

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL
Y AUTOMATISMO**

TÍTULO:

**“Diseño y Construcción de un Módulo para laboratorio
con Variador de Frecuencia para el Control de un Sistema
de Bombeo”**

AUTORES:

**Vera Freire Damián Mesías
Vera Freire Hernán Armando**

**Trabajo de Investigación, Diseño y Construcción previo a la
obtención del título de:
INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

TUTOR:

Ing. Efrén Herrera

**Guayaquil, Ecuador
2013**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Damián Vera y Hernán Vera**, como requerimiento parcial para la obtención del Título de **Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo**.

TUTOR

Ing. Efrén Herrera

REVISOR(ES)

Ing. Orlando Philco

Ing. Luis Cordova

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Armando Hera Sánchez

Guayaquil, a los 20 días del mes de agosto del año 2013



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Damián Vera y Hernán Vera**

DECLARAMOS QUE:

El Trabajo de Titulación “**Diseño y Construcción de un Módulo para laboratorio con Variador de Frecuencia para el Control de un Sistema de Bombeo**” previa a la obtención del Título de **Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo**, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 20 días del mes de agosto del año 2013

LOS AUTORES

Damián Vera

Hernán Vera



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO**

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Damián Vera y Hernán Vera**

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “**Diseño y Construcción de un Módulo para laboratorio con Variador de Frecuencia para el Control de un Sistema de Bombeo**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 20 días del mes de agosto del año 2013

LOS AUTORES

Damián Vera

Hernán Vera

AGRADECIMIENTO

Todos los logros en mi vida, así como este trabajo, se lo debo a mi esposa Brígida Pinto Demera y a mis padres Ignacio Vera Rodas y Martha Freire Cuenca, por eso les agradezco su enorme esfuerzo por ayudarme. Mi agradecimiento también va dirigido a mis hijos Edgar Y Alejandra Vera Pinto.

Al cuerpo docente de la Universidad Católica, y con mayor gratitud al Ing. Efraín Suarez por su ayuda prestada y al Ing. Efrén Herrera, nuestro Director de tesis, por el apoyo y orientación brindada para la culminación del presente proyecto.

Gracias.

Damián Vera

DEDICATORIA

A mi Familia por ser los pilares fundamentales para alcanzar tan anhelado triunfo, que representa el final de una de las etapas más importantes de mi vida y el inicio de otras que serán aún más enriquecedores

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos

Damián Vera

AGRADECIMIENTO

Este trabajo representa el término de un proyecto muy anhelado, que no hubiese podido ser finalizado satisfactoriamente si no es por el apoyo y consejos de muchas personas.

Quiero agradecer a mis padres por el apoyo que me han ofrecido y a sus consejos de superación que siempre me han inculcado, a mis hermanos por todo el apoyo brindado a lo largo de mi carrera y de manera muy especial a mis hijas e hijo y a mi esposa que siempre fueron la fuente de mi motivación.

Especial mención merece el Ing. Eren Herrera que guio el trabajo realizado y, que gracias a sus consejos y conocimientos este proyecto pudo llegar a un exitoso final.

Mis agradecimientos sinceros por la colaboración de todos quienes contribuyeron para el desarrollo de la tesis y que siempre estuvieron presentes cuando se necesitó su ayuda.

Hernán Vera

DEDICATORIA

La realización de esta tesis está dedicada a toda mi familia, amigos y profesores que han sabido impartir con devoción y dedicación sus conocimientos y que han estado presentes durante el desarrollo de este proyecto, de manera muy especial a mis hijas e hijo y a mi esposa.

Hernán Vera

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pag.
Certificación	II
Declaración de Responsabilidad	III
Autorización	IV
Agradecimiento	V
Dedicatoria	VI
Agradecimiento	VII
Dedicatoria	VIII
Índice General	IX
Índice de Tablas	XII
Índice de Figuras	XIII
Lista de abreviaciones	XV
Resumen	XVII
Abstract	XVIII

CAPITULO:

1. GENERALIDADES

1.1	Introducción	1
1.2	Justificación	2
1.3	Objetivos	4
1.3.1	Objetivo general	4
1.3.2	Objetivo específico	4

2. MARCO TEORICO

2.2	Definición de variador de frecuencia	6
2.3	Principio de funcionamiento del variador de frecuencia	7
2.4	Funciones de los variadores de frecuencia electrónicos	9
2.4.1	Ventajas de la utilización de los variadores de frecuencia	9

2.4.2	Desventajas de la utilización de los variadores de frecuencia	14
2.5	Tipos de variadores de frecuencia	14
2.5.1	Variadores de frecuencia mecánicos	15
2.5.2	Variadores de frecuencia hidráulico	15
2.6	Variadores de frecuencia eléctrico-electrónicos	16
2.6.1	Variadores de frecuencia para motores de corriente continua	16
2.6.2	Variadores de frecuencia por corriente de Eddy	18
2.6.3	Variadores de frecuencia por deslizamiento	18
2.6.4	Variadores de frecuencia para motores de C.A	19
2.7	Aplicaciones de los variadores de frecuencia	20
2.7.1	Ahorro de energía relacionado con la utilización de variadores de frecuencia	21
2.8	Industrias donde se utilizan los variadores de frecuencia	23
2.9	Elementos de protección y monitoreo	25
3.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE LABORATORIO CON VARIADOR DE FRECUENCIA	
3.1	Diseño del circuito eléctrico para la instalación del variador de frecuencia	33
3.2	Construcción del módulo de laboratorio con variador de frecuencia	34
3.2.1	Elementos constitutivos	34
3.2.2	Planificación del ensamble del módulo de laboratorio	41
3.2.3	Recomendaciones de montaje del módulo de laboratorio	46
3.2.4	Programación del módulo de variador de frecuencia	50
3.3	Mediciones con el variador de frecuencia	82
3.4	Determinación del ahorro energético que se consigue con la aplicación de un variador de frecuencia en un sistema de bombeo	82

4.	GUÍAS DE PRACTICAS DE LABORATORIO	
4.1	Elaboración del manual de prácticas	86
4.1.1	Práctica de laboratorio N° 1	86
4.1.2	Práctica de laboratorio N° 2	94
4.1.3	Práctica de laboratorio N° 3	96
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1	Conclusiones	97
5.2	Recomendaciones	99
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
	BIBLIOGRAFÍA	101
	LINKOGRAFÍA	102
	ANEXOS	
	PLANOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Pag.
1	Dimensiones del tablero	43
2	Disipación de calor del convertidor ACS150	45
3	Dimensiones del ACS 150	48
4	Dimensiones y pesos del ACS 150 bastidor R1	49
5	Separación para montar varios convertidores ACS 150	50
6	Resumen de función de las teclas y las pantallas del panel de control integrado	57
7	Medición de consumo de energía del sistema de bombeo, con diferentes modos de arranque	82
8	Pruebas de funcionamiento del sistema de bombeo a 60 H	83
9	Pruebas de funcionamiento del sistema de bombeo a 50 Hz	84
10	Pruebas de funcionamiento del sistema de bombeo a 40 Hz	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pag.
1	Principio de funcionamiento del variador de frecuencia	6
2	Con el variador de velocidad no es necesario el uso de bombas de diferentes tamaños en paralelo	11
3	El variador de velocidad permite la sustitución de los depósitos de presión	11
4	Ahorro de consumos de energía y potencia con variador de velocidad	12
5	Ahorro en consumos de energía reactiva	13
6	Mejora de control de caudal	13
7	Estructura general de un variador de velocidad eléctrico	27
8	Diagrama de bloques del SINAMICS G110	30
9	Circuito eléctrico de conexión de variador de frecuencia	33
10	Breaker automático	35
11	Mando de paro de emergencia	36
12	Selector de tres posiciones	37
13	Luz piloto	37
14	Guarda-motor ABB	38
15	Variador de velocidad	39
16	Diagrama interno de elementos del variador	40
17	Tablero galvanizado pintado al horno	42
18	Ubicación del variador de frecuencia ABB ACS 150	43
19	Ubicación del PLC Micrologix 1100	44
20	Estructura modular	45
21	Diagrama de conexiones	49
22	Diagrama de conexiones de control del ACS 150 y E/S	52
23	Conexión de control	55
24	Display y teclas de programación del Variador ABB	56

25	Parámetros de programación	59
26	PLC micrologix 1100	60
27	Bobina de relé	73
28	Ejemplo de una placa de características de un motor	89
29	Diagrama ladder para micrologix	94

LISTA DE ABREVIACIONES

CA	Corriente alterna
CD	Corriente directa
kW	Kilo vatios
V	Voltios
Hz	Hertzios
CC	Corriente continua
IGBT	Isolated Gate Bipolar Transistor
PWM	Modulación de Ancho de Pulsos
PLC	Control Lógico Programable
Vt	Voltaje nominal
K	Constante de la máquina.
FM	Flujo magnético producido por el campo (Wb)
Rpm	Revoluciones por minuto
Nm	Velocidad mecánica rpm
VT	Voltaje terminal
IF	Corriente de campo
Ns	Velocidad síncrona rpm
P	Deslizamiento
P	Par de polos
A	Amperios
BOP	Basic Operator Panel
USS	Interface en Serie Universal
FCL	Fast Current Limit
VCA	Voltaje de Corriente Alterna
VCD	Voltaje de Corriente Directa
W	Vatios
°C	Grados centígrados
°F	Grados Fahrenheit
ON	Encendido

OFF	Apagado
JOG	Marcha a impulsos
LED	Diodo luminiscente
MOP	Potenciómetro motorizado
P	Parámetros
JOG	Control a pulsos
Fn	Funciones
I/O	Arranque/paro
kWh	Kilo vatio hora
USD	Dólares de los Estados Unidos de América
Hp	Potencia
HMI	Human Machine Interface

RESUMEN

Se ha Diseñado y Construido un Módulo para Laboratorio con Variador de Frecuencia para el Control de un Sistema de Bombeo.

Los materiales empleados para la construcción del Módulo de Laboratorio son acero inoxidable, los elementos constitutivos empleados en el mismo son Variador de Frecuencia ABB ACS 150, PLC micrologix 1100, elementos de protección contra cortocircuitos, sistema de paro de emergencia, bomba sumergible.

La metodología empleada para el desarrollo de la tesis ha sido mediante la programación del PLC micrologix 1100 el mismo que permitirá controlar el Variador de Frecuencia y a través de éste al Sistema de Bombeo funcionando con mandos manuales y automáticos; en las pruebas de funcionamiento se realizan dos tipos de arranque del Sistema de Bombeo, los mismos que permitirán apreciar el desempeño de la bomba sumergible trabajando en arranque directo y posteriormente controlado por un Variador de Frecuencia. Para la determinación del Ahorro Energético se utilizó un Medidor de Energía Trifásico el mismo que al ser conectado al Sistema de Bombeo y realizar el arranque directo y arranque controlado por Variador de Frecuencia durante un lapso de tiempo, permitirá establecer la diferencia de consumo energético entre las dos formas de funcionamiento, obteniéndose como resultados un ahorro en consumo de energía considerablemente aceptable.

Mediante la variación de la frecuencia del motor de la bomba se obtienen beneficios económicos para las empresas donde se aplican los mismos, el Variador de Frecuencia debe ser manipulado por personal familiarizado con el funcionamiento de los mismos.

ABSTRACT

A Laboratory Module with Frequency Converter for the Control Pumping System has been designed and constructed.

Laboratory Module was built with stainless steel, and the constituent elements used in it are Frequency Converter ABB ACS 150, PLC micrologix 1100, elements of short circuit protection, emergency stop system, and submersible pump.

This study has as main goals the following: to design and build module with Frequency Converter for the control pumping system and to determine the energy savings. To know which are the structure and characteristics of Frequency Converter. To check that the application of a Frequency Converter to a pumping system, energy savings is achieved.

For this research work, the methodology was developed through the programming of PLC micrologix 1100, which will allow controlling the Frequency Converter and through it to the Pumping System operating manual and automatic controls. In the functional tests are performed two rates starts Pumping System that will enable to appreciate the performance the submersible pumps working on starts up direct and subsequently controlled by a Frequency Converter. To determine energy savings is used a Three-phase Energy Meter, which will allow establishing the energy consumption difference between the two ways of operation, by means of connection to the pumping system and make the starts up direct and starts controlled by Frequency Converter over a period, then, it was obtained as a result a considerable savings in energy consumption.

In conclusion, the frequency converter of the pump motor gain economic benefits for enterprises, which apply it, Frequency Converter must hand by personnel with deep knowledge about it.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El ser humano y la tecnología son entes que se han desarrollado a la par a través del tiempo, por lo que el hombre ha diseñado y creado máquinas y herramientas, las mismas que faciliten la realización de tareas que puedan representar peligro para su integridad, además de que algunas de estas tareas precisen su fuerza y sean de carácter repetitivo, un ejemplo de ello es la sistematización de los procesos; para lo cual es necesario el control de cada uno de estos pasos, para lograr este control se ha puesto en práctica las técnicas de control industrial, las mismas que contribuyen en la eliminación de errores en los procesos y como complemento de ello se consigue disminuir el índice de accidentes personales y materiales; cuando el control industrial empezó a aplicarse de manera empírica, por lo que el hombre tuvo que utilizar sus capacidades de cálculo e incluso la fuerza física para la ejecución del control de un proceso o máquina asociada a la producción. Con el desarrollo de la tecnología, las tareas que anteriormente realizaban de forma empírica, ahora han sido delegadas a los autómatas y computadoras, los mismos que son los encargados de realizar el control y el accionamiento de los procesos.

