción, es el motor de corriente alterna más utilizado, debido a su fortaleza y sencillez de construcción, buen rendimiento y bajo costo, así como a la ausencia de colector y al hecho de que sus características de funcionamiento se adaptan bien a una marcha a velocidad constante. El motor de inducción no necesita escobillas ni colector. Su armadura es de placas de metal magnetizable. El sentido alterno de circulación, de la corriente en las espiras del estator genera un campo magnético giratorio que arrastra las placas de metal magnetizable y las hace girar.

Son los de mayor uso en la industria, por lo tanto son los que mayor análisis merecen. 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.

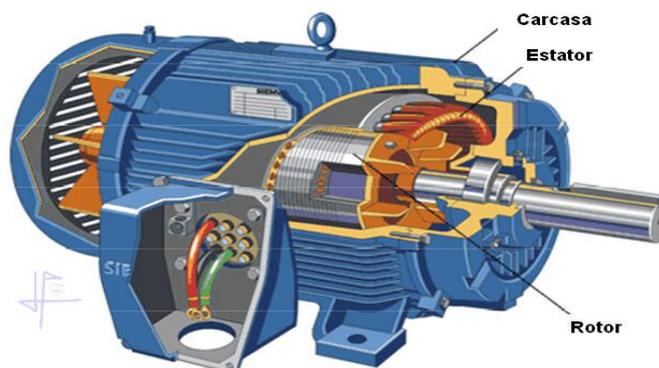


Figura 2.1: Motor trifásico de inducción

Dependiendo del tipo de rotor tenemos 2 tipos de motor:

- Motor Asíncrono de Rotor Bobinado

- Motor Asíncrono tipo Jaula de Ardilla

2.1.1. Motor asíncrono de rotor bobinado

Se utiliza en aquellos casos en los que la transmisión de potencia es demasiado elevada (a partir de 200 Kw) y es necesario reducir las corrientes de arranque. También se utiliza en aquellos casos en los que se desea regular la velocidad del eje.

Su característica principal es que en el rotor se aloja un conjunto de bobinas que además se pueden conectar al exterior a través de anillos rozantes. Colocando resistencias variables en serie a los bobinados del rotor se consigue suavizar las corrientes de arranque. De la misma manera, gracias a un conjunto de resistencias conectadas a los bobinados del rotor, se consigue regular la velocidad del eje. Un detalle interesante es que la velocidad del eje nunca podrá ser superior que la velocidad correspondiente si el motor fuera síncrono.

2.1.2. Motores asíncronos, jaula de ardilla

Es sin duda el más común de todos los motores eléctricos, por su sencillez y forma constructiva. 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.

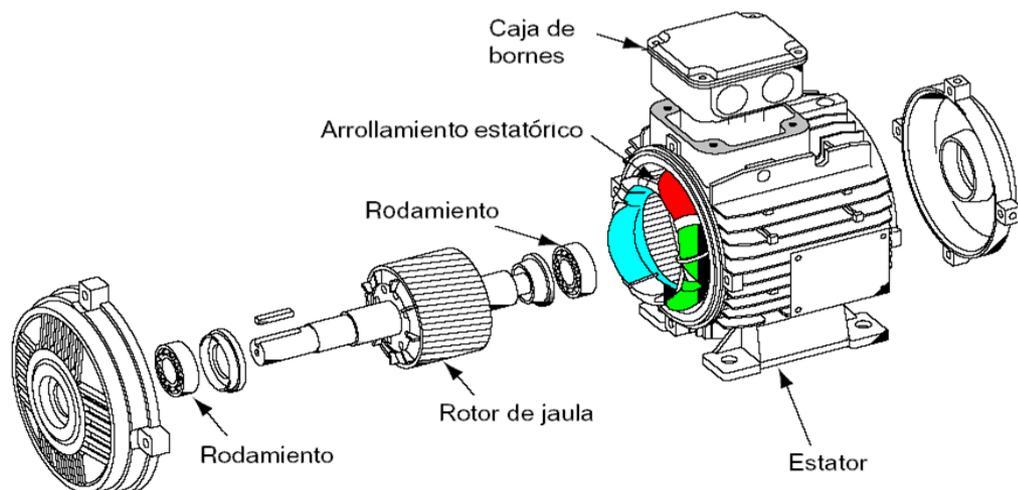


Figura 2.2: Partes motor trifásico jaula de ardilla

Cuando este rotor está entre dos polos de campo electromagnéticos que han sido magnetizados por una corriente alterna, se induce una f.e.m. en las espiras de la jaula de

ardilla, una corriente muy grande las recorre y se produce un fuerte campo que contrarresta al que ha producido la corriente (ley de Lenz). Aunque el rotor pueda contrarrestar el campo de los polos estacionarios, no hay razón para que se mueva en una dirección u otra y así permanece parado. Es similar al motor síncrono el cual tampoco se arranca solo. Lo que se necesita es un campo rotatorio en lugar de un campo alterno.

Deslizamiento.

La velocidad de giro del rotor debe ser menor que la velocidad del flujo magnético, puesto que si tuvieran la misma velocidad, las barras del rotor no cortarían las líneas de flujo y, por tanto, no se engendraría en ellas la f.e.m., resultando que la corriente en el rotor sería nula.

Debido a la resistencia con el aire y al rozamiento, el rotor no llega a alcanzar la misma velocidad que el flujo, y a esa diferencia se le denomina deslizamiento.

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \quad (2.1)$$

Dónde:

n_s = velocidad sincrónica

n = velocidad diferente a la sincrónica

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°.

Estos 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:

$$M = K \cdot \delta \cdot I_r \quad (2.2)$$

K = Constante.

δ = Flujo magnético del campo giratorio.

I_r = Intensidad de corriente del rotor.

2.1.3. Característica de funcionamiento del motor de inducción

El funcionamiento de un motor, en general, se basa en las propiedades electromagnéticas de la corriente eléctrica y la posibilidad de crear a partir de ellas, un campo magnético giratorio que induce un movimiento de rotación.

Suponiendo que un motor de inducción comercial de jaula de ardilla se haga arrancar con el voltaje nominal en las terminales de línea de su estator (arranque a través de la línea) desarrollará un par de arranque de que hará que aumente su velocidad. Al aumentar su velocidad a partir del reposo (100 por ciento de deslizamiento), disminuye su deslizamiento y su par disminuye hasta el valor en el que se desarrolle el par máximo. Esto hace que la velocidad aumente todavía más, reduciéndose en forma simultánea el deslizamiento y el par que desarrolla el motor de inducción.

Los pares desarrollados al arranque y al valor del deslizamiento que produce el par máximo ambos exceden (en el caso normal) al par aplicado a la carga. Por lo tanto la velocidad del motor aumentará, hasta que el valor del deslizamiento sea tan pequeño que el par que se desarrolla se reduzca a un valor igual al par aplicado por la carga. El motor continuará trabajando a esta velocidad y valor de equilibrio del deslizamiento hasta que aumente o disminuya el par aplicado.

En la figura 2.3 se muestra la relación entre los pares de arranque, máximo y nominal a plena carga que desarrolla un motor de inducción, como función de la velocidad de éste y del deslizamiento. Se tiene también la presentación gráfica de la corriente y el par desarrollados en el rotor del motor como funciones del deslizamiento desde el instante del arranque (punto a) hasta la condición de funcionamiento en estado estable (en general entre marcha en vacío y marcha a plena carga - puntos c y d) cuando los pares desarrollado y aplicado son iguales.

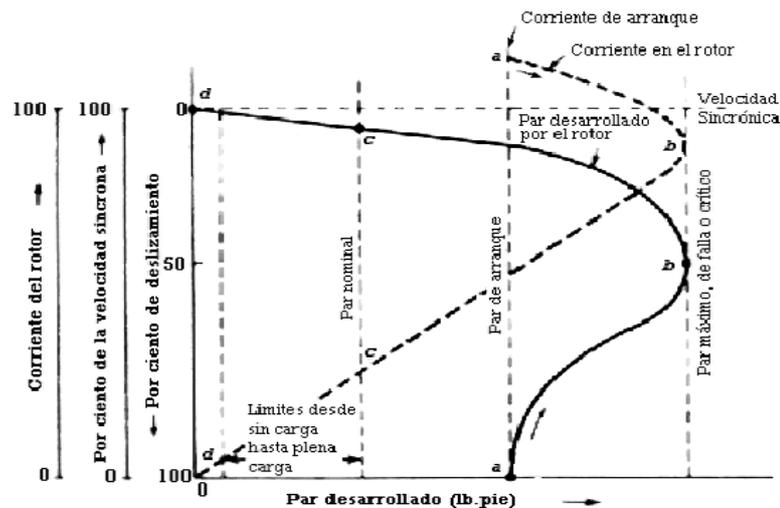


Figura 2.3: Curva característica del motor trifásico de inducción

2.1.4. 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 el estado de motor detenido hasta el de motor girando a la velocidad de régimen permanente.

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.

2.1.5. 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.

2.1.6. Formas de control de velocidad de un motor trifásico de inducción

Se puede variar la velocidad del motor trifásico de inducción actuando sobre las variables de las que depende:

$$\left. \begin{aligned} s &= \frac{N_s - N_r}{N_s} \\ N_s &= \frac{f 120}{\# P} \end{aligned} \right\} \Rightarrow N_r = N_s (1 - s) = \frac{120 f}{\# P} (1 - s)$$

Velocidad de rotación frecuencia deslizamiento

2.1.7. 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 n_{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 fig. 2.4 donde la velocidad base es 1800 r.p.m.

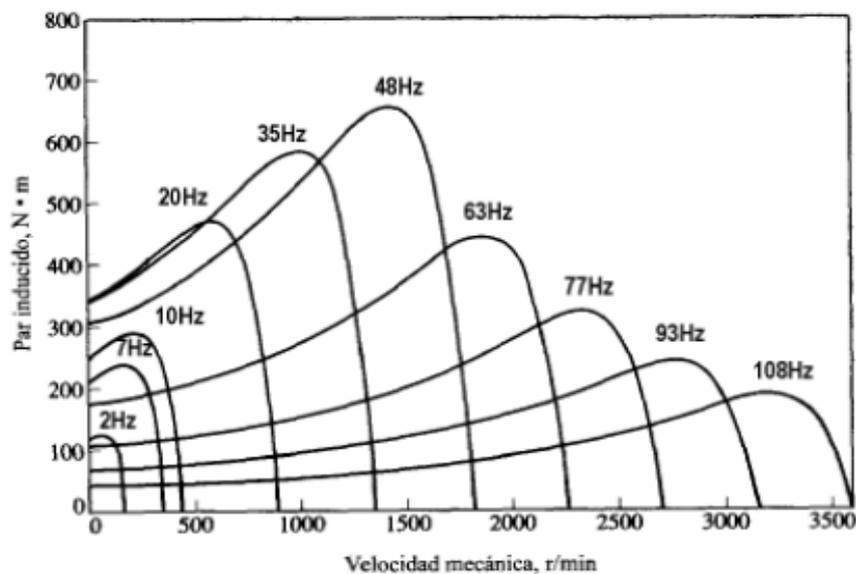


Figura 2.4: Curvas características par-velocidad para todas las frecuencias

2.2. Variador de frecuencia

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

El control de procesos y el ahorro de la energía son las dos de las principales razones para el empleo de variadores de velocidad. Históricamente, los variadores de velocidad fueron desarrollados originalmente para el control de procesos, pero el ahorro energético ha surgido como un objetivo tan importante como el primero.

2.2.2. 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).

2.2.3. Fomentar el ahorro de energía mediante el uso de variadores de velocidad

Un equipo accionado mediante un variador de velocidad emplea generalmente menor energía que si dicho equipo fuera activado a una velocidad fija constante. 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 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.

2.3. Composición de un variador de frecuencia

Los variadores de frecuencia están compuestos por:

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 y mejorar el factor de potencia.

Inversor o "Inverter". Convierte la tensión continua en otra de tensión y frecuencia variable mediante la generación de pulsos. Actualmente se emplean IGBT's (IsolatedGate 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.

Etapas 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.

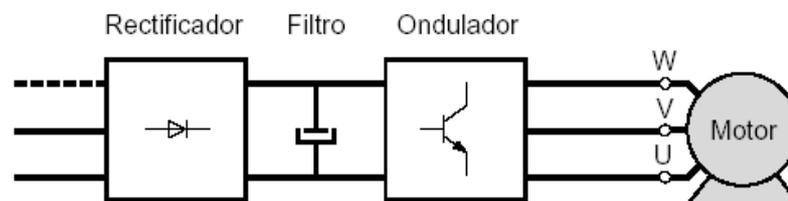


Figura 2.5: Composición de un variador de frecuencia

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.

Los variadores de velocidad mecánicos e hidráulicos generalmente son conocidos como transmisiones cuando se emplean en vehículos, equipo agroindustrial o algunos otros tipos de maquinaria.

2.4.1. Variadores mecánicos

Variador de paso ajustable: este dispositivo emplea poleas y bandas en las cuales el diámetro de una o más poleas puede ser modificado.

Variador de tracción: transmite potencia a través de rodillos metálicos. La relación de velocidades de entrada/salida se ajusta moviendo los rodillos para cambiar las áreas de contacto entre ellos y así la relación de transmisión.

2.4.2. Variadores hidráulicos

Variador hidrostático: consta de una bomba hidráulica y un motor hidráulico (ambos de desplazamiento positivo). Una revolución de la bomba o el motor corresponde a una cantidad bien definida de volumen del fluido manejado. De esta forma la velocidad puede ser controlada mediante la regulación de una válvula de control, o bien, cambiando el desplazamiento de la bomba o el motor.

Variador hidrodinámico: emplea aceite hidráulico para transmitir par mecánico entre un impulsor de entrada (sobre un eje de velocidad constante) y un rotor de salida (sobre un eje de velocidad ajustable). También llamado acoplador hidráulico de llenado variable.

Variador hidrovicoso: consta de uno o más discos conectados con un eje de entrada, los cuales estará en contacto físico (pero no conectados mecánicamente) con uno o más discos conectados al eje de salida. El par mecánico (torque) se transmite desde el eje de entrada al de salida a través de la película de aceite entre los discos. De esta forma, el par transmitido es proporcional a la presión ejercida por el cilindro hidráulico que presiona los discos.

2.4.3. Variadores eléctrico-electrónicos

Existen cuatro categorías de variadores de velocidad eléctrico-electrónicos:

- Variadores para motores de CC.
- Variadores de velocidad por corrientes de Eddy.
- Variadores de deslizamiento.
- Variadores para motores de CA (también conocidos como variadores de frecuencia).

Los variadores eléctrico-electrónicos incluyen tanto el controlador como el motor eléctrico, sin embargo es práctica común emplear el término variador únicamente al controlador eléctrico.

Los primeros variadores de esta categoría emplearon la tecnología de los tubos de vacío. Con los años después se han ido incorporando dispositivos de estado sólido, lo cual ha reducido significativamente el volumen y costo, mejorando la eficiencia y confiabilidad de los dispositivos.

2.4.4. Variadores para motores de CC

Estos variadores permiten controlar la velocidad de motores de corriente continua serie, derivación, compuesto y de imanes permanentes. Para el caso de cualquiera de las máquinas anteriores se cumple la siguiente expresión:

$$V_t = K.FM.Nm \quad (2.3)$$

Dónde:

V_t es el Voltaje terminal (V).

K es la constante de la máquina.

FM Flujo magnético producido por el campo (Wb)

Nm Velocidad mecánica (rpm).

Despejando la velocidad mecánica, se obtiene:

$$Nm = \frac{V_t}{K.FM} \quad (2.4)$$

Entonces, de (2.4) puede observarse que la velocidad mecánica de un motor de CC es directamente proporcional al voltaje terminal (V_t) e inversamente proporcional al flujo magnético (FM), el cual a su vez depende de la corriente de campo (IF).