Con la automatización de los procesos, el control industrial juega un papel muy importante. Los procesos en la industria tienen diferentes requerimientos y necesidades, uno de ellos es que se pueda controlar la velocidad rotacional de los motores que accionan las máquinas, existen varias maneras de lograr este propósito, una de ellas es con la aplicación de los variadores de frecuencia, los mismos que permitirán controlar la velocidad del motor con la variación de la frecuencia de alimentación que se suministra al mismo, considerando esta situación, se ha visto conveniente la implementación de un módulo de laboratorio con variador de frecuencia, con el fin de que los

estudiantes puedan fortalecer los conocimientos teóricos adquiridos en las aulas y aplicarlos en el laboratorio.

El control automático de los procesos en la actualidad es una disciplina que se ha desarrollado con una velocidad igual a la de la tecnología, la misma que tiene avances día con día; una de las razones por las que las empresas dudan mucho en automatizar sus procesos, es que los dispositivos que ofrecen este beneficio tienen costos elevados, por lo que tienen la necesidad de buscar alternativas que les proporcionen los mismos beneficios y características a un costo módico, la aplicación de variadores de frecuencia en los procesos de la industria representa algunas ventajas para las empresas que deciden hacerlo una de ellas es el ahorro en el consumo de energía, el mismo que se ve reflejado en la economía de las mismas.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El principal objetivo del presente proyecto es aprovechar las ventajas que proporcionan los variadores de frecuencia, y conocer las posibilidades que brindan dichos dispositivos para reducir costos en varios aspectos en la industria; además de poder controlar la frecuencia de alimentación de un motor de CA a voluntad de las necesidades que se presenten en un proceso, y además ofrecer la oportunidad de renovar equipos y materiales didácticos en el laboratorio de Control y Electrónica Industrial de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

El diseño y construcción del módulo de laboratorio con variador de frecuencia, cumple las siguientes características:

≤ ≤ Fácil construcción

- Fácil traslado y conexión su alimentación es 110 VAC -15A
- Bajo costo de fabricación
- Tiempo de fabricación mínimo
- Disminución en el consumo energético del motor
- Prolonga la vida útil de la maquinaria a la que esté acoplado
- Ahorrar en consumo energético de procesos
- ≤ Aumentar la precisión de control en diversos dispositivos como sistemas de bombeo, ventiladores, compresores, etc.
- ≤ Disminuir los costos de mantenimiento y reparación de dispositivos, como por ejemplo en su aplicación en bombas de agua
- ≤ Reducción de la fatiga mecánica
- Reducción de daño por cambios bruscos en cargas, pesos, flujos, etc.

Las características mencionadas permiten demostrar que para cumplir las metas propuestas y dar solución a los problemas de una forma rápida y confiable no se necesitan recursos exorbitantes para lograrlo, una de las principales preocupaciones o inconvenientes reales que presentan las empresas o industrias es que necesitan obtener un ahorro energético en sus procesos, el mismo que al final se ve reflejado en la economía de la empresa principalmente, y además en el rendimiento de las máquinas y calidad de los productos.

La implementación de módulos didácticos en el laboratorio de Control y Electrónica Industrial de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo contribuye al fortalecimiento de los conocimientos teóricos adquiridos por los estudiantes en las aulas y aplicarlos realizando prácticas en los laboratorios; además de brindar la oportunidad de contar con recintos equipados con tecnología que en la realidad industrial se están utilizando, situación que permite a los educandos adquirir destrezas en el manejo de dichos elementos.

1.3 OBJETIVOS.

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un módulo de laboratorio con variador de frecuencia para el control de un sistema de bombeo y determinar el ahorro energético.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer la estructura y características de los variadores de frecuencia.
- Analizar las ventajas y desventajas de su uso.
- Comprobar que con la aplicación de un variador de frecuencia a un sistema de bombeo, se consigue un ahorro energético.
- Diseñar el módulo con variador de frecuencia para el control de un sistema de bombeo y ahorro energético que representa la aplicación del mismo.
- Realizar el montaje y pruebas de funcionamiento del módulo.
- Elaborar guías de laboratorio para el manejo y programación del variador de frecuencia.

CAPITULO II

2.1 Marco Teórico

Actualmente los variadores de frecuencia desempeñan un lugar preponderante dentro de la industria en general, por su flexibilidad y multiplicidad en opciones de utilización a un costo razonable.

Muchas son las aplicaciones en donde la variación de velocidad se ha convertido en la vida misma de la fabricación de cualquier tipo de productos. Bien puede ser para arranques y paros frecuentes, cargas de alta inercia, troquelado, extrusión, bombeo, ventilación, coordinación de movimientos en líneas de producción, uso en regulación de velocidad, posicionamiento, sincronización, e infinidad de otras aplicaciones que antes solo era posible hacerlas parcialmente con corriente directa (CD) usando motores y controles costosos de adquirir y mantener.

A medida que la electrónica avanza y la generación de energía es cada vez más costosa, se torna rentable y necesario hacer cada vez más eficientes los procesos de producción, éste es el caso de aquellos procesos que involucren bombas y que haciendo uso de los controles de frecuencia (variadores) pueden ser más eficientes y por lo tanto ahorrar energía.

Los sistemas de velocidad variable se pueden aplicarse en aquellos procesos donde se requiera regular el flujo a diferentes cargas.

El comando y protección electrónica de motores provee un desempeño mayor que las soluciones tradicionales electromecánicas, cuando la necesidad sea arrancar un motor la opción será elegir entre los métodos tradicionales electromecánicos de arranque (directo o a tensión reducida como estrella-triángulo o autotransformador para motores jaula de ardilla, o con resistencias rotóricas para motores de rotor bobinado, entre otros) y un arrancador electrónico progresivo.

Si las necesidades de la aplicación son de variar velocidad y controlar el par, las opciones son utilizar alguna solución mecánica, un motor especial (de corriente continua, servo, etc.), o un motor asíncrono jaula de ardilla con variador de frecuencia.

Una aplicación de variadores de frecuencia son los organismos de suministro de agua potable que en busca del control del proceso y ahorro de energía aprovechan las bondades de los mismos para variar la velocidad en los sistemas de bombeo, ya que éste es el caso donde la carga es variable, debido al consumo que se registre durante el día.

2.2 Definición del variador de frecuencia. [1]

El control de procesos y el ahorro de energía son las dos de las principales razones para el empleo de variadores de frecuencia. Históricamente, los variadores de frecuencia 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 es un dispositivo electrónico que permite controlar y regular la velocidad de motores eléctricos de inducción, esta regulación se realiza por medio del control de la frecuencia de alimentación que se le suministra al motor. Los variadores de frecuencia permiten el correcto funcionamiento de los motores eléctricos, ya que regulan la velocidad a la cual funcionan. El funcionamiento de las maquinarias eléctricas puede operar a velocidades constantes o variables, dependiendo del tipo de alimentación, de las características del motor y de las exigencias del proceso. Para controlar que la velocidad del motor sea la óptima, se emplean controladores de velocidad llamados variadores de frecuencia o de velocidad.

2.3 Principio de funcionamiento del variador de frecuencia. [2]

El variador de frecuencia es un aparato de la electrónica de potencia para la alimentación de accionamientos trifásicos de alta dinámica dentro de una gama de potencias de 0,55 kW a 15 kW el aparato se puede conectar a una red de corriente trifásica con una tensión comprendida entre 220V y 380 V, con una frecuencia de 50/60

Hz. La corriente de la red se rectifica y se introduce al circuito intermedio. Con el ondulator se produce, de la tensión continua del circuito intermedio, mediante la modulación de duración de impulsos, un sistema de corriente trifásica con una frecuencia de salida que oscila entre 0 Hz y 400 Hz. La alimentación de la tensión interna de CC de 24V se toma de una fuente de alimentación integrada. La electrónica de regulación se encarga del control del aparato. Esta se compone de un microprocesador y un procesador analógico digital, las funciones se realizan por medio del software del equipo. El manejo se realiza con el panel del equipo, el panel de mandos opcional, el regletero de bornes o a través de un sistema de bus.

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.
- **Inversor o "Inverter":** convierte la tensión continua en otra de tensión y frecuencia variable mediante la generación de pulsos. Actualmente se emplean IGBT's (Isolated Gate Bipolar Transistors) para generar los pulsos controlados de tensión. Los equipos más modernos utilizan IGBT's inteligentes que incorporan un microprocesador con todas las protecciones por sobre-corriente, sobretensión, baja tensión, cortocircuitos, puesta a masa del motor, sobre-temperaturas, etc.

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

El Inversor o Inverter convierte la tensión continua de la etapa intermedia en una tensión de frecuencia y tensión variables. Los IGBT's envían pulsos de duración variable y se obtiene una corriente casi senoidal en el motor. La frecuencia portadora de los IGBT's se encuentra entre 2 a 16kHz. Una portadora con alta frecuencia que reduce el ruido acústico del motor pero disminuye el rendimiento del mismo y la longitud permisible del cable hacia el motor. Por otra parte, los IGBT's generan mayor calor. Las señales de control para arranque, parada y variación de velocidad (potenciómetro o señales externas de referencia) están aisladas galvánicamente para evitar daños en sensores o controles y evitar ruidos en la etapa de control.

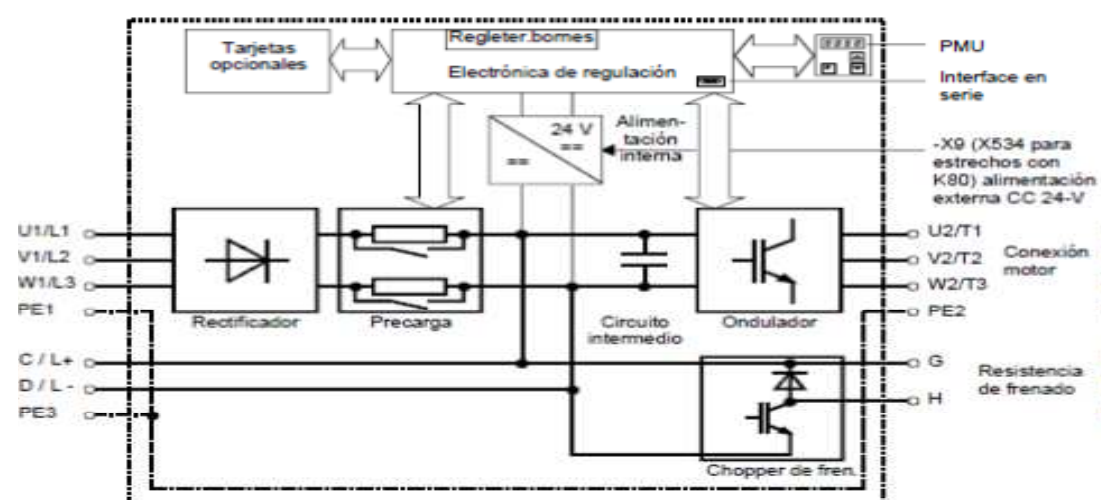


Figura 2. 1 Principio de funcionamiento del variador de frecuencia.
Fuente: SIEMENS, (2005), INSTRUCCIONES DE USO DOCUMENTO DE USUARIO, SINAMICS G110 120W-3KW.

2.4 Funciones de los variadores de frecuencia electrónicos.

2.4.1 Ventajas de la utilización de los variadores de frecuencia. [3]

La implementación de un variador de frecuencia en un motor eléctrico, generalmente es una labor donde deben coordinarse aspectos del proceso tales como mecánicos, eléctricos y además incluir elementos electrónicos de control como PLC y otros.

De forma general las principales ventajas de usar los variadores de velocidad son:

- cambios bruscos \leq Disminución en el consumo energético del motor. c
- Prolongar la vida útil de la maquinaria.
- Evita el alto consumo energético al iniciar el proceso de una máquina.
- Aumentar la precisión de control en diversos dispositivos como ventiladores, compresores, etc.
- Disminuir los costos de mantenimiento y reparación de dispositivos como por ejemplo en su aplicación en bombas de agua.
- Reducción de estrés mecánico.
- Reducción de daño por en cargas, pesos, flujos, etc.
- El uso de variadores de frecuencia en aplicaciones de bombeo, presentan las siguientes ventajas:
 - Disminución del gasto de energía de la bomba: los principales costos asociados a un sistema de bombeo son la energía consumida, inversión inicial y su correspondiente mantenimiento. La disminución de la energía consumida por las bombas se reflejará directamente en la cuenta

- eléctrica de la industria.
- Menor costo de mantenimiento y reparación: al usar variadores de frecuencia se pueden reducir los costos de mantenimiento y reparación de las bombas, según:
 - Reducción del estrés mecánico de la bomba.
 - Reducción de riesgos de cavitación.
 - Reducción de daño en la bomba debido a cambios bruscos de flujo.
 - Permite la aplicación de bombas en paralelo: los sistemas redundantes, controlados por los variadores de velocidad según la demanda de flujo solicitada.
 - Reducción del número de bombas: el control del caudal se lleva a cabo frecuentemente mediante dos o más bombas de diferentes tamaños conectadas en paralelo, accionando sucesivamente estas bombas se consigue el control paso a paso, si se dota a la bomba más grande de un control de velocidad se consigue mejor control con una menor inversión, además de bombas y motores se pueden eliminar muchas válvulas y parte del sistema de tuberías.

Al controlar la velocidad mediante un convertidor de frecuencia no es necesario el uso de bombas de diferentes tamaños en paralelo, como lo muestra la figura2:

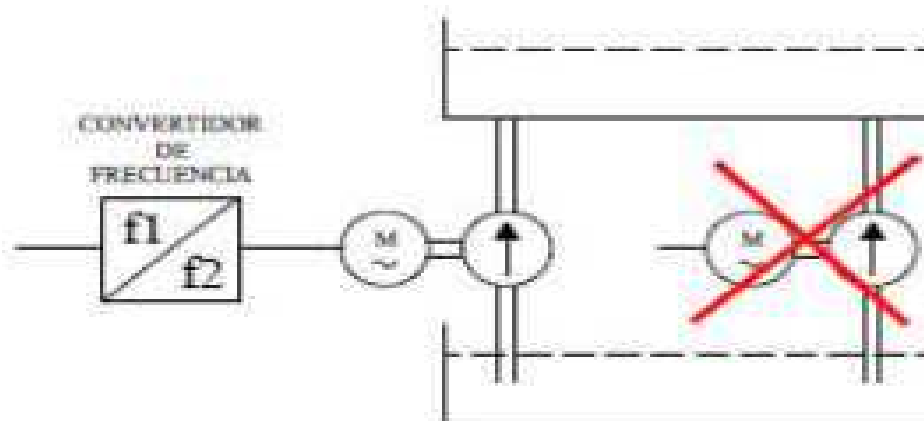


Figura 2.2. Con el variador de velocidad no es necesario el uso de bombas de diferentes tamaños en paralelo.

Fuente: FITZGERALD, A. (1986) MAQUINAS ELECTRICAS MEXICO: Mc GRAW HILL.

- Menor número de tanques: para mantener una presión uniforme en las tuberías, en aplicaciones de carga intermitentes (plantas de agua) se utilizan depósitos de presión y tanques a distintos niveles, si se aplica un variador de frecuencia a una bomba es posible reducir el tamaño de los depósitos y tanques e incluso eliminarlos, además de reducir los costos de inversión se logra un mejor control, lo que se traduce en una presión más uniforme para el consumidor.

Un depósito de presión puede ser sustituido por ejemplo por un control de presión con variador de frecuencia como se ilustra en la siguiente figura:

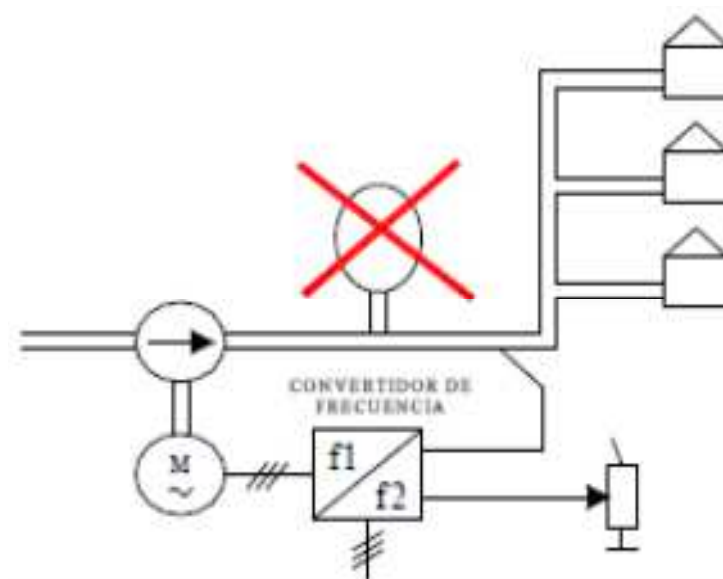


Figura 2.3. El variador de velocidad permite la sustitución de los depósitos de presión.

Fuente: FITZGERALD, A. (1986) MAQUINAS ELECTRICAS MEXICO: Mc GRAW HILL.

- Ahorro de consumos de energía y potencia: la corriente de arranque necesaria es solo una fracción de lo requerido mediante el arranque directo de esta manera el equipo de distribución eléctrica es más pequeño y económico; una típica instalación para el ahorro de energía es el generador de emergencia para las bombas más importantes, cuando se usa un convertidor de frecuencia el tamaño del generador se

reduce en un 30 ó 50% de lo calculado originalmente.

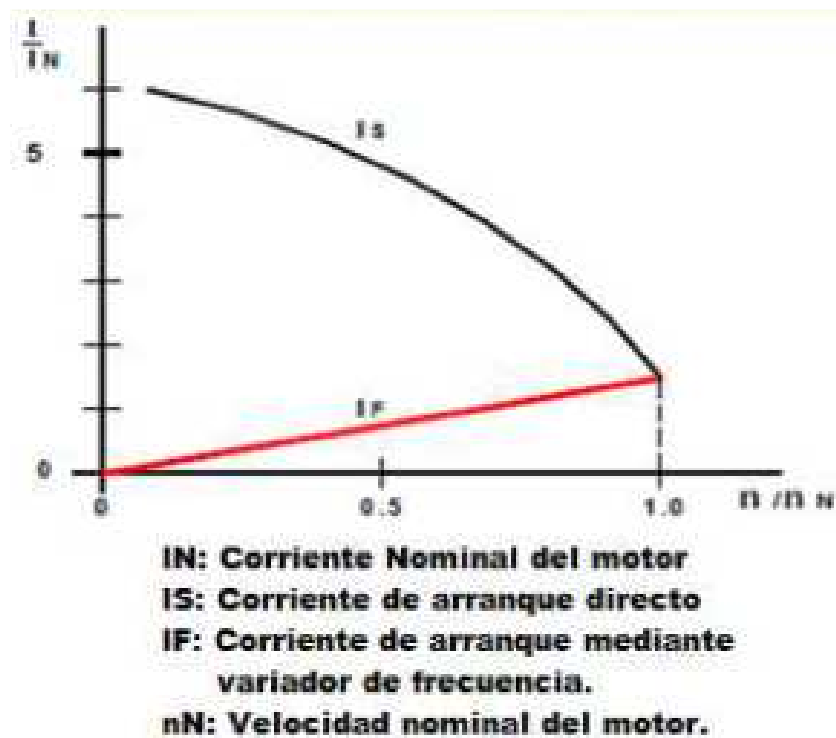


Figura2. 4. Ahorro de consumos de energía y potencia con variador de velocidad.

Fuente: SIEMENS, (2005), INSTRUCCIONES DE USO DOCUMENTO DE USUARIO, SINAMICS G110 120W-3KW.

- Ahorro en consumos de energía reactiva: los motores de bombas consumen potencia reactiva que ha de ser generada de alguna forma, la compensación normalmente se lleva a cabo mediante condensadores situados cerca del motor, éste control mejora el factor de potencia, no requiriéndose condensadores de compensación, se reduce así el costo de inversión y se alcanza un efecto de compensación óptimo.

Los convertidores de frecuencia generan la potencia reactiva que requiere el motor y hacen innecesario el uso de condensadores de compensación.

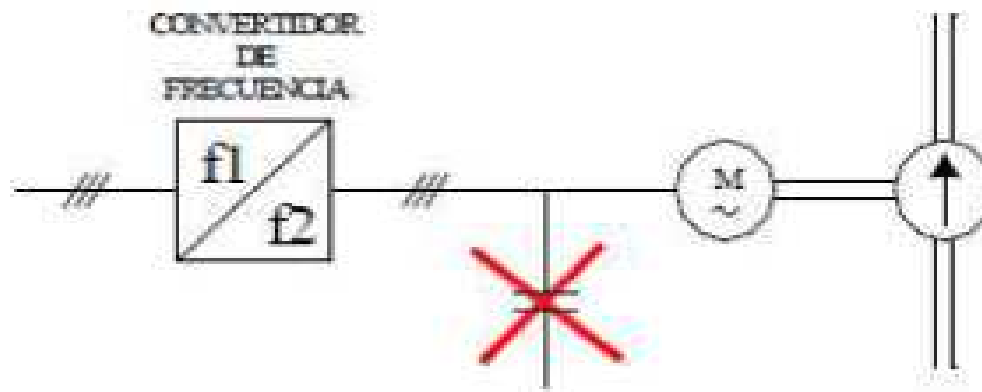


Figura 2.5. Ahorro en consumos de energía reactiva.
 Fuente: FITZGERALD, A. (1986) MAQUINAS ELECTRICAS MEXICO: Mc GRAW HILL.

- Mejora el control del caudal: con control de velocidad se consigue más fácilmente un mejor resultado que con otras formas de control no lineales, una desventaja del funcionamiento intermitente es la discontinuidad de regulación, el parámetro controlado: caudal o presión es variable, con un convertidor de frecuencia se consigue un control exacto y lineal.

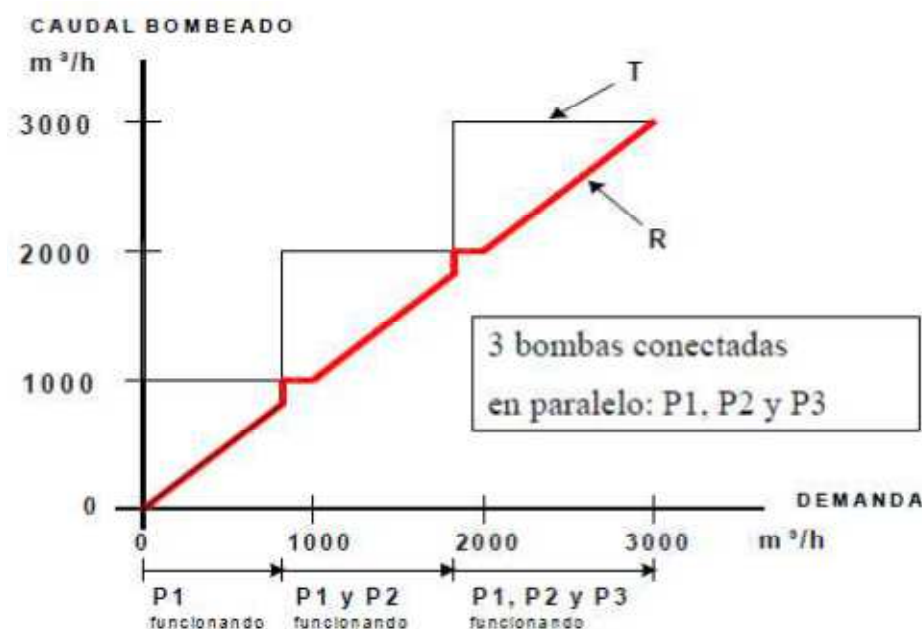


Figura 2.6. Mejora de control de caudal.
 Fuente: FITZGERALD, A. (1986) MAQUINAS ELECTRICAS MEXICO: Mc GRAW HILL.

- Reducción de costos: la bomba, tubería y válvulas experimentan un desgaste menor, aumento de la vida útil mecánica, menor costo de mantenimiento, se reducen las tensiones estáticas, el sistema no está forzado a operar con una alta presión de bombeo continuamente tal y como en el control por estrangulamiento, la presión se adapta a la demanda, el esfuerzo dinámico es menor con el control de velocidad en relación al control arranque-parada, se evitan los golpes de ariete que soportan las tuberías.

2.4.2 Desventajas de la utilización de los variadores de frecuencia.

- Es necesario que el motor pueda funcionar adecuadamente con el convertidor, ya que la corriente que recibe no es perfectamente lisa si se trata de un motor de corriente continua, ni perfectamente sinusoidal si se trata de un motor de corriente alterna.
- El convertidor está constituido por semiconductores que cierran o abren los circuitos muy rápidamente y originan variaciones rápidas de corriente o de tensión. Por este motivo, las ondas electromagnéticas radiadas pueden alterar el entorno.
- El convertidor de frecuencia toma de la red corrientes no sinusoidales y se comporta como un generador de corrientes armónicas.

2.5 Tipos de variadores de frecuencia. [1]

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

2.5.1 Variadores de frecuencia mecánicos.

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.

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.

2.5.2 Variadores de frecuencia hidráulicos.

De igual forma que los variadores de frecuencia mecánicos, se utilizan para transmisiones los mismos que tienen varias aplicaciones.

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 un 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 hidro-viscoso: consta de uno o más discos conectados con un

eje de entrada, los cuales estarán en contacto físico (pero no conectados mecánicamente) con uno o más discos conectados al eje de salida. El par mecánico también conocido como 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.

2.6 Variadores de frecuencia eléctrico-electrónicos.

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

Existen cuatro categorías de variadores de velocidad eléctrico-electrónicos que más adelante serán detallados:

- Variadores de frecuencia para motores de Corriente Continua.
- Variadores de frecuencia por Corrientes de Eddy.
- Variadores de frecuencia de deslizamiento.
- Variadores de velocidad para motores de Corriente Alterna, también conocidos como variadores de frecuencia.

2.6.1 Variadores de frecuencia para motores de corriente continua.

Este tipo de 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:

$$V_t = K.FM.Nm \quad (1)$$

Donde:

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:

$$Nm = \frac{V_t}{K.Fm} \quad (2)$$

Entonces, de (2) puede observarse que la velocidad mecánica de un motor de corriente continua es directamente proporcional al voltaje terminal (VT) 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 Corriente Continua: controlando su voltaje terminal, o bien, manipulando el valor de la corriente de campo.

2.6.2 Variadores de frecuencia por corriente 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.

2.6.3 Variadores de frecuencia por deslizamiento.

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

$$N_m = \frac{120 \cdot f \cdot (1-s)}{p} \quad (3)$$

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.

2.6.4 Variadores de frecuencia para motores de C.A.

Los variadores de frecuencia permiten controlar la velocidad tanto de motores de inducción (asíncronos de jaula de ardilla o de rotor devanado), como de los motores síncronos mediante el ajuste de la frecuencia de alimentación al motor.