Aprovechando esta situación es que este tipo de variadores puede controlar la velocidad de un motor de CC: controlando su voltaje terminal, o bien, manipulando el valor de la corriente de campo.

2.4.5. Variadores por corrientes de Eddy

Un variador de velocidad por corrientes de Eddy consta de un motor de velocidad fija y un embrague de corrientes de Eddy. El embrague contiene un rotor de velocidad fija (acoplado al motor) y un rotor de velocidad variable, separados por un pequeño entrehierro. Se cuenta, además, con una bobina de campo, cuya corriente puede ser regulada, la cual produce un campo magnético que determinará el par mecánico transmitido del rotor de entrada al rotor de salida. De esta forma, a mayor intensidad de campo magnético, mayor par y velocidad transmitidos, y a menor campo magnético menores serán el par y la velocidad en el rotor de salida. El control de la velocidad de salida de este tipo de variadores generalmente se realiza por medio de lazo cerrado, utilizando como elemento de retroalimentación un tacómetro de CA.

2.4.6. Variadores de deslizamiento

Este tipo de variadores se aplica únicamente para los motores de inducción de rotor devanado. En cualquier inducción, la velocidad mecánica (N_m) puede determinarse mediante la siguiente expresión:

$$N_m = \frac{120 \cdot f \cdot (1 - s)}{P} \quad (2.5)$$

Donde s es el deslizamiento del motor, cuyo valor oscila entre 0 y 1. De esta forma, a mayor deslizamiento, menor velocidad mecánica del motor. El deslizamiento puede incrementarse al aumentar la resistencia del devanado del rotor, o bien, al reducir el voltaje en el devanado del rotor.

De esta forma es que puede conseguirse el control de la velocidad en los motores de inducción de rotor devanado. Sin embargo, este tipo de variadores es de menor eficiencia que otros, razón por la cual en la actualidad tiene muy poca aplicación.

2.5. Aplicaciones de los variadores de frecuencia

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.

2.6. El variador de velocidad Sinamics G110



Figura 2.6:Variador de velocidad Sinamics G110

Los convertidores SINAMICS G110 son convertidores de frecuencia para regular la velocidad en motores trifásicos. Los diferentes modelos que se suministran cubren un margen de potencia de 120 W a 3,0 kW en redes monofásicas.

Los convertidores están controlados por microprocesador y utilizan tecnología IGBT 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.

Con sus ajustes por defecto realizados en fábrica, SINAMICS G110 es ideal para una gran gama de aplicaciones sencillas de control de motores V/f. Haciendo uso del gran número de parámetros de ajuste de que dispone, también puede utilizarse SINAMICS G110 en aplicaciones más avanzadas para control de accionamientos.

Los valores de parámetros para el SINAMICS G110 se pueden modificar con el panel BOP (Basic Operator Panel) o bien mediante la interface USS.

SINAMICS G110 existe en dos variantes:

- Variante USS
- Variante analógica

Ambos modelos con o sin filtro EMC y disipador plano.

El SINAMICS G110 puede utilizarse tanto en aplicaciones donde se encuentre aislado como integrado en sistemas de automatización.

2.6.1. Características del variador Sinamics G110

Características principales

- Fácil de instalar
- Puesta en marcha sencilla
- Puesta en servicio rápida
- Función "reposición a valores de fábrica" (reajusta los parámetros a sus valores por defecto)
- Diseño robusto en cuanto a EMC
- Puede funcionar en redes de alimentación IT (modelos sin filtro)
- 1 entrada digital con separación galvánica
- Entradas digitales sin separación galvánica
- 1 entrada analógica AIN: 0 – 10 V (solo en la variante analógica) se puede utilizar como cuarta entrada digital.
- Altas frecuencias de pulsación para funcionamiento silencioso del motor
- Las información de estado y alarmas se visualizan en el panel BOP (obtenible como opción)
- BOP opcional con funcionalidad de copia de parámetros para juegos de parámetros
- Interface interna RS485 (solo en la variante USS)
- Kit de conexión para el enlace PC-convertidor (RS232)

Funciones

- Tiempo de respuesta a señales de mando rápido
- Limitación rápida de corriente (fastcurrentlimit 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

Características de protección

- Protección sobretensión / subtensión
- Protección de sobretemperatura para el convertidor
- Protección de defecto a tierra
- Protección de cortocircuito
- Protección térmica del motor por I^2t
- Protección contra la pérdida de estabilidad (vuelco) del motor

Beneficios del variador Sinamics G110

- 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 Sinamics G110 es especialmente idóneo para aplicaciones con bombas y ventiladores, como accionamiento en diferentes sectores tales como alimentación, textil o de embalajes, así como en aplicaciones de manutención, accionamientos de puertas de fábricas y garajes, y como accionamiento universal para paneles publicitarios móviles.

2.6.2. Modos de puesta en servicio

La puesta en servicio estándar para el SINAMICS G110 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 SINAMICS G110 a aplicaciones específicas. El SINAMICS G110 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 SINAMICS G110.

Variante USS

Está indicada para aplicaciones con varios convertidores comunicados. Las órdenes y consignas se imparten usando la interface RS485 con protocolo USS. Se pueden operar varios SINAMICS G110 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 SINAMICS G110 dispone de diferentes modos para hacer la puesta en servicio. Estas opciones se describen a continuación.

2.6.3. Puesta en servicio estándar

El SINAMICS G110 se suministra con valores de parámetro preajustados 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 rpm para motores bipolares de 50 Hz (3600 rpm 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 SINAMICS G110 están preajustados 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 a 60 Hz se adapta el SINAMICS G110 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 2.7: Interruptor DIP para frecuencias nominales del motor y terminación de bus
Ajuste de fábrica

El convertidor SINAMICS G110 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 ver fig. 2.8.

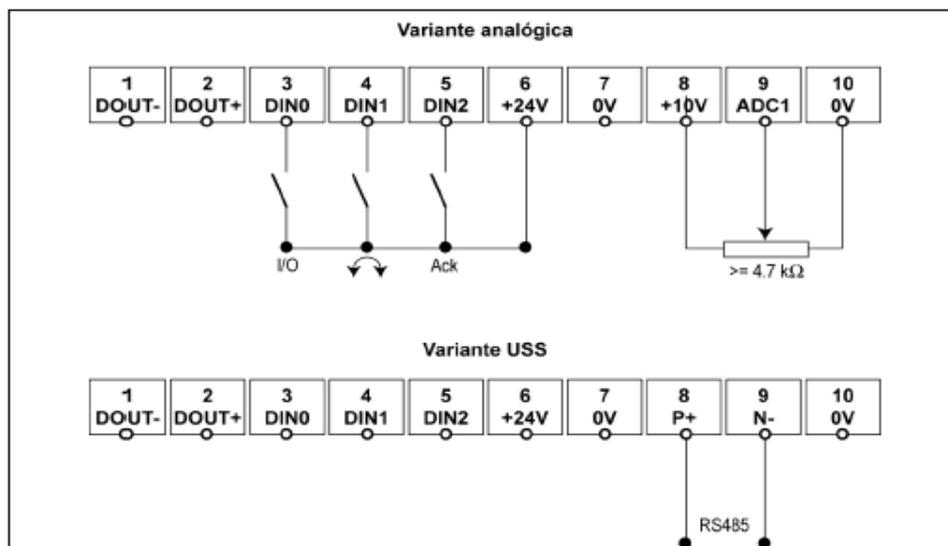


Figura 2.8: Servicio estándar, variante analógica

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 2.1 y para la variante USS en la Tabla 2.2. La asignación de bornes se muestra en la Figura 2.8.

Tabla 2.1: AJUSTE DE FÁBRICA PARA EL SERVICIO CON SINAMICS G110 – 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

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 2.2: AJUSTES DE FÁBRICA PARA EL SERVICIO CON EL SINAMICS G110 - 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. (PZD = datos de proceso)
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)

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 SINAMICS G110 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 2.11 lado frontal del SINAMICS G110) en la posición "Bus termination".

2.6.4. 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 SINAMICS G110.

2.6.5. Funciones avanzadas del BOP

El BOP ofrece la posibilidad de realizar una puesta en servicio completa.

- El BOP se fija directamente en el convertidor. No está prevista la conexión con cable.
- El BOP también se puede poner y quitar estando el convertidor bajo tensión.
- El SINAMICS G110 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

2.6.6. Modificación de parámetros con el BOP

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

Modificación de parámetros, ejemplo p0003 "nivel de Acceso"

Tabla 2.3: MODIFICACIÓN DE PARÁMETRO

Paso		Resultado en pantalla
1	Pulsar  para Acceder a parámetros	
2	Pulsar  hasta que se visualice 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.	

2.7. Controladores lógicos programables PLC



Figura 2.9: PLC (controladores lógicos programables)

Los controladores son Sistemas Industriales de Control Automático que trabajan bajo una secuencia almacenada en memoria, de instrucciones lógicas. Es un sistema porque contiene todo lo necesario para operar, e industrial por tener todos los registros necesarios para operar en los ambientes hostiles encontrados en la industria.

Se distinguen de otros controladores automáticos en que puede ser programado para controlar cualquier tipo de máquina, a diferencia de otros muchos que, solamente pueden controlar un tipo específico de aparato.

Los PLC o Automatas Programables, son dispositivos electrónicos creados específicamente para el control de procesos secuenciales, con el fin de lograr que una máquina o cualquier otro dispositivo funcionen de forma automática.

Poseen un gran número de funciones internas que ayudan a identificar problemas, es el propio autómatas el que, a través de su propia estructura y software interno, nos informa

de su estado, lo que evita pérdidas de tiempo en búsquedas infructuosas o muy costosas (fallos de interruptores, pilas agotadas, etc.)

Con el empleo de los PLC o autómatas y software se puede realizar un control total sobre la instalación, desde la etapa inicial hasta el destino, pasando por cada uno de los subprocessos intermedios de la producción.

El PLC es realmente el cerebro que gestiona y controla automáticamente nuestras instalaciones. Dependiendo del tamaño de la planta y de la complejidad de la automatización, el número de autómatas puede variar desde uno hasta un número importante de autómatas enlazados.

2.7.1. Partes de un autómata programable

Para poder interpretar luego el funcionamiento de un PLC presentamos la Figura 2.9, donde se muestra un esquema de su estructura interna.

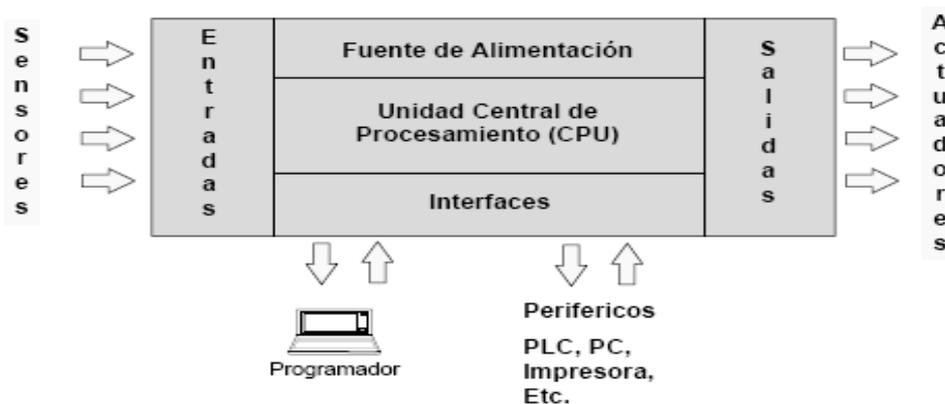


Figura 2.10:Partes de un autómata programable

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. También tiene una interface para aislar la salida de los circuitos internos.

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.

2.7.2. Campos de aplicación

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o 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.

2.7.3. 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.

Ventajas

- No es necesario dibujar el esquema de contactos.
- No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas.
- La lista de materiales a emplear queda sensiblemente reducida.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos (sin costo añadido en otros componentes).
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra de la instalación.
- Mantenimiento económico.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento del proceso, al quedar reducido el tiempo de cableado.
- Si la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil en otras máquinas o sistemas de producción.

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, ya que hay autómatas para todas las necesidades y a precios ajustados.

2.8. LabVIEW 10.0

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.

Los programas desarrollados con LabVIEW se llaman Instrumentos Virtuales, o VIs, y su origen provenía del control de instrumentos, aunque hoy en día se ha expandido ampliamente no sólo al control de todo tipo de electrónica (Instrumentación electrónica) sino

también a su programación embebida. Un lema tradicional de LabVIEW es: "La potencia está en el Software", que con la aparición de los sistemas multinúcleo se ha hecho aún más patente. Entre sus objetivos están el reducir el tiempo de desarrollo de aplicaciones de todo tipo (no sólo en ámbitos de Pruebas, Control y Diseño) y el permitir la entrada a la informática a profesionales de cualquier otro campo. LabVIEW consigue combinarse con todo tipo de software y hardware, tanto del propio fabricante -tarjetas de adquisición de datos, PAC, Visión, instrumentos y otro Hardware- como de otros fabricantes.

2.8.1. 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, diseño embebido de micros y chips
- Control y supervisión de procesos
- Visión artificial y control de movimiento
- Robótica
- Domótica y redes de sensores inalámbricos

2.8.2. 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, etc. Incluso existen buenas prácticas de programación para optimizar el rendimiento y la calidad de la programación

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.

2.8.3. Programa en 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. Al tener ya pre-diseñados una gran cantidad de bloques, se le facilita al usuario la creación del proyecto, con lo cual en vez de estar una gran cantidad de tiempo en programar un dispositivo/bloque, se le permite invertir mucho menos tiempo y dedicarse un poco más en la interfaz gráfica y la interacción con el usuario final. Cada VI consta de dos partes diferenciadas:

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 se colocan las entradas, y se visualiza el resultado en la salida). En esta interfaz se definen los controles (los usamos como entradas, pueden ser botones, marcadores 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.

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 interactuaran con la terminal del VI.

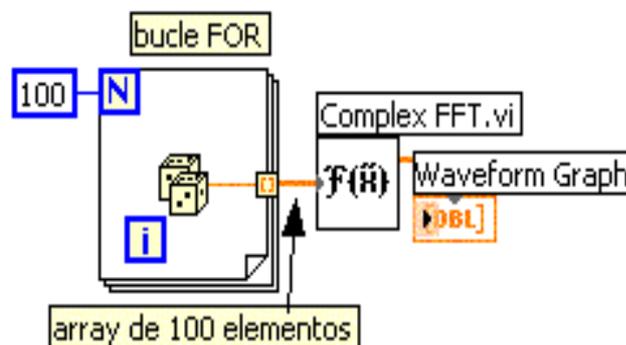


Figura 2.11: Diagrama de bloques

2.8.4. Interfaz humano-máquina

Una interfaz Hombre - Máquina o HMI ("Human Machine Interface") 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. Desde cerca de 1998, virtualmente todos los productores principales de PLC ofrecen integración con sistemas HMI/SCADA, muchos de ellos usan protocolos de comunicaciones abiertos y no propietarios. Numerosos paquetes de HMI/SCADA de terceros ofrecen compatibilidad incorporada con la mayoría de PLCs, incluyendo la entrada al mercado de ingenieros mecánicos, eléctricos y técnicos para configurar estas interfaces por sí mismos, sin la necesidad de un programa hecho a medida escrito por un desarrollador de software.

2.9. 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 haya más vinculada a 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.

Por ejemplo desde el punto de vista de la seguridad una comunicación a nivel de equipos industriales posee características extendidas respecto de una red administrativa, la seguridad en la transferencia de datos no está asociada solamente al acceso a la información o su preservación, sino que también está vinculada a la disponibilidad de los datos en tiempos acotados y a la inmunidad del sistema a fallas o al menos a la interpretación de ellas.