1. Para el caso de un motor síncrono, la velocidad se determina mediante la siguiente expresión:

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{P} \quad (4)$$

≤ Cuando se trata de motores de inducción, se tiene (1) Donde:

N_s = velocidad síncrona (rpm)

N_m = *velocidad mecánica (rpm)*

f = *frecuencia de alimentación (Hz)*

s = *deslizamiento (adimensional)*

P = *número de polos.*

Como puede observarse en las expresiones anteriores, la frecuencia y la velocidad son directamente proporcionales, de tal manera que al aumentar la frecuencia de alimentación al motor, se incrementará la velocidad de la flecha, y al reducir el valor de la frecuencia disminuirá la velocidad del eje. Por ello es que este tipo de variadores manipula la frecuencia de alimentación al motor a fin de obtener el control de la velocidad de la máquina.

Estos variadores mantienen la razón Voltaje/ Frecuencia (V/Hz) constante entre los valores mínimo y máximos de la frecuencia de operación, con la finalidad de evitar la saturación magnética del núcleo del motor y además porque el hecho de operar el motor a un voltaje constante por encima de una

frecuencia dada (reduciendo la relación V/Hz) disminuye el par del motor y la capacidad del mismo para proporcionar potencia constante de salida.

2.7 Aplicaciones de los variadores de frecuencia. [4]

Los variadores de frecuencia o de velocidad tienen una amplia gama de aplicaciones industriales, como por ejemplo:

- Bombas centrífugas: en este caso los variadores permiten un control, ya sea de caudal determinado, de presión constante o de volumen variable. En este tipo de aplicaciones el variador de frecuencia permite gran ahorro de consumo eléctrico ya que permiten reemplazar sistemas con tanque hidroneumático, tanque en altura, etc.
- Ventiladores de aire acondicionado: en este caso también permite grandes ahorros de energía; se utilizan en extractores de aire, control de presurización, ventiladores, torres de enfriamiento, etc.
- Cintas o correas transportadoras: especialmente en el caso de procesos industriales donde las cintas transportan algunos elementos que deben coordinarse con otras maquinarias como por ejemplo envasado de productos.
- Bombas de desplazamiento positivo: similar al caso anterior se usan para regular caudales de líquidos o pastas que deben dosificarse, como por ejemplo pulpas de jugos, pulpa de celulosa, concentrados de la minería, etc.
- Extrusoras y prensas de tornillo: reemplazan sistemas hidráulicos tradicionales proporcionando una variación amplia de velocidad y control de torque, ejemplo extrusoras de plásticos, snacks, pasta, etc.
- Separadores centrífugos: realizan un arranque suave y progresivo de la centrífuga evitando los picos de corriente y las velocidades de resonancia del sistema.

- Ascensores: Permiten un arranque y parada suave del ascensor pero manteniendo el torque, evitando así que los pasajeros sufran menos movimientos bruscos.
- Cambios de voltaje: Controlan y protegen todos los equipos contra cambios súbitos de voltaje, cortocircuitos y voltajes excesivos.
- Otras aplicaciones importantes se dan en laminadoras de metal, compresores de aire, máquinas textiles, máquinas papeleras, etc.

2.7.1 Ahorro de energía relacionado con la utilización de variadores de frecuencia.

Actualmente mediante la utilización de variadores de frecuencia, se puede variar la velocidad de un motor, esto permite controlar la velocidad en procesos donde las necesidades de flujo sean cambiantes.

La elección de la instalación de un variador de frecuencia como método de ahorro energético supone:

- Reducción del consumo.
- Control operativo, mejorando la rentabilidad y la productividad de los procesos reduciendo la velocidad de los motores cuando sea necesario.
- Minimización de pérdidas en motores e instalaciones.
- Ahorro en mantenimiento debido a que el motor trabajara siempre en las condiciones óptimas de funcionamiento.

En la actualidad se encuentran disponibles diferentes tipos de variadores de frecuencia, los que deben ser escogidos de acuerdo a la aplicación o carga que se desee controlar.

Para control de cargas de torque variable, como bombas centrífugas, ventiladores, entre otros, donde el torque varía al cuadrado de la velocidad y la potencia al cubo de la velocidad. El variador de velocidad entrega una operación

segura y silenciosa sobre el arranque y la parada del motor, y una larga vida útil de los componentes eléctricos y mecánicos del sistema. En el rango inferior de revoluciones o en el funcionamiento con cargas reducidas, resulta posible obtener un drástico ahorro de energía de hasta 60%. Un ahorro energético adicional se obtiene por medio del control óptimo de la excitación del motor. Gracias a ello, el motor es alimentado en todo momento con el flujo magnético óptimo, reduciendo así las pérdidas. Como resultado, obtenemos una efectividad máxima del motor con un grado máximo de eficiencia energética.

El variador de velocidad entrega un gran ahorro de energía en comparación con otros sistemas alternativos, como por ejemplo, válvulas reguladoras. Junto con el ahorro de energía ofrecen una eficiente manera de controlar el flujo de aire y/o agua, y un elevado nivel de confort a los usuarios de la instalación en donde éste sea utilizado.

Para cargas con torque constante grúas, molinos, correas transportadoras, entre otras, se utilizan variadores de velocidad con control directo de torque. En todas estas aplicaciones, el torque es independiente de la velocidad donde en el arranque se requiere mayor torque que el nominal.

Junto a lo anterior, se incluyen las aplicaciones de torque creciente linealmente con la velocidad, en donde la potencia varía al cuadrado de la velocidad, como son las mezcladoras y bombas volumétricas de tornillo.

Finalmente, aplicaciones con potencia constante, en donde la potencia es independiente de la velocidad, funcionamiento propio de maquinarias y sistemas de arrollamientos, como por ejemplo: rodillos, limitador de prensas, bobinador/ desbobinador.

El variador de velocidad con control directo de torque ofrece intensidades de arranque más bajas, por lo tanto es posible usar fusibles más pequeños, cables de menor sección y menos gasto en energía, logrando de esta forma tener menos estrés mecánico en el motor, aumentando su vida

útil.

El ahorro de energía se determina por la fracción de tiempo operando bajo un nivel de carga en particular y el período de operación bajo esas condiciones. Los ahorros más importantes los tendremos en las cargas de torque cuadrático, donde una pequeña disminución de velocidad produce una gran disminución de potencia absorbida por el motor.

2.8 Industrias donde se utilizan los variadores de frecuencia.

Los variadores de velocidad tienen una amplia gama de aplicaciones, de aquí que las principales industrias donde se utilizan los variadores de velocidad son las siguientes:

- ≤ **Metalúrgicas:** chapas y laminados, perfiles de hierro, aluminio, cables, tornerías, electrodomésticos, revestimiento de caños, fundiciones, fresadoras, electrodos, etc.
- ≤ **Alimenticias:** los variadores de frecuencia tiene gran acogida en la industria alimenticia como panificadoras, galletas, pastas secas, pastas frescas, chocolates, golosinas, lácteos, azúcar, margarinas, frigoríficos, quesos, grasas animales, molinos harineros, mantecas, criaderos de pollos, aceiteras, frutícolas, jugueras, aguas minerales, bodegas vitivinícolas, cerveceras, productos balanceados, etc.
- ≤ **Construcción:** edificios, autopistas, cementeras, tejas, azulejos, pisos, ladrillos, bloques, fibrocemento, pretensados, aberturas, sanitarios, membranas asfálticas, caleras, arenas especiales, etc.
- ≤ **Automovilísticas:** la industria automovilística utiliza los variadores de frecuencia en montadoras de autos, montadoras de camiones, ómnibus, auto partes, tapizados, plásticos, radiadores, neumáticos, rectificadora de

motores, etc.

- ≤ **Plásticos:** perfiles, poliestireno, telgopor, impresoras, envases, juguetes, muebles, bolsas, etc.
- ≤ **Papeleras:** **papel**, cartón, corrugados, cajas, papel higiénico, bobinas, bolsas, envases, etc.
- ≤ **Cueros:** curtiembres, tintorerías, cuerinas, calzados, ropas, etc.
- ≤ **Químicas:** laboratorios medicinales, pinturerías, adhesivos, detergentes, jabones, explosivos, acrílicos, anilinas, insecticidas, fertilizantes, petroquímicas, etc.
- ≤ **Petroleras:** petróleos, refinerías, lubricantes, destilerías, etc.
- ≤ **Textiles:** tejidos, tintorerías, lavaderos, hilanderías, etc.
- ≤ **Madereras:** aserraderos, muebles, impregnadoras, laminados, tableros, terciados, etc.
- ≤ **Caucho:** neumáticos, gomas, látex, etc.
- ≤ **Otras:** aeronáuticas, tabacaleras, vidrio, aguas sanitarias, cerealeras, universidades, empresas de ingeniería, minería, acerías, agropecuarias, preparadores de vehículos de competición, etc.

2.9 Elementos de protección y monitoreo.

Los variadores de velocidad aseguran tanto la protección térmica de los motores como su propia protección. A partir de la medida de la corriente y de una información sobre la velocidad, un microprocesador calcula la elevación de temperatura de un motor y suministra una señal de alarma o de

desconexión en caso de calentamiento excesivo. Además, los variadores, y especialmente los convertidores de frecuencia, están dotados de protecciones contra:

- ≤ Cortocircuitos entre fases y; entre fase y tierra.
- ≤ Sobretensiones y las caídas de tensión.
- ≤ Desequilibrios de fases.
- ≤ Funcionamiento en monofásico,

Estructura y componentes de los arrancadores y variadores electrónicos.

Se componen de dos módulos generalmente montados en una misma envolvente:

- ≤ Un módulo de control del funcionamiento del aparato.
- ≤ Un módulo de potencia que alimenta el motor con energía eléctrica.

Módulo de Control: todas las funciones se controlan mediante un microprocesador que gestiona la configuración, las órdenes transmitidas por las medidas como velocidad, corriente, etc. El microprocesador gestiona las rampas de aceleración y desaceleración, el control de la velocidad y la limitación de corriente, generando las señales de control de los componentes de potencia.

Los límites de velocidad, las rampas, los límites de corriente y otros datos de configuración se definen utilizando un teclado integrado o mediante PLC o mediante PC.

Del mismo modo los diferentes comandos (marcha, parada, frenado), pueden proporcionarse mediante interfaces de diálogo hombre/máquina, utilizando autómatas programables o PC.

Los parámetros de funcionamiento y las informaciones de alarma, y los defectos pueden verse mediante display, diodos LED, etc.

Módulo de potencia: el módulo de potencia está principalmente constituido por:

- ≤ Componentes de potencia (tiristores, diodos).
- ≤ Interfaces de medida de las tensiones y/o corrientes.
- ≤ En aparatos de gran calibre, un conjunto de ventilación.

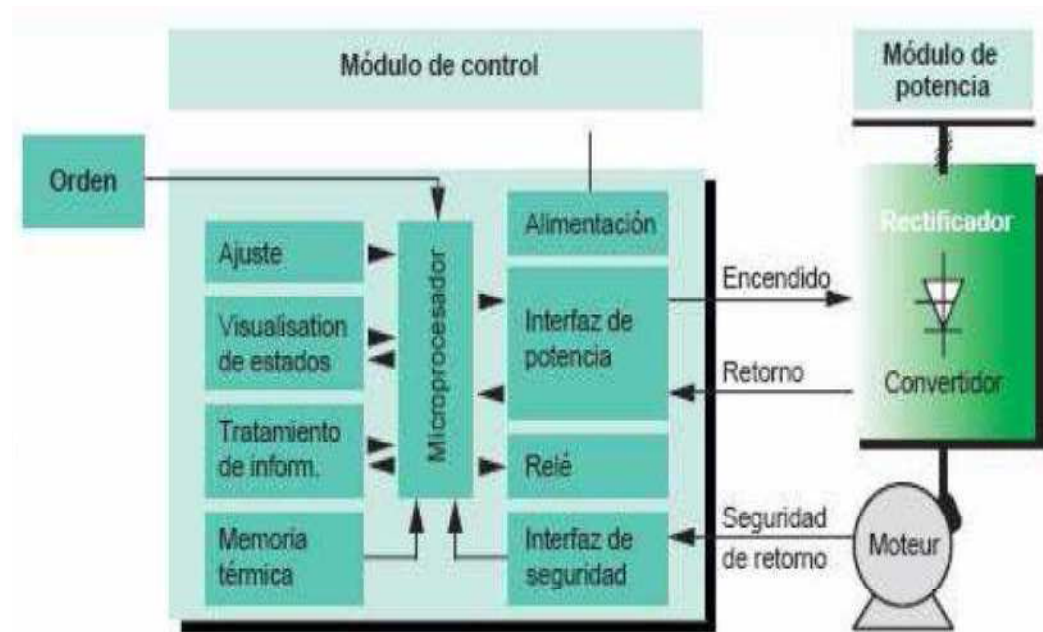


Figura 2. 7. Estructura general de un variador de frecuencia eléctrico.
Fuente: SIEMENS, (2005), INSTRUCCIONES DE USO DOCUMENTO DE USUARIO, SINAMICS G110 120W-3KW.

Instrucciones de uso del convertidor ABB

ACS150 [5]

Los variadores ABB ACS150 SINAMICS son convertidores de frecuencia para regular la velocidad en motores trifásicos.

Los convertidores están controlados por un microprocesador y utilizan tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de última generación. Esto los hace fiables y versátiles. Un método especial de modulación por ancho de impulsos con frecuencia de pulsación seleccionable permite un funcionamiento silencioso del motor. Extensas funciones de seguridad ofrecen una protección excelente tanto del convertidor como del motor.

Con sus propiedades de fábrica el ACS150 es ideal para una gran gama de aplicaciones sencillas de control de motores.

Los valores de parámetros para el ACS150 se pueden modificar con un panel de control integrado, que proporciona las herramientas básicas para la entrada manual de valores de los parámetros.

Características principales del Variador

- ≤ 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).

- ≤ Una entrada digital con separación galvánica.
- ≤ Tres 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.
- ≤ Información de estado y alarmas que se visualizan en panel de control integrado.
- Alimentación Monofásica o trifásica, 200 a 240 V \pm 10%

Funciones

- ≤ Tiempo de respuesta a señales de mando rápido.
- ≤≤≤≤ Limitación rápida de corriente (Fast Current Limit FCL) para funcionamiento seguro sin desconexiones por fallo.
- ≤ Freno combinado.
- ≤ Freno por inyección de corriente continua integrada.
- ≤ Frecuencias fijas.
- ≤ Función de potenciómetro motorizado.
- ≤≤≤ Tiempos de aceleración y deceleración ajustables con redondeo parametrizable.
- ≤ Control con 2-hilos/3-hilos
- ≤ Re-arranque automático después de cortes de red.

Características de protección

- ≤ Protección sobretensión / sub-tensión.
- ≤ Protección de sobre-temperatura para el convertidor.
- ≤ Protección de defecto a tierra.
- ≤ Protección de cortocircuito.
- ≤ Protección contra la pérdida de estabilidad (vuelco) del motor.

Diagrama de bloques

El presente diagrama ilustra la estructura interna del variador de frecuencia ACS150, el mismo donde constan las entradas analógicas, entradas digitales, , los mismos que permiten conocer la estructura interna del variador de frecuencia.

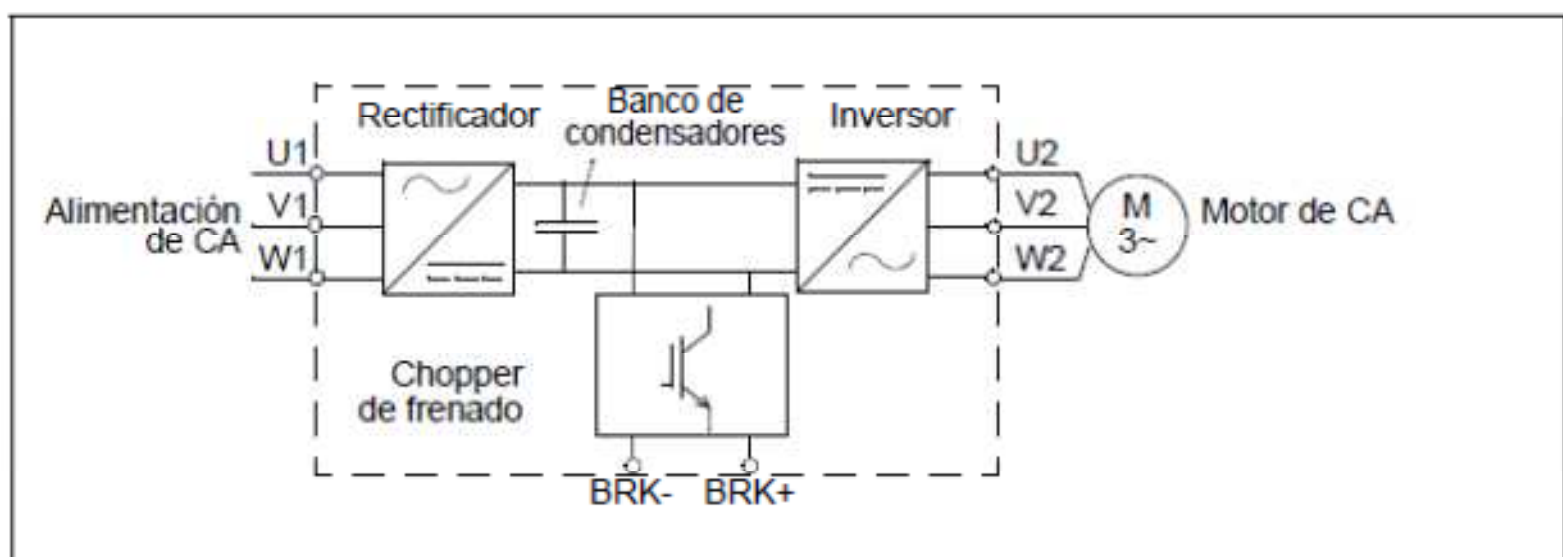


Figura 2.8 diagrama estructura interna del variador

Fuente: ASEA BROWN BOVERI S.A, ABB. (2006). MANUAL DEL USUARIO CONVERTIDORES DE FRECUENCIA TIPO COMPONENTE ACS150 (0,37 A 4 KW, 0,5 A 5 CV).

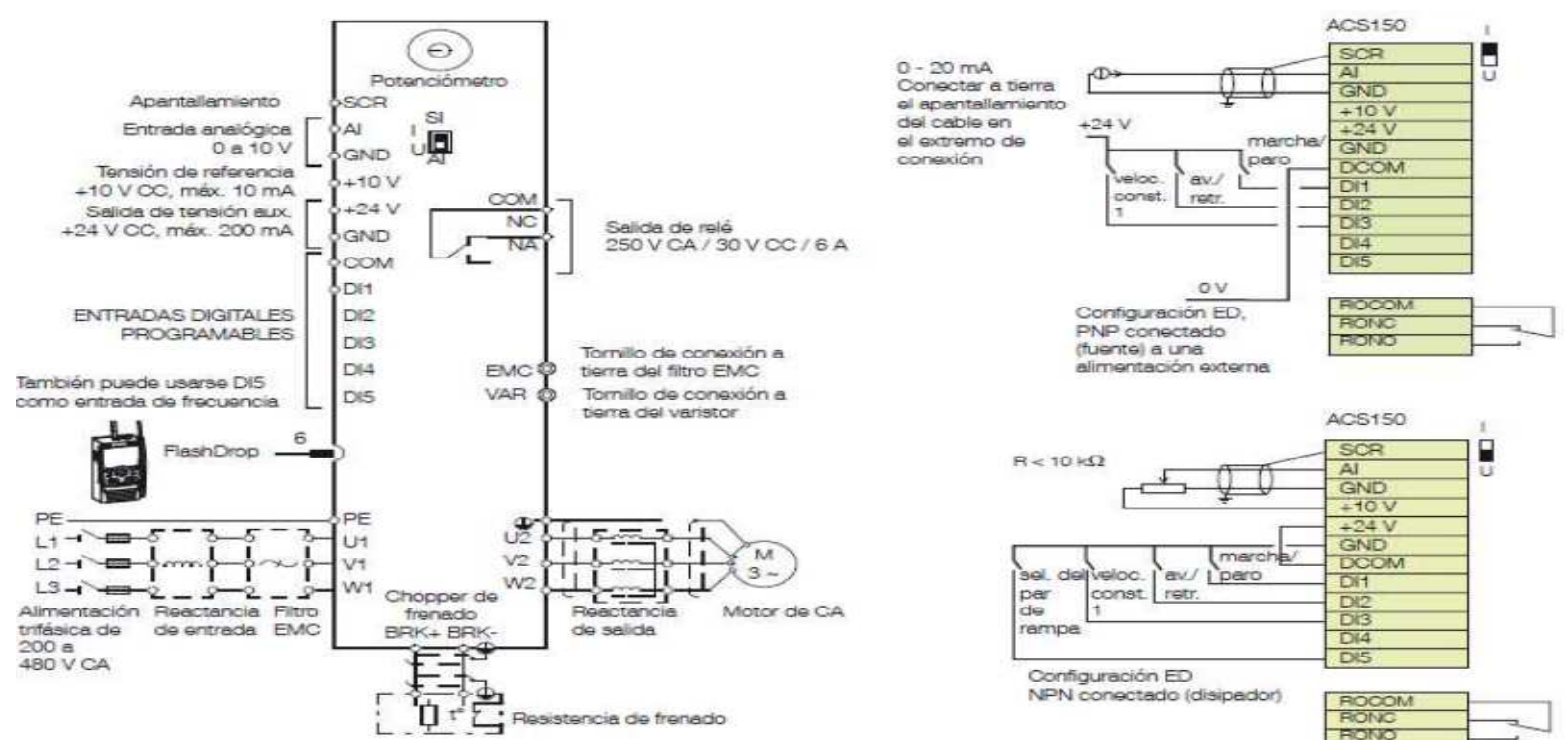


Figura 2.9: Diagrama de bloques del ACS150

Fuente: ASEA BROWN BOVERI S.A, ABB. (2006). MANUAL DEL USUARIO CONVERTIDORES DE FRECUENCIA TIPO COMPONENTE ACS150 (0,37 A 4 KW, 0,5 A 5 CV).

PLC MicroLogix 1100

El micrologix 1100 es un PLC ideal para una amplia variedad de aplicaciones. Es particularmente apropiado para satisfacer las necesidades de aplicaciones SCADA RTU, envasado y manejo de materiales. Con más memoria aún para registro de datos y recetas que el MicroLogix 1500, el MicroLogix 1100 es excelente para monitoreo remoto y para aplicaciones que requieren uso intenso de memoria, pero que requieren pocas E/S.

En aplicaciones pequeñas, las E/S incorporadas en este controlador pueden representar todo el control requerido. Hay 10 entradas digitales, 6 salidas digitales y 2 entradas analógicas en cada controlador, con la capacidad de añadir módulos digitales, analógicos, de RTD y de termopar para personalizar el controlador de acuerdo con la aplicación. En versiones de controladores con entradas de CC hay un contador de alta velocidad, y en la versión de salidas de CC, dos salidas PTO/PWM (salidas del tren de pulso y modulación de impulsos en anchura), lo cual permite al controlador funcionar con capacidades simples de

control de movimiento. El MicroLogix 1100 también acepta E/S de expansión. Hasta cuatro de los módulos de E/S 1762 (usados también por el controlador MicroLogix 1200 y 1400) pueden añadirse a las E/S.

Así mismo, micrologix 1100 se puede utilizar para controles especiales en invernaderos o jardines de invierno, para el procesamiento previo de señales en controles y mediante la conexión de un módulo de comunicaciones, para el control descentralizado de máquinas y procesos. Para las aplicaciones en serie en la construcción de máquinas pequeñas, aparatos y armarios de distribución, así como en el sector de instalaciones.

Toda la programación se realiza, de una forma bastante sencilla, y existen dos programas para realizarlo uno de comunicación y otro de programación, el programa de comunicación es RSlinx Classic y el de programación RSlogix 500.

Ventajas

micro-PLC MicroLogix 1000 se puede usar en una amplia variedad de aplicaciones de 32 E/S o menos, requiere menos espacio que un controlador de tamaño completo y usted paga una fracción del precio. Las siguientes son algunas razones por las que usted puede usarlos con confianza:

- Memoria de programación y datos de 1 K preconfigurada para facilitar la configuración (bit, número entero, temporizadores, contadores, etc.)
- El rápido procesamiento ofrece un tiempo de rendimiento efectivo típico de 1.5 ms para un programa de 500 instrucciones.
- La memoria EEPROM incorporada retiene toda la lógica de escalera y los datos si el controlador sufre una interrupción de la alimentación eléctrica, eliminando así la necesidad de batería de respaldo o de un módulo de memoria separado.
- Los múltiples puntos de conexión comunes de entrada y salida permiten usar el controlador para dispositivos de entrada drenadores o surtidores, y múltiples puntos de conexión comunes de salida proporcionan aislamiento

en aplicaciones de salida de diversos voltajes.

- El canal de comunicación RS-232 permite una simple conectividad a una computadora personal para cargar, descargar y monitorear programas usando múltiples protocolos, entre ellos DF1 Full-Duplex.
- La compatibilidad con el protocolo esclavo RTU usando DF1 Half-Duplex esclavo permite que hasta 254 nodos se comuniquen con un solo maestro usando radiomódems, módems de línea dedicada o enlaces satelitales.
- La capacidad de transmisión de mensajes entre dispositivos similares le permite conectar en red hasta 32 controladores en DH-485 (usando un módulo 1761-NET-AIC).
- Redes de comunicación avanzada, tales como DeviceNet y EtherNet/IP mediante los módulos de comunicación 1761-NET-DNI y 1761-NET-ENI
- Los controladores que tienen entradas de 24 VCC incluyen un contador de alta velocidad incorporado (6.6 kHz)
- Los filtros de entrada CC ajustables permiten personalizar el tiempo de respuesta de entrada y el rechazo de ruido para satisfacer las necesidades de su aplicación
- Certificaciones para mercados en todo el mundo (CE, C-Tick, UL, c-UL, inclusive para lugares peligrosos Clase 1 División 2).

CAPÍTULO III

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE LABORATORIO CON VARIADOR DE FRECUENCIA.

3.1 Diseño del circuito eléctrico para la instalación del variador de frecuencia.

Para el diseño y construcción del módulo de variador de velocidad para el control de un sistema de bombeo, se ha tomado en cuenta que, debe ser o estar constituido de tal forma que facilite el aprendizaje e ilustre claramente las partes más importantes del tema en estudio, como también que éste se acople perfectamente a los métodos de estudio que se imparten en el laboratorio de Control y Electrónica Industrial de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo, tomando en cuenta las normas establecidas para la instalación de los diferentes dispositivos eléctricos–electrónicos.

3.1.1 Elementos constitutivos.

Protección contra cortocircuitos [6]

El circuito de protección contra cortocircuito tiene como objetivo garantizar la seguridad del sistema en caso de un funcionamiento incorrecto de los equipos, dispositivos del módulo para laboratorio, conexiones incorrectas durante la realización de las prácticas etc. El dispositivo a proteger al módulo de laboratorio es el breaker automático que brinda las siguientes características:

- ≤ Diseño con protección contra contacto accidental.
- ≤ Diseño con limitación de energía que protege mejor durante el cortocircuito a los componentes instalados.
- ≤ Accesorio de fácil montaje en campo.

- ≤ Válido para tensiones de CA y CD en un sólo dispositivo.



Figura 3.1: Breaker automático.