El esquema de comunicación industrial ampliamente difundido para redes de integración de equipos de control es el denominado maestro-esclavo, este esquema es

utilizado en comunicaciones entre PLC y sistemas SCADA's y aún en DCS's. Este modelo maestro-esclavo.

El sistema de comunicación maestro-esclavo 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.

2.9.1. Comunicación Modbus

Modbus es uno de los protocolos más populares de la automatización en el mundo. Es un protocolo abierto de comunicación serie, utilizado para la comunicación entre diversos componentes se encuentra, situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, diseñado en 1979 por Módicos para ser utilizado en controladores lógicos programables (PLCs). Convertido en un protocolo de comunicaciones estándar más utilizados en la industria, ya que presenta el método más común para interconectar dispositivos electrónicos industriales.

Utilizados en ambientes industriales, para escribir o leer bits o registros de 16 bits.

El circuito debe soportar las características básicas del protocolo (direccionamiento, repertorio de comandos, tiempos entre caracteres, contadores de mensajes exitosos, etc.). La prueba se realizará con un software comercial del PLC.

Este protocolo permite tanto el intercambio de datos entre el PLC y la estación de supervisión, como la programación y cambio de parámetros del PLC. No obstante, se suele hablar de Modbus como un estándar de bus de campo, cuyas características esenciales son las que se detallan a continuación.

El protocolo Modbus soporta dispositivos RS 232/422/485 y dispositivos industriales, y otros instrumentos usan Modbus como su estándar de comunicación.

En Modbus puede funcionar como un maestro (como ejemplo, la PC) y varios esclavos (un PLC que censará variables) que se conectarán entre sí. Hay dos versiones Para el puerto serie y para el puerto Ethernet. Conocidos como:

- MODBUS RTU

- MODBUS TCP/IP

2.9.2. Variantes de Modbus

Existen dos variantes con diferente representación numérica de los datos y detalles del protocolo ligeramente desiguales. Modbus RTU es una representación binaria compacta de los datos. Modbus ASCII es una representación legible del protocolo pero menos eficiente. Ambas implementaciones son por medio de serie. El formato RTU finaliza con una suma de control de la redundancia cíclica CRC, mientras que el formato ASCII utiliza una suma de controles de redundancia longitudinal (LCR). La versión Modbus TCP es muy semejante al formato RTU, pero estableciendo la transmisión mediante paquetes TCP/IP.



Figura 2.12: Trama genérica del mensaje según el código empleado

2.9.3. Comunicación serial

La comunicación serial es un protocolo muy común (no hay que confundirlo con el Bus Serial de Comunicación, o USB) para comunicación entre dispositivos que se incluye de manera estándar en prácticamente cualquier computadora. La mayoría de las computadoras incluyen dos puertos seriales RS-232. La comunicación serial es también un protocolo común utilizado por varios dispositivos para instrumentación; existen varios dispositivos compatibles con GPIB que incluyen un puerto RS-232. Además, la comunicación serial puede ser utilizada para adquisición de datos si se usa en conjunto con un dispositivo remoto de muestreo.

El concepto de comunicación serial es sencillo. El puerto serial envía y recibe bytes de información un bit a la vez. Aun y cuando esto es más lento que la comunicación en paralelo, que permite la transmisión de un byte completo por vez, este método de comunicación es más sencillo y puede alcanzar mayores distancias. Por ejemplo, la especificación *IEEE 488* para la comunicación en paralelo determina que el largo del cable para el equipo no puede ser mayor a 20 metros, con no más de 2 metros entre cualesquier

dos dispositivos; por el otro lado, utilizando comunicación serial el largo del cable puede llegar a los 1200 metros.

Típicamente, la comunicación serial se utiliza para transmitir datos en formato ASCII. Para realizar la comunicación se utilizan 3 líneas de transmisión: (1) Tierra (o referencia), (2) Transmitir, (3) Recibir. Debido a que la transmisión es asíncrona, es posible enviar datos por una línea mientras se reciben datos por otra. Existen otras líneas disponibles para realizar handshaking, o intercambio de pulsos de sincronización, pero no son requeridas. Las características más importantes de la comunicación serial son la velocidad de transmisión, los bits de datos, los bits de parada, y la paridad. Para que dos puertos se puedan comunicar, es necesario que las características sean iguales.

2.9.4. Servidores OPC

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.

2.9.5. Definición de OPC

Con la introducción de OPC, el término OLE se utilizaba para toda la arquitectura de componentes de Microsoft. En su forma original, OLE representaba los mecanismos para incrustar objetos en documentos compuestos.

Hoy en día, el nombre más adecuado para OPC debería ser COM para control de procesos, puesto que OPC se basa en el modelo de objetos compuestos (COM o "ComponentObjectModel"). COM es el componente central de los sistemas operativos Windows, controlando la interacción entre sendos componentes de software.

Al utilizar COM, el servidor OPC es similar a una parte del sistema operativo Windows, siendo por tanto independiente de los nombres de archivos, ubicaciones y versiones.

DCOM (el desarrollo ulterior de COM) soporta incluso aplicaciones distribuidas y facilita la cooperación entre los componentes de software ubicados en diferentes ordenadores de una red.

Antes de la introducción de OPC, era muy difícil controlar el hardware de diferentes fabricantes utilizando aplicaciones de software. Existían numerosos sistemas y protocolos diferentes para cada fabricante y cada protocolo. Los usuarios tenían que adquirir software especial para poder acceder a las interfaces y los drivers específicos. Por tanto, los programas de usuario dependían del fabricante, del protocolo o del sistema. OPC basado en COM o DCOM ofrece una interfaz de software uniforme y no propietaria que ha revolucionado el intercambio de datos en el campo de la automatización.

OPC incorpora un mecanismo para suministrar datos desde un origen e intercambiarlos con una aplicación cliente de forma estandarizada. Por tanto, un fabricante puede desarrollar ahora un servidor reutilizable y altamente optimizado para comunicarse con el origen de datos y mantener el mecanismo para acceder a los datos desde dicho origen/dispositivo de manera eficiente. Al equipar el servidor con una interfaz OPC, cualquier cliente puede acceder a sus dispositivos.

Aunque OPC se ha diseñado en primer lugar para acceder a los datos de un servidor integrado en una red, las interfaces OPC pueden utilizarse en numerosas ubicaciones dentro de una aplicación. En el nivel más inferior, pueden transferir datos sin procesar desde los dispositivos físicos a SCADA o DCS, o bien desde un sistema SCADA o DCS a la aplicación. La arquitectura y el diseño permiten construir un servidor OPC para que una aplicación cliente pueda acceder a los datos de numerosos servidores OPC ofrecidos por diferentes fabricantes y que se ejecuten en distintos nodos a través de un solo objeto.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO, MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DEL MÓDULO

El presente módulo didáctico se lo ha desarrollado para que cumpla las expectativas del estudiante en el campo de automatización, el mismo tiene un funcionamiento muy sencillo pero al mismo tiempo se debe tener cuidado con el manejo de sus distintos elementos.

El módulo se configura y programa por medio del software del PLC y a través de LabVIEW se puede realizar la programación y control del mismo así también como la del variador.

Gracias a los avances tecnológicos en la actualidad se puede contar con equipos tales como el que hemos desarrollado, los mismos que permitirán al futuro ingeniero en mantenimiento, tener un conocimiento más amplio y una visión hacia el constante de la

tecnología el mismo que nos permite seguir avanzando e incorporando nuevos conocimientos.

El módulo está destinado para ser controlado y manipulado en un laboratorio, para que los estudiantes practiquen de tal manera que puedan tener contacto en el campo de la automatización e industria, desarrollando su intelecto que va a fortalecer sus conocimientos.

3.1. Estructura del módulo de automatización industrial

La estructura modular será el componente que sostiene al PLC, al variador y a los elementos del módulo didáctico que simulan entradas y salidas del PLC.

El módulo 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.

Se consideraran aspectos ergonómicos que nos ayudarán a la fácil y adecuada operación del módulo.

Además estará diseñado de tal manera que permita modificar, corregir o implementar otros elementos de acuerdo a las necesidades y alcances que se necesite llegar con la estructura. Posteriormente se procederá al dimensionamiento y ubicación de todos los elementos que constituirán el presente proyecto, entre los equipos y dispositivos que estarán sujetos a ubicación y dimensionamiento se encuentra:

- Estructura modular
- Variador Sinamics G110
- Controlador Lógico Programable (PLC)
- Entradas y salidas del módulo
- Pulsadores y selectores

Dicho de otra manera, algunos de los parámetros que conformará el proyecto estará sujeto a datos obtenidos mediante el uso de manuales y tablas que nos permitirán seleccionar correctamente los elementos del proceso.

3.1.1. Dimensiones de la estructura modular

Las dimensiones de la estructura deben ser determinadas a partir de las medidas de los equipos y dispositivos a utilizarse y la distribución física de los mismos teniendo en cuenta la ergonomía y la estética.

La estructura se construirá de acuerdo a las siguientes medidas:

Tabla 3.1: DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA MODULAR

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

3.1.2. Ubicación del controlador lógico programable

El PLC se le considera como principal elemento del módulo didáctico ya que éste permite la automatización de diferentes procesos industriales.

El PLC por ser el elemento principal se ubicará en la parte superior del módulo, esto facilitará una visualización clara del funcionamiento del autómatas cuando esté en modo RUN o cuando el programa está funcionando.

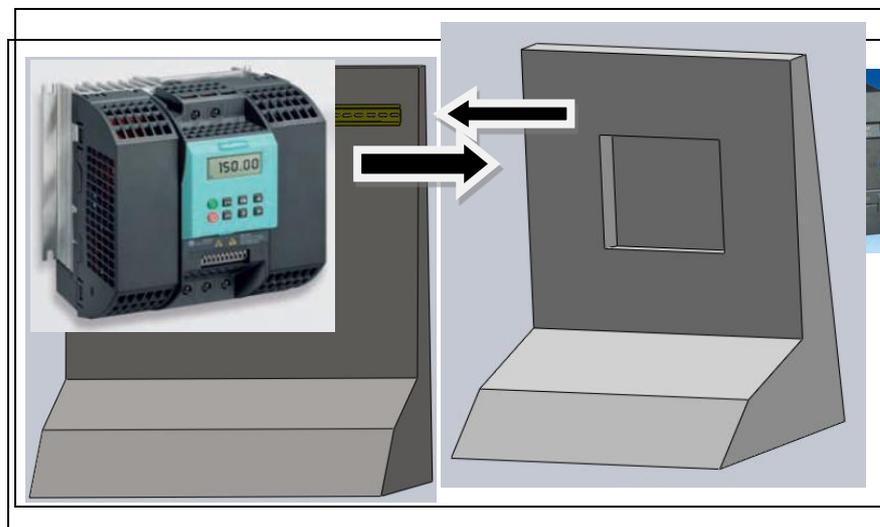


Figura 3.1: Ubicación del PLC

3.1.3. Ubicación del variador

Para poder operar de manera didáctica el variador y visualizar los diferentes procesos que se hayan programado, es importante la ubicación correcta de la misma.

Figura 3.2: Espacio para ubicar el variador

Por lo tanto el variador se lo ubicará en el centro de la estructura modular, por lo que es necesario realizar la perforación de la estructura a las medidas del variador para luego realizar el montaje, más adelante hablaremos del montaje de los equipos y se detallarán las normas de seguridad y las consideraciones para el montaje del variador.

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.

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 básicas para el diseño

Básicamente el diseño del módulo de automatización industrial debe cumplir con los requerimientos didácticos por ser un módulo de prácticas para los estudiantes y profesionales de control y automatización industrial, para su diseño y forma que tendrá el módulo nos basamos fundamentalmente en la tabla de alternativas y criterios de selección para la forma de la estructura modular.

Por tratarse de un módulo de entrenamiento para prácticas de automatización, se selecciona la ergonomía como parte primordial y se concluye que el módulo didáctico del presente proyecto tendrá una forma tipo rampa, debido a que con dicha forma se ajusta a los requerimientos didácticos, esta estructura modular se observa en la siguiente figura.

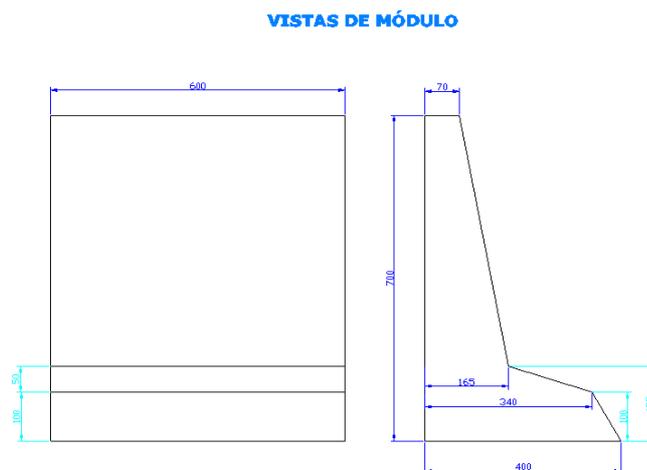


Figura 3.3: Bosquejo general de la estructura modular tipo rampa

Finalmente el módulo es construido con las medidas totales y considerando las diferentes áreas, se puede observar en la figura 3.4 que se presenta a continuación.

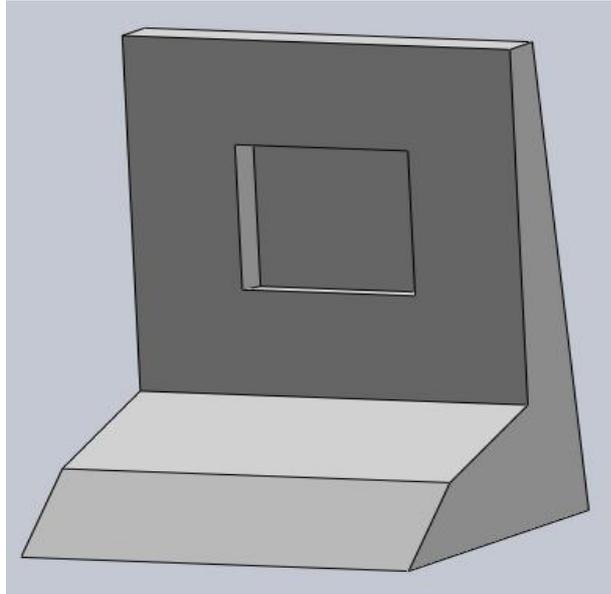


Figura 3.4:Modular terminado

3.1.7. Diseño del circuito de mando

Siempre que se desarrolla un proyecto de automatización se debe llevar una secuencia lógica de ejecución del proyecto. Uno de ellos es la esquematización eléctrica de sus componentes para ello es indispensable que el proyectista desarrolle todo el conexionado eléctrico de los elementos que van a estar involucrados en el sistema de control.

El diseño del circuito de mando se muestra en el anexo A.

Para el diseño del circuito de mando se considera que para todas las entradas del PLC se les conectaran 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

Para el diseño del circuito de potencia se considera que para todas las salidas del PLC que son de 110 VCA se le conectará un relé, este dispositivo servirá como medio de protección para el PLC, debido a que los estudiantes no tienen experiencia en la utilización del módulo, estará sujeto a manipulación indebida que puede provocar daños físicos de

consideración. En el diseño se ha considerado que más económico resulta cambiar un relé si éste se avería, que cambiar el PLC completo.

El diseño del circuito de potencia se muestra en el anexo B.

Por lo tanto el terminal de la bobina del relé se alimenta directamente del neutro y para cerrar el circuito y alimentar la bobina, el otro terminal estará 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.

A los conectores tendremos salidas del relé, es decir un contacto normalmente abierto que en si representa cada salida del PLC, donde se podrán conectar mediante cables bananas los diferentes actuadores que se utilizarán en los procesos industriales.

El diseño de este 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 y se designan como Q0.0 hasta Q1.1

3.2. Datos técnicos y parámetros de funcionamiento de los equipos

Es importante conocer los equipos, los datos técnicos y su principio básico de funcionamiento para en base a ese conocimiento proceder a la selección de los mismos.

Los datos técnicos y las características de funcionamiento nos proporcionan los fabricantes de los equipos, esta información es de mucha importancia porque permite saber con exactitud cómo utilizar los equipos y cuáles son las consideraciones a tomar en cuenta al realizar su instalación respectiva, los equipos necesarios para la implementación del módulo, son el PLC y el variador SINAMICS G110. Los datos técnicos que proporcionamos a continuación corresponden al PLC SIMATIC S7-200 CPU 224XP y VARIADOR SINAMICS G110.

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.

El SIMATIC S7-200 está orientado a maximizar la rentabilidad. En efecto, toda la gama ofrece:

- Alto nivel de prestaciones.
- Modularidad óptima y
- Alta conectividad.

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.

3.2.2. 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.

3.2.3. Altas prestaciones

El PLC S-7200, dispone también de:

- Pequeño y compacto, ideal para aplicaciones donde se cuenta con reducido espacio.
- Extensa funcionalidad básica uniforme en todos los tipos de CPU.
- Alta capacidad de memoria.
- Extraordinaria respuesta en tiempo real; la posibilidad de dominar en cualquier instante todo el proceso permite aumentar la calidad, la eficiencia y la seguridad.
- Manejo simplificado gracias a software de fácil uso STEP 7-Micro/WIN, ideal tanto para novatos como para expertos.

3.2.4. 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:
- Manejo y visualización.
- Software STEP 7-Micro/WIN con librería Add-on Micro/WIN.
- Una gama de sistema que convence, para un dimensionamiento exactamente adaptado a la aplicación y resuelto de forma óptima.

3.2.5. 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.

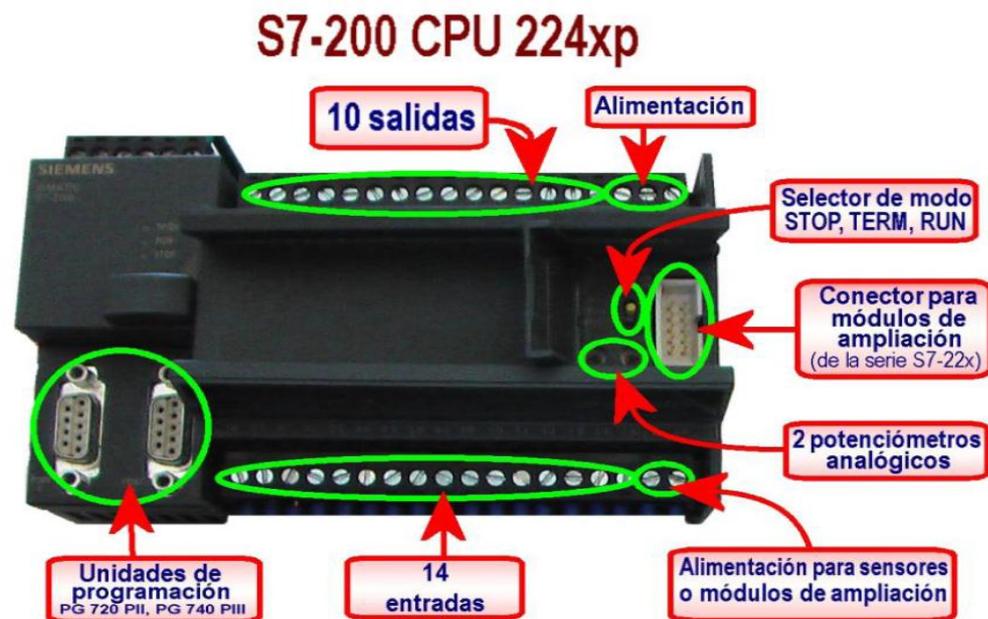
Siemens ofrece diferentes modelos de CPUs S7-200 que brindan una gran variedad de funciones y prestaciones para crear soluciones efectivas de automatización destinadas a numerosas aplicaciones.

Tabla 3.2: FUNCIONES DE LAS CPUS S7-200

Función	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 224XP, 224XPsi	CPU 226
Dimensiones físicas (mm)	90 x 80 x 62	90 x 80 x 62	120,5 x 80 x 62	140 x 80 x 62	190 x 80 x 62
Memoria del programa: con edición en runtime sin edición en runtime	4096 bytes 4096 bytes	4096 bytes 4096 bytes	8192 bytes 12288 bytes	12288 bytes 16384 bytes	16384 bytes 24576 bytes
Memoria de datos	2048 bytes	2048 bytes	8192 bytes	10240 bytes	10240 bytes
Memoria de backup	50 horas (típ.)	50 horas (típ.)	100 horas (típ.)	100 horas (típ.)	100 horas (típ.)
E/S integradas Digitales Analógicas	6 E/4 S	8 E/6 S	14 E/10 S	14 E/10 S 2 E/1 S	24 E/16 S
Módulos de ampliación	0 módulos	2 módulos*	7 módulos*	7 módulos*	7 módulos*

Contadores rápidos Fase simple Dos fases	4 a 30 KHz 2 a 20 KHz	4 a 30 KHz 2 a 20 KHz	6 a 30 KHz 4 a 20 KHz	4 a 30 KHz 2 a 200 KHz 3 a 20 KHz 1 a 100 KHz	6 a 30 KHz 4 a 20 KHz
Salidas de impulsos (DC)	2 a 20 KHz	2 a 20 KHz	2 a 20 KHz	2 a 100 KHz	2 a 20 KHz
Potenciómetros analógicos	1	1	2	2	2
Reloj de tiempo real	Cartucho	Cartucho	Incorporado	Incorporado	Incorporado
Puertos de comunicación	1 RS-485	1 RS-485	1 RS-485	2 RS-485	2 RS-485
Aritmética en coma flotante	Sí				
Tamaño de la imagen de E/S digitales	256 (128 E / 128 S)				
Velocidad de ejecuciónbooleana	0.22 microsegundos/operación				

La CPU S7-200 incorpora en una carcasa compacta un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y de salida que conforman un potente Micro-PLC, como se ve en la figura 3.7.



WPampa-APacoricona-FRodrigo-EChino-Kenny

Construcción del S7 200 CPU 224XP

Figura 3.5: Partes de un PLC S7 200 CPU 224XP

3.3. Datos técnicos y parámetros de funcionamiento del variador SINAMICS G110

Los convertidores SINAMICS G110 son convertidores de frecuencia para regularla velocidad en motores trifásicos. Los diferentes modelos que se suministrancubren un margen de potencia de 120 W a 3,0 kW en redes monofásicas.

Los convertidores están controlados por microprocesador y utilizan tecnologíaIGBT (InsulatedGateBipolar Transistor) de última generación. Esto los hacefiables y versátiles.

Un método especial de modulación por ancho de impulsos confrecuencia de pulsación seleccionable permite un funcionamiento silencioso delmotor.

Extensas funciones de seguridad ofrecen una protección excelente tantodel convertidor como del motor

En la tabla se presenta las características técnicas del variador de velocidad tipo C.

Tabla 3.3: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL VARIADOR DE VELOCIDAD TIPO C

Referencia6SL3211-		0AB	22-2xy0*	23-0xy0*
		0KB	-	-
Tamañoconstructivo		C		
Potencia nominal	kW		2,2	3,0
	Hp		3,0	4,0
Corriente de salida (temp. ambiente ad.)	A		11.0 (50°C)	13.6 (40°C)
Corriente de entrada (230V)	A		27.2	32.0
Fusible recomendado	A		35	50
	3NA		3814	3820
Cable de entrada	mm ²		4,0-10	6,0-10
	AWG		11-8	10-8
Cable de salida	mm ²		2,5-10	2,5-10
	AWG		12-8	12-8
Parade apriete conexiones de potencia	Nm (lbf.in)		2.25(19.91)	

3.4. Selección de los equipos y elementos a utilizarse

Los equipos, elementos y materiales que se especifican aquí, se utilizan para el módulo didáctico de automatización industrial mediante la utilización de un PLC y un variador de frecuencia.

3.4.1. Selección de los equipos

A continuación se detalla los equipos utilizados para la construcción del módulo didáctico de automatización son:

Tabla3.4:SELECCIÓN DE EQUIPOS

EQUIPO	MODELO
PLC siemens	Simatic s7-200 CPU 224xp
Variador siemens	Sinamics G110 tipo C

3.4.2. Selección de elementos

Para la seguridad de los equipos del módulo didáctico de automatización seleccionamos dispositivos de protección, también los elementos que simulan las salidas del PLC están protegidos por cualquier anomalía que se puede dar al momento de realizar las practicas. El PLC se alimenta de una fuente de 110 VCA y el variador se alimenta de una fuente de 220VCA.

En el módulo a las entradas de 24 VCD del PLC se conectan pulsadores normalmente abiertos y cerrados, selectores, borneras, conectores o jacks que simulan señales digitales. A las salidas se puede conectar cualquier voltaje CD o CA porque las salidas del PLC están direccionadas mediante contactos normalmente abiertos de los Relés.

En la siguiente tabla se indica los dispositivos seleccionados y utilizados en el módulo de automatización industrial.

TABLA3.5:SELECCIÓN DE ELEMENTOS

CANTIDAD	ELEMENTOS
1	Breaker(2 A), para protección de los equipos
1	Breaker (30 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

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 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.

TABLA 3.6: SELECCIÓN DE MATERIALES

CANTIDAD	MATERIAL
2	Canaleta ranurada , 25x25mm
1	Rail 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
2	Metros de cable flexible TFF #12
4	Metros de cable flexible TFF #10
3	Metros de cable flexible 3x16 cablec
1	Libretin marcador letras y números
100	Terminal puntera 16-14 azul 2mm
50	Terminal aislado espiga rojo4 mm
100	Terminal U 16-14 azul 4mm
10	Terminal aislado abierto amarillo 4mm
10	Amarras plásticas
1	Fundas de espiral plástico 8mm

3.4.4. Montaje de equipos y dispositivos eléctricos en el módulo

Para el montaje de los equipos y dispositivos eléctricos se debe considerar aspectos como las dimensiones de los equipos, espacio suficiente, ubicación y sus cuidados.

3.4.5. 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.

Prever espacio suficiente para la ventilación y el cableado

Para los equipos S7-200 se ha previsto la ventilación por convección natural. Por tanto, se deberá dejar 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.

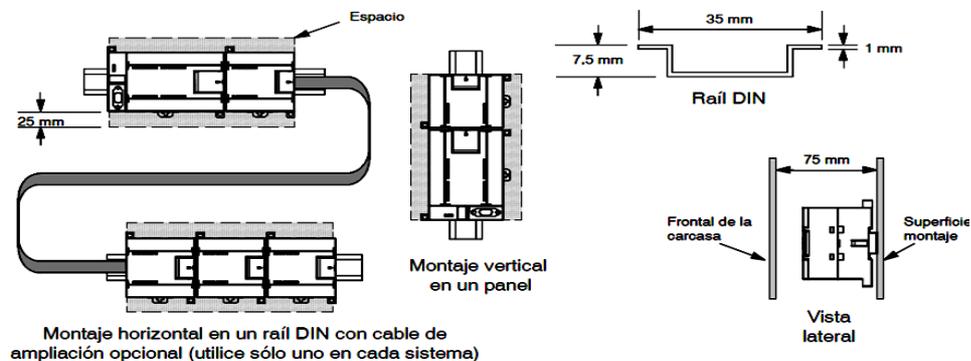


Figura 3.6: Opciones de montaje en el riel DIN

Dimensiones de montaje

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

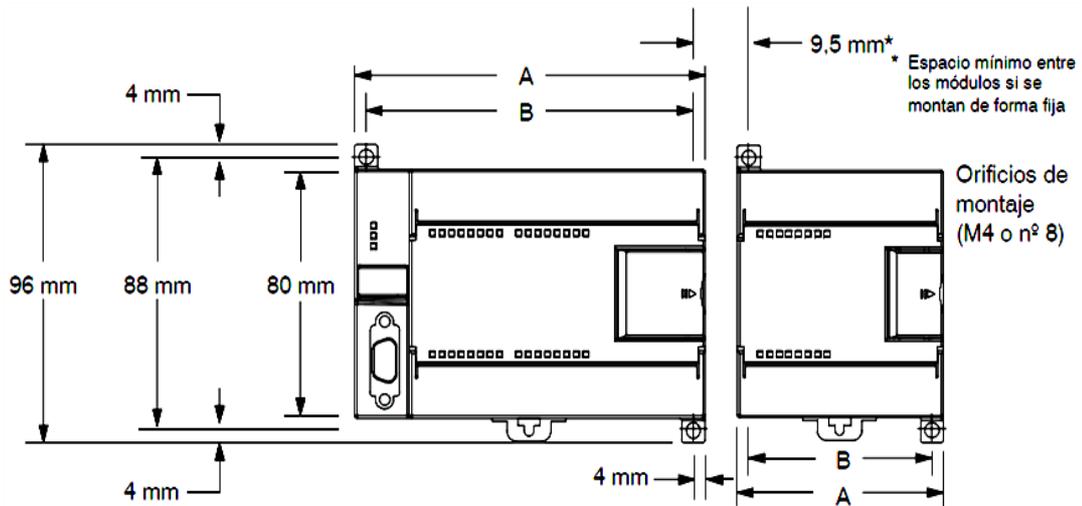


Figura 3.7: Dimensiones de montaje

La siguiente tabla muestra las dimensiones de diferentes tipos de CPUs.

Tabla 3.7: DIMENSIONES DE MONTAJE

Módulo S7-200	Ancho A	Ancho B
CPU 221 y CPU 222	90 mm	82 mm
CPU 224	120,5 mm	112,5 mm
CPU 224XP, CPU 224XPsi	140 mm	132 mm

3.4.6. Montaje del el variador de velocidad sinamicsG110

El variador ha sido diseñado para ser montado en armarios y cuadros eléctricos, paneles y pupitres, este tipo de variador posee una refrigeración forzada por medio de un ventilador que le ayuda a disipar el calor.

Medidas para el montaje

Tabla 3.8: MEDIDAS PARA EL MONTAJE

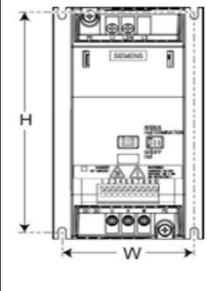
	Tamaño Constructivo	Medidas Perforaciones H mm(inch)		Par de apriete Tornillos Nm(ibf.in)	
	A	140 (5.51)	79 (3.11)	2xM4	2.5 (22.12)
B	135 (5.31)	127 (5.00)	4xM4		
C	140 (5.51)	170 (6.70)	4xM5	4.0 835.40)	

Tabla 3.9: PARES DE APRIETE PARA TORNILLOS DE SUJECIÓN

Tamaño constructivo	Tornillos de sujeción (no incluidos en el suministro)		
	Tipo	Cantid.	Pares de apriete
A	M4	2	2.5Nm(22.12lbf.in) con arandelas puestas
B	M4	4	
C	M5	4	4 Nm(35.40lbf.in) con arandelas puestas

3.4.7. Montaje de los dispositivos eléctricos

Para el montaje de los dispositivos eléctricos en el módulo es importante considerar su ubicación y el procedimiento para colocarlos.