Fuente: <http://www.ledcontrols.com.mx>

Circuitos de paro de emergencia

En el circuito de paro de emergencia, debe tener en cuenta ciertos factores, de los cuales se menciona a continuación:

- ≤ Cuando se pulsa un paro de emergencia, la máquina en cuestión no podrá ponerse en marcha al desenclavarla, sin pulsar un RESET por el operario.
- ≤ Las paradas de emergencia deben ser activadas mediante un pulsador de tipo seta situado a pie de máquina, y si procede, en un punto del camino lógico de evacuación.
- ≤ Debe poseer un sistema de enclavamiento mecánico, de manera que para desenclavar es necesario girarla.

Se recomienda que la parada de emergencia se instale respetando los anteriores puntos, y que esta actúe cortando la alimentación de un relé en el cuadro de control, que se mantendrá siempre activo por auto-alimentación en estado normal cuyo reinicio será posible con un pulsador de rearme de operario. Este relé cortará la alimentación de maniobra o estará en el primer

lugar de las seguridades mediante un contacto NA del mismo, y señalará el estado de parada de emergencia activada mediante un contacto NC.

Características del paro de emergencia:

- ≤ Estilos de presionar-halar o desbloqueo por rotación.
- ≤ Iluminado o sin iluminación.
- ≤ Operadores de plástico o metálicos.
- ≤ Bloqueo de contacto de auto monitoreo NC.



Figura 3.2: Mando de paro de emergencia.

Fuente: <http://www.ledcontrols.com.mx>

Selector – luces piloto

Los dispositivos de mando son de gran importancia para la comunicación persona- dispositivo en el área de aplicaciones industriales.

El selector de tres posiciones que será utilizado, está montado al final del panel, proporcionando el mando de la energía al módulo.

En la parte inferior se encuentran las luces piloto que nos sirve de señalización, es decir, en el momento de accionamiento se encenderá la luz de color verde que nos indicará el paso de energía al módulo.

En el campo industrial podemos ver que los selectores se hallan montados en pletinas de conmutación, paneles de control, por ambas manos, en la manufactura de ascensores y en las plantas de manejo de materiales, incluidas cintas transportadoras. El accionamiento manual de los dispositivos empieza operando secuencias y procesos funcionales, o sirve para conducir éstos a un final.



Figura 3.3: Selector de tres posiciones



Figura 3.4: Luz piloto

Fuente: www.ledcontrols.com.mx

Guarda-motor

Para la protección del motor se instaló un guarda-motor que es un disyuntor magneto- térmica, especialmente diseñada para la protección de motores eléctricos.

Éste diseño especial proporciona al dispositivo una curva de disparo que lo hace más robusto frente a las sobre-intensidades transitorias típicas de los arranques de los motores.

El disparo magnético es equivalente al de otros interruptores automáticos pero el disparo térmico se produce con una intensidad y tiempo mayores.

La característica principal del guarda-motor, al igual que de otros interruptores automáticos magneto-térmicos, son la capacidad de ruptura, la intensidad nominal o calibre y la curva de disparo. Proporciona protección frente a sobrecargas del motor y cortocircuitos, así como, en algunos casos, frente a falta de fase.

- 1.- Protección contra sobrecargas.
- 2.- Protección contra cortocircuitos.
- 3.- Maniobras normales manuales de cierre y apertura.
- 4.- Señalización.



Figura 3.5: Guarda-motor ABB.

Fuente: <http://megaenlinea.com>

PLC Micrologix 1100

El PLC o controlador micrologix 1100 forma parte del módulo de control de un sistema de bombeo, al ser quién mediante la programación del mismo

ayudará con el control del variador de velocidad.

Panel View Component 300

El Panel View Component 300 2711C-T3M forma parte del módulo de control de un sistema de bombeo, son dispositivos de interface de operador que permiten monitorear y controlar dispositivos conectados a un controlador. Las aplicaciones HMI se crean mediante una aplicación de web mientras su computadora está conectada directamente al terminal. Es posible ver el resultado directo en la pantalla del terminal sin tener que hacer primero una descarga.

Variador de velocidad



Figura 15: Variador de velocidad

Fuente: ASEA BROWN BOVERI S.A, ABB. (2012) CATALOGO MICROCONVERTIDORES DE FRECUENCIA ACS150, 0,37 A 4 KW/0,5 A 5 CV.

El variador de velocidad ABB Modelo ACS150-01E-04A7-2 forma parte

importante en el módulo de laboratorio, puesto que nos ayuda a cumplir con el principal objetivo de la tesis, que es de controlar un sistema de bombeo y comprobar el ahorro energético que se consigue con la aplicación del mismo.

Tipo	Entrada		Salida				Tamaño de bastidor	
	I_{1N}	I_{1N} (480 V)	I_{2N}	$I_{2,1min/10min}$	I_{2max}	P_N		
$x = E/U^{(1)}$	A	A	A	A	A	KW	CV	
Tensión monofásica $U_N = 200 \dots 240$ V (200, 208, 220, 230, 240 V)								
01x-02A4-2	6,1	-	2,4	3,6	4,2	0,37	0,5	R0
01x-04A7-2	11,4	-	4,7	7,1	8,2	0,75	1	R1
01x-06A7-2	16,1	-	6,7	10,1	11,7	1,1	1,5	R1
01x-07A5-2	16,8	-	7,5	11,3	13,1	1,5	2	R2
01x-09A8-2	21,0	-	9,8	14,7	17,2	2,2	3	R2

Símbolos

Entrada

- I_{1N} Intensidad de entrada rms continua (para el dimensionado de cables y fusibles).
- I_{1N} (480 V) Intensidad de entrada rms continua (para el dimensionado de cables y fusibles) para convertidores con tensión de entrada de 480 V.

Salida

- I_{2N} Intensidad eficaz continua. Se permite una sobrecarga del 50% durante un minuto cada 10 minutos.
- $I_{2,1min/10min}$ Se permite una intensidad máxima (sobrecarga del 50%) durante 1 minuto cada 10 minutos.
- I_{2max} Intensidad de salida máxima. Disponible durante dos segundos al arrancar o mientras lo permita la temperatura del convertidor.
- P_N Potencia típica del motor. Las especificaciones en kilovatios se aplican a la mayoría de motores IEC de 4 polos. Las especificaciones en caballos de vapor se aplican a la mayoría de los motores NEMA de 4 polos.
- R0...R2** El ACS150 se fabrica en los tamaños de bastidor R0...R2. Algunas instrucciones, datos técnicos y dibujos de dimensiones que conciernen solamente a determinados tamaños de bastidor se designan con el símbolo del bastidor (R0...R2).

Principio de funcionamiento

El ACS150 es un convertidor de frecuencia de montaje en armario o pared para el control de motores de inducción de CA. El rectificador convierte la tensión de CA trifásica en tensión de CC. El banco de condensadores del circuito intermedio estabiliza la tensión de CC. El inversor convierte de nuevo la tensión de CC a CA para ser utilizada por el motor de CA. El chopper de frenado conecta la resistencia de frenado externa al circuito de CC intermedio cuando la tensión del circuito excede su límite máximo.

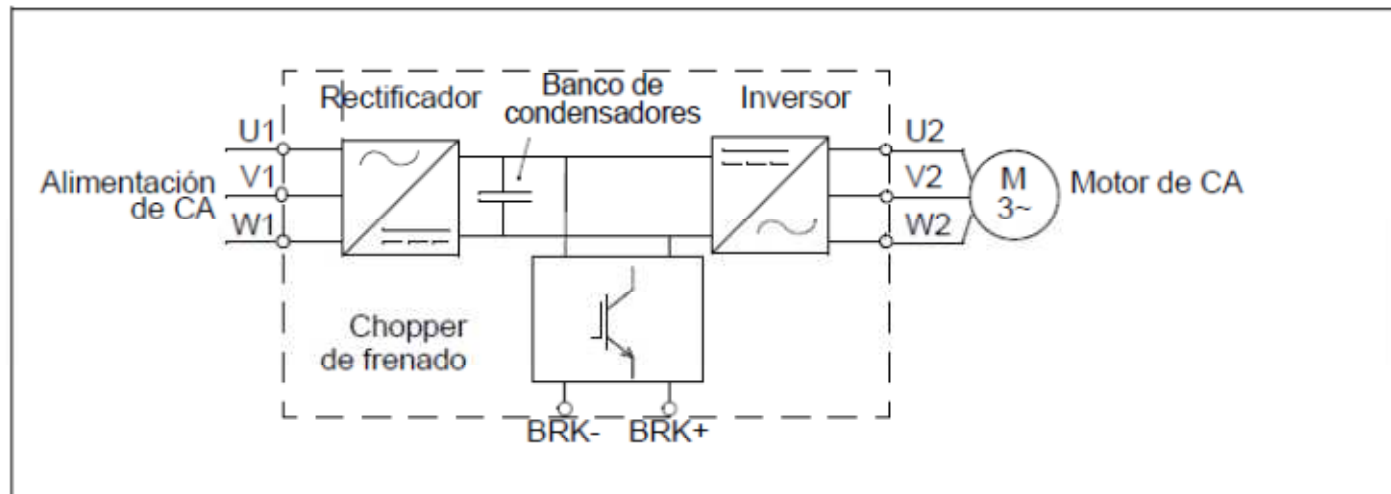


Figura 3.7: Diagrama interno de elementos del variador
Fuente: ASEA BROWN BOVERI S.A, ABB. (2006). MANUAL DEL USUARIO
CONVERTIDORES DE FRECUENCIA TIPO COMPONENTE ACS150 (0,37 A 4
KW, 0,5 A 5 CV).

Supresor De Transientes

Para la protección de los equipos electrónicos como PLC y panel view se utilizan los dispositivos supresores de Transientes, que protegen de los transitorios picos de voltaje. Los transitorios picos de voltajes son eventos donde se producen una elevación brutal de los niveles de voltaje en tiempos tan cortos como nanosegundos llegando a niveles de miles de voltios, la IEEE indica que sus efectos son de carácter letal para los equipos electrónicos.

3.2.2 Planificación del ensamble del módulo de laboratorio.

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 de velocidad y PLC micrologix 1100, el área que será destinada para las entradas y salidas del variador de velocidad analógicas y digitales, la ubicación de los breaker, supresores de Transientes, fuente de alimentación 24 CD.

El tablero de control es un gabinete metálico grado de protección. IP-65 pintado con pintura anticorrosiva y esmalte al horno de color gris claro, normas de fabricación. EN - 60529(IP), IEC -529 / INEN 2568 con estructura cuerpo monobloque con bordes unidos completamente con suelda MIG que asegura la hermeticidad. Puerta con apertura a la derecha, con empaque de poliuretano expandido, cerradura de poliamida de montaje rápido tipo universal con tapa cubre polvo, bisagras reforzadas de acero. Incluye placa de montaje o sobre fondo fabricado en lámina de acero estirado en frío de color naranja. Dentro del gabinete se instalan los componentes eléctricos de fuerza y en la puerta los componentes electrónicos de señalización y control así como el Panel View Component 300 2711C-T3M. Este diseño permite un fácil acceso a cualquier parte del equipo y una construcción clara y amplia.

El tablero estará montado sobre un soporte móvil con cuatro ruedas que permite su fácil transportación. La estructura metálica del soporte será de ACERO INOXIDABLE 304 por que tiene mejor resistencia a la corrosión, este tipo de acero es color mate pero se realizará trabajos de pulido para dar una tonalidad agradable al acero y también para garantizar una superficie lisa.



Figura 3.8: Tablero galvanizado pintado al horno

Fuente: autores

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:

- Micrologix 1100.
- Panel View Component 300.
- Variador de velocidad.
- Entradas y salidas del módulo.
- Pulsadores y selectores.

Tabla 3.1: Dimensiones del tablero
Fuente : autores

Dimensiones	mm
Alto(A)	700
Ancho (B)	500
Fondo (C)	250

Ubicación del variador de velocidad ABB ACS 150.

El variador de velocidad ABB ACS150 se le considera como principal elemento del módulo didáctico ya que éste permite la automatización de diferentes procesos industriales.

El variador de velocidad por ser el elemento principal se ubicará en la parte media derecha del módulo, esto facilitará una visualización del

funcionamiento del equipo cuando esté funcionando.



Figura 3.9: Ubicación del variador de frecuencia ABB ACS 150.

Fuente: autores

Ubicación del Micrologix 1100

El PLC Micrologix 1100 forma parte importante del presente proyecto, ya que éste permite la automatización de diferentes procesos industriales.

El PLC Micrologix 1100 por ser el elemento principal se le ubica en la parte superior del módulo, esto facilitará una visualización del funcionamiento del autómeta cuando esté en modo RUN o cuando el programa está funcionando.



Figura 3.10: Ubicación del PLC Micrologix 1100.
Fuente: autores

Entradas y salidas del módulo

Las entradas y salidas del PLC Micrologix 1100, son 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 salidas de 24 VDC se pueden conectar leds indicadores, y también se pueden conectar diferentes dispositivos como: sirenas, bobinas, pistones neumáticos, motores, displays, entre otros que funcionen a este voltaje.

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 VDC 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 también por tener estética en la distribución.

Finalmente el módulo es construido con las medidas totales y considerando las diferentes áreas, que se presenta a continuación.