3.4.8. Ubicación de los dispositivos eléctricos en el módulo

Los Breakers de protección para el circuito de mando y potencia, fusible de acción instantánea, las borneras destinadas para la conexión directa de las señales y la fuente externa de 24 VDC, se ubicarán en el mismo espacio disponible para el PLC, es decir en la parte superior del módulo.

Los relés y las bases de relés que están conectadas con las salidas del PLC, se ubicarán en la parte inferior del variador.

Los conectores o Jacks se ubicarán en el área destinada para las entradas y salidas del PLC, donde se realizarán las diferentes conexiones con los cables bananas.

Los pulsadores, selectores y lámparas pilotos se ubicarán en la parte inferior del módulo, desde aquí se realizarán la simulación de entradas y salidas digitales al PLC.

3.4.9. Procedimiento para ubicar los dispositivos eléctricos en el módulo

Los dispositivos eléctricos como: Breakers de protección, borneras, relés y bases de relés se procede a ubicar en una base riel DIN que esta sujeta en el módulo mediante remaches de aluminio, la ubicación de estos dispositivos se puede observar en la siguiente figura.



Figura 3.8: Ubicación de los dispositivos de protección en el riel DIN

Los relés, se ubican en la parte inferior del variador, sujeta en un riel DIN y separado entre sí para facilitar la conexión de las bobinas y los contactos.



Figura 3.9: Ubicación de los relés y bases

Para la ubicación de los conectores o Jacks, donde se realizarán las diferentes conexiones con los cables bananas se realizan perforaciones en el metal con una broca de $\frac{1}{4}$ de pulgada, donde se aloja los conectores, y por la parte interna del módulo se realiza el ajuste de las tuercas para fijarlos bien en la estructura.

Es importante tomar en consideración que la parte metálica de los conectores o jacks no hagan contacto con el metal de la estructura y no se origine cortocircuitos que pueda afectar los equipos del módulo de automatización.

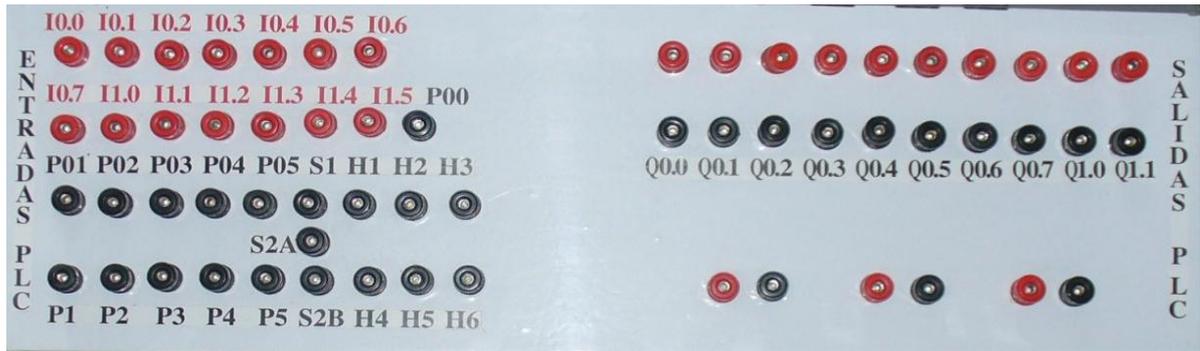


Figura 3.10: Colocación de los conectores o Jacks

Para el montaje de los pulsadores, selectores y lámparas pilotos se realizan perforaciones en el metal del módulo con un sacabocados hidráulico a un diámetro de 22mm, y después se colocan los pulsadores para realizar el ajuste de la rosca de acople por la parte interna del módulo.



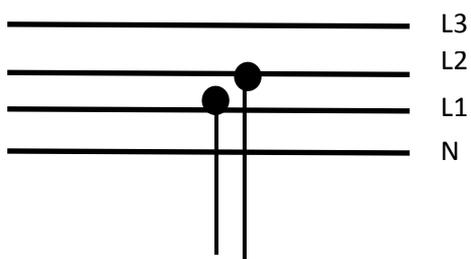
Figura 3.11: Colocación de los pulsadores, selectores y lámparas

3.5. Conexiones eléctricas y medios de comunicación

Las conexiones eléctricas que se explican a continuación corresponden a los equipos, recalamos que la conexión de los diferentes dispositivos se encuentra en los planos eléctricos, ver anexo A y B.

3.5.1. Conexión del variador

Se colocarán los cables de alimentación en L1 y L2, tal como muestra la figura.



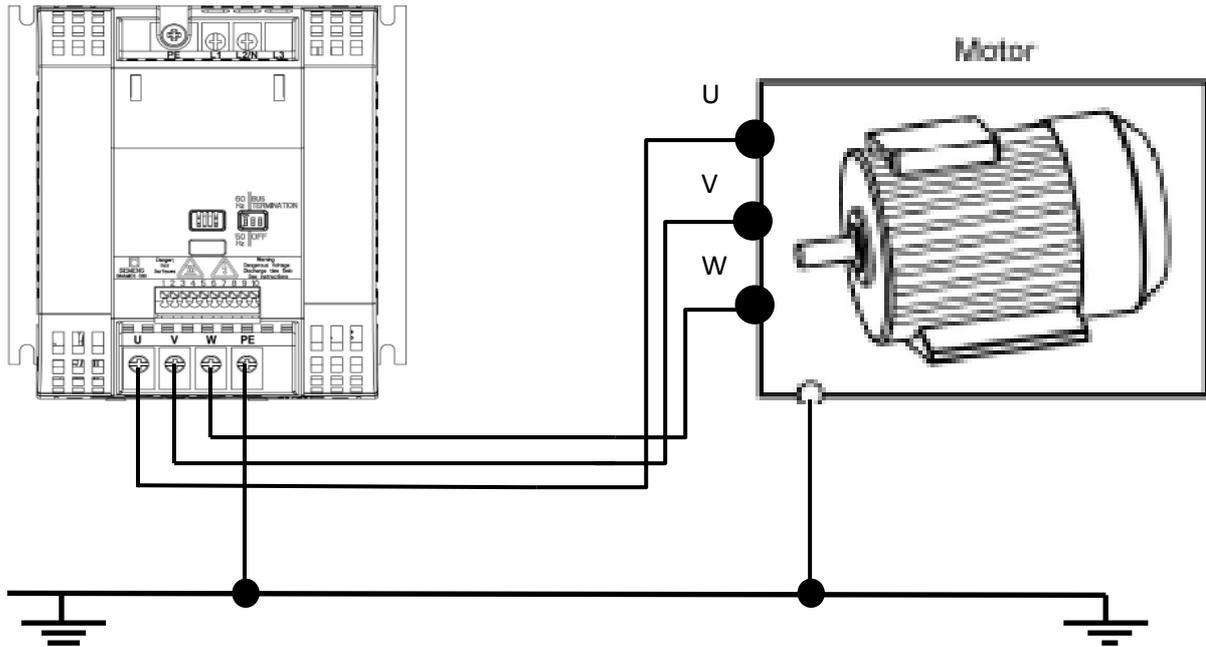


Figura 3.12: Conexión de alimentación al variador

3.5.2. Conexión del PLC

Se colocarán los cables de alimentación en L1 y N, tal como muestra la figura.

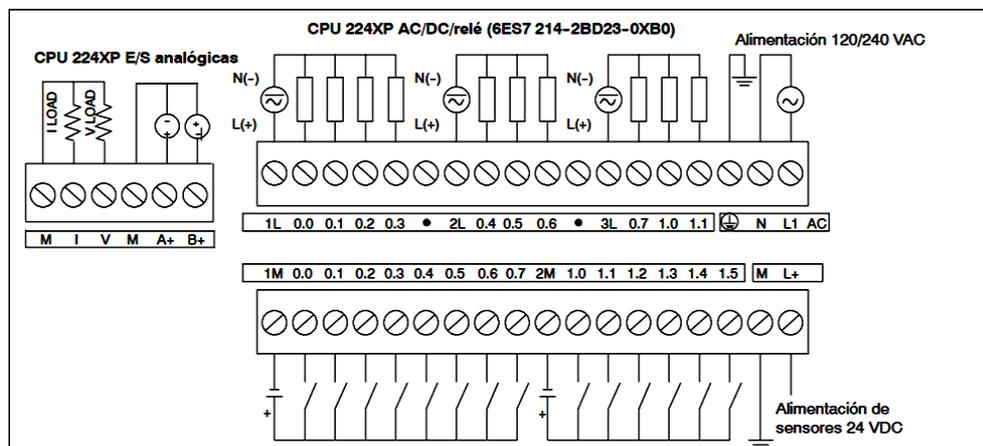


Figura 3.13: Conexión de alimentación al PLC

Si se intenta montar o desmontar los sistemas de automatización y/o los equipos conectados durante el arranque, puede producirse un choque eléctrico. Si antes del montaje o desmontaje no se ha desconectado por completo la alimentación de los módulos S7-200 y de los equipos conectados, ello podría causar la muerte o heridas graves al personal, y/o daños materiales.

Antes de instalar el cableado de campo es necesario tomar siempre las precauciones de seguridad adecuadas y verificar que estén desconectadas las fuentes de alimentación del módulo del S7-200.

3.5.3. Conexión eléctrica y cableada de los elementos y dispositivos

Al momento de realizar las conexiones eléctricas de los diferentes dispositivos y elementos que se encuentran en el módulo de control, se va a realizar el cableado por medio de canaletas ubicadas sobre el módulo, para que de esta manera los conductores eléctricos estén ordenados y con un aspecto estético.

Para la alimentación del módulo se utilizará la alimentación en la red monofásica y, para la alimentación trifásica que se requiere para el variador se obtendrá la alimentación que proporciona el laboratorio, donde se usaran para las conexiones los cables bananas. Para la protección de los dispositivos se realizará la respectiva conexión a tierra.

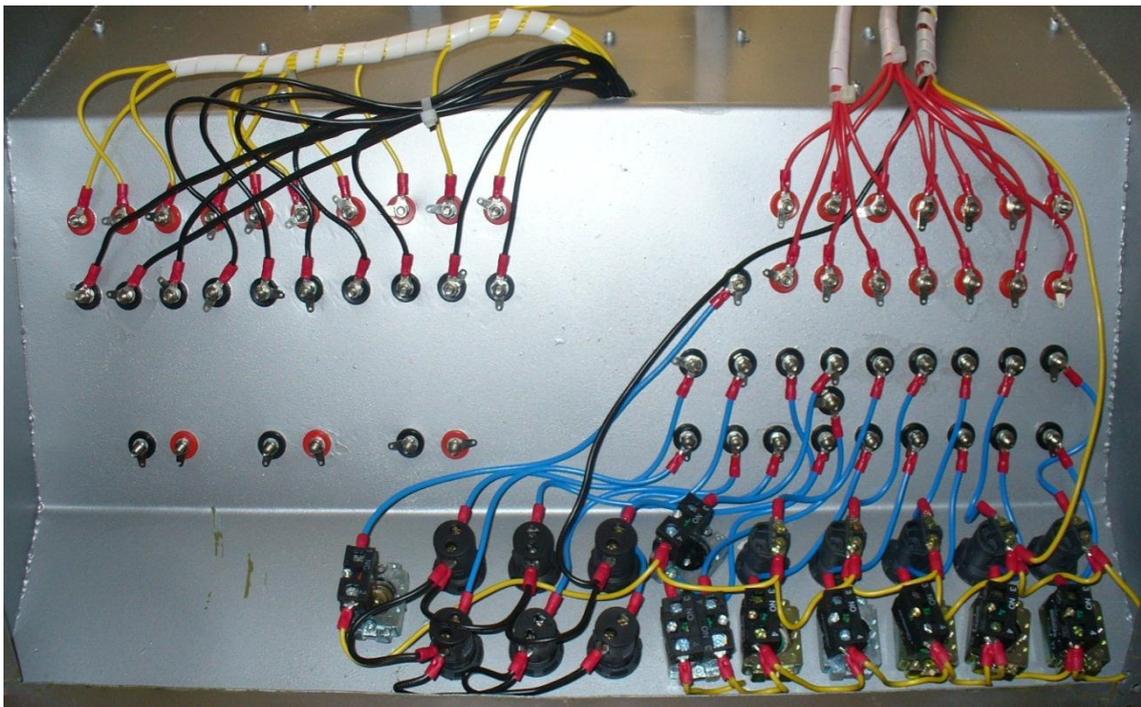


Figura 3.14: Conexión y cableado de los elementos en el módulo

Para realizar el cableado y las conexiones de los dispositivos en el circuito de potencia se usa cable #16 AWG, ya que resiste a la intensidad de corriente requerida por los equipos, y en el circuito de control se usa cable #16 AWG, indicado para este tipo de dispositivos.

Antes de proceder al cableado de campo es necesario tomar siempre las precauciones de seguridad adecuadas y verificar que estén desconectadas las fuentes 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, 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.

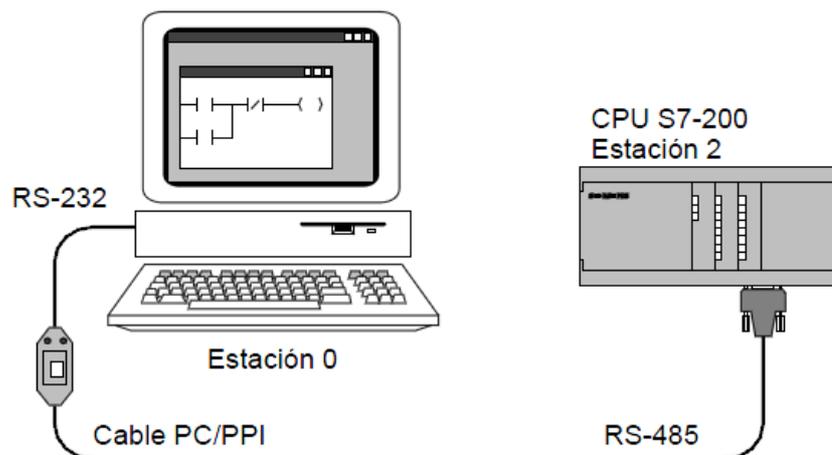


Figura 3.15: Comunicación entre PLC-PC

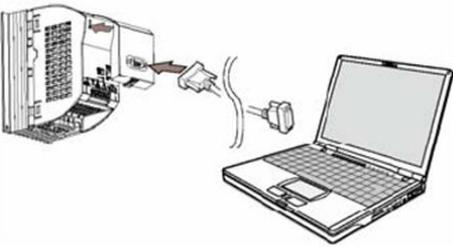
3.5.5. Estructura de comunicación SINAMICS G110

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 3.10: CONEXIÓN PC – CONVERTIDOR

Kit de conexión PC-convertidor	SINAMICS G110
	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 SINAMICS G110 tienen que concordar con los de STARTER!

La comunicación entre el STARTER y el SINAMICS G110 requiere de los siguientes componentes opcionales:

- Kit de conexión PC-convertidor
- BOP, hay que modificar los valores estándar USS en los convertidores SINAMICS G110.

El SINAMICS G110 se puede conectar 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.

Tabla 3.11: 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)	

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.

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"

3.5.8. BOP

El BOP permite al usuario acceder directamente a los parámetros del SINAMICS G110. 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 SINAMICS G110 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.

3.5.9. Bornes de entradas y salidas

TABLA 3.12: 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	

3.6. Programación

Los equipos que estarán sujetos a programación serán, el PLC y el variador de frecuencia, para cada uno de ellos se utilizará un software que permitirá el ingreso de datos y variables necesarios del sistema que se desee controlar.

3.6.1. 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 LadderLogic. En el siguiente gráfico se ofrecen los elementos básicos para crear programas.

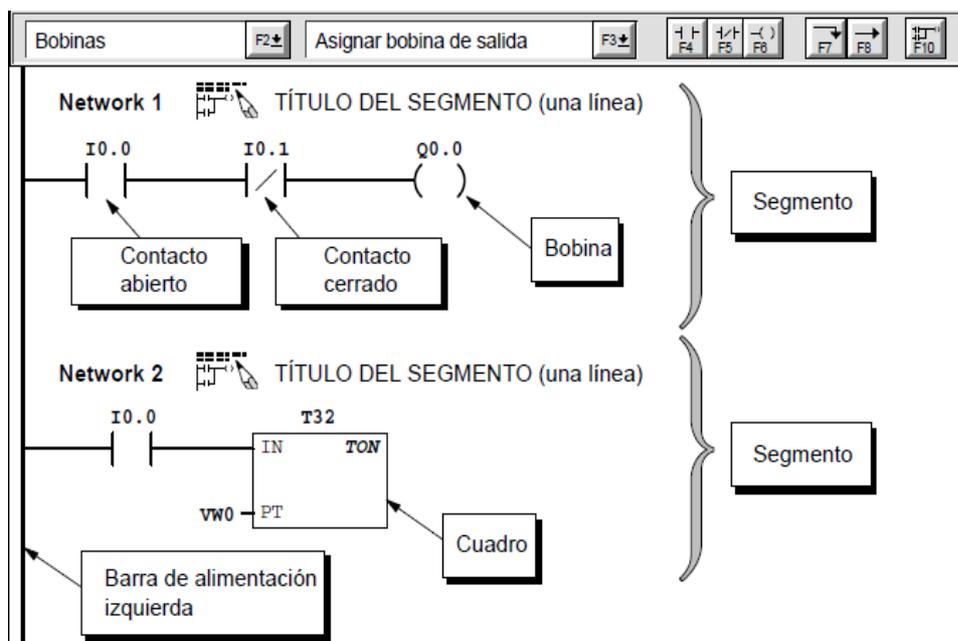


Figura 3.16: Elementos básicos del KOP

- **Contactos:** Un contacto representa un interruptor por el que circula la corriente cuando está cerrado.
- **Bobinas:** Una bobina representa un relé que se excita cuando se le aplica tensión.
- **Cuadros:** Un cuadro representa una función que se ejecuta cuando la corriente circula por él.
- **Segmentos:** Cada uno de estos elementos constituye un circuito completo. La corriente circula desde la barra de alimentación izquierda pasando por los contactos cerrados para excitar las bobinas o cuadros.

3.6.2. 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**

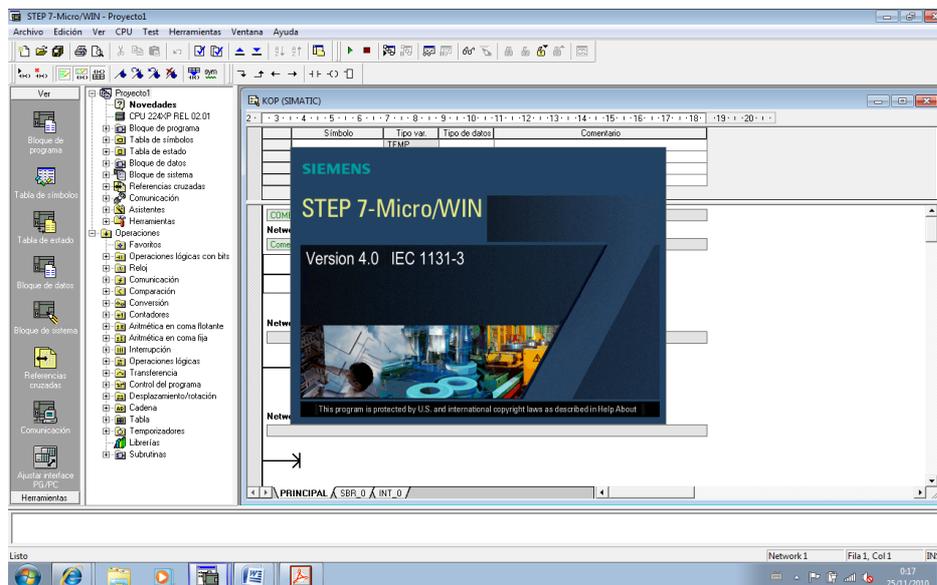


Figura 3.17: Ventana del STEP 7-Micro/WIN

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

Cuando se activa el programa, por defecto, se crea un proyecto sin nombre. No obstante, también se puede crear un nuevo proyecto pulsando “Archivo”, o bien sobre el icono situado sobre 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:

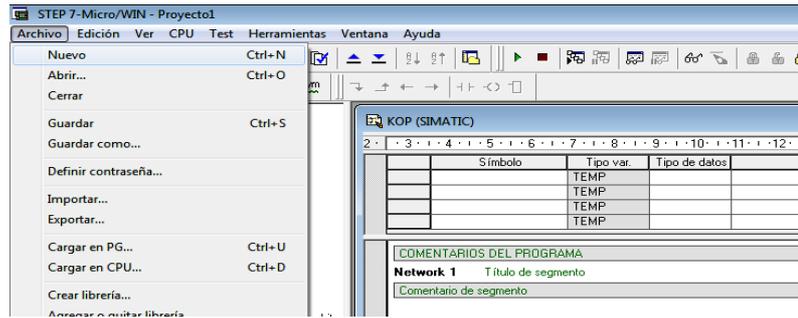


Figura 3.18: Creación de nuevo programa

Si se abre la carpeta “operaciones” se muestran distintas subcarpetas con los grupos de elementos que se pueden introducir en un programa KOP. Abriendo cada una de las carpetas aparecen los símbolos de los elementos. Basta seleccionarlos con el ratón para que se incorporen al programa.

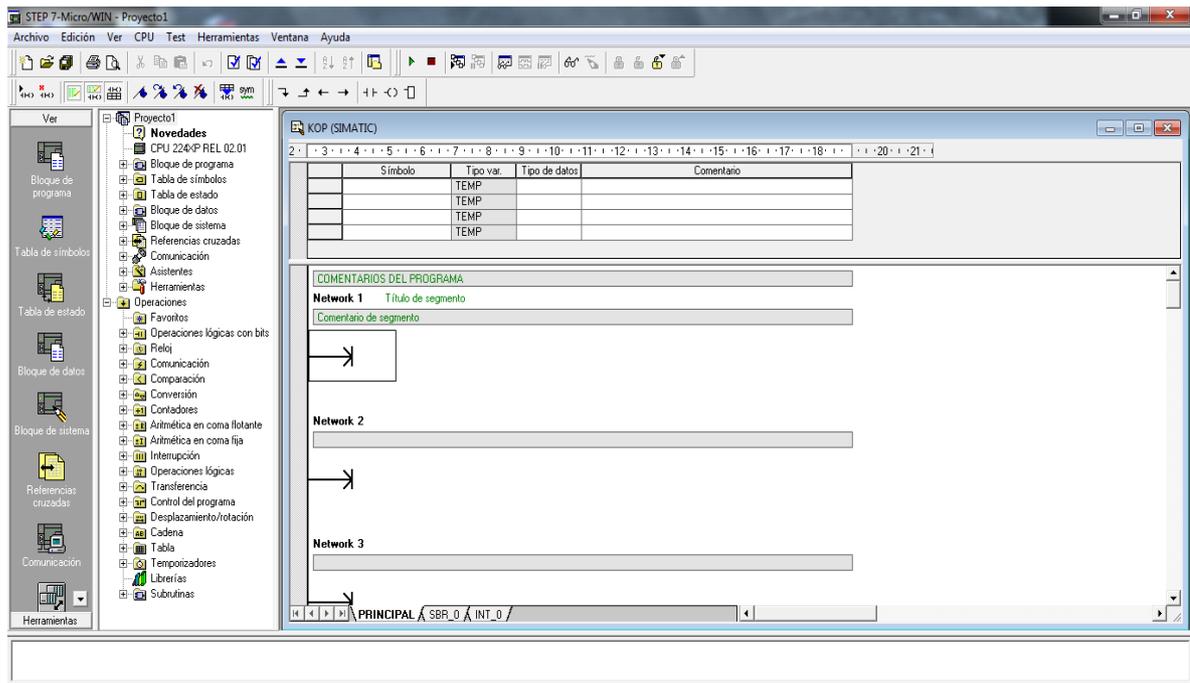


Figura 3.19: Librería de operaciones

También es posible introducir un elemento 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.

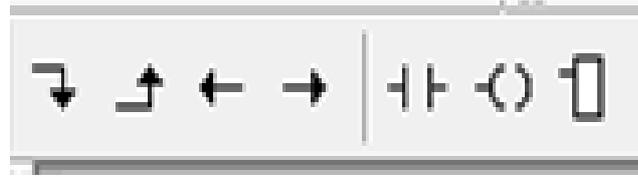
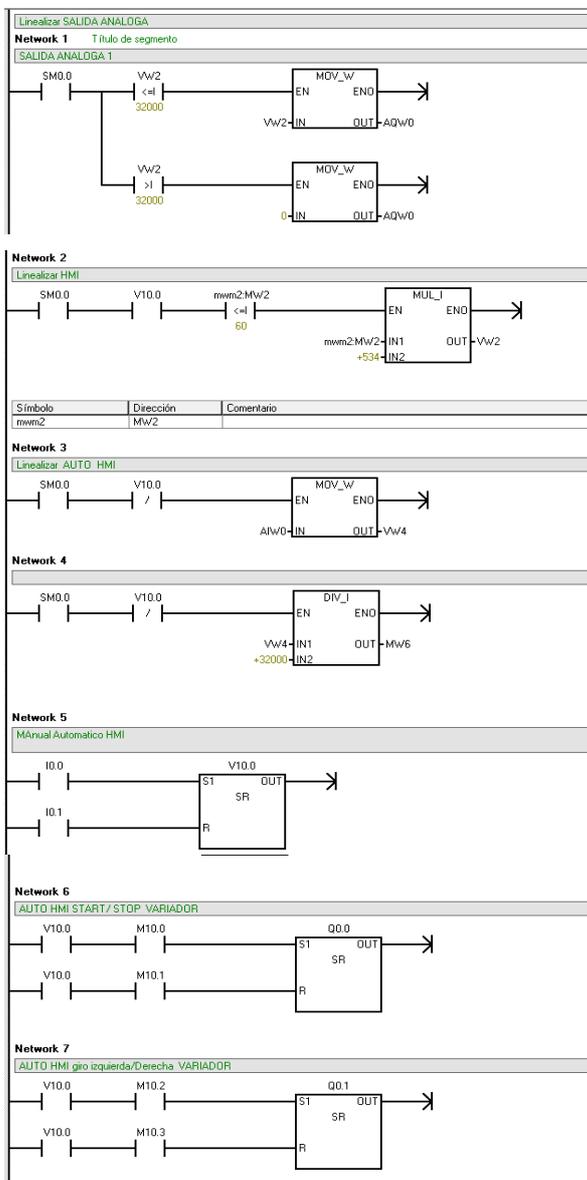


Figura 3.20: Lista de elementos del KOP

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.



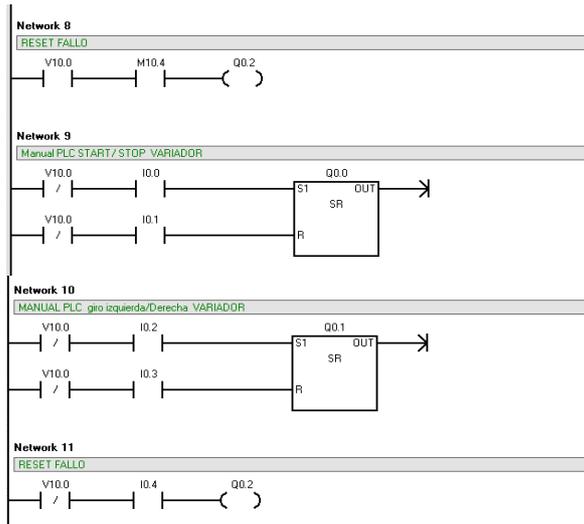


Figura 3.21: Programación en diagrama Ladder

- **Compilación y ejecución de un programa**

Una vez diseñado el plano de contactos con el editor KOP es necesario compilarlo y cargarlo en el autómatas 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 autómatas 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.

Aparecerá una pantalla como la siguiente:

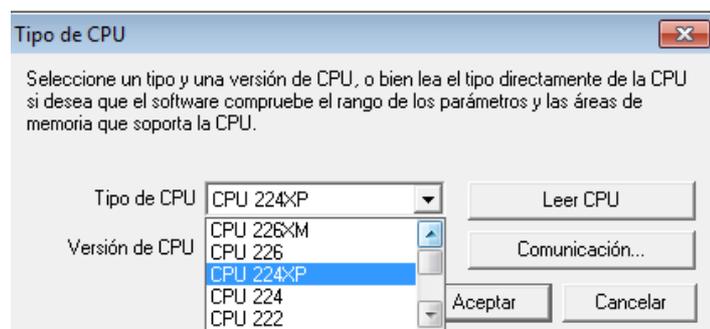


Figura 3.22: Selección del tipo de CPU

Una vez hecho esto, y si el programa no tiene errores, ya está todo listo para cargarlo en el autómatas. Para ello hay que pulsar sobre el icono “Cargar en CPU” .

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

3.6.3. 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 3.23: Opción de selección de instalación

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.

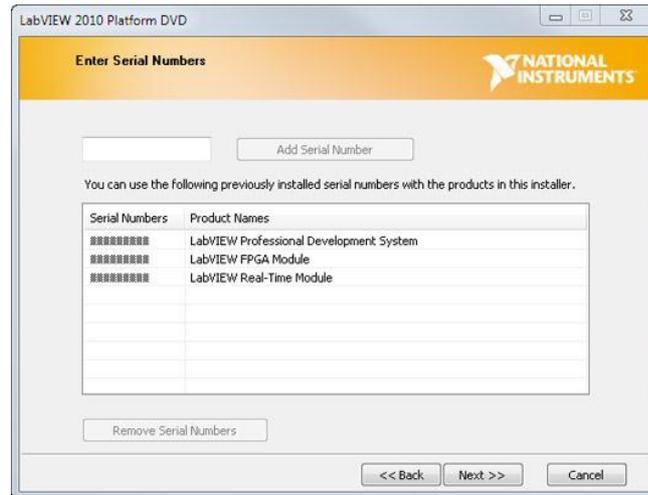


Figura 3.24 Registro del programa

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.

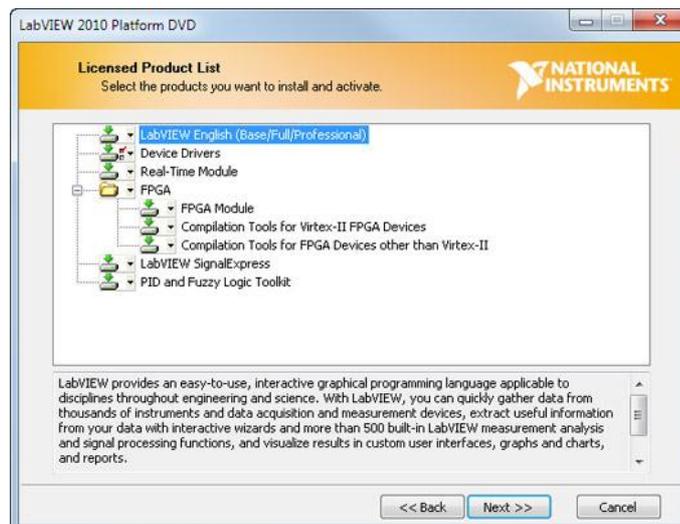


Figura 3.25: Selección de las herramientas

Seleccionar los productos adicionales a instalar en la lista de productos para evaluación.