Figura 3.11: Estructura modular

Fuente: autores

3.2.3 Recomendaciones de montaje del módulo de laboratorio.

Factores a tomar en cuenta para su instalación [5]

Tipo ACS150- x = E/U	Disipación de calor						Flujo de aire	
	Circuito principal		Circuito de control					
	I_{1N} e I_{2N} nominales		Mín.		Máx.			
	W	BTU/h	W	BTU/h	W	BTU/h	m ³ /h	ft ³ /min
Tensión monofásica $U_N = 200...240$ V (200, 208, 220, 230, 240 V)								
01x-02A4-2	25	85	6,3	22	12,3	42	-	-
01x-04A7-2	46	157	9,6	33	16,0	55	24	14
01x-06A7-2	71	242	9,6	33	16,0	55	24	14
01x-07A5-2	73	249	10,6	36	17,1	58	21	12
01x-09A8-2	96	328	10,6	36	17,1	58	21	12

Tabla 3.2: Disipación de calor del convertidor ACS150

Fuente: ASEA BROWN BOVERI S.A, ABB. (2006). MANUAL DEL USUARIO CONVERTIDORES DE FRECUENCIA TIPO COMPONENTE ACS150 (0,37 A 4 KW, 0,5 A 5 CV).

Condiciones ambientales para el servicio.

Temperatura

-10 °C hasta +50 °C (14 °F hasta 122 °F).

En el intervalo de temperatura +40 °C...+50 °C (+104 °F...+122 °F), la intensidad de salida asignada (I_{2N}) se reduce en un 1% por cada 1 °C (1,8 °F) adicional. La intensidad de salida se calcula multiplicando la intensidad indicada en la tabla de especificaciones por el factor de derrateo.

Humedad

Humedad relativa ≤ 95 % sin condensación.

Radiación electromagnética

No instalar el convertidor cerca de fuentes de radiación electromagnética.

Contaminación atmosférica

No instalar el convertidor en un entorno que contenga contaminantes atmosféricos tales como polvo, gases corrosivos, etc.

Agua y humedad

Tomar en cuenta las precauciones necesarias para evitar instalar el convertidor en lugares donde pueda presentarse humedad y condensaciones excesivas por ejemplo, no instalarlo cerca de tuberías con peligro de condensación.

Dimensionamiento del convertidor

El dimensionado del convertidor se basa en la potencia y la intensidad asignada del motor. Para alcanzar la potencia nominal del motor especificada en la tabla, la intensidad nominal del convertidor de frecuencia debe superar o igualar la intensidad nominal del motor. Asimismo la potencia asignada del convertidor debe superar o igualar la potencia asignada del motor. Las especificaciones de potencia son iguales con independencia de la tensión de alimentación dentro de un intervalo de tensión.

Nota 1: La potencia máxima permitida del eje del motor está limitada a $1,5 \cdot PN$. Si se supera el límite, la intensidad y el par motor se restringen de forma automática. La función protege el puente de entrada del convertidor de frecuencia frente a sobrecargas.

Nota 2: Las especificaciones son aplicables a una temperatura ambiente de $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($104\text{ }^{\circ}\text{F}$). En sistemas multimotor, la especificación de intensidad de salida del convertidor I_{2N} debe ser igual o superior a la suma de las intensidades de entrada de todos los motores.

Tipo ACS150- x = E/U ¹⁾	Entrada		Salida				P _N		Tamaño de bastidor
	I _{1N}	I _{1N} (480 V)	I _{2N}	I _{2,1min/10min}	I _{2max}	KW			
	A	A	A	A	A				
Tensión monofásica U_N = 200 ... 240 V (200, 208, 220, 230, 240 V)									
01x-02A4-2	6,1	-	2,4	3,6	4,2	0,37	0,5	R0	
01x-04A7-2	11,4	-	4,7	7,1	8,2	0,75	1	R1	
01x-06A7-2	16,1	-	6,7	10,1	11,7	1,1	1,5	R1	
01x-07A5-2	16,8	-	7,5	11,3	13,1	1,5	2	R2	
01x-09A8-2	21,0	-	9,8	14,7	17,2	2,2	3	R2	
Tensión trifásica U_N = 200...240 V (200, 208, 220, 230, 240 V)									
03x-02A4-2	4,3	-	2,4	3,6	4,2	0,37	0,5	R0	
03x-03A5-2	6,1	-	3,5	5,3	6,1	0,55	0,75	R0	
03x-04A7-2	7,6	-	4,7	7,1	8,2	0,75	1	R1	
03x-06A7-2	11,8	-	6,7	10,1	11,7	1,1	1,5	R1	
03x-07A5-2	12,0	-	7,5	11,3	13,1	1,5	2	R1	
03x-09A8-2	14,3	-	9,8	14,7	17,2	2,2	3	R2	
Tensión trifásica U_N = 380...480 V (380, 400, 415, 440, 460, 480 V)									
03x-01A2-4	2,2	1,8	1,2	1,8	2,1	0,37	0,5	R0	
03x-01A9-4	3,6	3,0	1,9	2,9	3,3	0,55	0,75	R0	
03x-02A4-4	4,1	3,4	2,4	3,6	4,2	0,75	1	R1	
03x-03A3-4	6,0	5,0	3,3	5,0	5,8	1,1	1,5	R1	
03x-04A1-4	6,9	5,8	4,1	6,2	7,2	1,5	2	R1	
03x-05A6-4	9,6	8,0	5,6	8,4	9,8	2,2	3	R1	
03x-07A3-4	11,6	9,7	7,3	11,0	12,8	3	4	R1	
03x-08A8-4	13,6	11,3	8,8	13,2	15,4	4	5	R1	

Tabla 3.3: Dimensiones del ACS150

Fuente: ASEA BROWN BOVERI S.A, ABB. (2006). MANUAL DEL USUARIO CONVERTIDORES DE FRECUENCIA TIPO COMPONENTE ACS150 (0,37 A 4 KW, 0,5 A 5 CV).

En el caso que se requiera montar adosados variadores de acuerdo a la necesidad y a la aplicación se procede de acuerdo a la tabla 5.

Instalación eléctrica

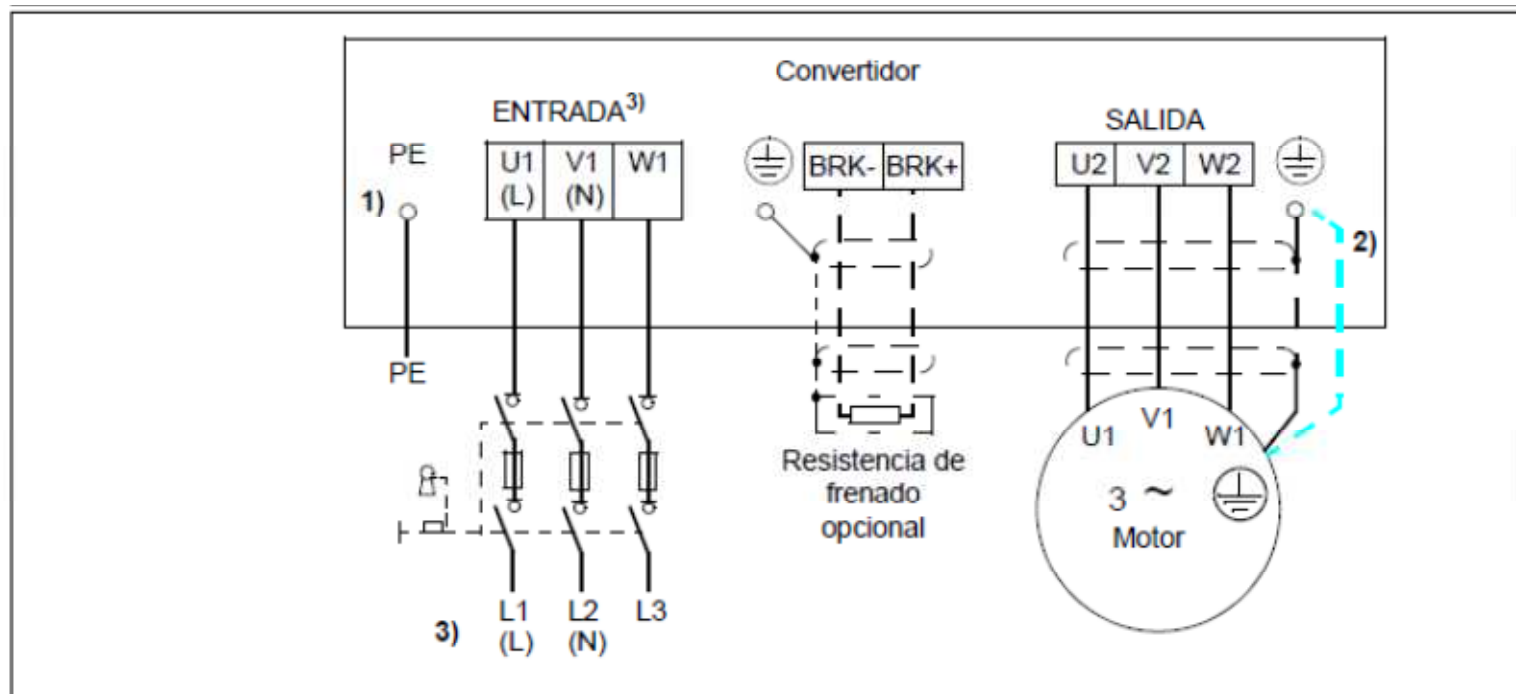


Figura 3.12: Diagrama de conexiones

Fuente: ASEA BROWN BOVERI S.A, ABB. (2006). MANUAL DEL USUARIO CONVERTIDORES DE FRECUENCIA TIPO COMPONENTE ACS150 (0,37 A 4 KW, 0,5 A 5 CV).

En la instalación se debe tomar en cuenta los cables de alimentación al módulo y del motor, es necesario tenderlos separados de los cables de mando. No llevarlos a través del mismo conducto/canaleta.

El variador de frecuencia debe ponerse siempre a tierra. Si el convertidor no está puesto a tierra correctamente se puede destruir, así como producirse altas tensiones peligrosas para las personas. Lo mismo rige sí el variador trabaja en redes no puestas a tierra.

Tamaño de bastidor	Dimensiones y pesos											
	IP20 (armario) / UL abierto											
	H1		H2		H3		W		D		Peso	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	kg	lb
R0	169	6,65	202	7,95	239	9,41	70	2,76	142	5,59	1,1	2,4
R1	169	6,65	202	7,95	239	9,41	70	2,76	142	5,59	1,3/1,2 ¹⁾	2,9/2,6 ¹⁾
R2	169	6,65	202	7,95	239	9,41	105	4,13	142	5,59	1,5	3,3

¹⁾ $U_N = 200...240$ V: 1,3 kg / 2,9 lb, $U_N = 380...480$ V: 1,2 kg / 2,6 lb

00353783.xls J

Tabla 3. 4: Dimensiones y pesos del ACS150 bastidor R1

Fuente: ASEA BROWN BOVERI S.A, ABB. (2006). MANUAL DEL USUARIO CONVERTIDORES DE FRECUENCIA TIPO COMPONENTE ACS150 (0,37 A 4 KW, 0,5 A 5 CV).

Tamaño de bastidor	Espacio libre necesario					
	Parte superior		Parte inferior		Laterales	
	mm	in	mm	in	mm	in
R0...R2	75	3	75	3	0	0

00353783.xls J

Tabla 3.5: Separación para montar varios convertidores ACS150

Fuente: ASEA BROWN BOVERI S.A, ABB. (2006). MANUAL DEL USUARIO CONVERTIDORES DE FRECUENCIA TIPO COMPONENTE ACS150 (0,37 A 4 KW, 0,5 A 5 CV).

3.2.4 Programación del módulo de variador de frecuencia.

Puesta en servicio

Puesta en marcha y control a través de las E/S

A través de la interfaz de E/S es posible Arrancar, detener, cambiar la dirección de giro y ajustar la velocidad del motor. Al recibir la alimentación de entrada de CA el convertidor se pone en marcha automáticamente.

Antes de empezar, asegúrese de que dispone de los datos de la placa de características del motor.

El ACS150 funciona con un panel de control integrado, que proporciona las herramientas básicas para la entrada manual de valores de los parámetros.

INTRODUCCIÓN DE LOS DATOS DE PARTIDA

Seleccione la macro de aplicación (parámetro 9902 MACRO DE APLIC) en función de cómo estén conectados los cables de control. El valor predeterminado 1 (ESTAND ABB) es adecuado en la mayoría de los casos. Los macros de aplicación son series de parámetros pre programadas. Cuando se pone en marcha el convertidor de frecuencia, el usuario normalmente selecciona la macro que mejor se ajuste a la aplicación deseada. Los convertidores de frecuencia ACS150 cuentan con seis macros estándar:

1. **Macro estándar ABB:** Aplicaciones de control de velocidad ordinarias en las que se utilizan ninguna, una, dos o tres velocidades constantes. El proceso de marcha/paro se controla con una entrada digital (nivel marcha y paro). Es posible cambiar entre dos tiempos de aceleración y deceleración.
2. **Macro de 3 hilos:** Aplicaciones de control de velocidad ordinarias en las que se utilizan ninguna, una, dos o tres velocidades constantes. El convertidor se pone en marcha y se detiene con los pulsadores.
3. **Macro alterna:** Aplicaciones de control de velocidad en las que se utilizan ninguna, una, dos o tres velocidades constantes. La marcha, el paro y la dirección se controlan con dos entradas digitales (la combinación de los estados de entrada determina la operación).

4. **Macro de potenciómetro del motor:** Aplicaciones de control de velocidad en las que se utilizan ninguna o una velocidad constante. La velocidad se controla con dos entradas digitales (aumentar / disminuir / mantener).

5. **Macro manual/auto:** Aplicaciones de control de velocidad en las que se necesite el cambio entre dos dispositivos de control. Unas terminales de señales de control se reservan para un dispositivo y el resto para el otro. Una entrada digital selecciona entre los terminales (dispositivos) en uso.