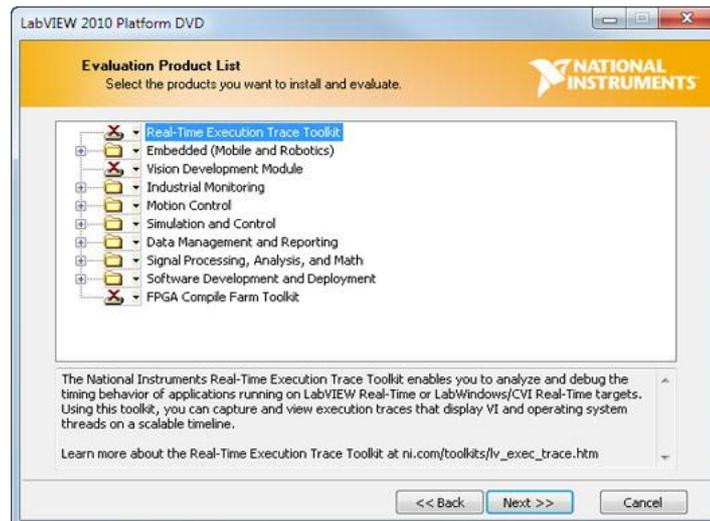


Figura 3.26: Selección de los productos adicionales

Escojer 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.

Revisar el resumen antes de continuar para asegurarse que todos sus productos serán instalados. Los productos enlistados con (se requiere interacción del usuario) requieren interacción del usuario para finalizar. De lo contrario, puede dejar la instalación desatendida.

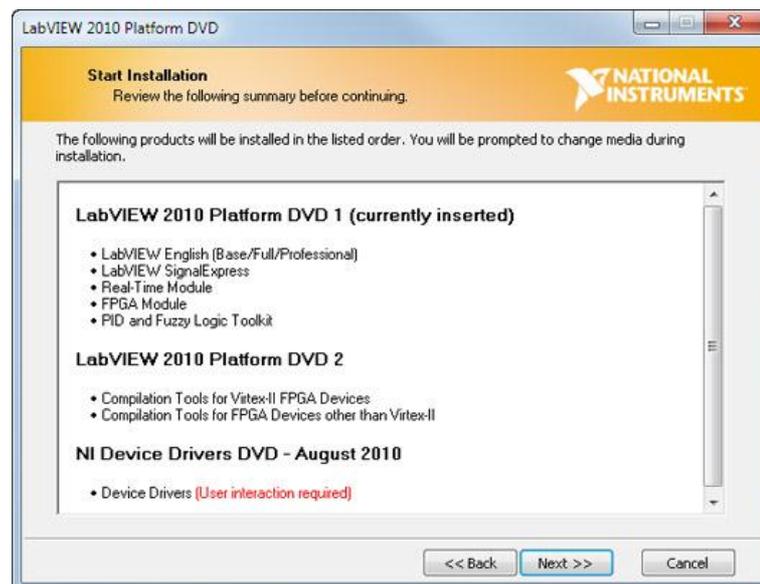


Figura 3.27: Confirmación de la instalación

Inserte el DVD, cuando se le pida el DVD de Controladores de Dispositivos y elegir las siguientes opciones del árbol de selección.

- Deshabilitar la selección de Data Acquisitiony características dependientes a menos que tenga pensado usar un dispositivo de adquisición de datos (DAQ).
- Aceptar el acuerdo de licencia y cuando el instalador termine tendrá todo el software.

3.6.4. 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 siguiente figura.

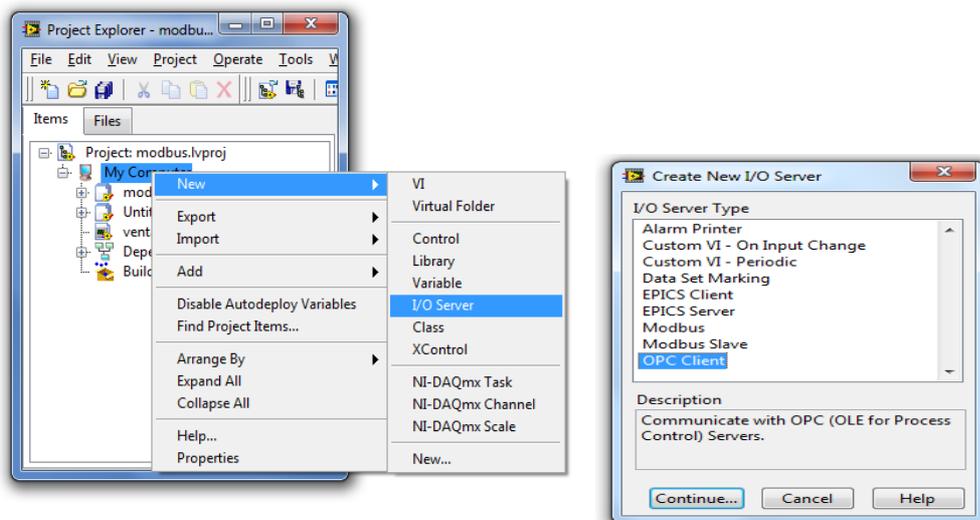


Figura 3.28 Selección para comunicación

3.6.5. 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 actúen con el variador de frecuencia.

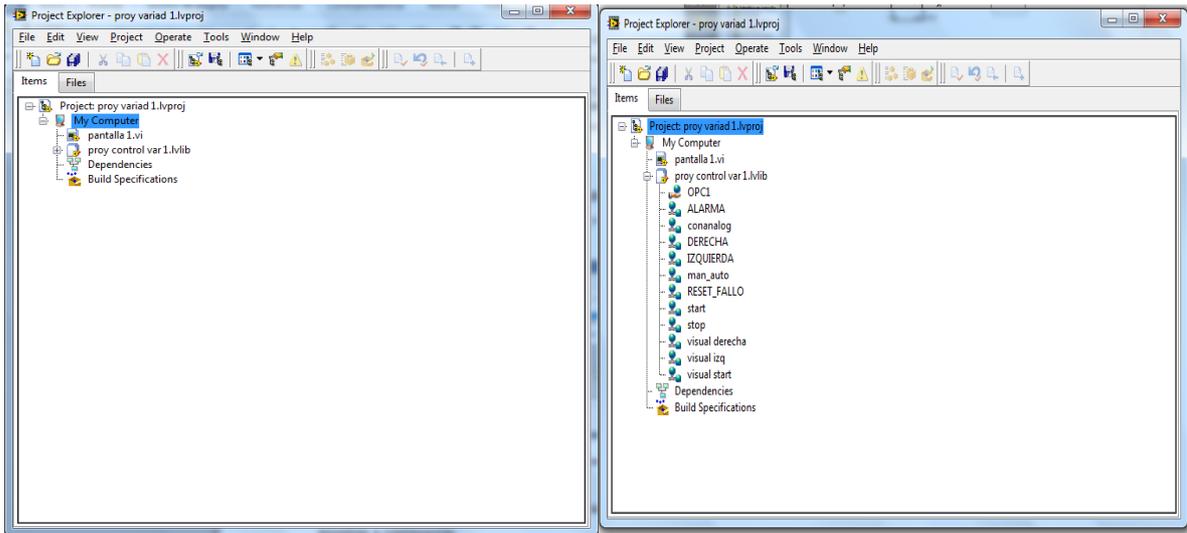


Figura 3.29 Creación de variables

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

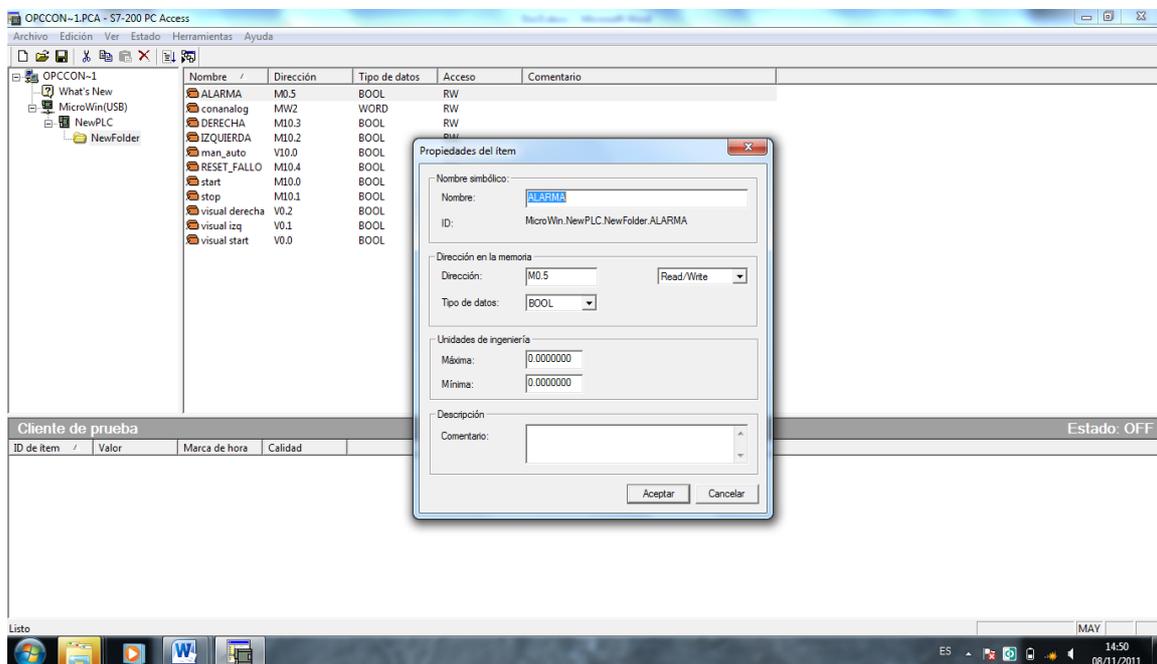


Figura 3.30 Colocación de direcciones

- En el Panel Frontal del programa de LabVIEW damos al icono que deseamos que reciba la dirección del PLC o del Variador o podemos arrastrar las variables que tenemos en las librerías del proyectexplorer.



Figura 3.31: Programa en diagrama de bloques y en el panel frontal

CAPÍTULO IV

4. GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

La presente guía de prácticas se las realizó con el fin de dar a conocer la manera en que los diferentes elementos funcionan y las diversas aplicaciones que se pueden dar mediante las cuales se logran el contacto físico con los elementos y componentes existentes en el módulo.

El módulo de laboratorio es un instrumento que dará al estudiante la capacidad de desenvolverse mejor en el aprendizaje y mediante estas guías de prácticas tendrá una orientación más amplia de la automatización industrial.

4.1. PRÁCTICA Nº 1

Tema: Conocer las funciones básicas del BOP (Panel Operador Básico).

Objetivos:

- Conocer el uso del BOP (Basic Operator Panel) y sus diferentes parámetros para la puesta en servicio.
- Conocer los botones, las funciones y efectos que cumplen cada una de ellos.
- Ingresar los datos de la placa del motor para su parametrizado, seleccionando la fuente de comandos del panel básico de operaciones.

Marco Teórico:

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 SINAMICS G110.

Este apartado describe como se puede hacer, de forma muy simple, la puesta en servicio y poner a marchar el convertidor utilizando el BOP.

Equipos y Materiales:

- Fuente de energía 220 V CA.
- Módulo de variador SINAMIC G110
- Panel de operación opcional BOP.
- Cables de conexión.

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 (rxxx o Pxxx) 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:

Por medio de esta practica podemos conocer el funcionamiento de los botones del BOP y que funcion realizan asi el estudiante podra tener una idea mas clara en el momento de su utilizacion con otras aplicaciones y modificaciones de los parametros de acuerdo a su requerimiento.

Conclusiones y Recomendaciones:

Este tipo de modular ayuda a los estudiantes en su formación y aprendizaje del mundo de la automatización.

Se recomienda tener cuidado con la normas de seguridad del equipo.

4.2. Normas de seguridad para el uso del módulo

Las advertencias y precauciones siguientes están pensadas para la seguridad de los usuarios y como medio para prevenir daños físicos en los componentes situados en el modular, lo cualle ayudará a prolongar la vida útil del mismo.

En especial a continuación se detalla advertencias acerca del variador 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.
- Debido a los condensadores del circuito intermedio, las conexiones de los cables de red, del motor y del circuito intermedio conducen tensiones peligrosas aunque este desconectada la alimentación. Espere cinco minutos para permitir que se descarguen los condensadores antes de comenzar cualquier trabajo de instalación en el equipo.
- Las entradas de red, los bornes de corriente continua y del motor pueden estar sometidas a tensión peligrosa aunque no esté funcionando el convertidor; antes de realizar cualquier trabajo de instalación, esperar 5 minutos para que la unidad pueda descargarse después de haberse desconectada de la fuente de alimentación.
- Durante la carga de parámetros al convertidor (download) con la herramienta de PC para la puesta en servicio STARTER/BOPI 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 encuentran ninguna carga colgante no asegurada; p.ej. Utilizando un freno externo o depositando la carga en el suelo y asegurándola.
- En los cables que están conectados al convertidor nunca se deben llevar a cabo ensayos de aislamiento de alta tensión.
- El convertidor debe ponerse siempre a tierra. Si el convertidor no está puesto a tierra correctamente se puede destruir el convertidor, así como producirse altas tensiones peligrosas para las personas. Lo mismo rige si el convertidor trabaja en redes no puestas a tierra.
- El SINAMICS G110 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 decontrol solo para detener o arrancar elmotor.

4.3. Plan de mantenimiento de los equipos

Para el modular en general se le dará una atención programada para realizar una inspección visual general, limpieza y ajustes de los componentes del equipo que pueden prevenir fallas y pérdidas de tiempos.

En el plan de mantenimiento se detallará específicamente el tipo de mantenimiento que se debe realizar a los componentes del módulo, tomando en cuenta que el mantenimiento se lo hará basado en las recomendaciones de los fabricantes de los equipos del modular el cual se lo ha desarrollado de forma mensual semestral y anual.

4.3.1. Mantenimiento del módulo

Tabla 5.3: REVISIÓN DEL MÓDULO

PROCEDIMIENTO	HERRAMIENTAS Y MATERIALES	FRECUENCIA				
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL	ANUAL
<ul style="list-style-type: none"> Realizar un reajuste de los tornillos de las borneras de las entradas y salidas del PLC. Inspección visual del estado de borneras y contactos. Verificación de voltajes de entrada y salida del PLC. 	HERRAMIENTAS <ul style="list-style-type: none"> Destornillador plano. Destornillador de estrella Multímetro Alicate 					X
<ul style="list-style-type: none"> Realizar un reajuste de los tornillos de las borneras de alimentación de energía y de las salidas del variador. Inspección visual de vibraciones, sobrecalentamientos y ruidos inusuales. Limpieza de contactos con spray limpiado y limpiar con aire seco sustancias extrañas que obturan el sistema de enfriamiento. 	MATERIALES <ul style="list-style-type: none"> Guaípe. Spray limpiador de contactos. 				X	X
<ul style="list-style-type: none"> Realizar un reajuste de los tornillos de los conectores de las entradas y salidas, pulsadores, selectores, lámparas piloto del Módulo 						X

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se construyó un modular didáctico y sencillo para el complemento de la enseñanza de los estudiantes durante su carrera universitaria además por medio de este modular con variador de frecuencia es el método más eficiente de controlar la velocidad de un motor eléctrico.
- Se demostró con el módulo del variador de frecuencia se demostró de una manera sencilla un rango amplio de aplicaciones, como es las acciones de arranque, frenado inversión de giro, regulación de la frecuencia y monitoreo.
- Se controló y monitoreó mediante el programa realizado en LabVIEW se ha podido controlar y monitorear los diferentes elementos que conforman el módulo de laboratorio los cuales tienen diversas funciones y aplicaciones en el campo industrial y hoy podemos contar con ellos en el laboratorio de control industrial de la escuela de ingeniería de mantenimiento.
- Se elaboran guías de laboratorio para asistencia de los estudiantes de la escuela de Ingeniería de Mantenimiento que será de mucha utilidad para su desarrollo técnico.
- Se realizó una pequeña guía de las normas de seguridad para el uso del módulo donde están detalladas las principales advertencias y precauciones para la seguridad de los usuarios y como medio para prevenir daños.
- Se elaboró un plan de mantenimiento para los equipos y dispositivos utilizados en el módulo con la finalidad de ofrecer una buena fiabilidad y durabilidad de sus componentes.

5.2. Recomendaciones

- Tener un conocimiento básico de los elementos y equipos que componen el módulo, tener una persona que le guíe en las prácticas para evitar daños a los equipos y lo que es más importante daños al operador.
- Revisar las respectivas conexiones e instalaciones antes de poner en funcionamiento el módulo al realizar algún tipo de práctica de tal manera que se evite daños en el mismo.
- Esperar cinco minutos para permitir que se descarguen los condensadores antes de comenzar cualquier trabajo de instalación en el equipo.
- Observar que el convertidor esté siempre conectado a tierra. Si el convertidor no está puesto a tierra correctamente se puede destruir el convertidor, así como producirse altas tensiones peligrosas para las personas. Lo mismo rige si el convertidor trabaja en redes no puestas a tierra.
- Realizar correctamente un mantenimiento del módulo para evitar su deterioro siguiendo el plan de mantenimiento recomendado, logrando así la eficiencia de este y por ende se podrá alargar la vida útil del módulo.
- Dar el uso adecuado al módulo para sacar el máximo provecho de la tecnología actual para de esa manera poder enfrentarnos a las exigencias del campo industrial que se nos presenta cuando salimos a ejercer nuestra profesión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] **ENRÍQUEZ, G. H.** Manual de Electricidad Industrial II, Reparación de Motores

Eléctricos. México: Limusa, 1996. Pp 6

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

1993. Pp 10

BIBLIOGRAFÍA

CHAPMAN, S. J. Máquinas Eléctricas. 2da.ed. México: McGraw-Hill, 2005.

ENRÍQUEZ, G. H. Manual de Electricidad Industrial II, Reparación de Motores Eléctricos.
México: Limusa, 1996.

KOSOW, I. Máquinas Eléctricas y Transformadores. 2da.ed. México: Prentice Hall. 1993.

SMEATON, R. W. Motores Eléctricos, Selección, Mantenimiento y Reparación. 2da.ed.
México: McGraw-Hill, 2004.

LINKOGRAFÍA

Motores Asíncronos Trifásicos.

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

2011 - 04 - 28

[http://www.motor asíncrono trifasico.com/pdf/](http://www.motor.asíncrono.trifasico.com/pdf/)

2011 - 04 - 28

Variadores de Velocidad

http://es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_frecuencia

2011 - 05 - 02

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

2011 - 05 - 05

[http://www.variador de frecuencia.com/pdf/variadores de frecuencia](http://www.variador.de.frecuencia.com/pdf/variadores.de.frecuencia)

2011 - 05 - 05

[http://www.siemens.com/pdf/catalogos/Manual del usuario Sinamics G110](http://www.siemens.com/pdf/catalogos/Manual.del.usuario.Sinamics.G110)

2011 - 06 - 18

LabVIEW

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

2011 - 05 - 02

Autómatas S7-200

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

2011 - 07 - 15

[http://www.siemens.com/pdf/catalogos/Manual del sistema de automatización S7](http://www.siemens.com/pdf/catalogos/Manual.del.sistema.de.automatización.S7) 200

2011- 07 - 31

Protocolo Modbus

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

2011 - 08 - 17

OPC

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

2011 - 09 - 11

Comunicación Serial

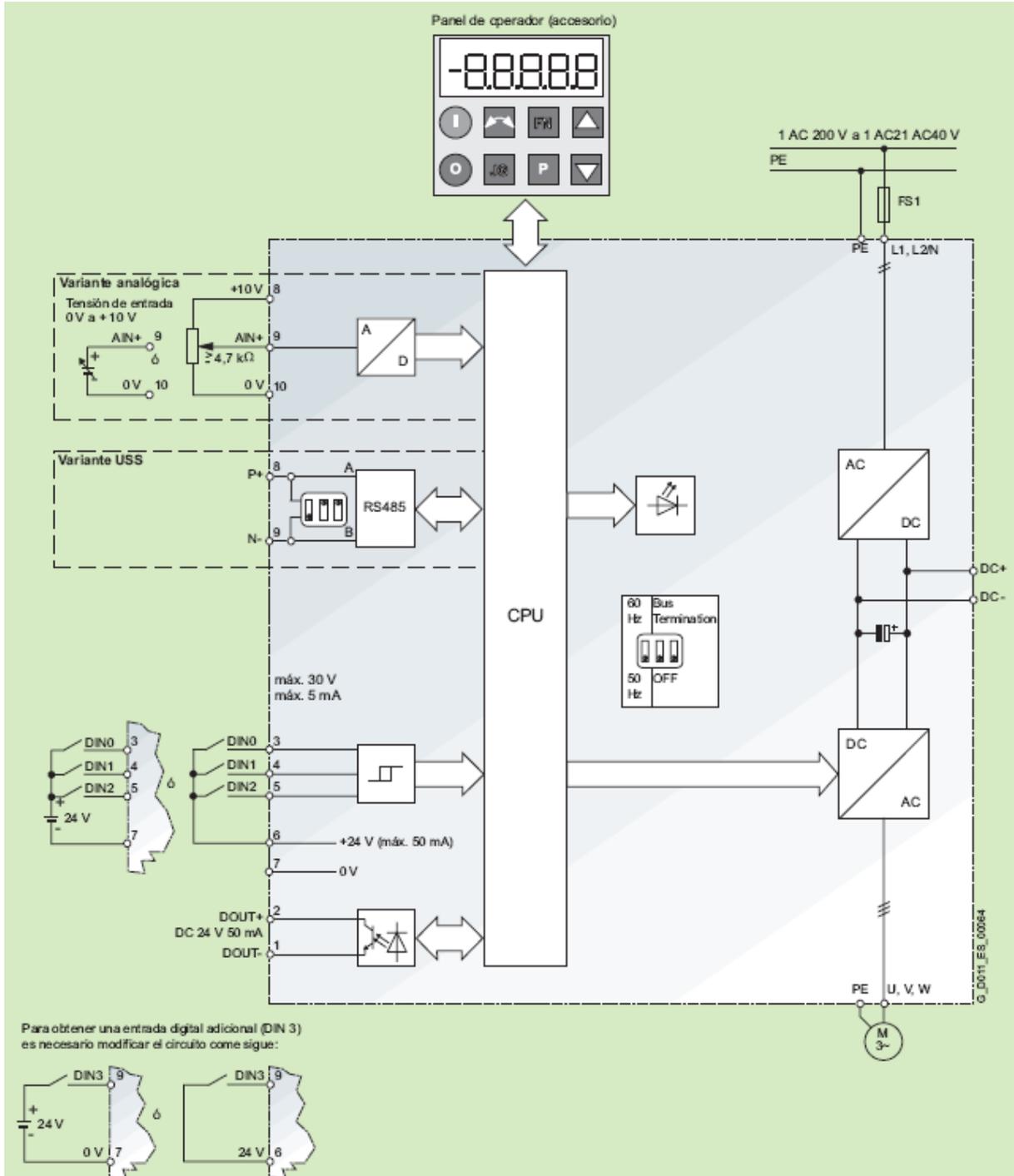
[http://www.wikipedia.org/wiki/comunicacion serial](http://www.wikipedia.org/wiki/comunicacion%20serial)

2011 - 09 - 25

ANEXOS

ANEXO C

Diagrama de bloques de la puesta en servicio del variador de velocidad SINAMICS G110.



ANEXO D

Características del variador SINAMICS G110

Datos técnicos				
Tensión de red y gamas de potencia	1 AC 200 V a 240 V ±10%	0,12 kW a 3,0 kW		
Frecuencia de red	47 Hz a 63 Hz			
Frecuencia de salida	0 Hz a 650 Hz			
cos phi	≥ 0,95			
Rendimiento del convertidor	en equipos < 0,75 kW en equipos ≥ 0,75 kW	90% a 94% ≥ 95%		
Capacidad de sobrecarga	Corriente de sobrecarga 1,5 x corriente de salida asignada (es decir, de 150% capacidad de sobrecarga) durante 60 s, entonces 0,85 x corriente de salida asignada durante 240 s, tiempo de ciclo 300 s			
Corriente de pre carga	no superior a la corriente asignada de entrada			
Método de control	Característica V/f lineal (con elevación de tensión parametrizable); característica V/f cuadrática; característica multipunto (característica V/f parametrizable)			
Frecuencia de pulsación	8 kHz (estándar)	2 kHz a 16 kHz (en escalones de 2 kHz)		
Frecuencias fijas	3, parametrizables			
Bandas de frecuencia inhibibles	1, parametrizable			
Resolución de consigna	0,01 Hz digital 0,01 Hz serie 10 bits analógica (potenciómetro motorizado 0,1 Hz)			
Entradas digitales	3 entradas digitales parametrizables, sin aislamiento galvánico; tipo PNP, compatibles con SIMATIC			
Entrada analógica (variante analógica)	1, para consigna (0 V a 10 V, escalable o utilizable como cuarta entrada digital)			
Salida digital	1 salida por optoacoplador con aislamiento galvánico (24 V DC, 50 mA, óhm., tipo NPN)			
Puerto serie (variante USS)	RS485, para servicio con protocolo USS			
Distancia del cable del motor	máx. 25 m (apantallado)	máx. 50 m (sin apantallar)		
Compatibilidad electromagnética	convertidor disponible con filtro CEM integrado para sistemas de accionamiento en instalaciones de categoría C2 (disponibilidad restringida), el valor límite cumple EN 55 011, clase A, grupo 1	además todos los equipos dotados de filtro cumplen, si se utilizan cables apantallados de una longitud máx. de 5 m, los límites especificados en EN 55 011, clase B		
Frenado	Frenado por inyección de corriente continua, frenado combinado			
Grado de protección	IP20			
Temperatura de servicio	-10 °C a +40 °C	hasta +50 °C con derating (desclasificación)		
Temperatura de almacenamiento	-40 °C a +70 °C			
Humedad relativa del aire	95% (condensación no permitida)			
Altitud de instalación	hasta 1000 m sobre el nivel del mar sin reducción de potencia	<ul style="list-style-type: none"> • intensidad de salida asignada para 4000 m sobre nivel mar: 90% • tensión de red hasta 2000 m sobre nivel mar: 100% para 4000 m sobre nivel mar: 75% 		
Funciones de protección para	Mínima tensión, sobretensión, defecto a tierra, cortocircuito, vuelco del motor, protección térmica del motor I ² t, sobretemperatura en convertidor, sobretemperatura en motor			
Conformidad con las normas	UL, cUL, CE, c-tick			
Marcado CE	según directiva sobre baja tensión 73/23/CEE			
Pesos y dimensiones (sin accesorios)	Tamaño constructivo FS (Frame Size)	A x A x P mm	Peso, aprox. (kg) sin filtro con filtro	
	A ≤ 0,37 kW	150 x 90 x 116	0,7	0,8
	A 0,55 kW y 0,75 kW	150 x 90 x 131	0,8	0,9
	A ≤ 0,37 kW con disipador plano	150 x 90 x 101	0,6	0,7
	A 0,55 kW y 0,75 kW con disipador plano	150 x 90 x 101	0,7	0,8
	B 1,1 kW y 1,5 kW	160 x 140 x 142	1,4	1,5
	C 2,2 kW	181 x 184 x 152	1,9	2,1
C 3,0 kW	181 x 184 x 152	2,0	2,2	

ANEXO E

Lista de fallos que se pueden presentar en el variador de frecuencia

Fallo	Significado	Descripción
F0001	Sobrecorriente	El variador detiene su salida cuando la corriente de salida supera más del 200% sobre sus valores de corriente nominales.
F0002	Sobretensión	El variador detiene su salida si la tensión en el bus DC del circuito de potencia supera el valor de configuración cuando el motor decelera o cuando la energía regenerativa del motor es excesiva para los condensadores del bus DC del variador. Este fallo también puede producirse debido a una sobretensión transitoria del sistema de alimentación.
F0003	Subtensión	El variador detiene su salida si la tensión en el bus DC del circuito de potencia está por debajo del valor de configuración
F0004	Sobret temperatura del convertidor	El variador detiene su salida cuando se sobrecaliente debido a un ventilador dañado o a la presencia de alguna sustancia extraña en el sistema de ventilación.
F0005	Convertidor I ² T	La protección térmico-electrónica interna del variador determina el sobrecalentamiento del motor. Si el motor se sobrecarga, el variador detiene su salida. El variador no podrá proteger al motor cuando sea de varias polaridades o se estén utilizando varios motores en paralelo. Por ello, es aconsejable instalar una protección térmica (guardamotor) independiente para cada uno de los motores. Capacidad de sobrecarga: 150% durante un 1 minuto.
F0011	Sobret temperatura I ² T del motor	El variador detiene su salida cuando la tensión en el bus DC está por debajo del nivel de detección causado por un par insuficiente. El motor podría sobrecalentarse cuando la tensión de entrada cae.
F0051	Fallo parámetro EEPROM	Fallo de lectura o escritura al archivar parámetros en BOP-EEPROM durante la clonación de parámetros.
F0052	Fallo pila de energía	Fallo de lectura para información de pila de energía o datos no válidos.
F0060	Timeout del ASIC	Fallo comunicaciones interno
F0072	USS (enlace COMM) fallo consigna	Sin valores de consigna del USS durante el tiempo de telegrama off.
F0085	Fallo externo	Fallo externo disparado a través de los bornes de entrada.

ANEXO F

Descripción del BOP

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 este botón. Para habilitarlo ajustar P0700 = 1
	Parada	OFF1 Pulsando este botón se para el motor siguiendo el tiempo de deceleración seleccionado. Por defecto está bloqueado el botón. Para habilitarlo ajustar P0700 = 1. OFF2 Pulsando el botón dos veces (o una vez prolongada) el motor se para de forma natural (por inercia). Esta función está siempre habilitada.
	Invertir sentido de giro	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 este botón. Para habilitarlo ajustar P0700 = 1.
	Jog motor	Pulsando este botón – en estado "listo" – el motor arranca y gira 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.
	Funciones	Este botón sirve para visualizar información adicional. Pulsando y manteniendo este botón apretado 2 segundos durante la marcha, desde cualquier parámetro, muestra lo siguiente: 1. Tensión del circuito intermedio (indicado mediante d. unidades en V). 2. Tensión de salida (indicada mediante o. unidades en V). 3. Frecuencia de salida (Hz) 4. El valor seleccionado en P0005 Pulsando de nuevo circulará la sucesión anterior. Función desalto Pulsando brevemente el botón Fn es posible saltar desde cualquier parámetro (rXXXX o PXXXX) a r0000. Una vez retornado a r0000, si pulsa el botón Fn irá de nuevo al punto inicial.
	Acceder a parámetros	Pulsando este botón es posible acceder a los parámetros.
	Subir valor	Pulsando este botón aumenta el valor visualizado.
	Bajar valor	Pulsando este botón disminuye el valor visualizado.