6. **Macro de control PID:** Aplicaciones de control de proceso, como por ejemplo sistemas de control de bucle cerrado diferentes como el control de la presión, el control del nivel y el control del flujo. Es posible cambiar entre el control de velocidad y de proceso: unos terminales de señales de control se reservan para el control de proceso y otros, para el control de velocidad. Una entrada digital selecciona entre el centro de proceso y el de velocidad.

El siguiente diagrama presenta un resumen de las conexiones de control del ACS150 y muestra las conexiones de E/S por defecto para la macro estándar de ABB.

conexiones de E/S de las macros de aplicación

Entrada/Salida	Macro					
	Estándar ABB	3 hilos	Alterna	Potenciómetro del motor	Manual/ automático	Control PID
EA	Referencia de frecuencia	Referencia de frecuencia	Referencia de frecuencia	-	Ref. de frecuencia (auto.) ¹⁾	Ref. de frec. (manual) / Ref. proc. (PID)
ED1	Paro/marcha	Marcha (pulso)	Marcha (avance)	Paro/marcha	Paro/marcha (manual)	Paro/marcha (manual)
ED2	Avance/ retroceso	Paro (pulso)	Marcha (retroceso)	Avance/ retroceso	Avance/ retroceso (manual)	Manual / PID
ED3	Entrada veloc. const. 1	Avance/ retroceso	Entrada veloc. const. 1	Referencia de frecuencia sup.	Manual/ automático	Velocidad constante 1
ED4	Entrada veloc. const. 2	Entrada veloc. const. 1	Entrada veloc. const. 2	Referencia de frecuencia inf.	Avance/ retroceso (automático)	Habilitar marcha
ED5	Selección par de rampa	Entrada veloc. const. 2	Selección par de rampa	Velocidad constante 1	Marcha/paro (auto)	Marcha/paro (PID)
SR (COM, NC, NA)	Fallo (-1)	Fallo (-1)	Fallo (-1)	Fallo (-1)	Fallo (-1)	Fallo (-1)

Figura3.13: Diagrama de conexiones de control del ACS 150 y E/S

Fuente: ASEA BROWN BOVERI S.A, ABB. (2006). MANUAL DEL USUARIO CONVERTIDORES DE FRECUENCIA TIPO COMPONENTE ACS150 (0,37 A 4 KW, 0,5 A 5 CV).

INTRODUCCIÓN DATOS DE PLACA DEL MOTOR PARÁMETROS 99

- Tensión nominal del motor parámetro 9905
- Intensidad nominal del motor parámetro 9906
- Frecuencia nominal del motor parámetro 9907

INTRODUCCIÓN SELECCIÓN REFERENCIA PARAMETROS 11

Tipo de referencia de panel, fuente de la referencia local, selección del lugar de control externo y fuentes y límites de referencia externa. El convertidor

puede aceptar diversas referencias además de la entrada analógica convencional, el potenciómetro y las señales del panel de control.

- Selecciona el tipo de la referencia en el modo de control local parámetro *1101*
- Selecciona la fuente de la señal para la referencia externa REF1. parámetro *1102*
- Define el valor mínimo para la referencia externa REF1. Corresponde al ajuste mínimo de la señal de la fuente empleada parámetro *1104*.
- Define el valor máximo para la referencia externa REF1. Corresponde al ajuste máximo de la señal de la fuente empleada parámetro *1105*.

INTRODUCCIÓN PROCESO DE LAS SEÑALES DE ENTRADAS ANALÓGICAS PARÁMETROS 13

- Define el % mínimo que corresponde al mínimo de la señal mA/(V) para la entrada analógica EA1 parámetro *1301*
- Define el % máximo que corresponde al máximo de la señal mA/(V) para la entrada analógica EA1 parámetro *1302*

INTRODUCCIÓN LÍMITES DE FUNCIONAMIENTO DEL CONVERTIDOR PARAMETROS 20

- Define el límite mínimo para la frecuencia de salida del convertidor parámetro *2007*.
- Define el límite máximo para la frecuencia de salida del convertidor parámetro *2008*.

INTRODUCCIÓN MODOS DE MARCHA Y PARO DEL MOTOR PARAMETROS 21

- Selecciona el método de puesta en marcha del motor parámetro *2101*.
- Selecciona la función de paro del motor parámetro *2102*.

INTRODUCCIÓN TIEMPOS DE ACELERACIÓN Y DECELERACIÓN PARAMETROS 22

- Define el tiempo de aceleración, parámetro *2202*.
- Define el tiempo de deceleración, parámetro *2203*.

COMPROBACIÓN FINAL

La puesta en marcha ha finalizado. Compruebe que no existan fallos o alarmas en pantalla. El convertidor ya está listo para su uso.

CONEXIONES DE CONTROL ACS150

La conexión por defecto de las señales de control depende de la macro de aplicación utilizada, que se selecciona con el parámetro 9902 MACRO DE APLIC.

El conmutador S1 selecciona la tensión (0 [2] ... 10 V) o la intensidad (0 [4] ... 20 mA) como el tipo de señal para la entrada analógica EA. Por defecto, el conmutador S1 está en la posición de intensidad.

La macro por defecto es la Macro Estándar ABB. Proporciona una configuración de E/S de fines generales con tres velocidades constantes. Los valores de parámetros son los valores predeterminados definidos.

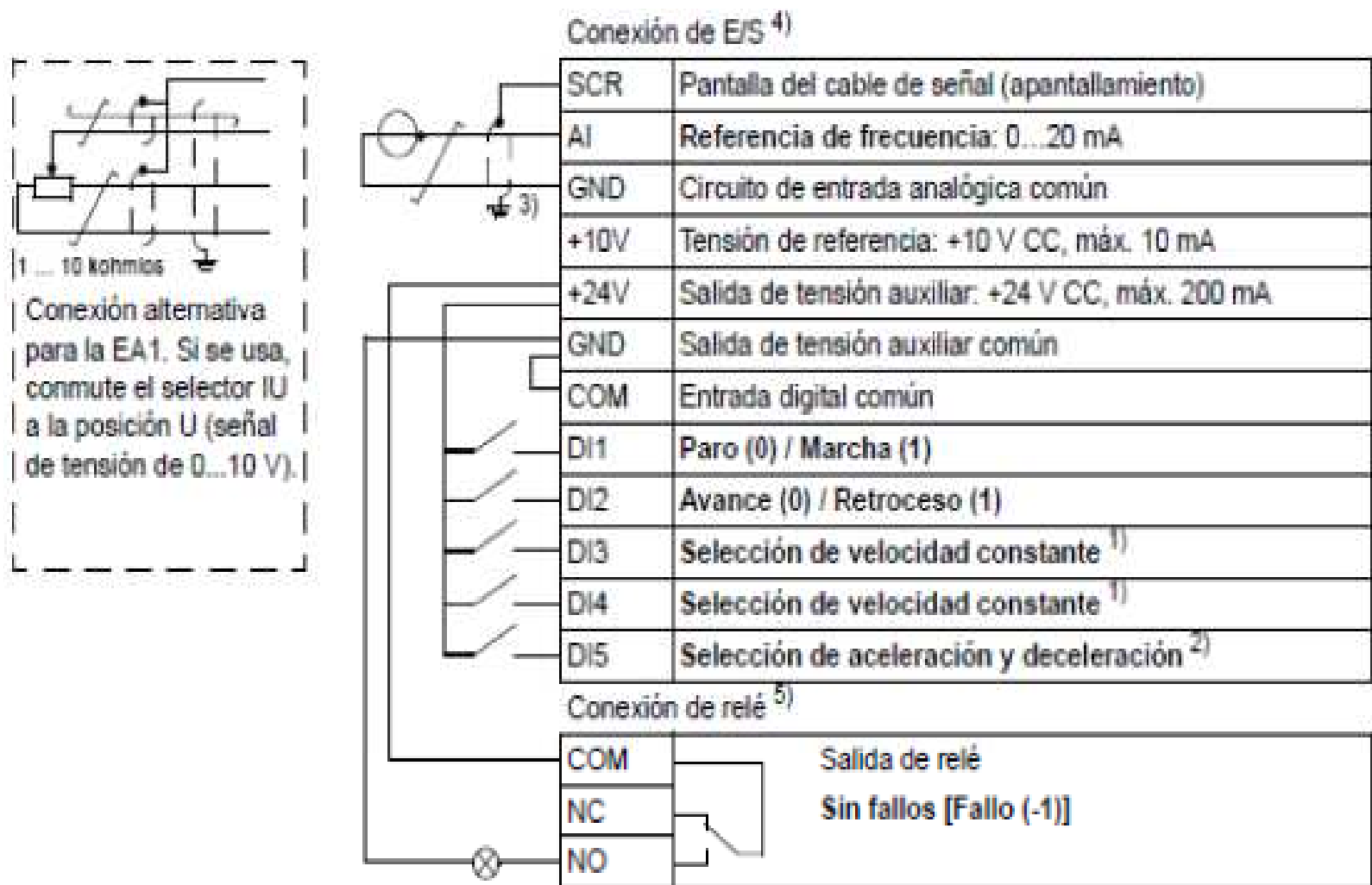


Figura3.14: Conexionado de control

Fuente: ASEA BROWN BOVERI S.A, ABB. (2006). MANUAL DEL USUARIO CONVERTIDORES DE FRECUENCIA TIPO COMPONENTE ACS150 (0,37 A 4 KW, 0,5 A 5 CV).

Panel de control del ACS 150

El ACS150 funciona con un panel de control integrado, que proporciona las herramientas básicas para la entrada manual de valores de los parámetros. Este capítulo describe las teclas y campos de visualización del panel de control. También proporciona instrucciones acerca de su uso para controlar, supervisar y cambiar los ajustes del panel.

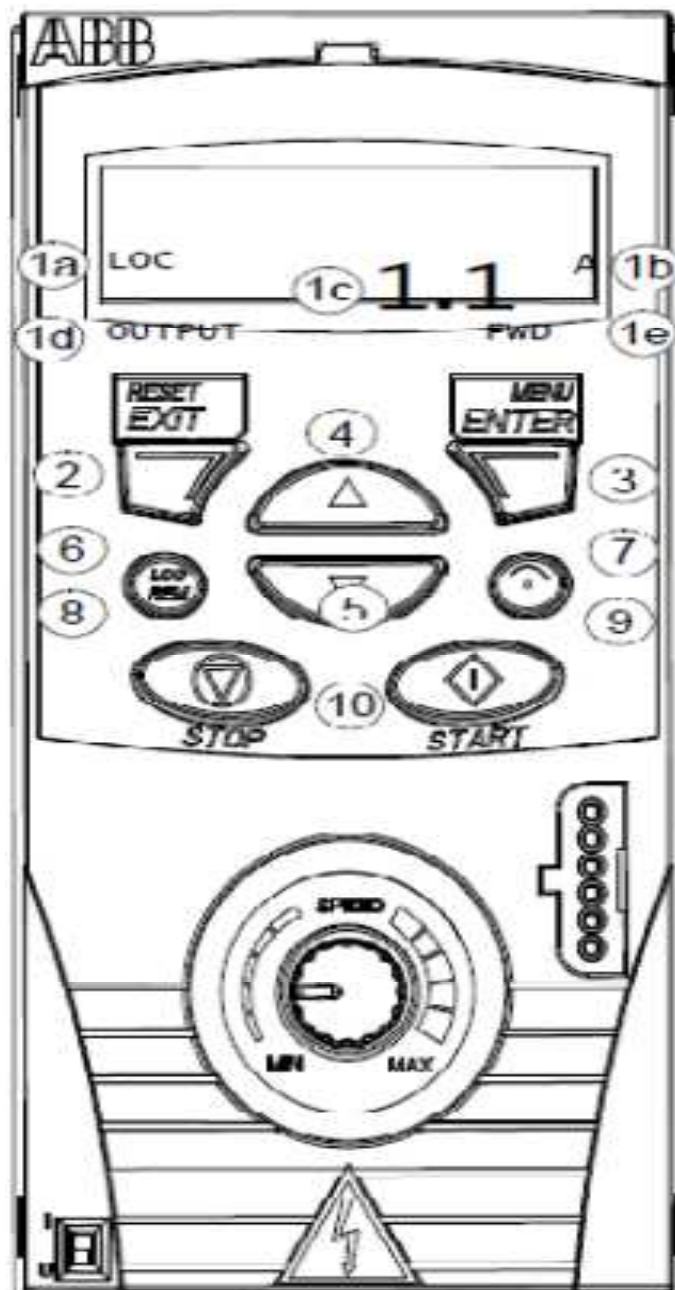


Figura 3.15: Display y teclas de programación del Variador ABB

Fuente: ASEA BROWN BOVERI S.A, ABB. (2006). MANUAL DEL USUARIO CONVERTIDORES DE FRECUENCIA TIPO COMPONENTE ACS150 (0,37 A 4 KW, 0,5 A 5 CV).





Tabla 3.6: Resumen de función de las teclas y las pantallas del panel de control integrado.

Fuente: ASEA BROWN BOVERI S.A, ABB. (2006). MANUAL DEL USUARIO CONVERTIDORES DE FRECUENCIA TIPO COMPONENTE ACS150 (0,37 A 4 KW, 0,5 A 5 CV).

N.º	Uso
1	<p>Pantalla LCD – Se divide en cinco áreas:</p> <p>a. Parte superior izquierda – Lugar de control:</p> <p>LOC: el control del convertidor es local, es decir, desde el panel de control.</p> <p>REM: el control del convertidor es remoto, como la E/S del convertidor.</p> <p>b. Parte superior derecha – Unidad del valor visualizado.</p> <p>s: modo de Parámetros corto, navegación por la lista de parámetros.</p> <p>c. Centro – Variable, en general muestra valores de parámetros y señales, menús o listas. También muestra códigos de alarma y fallos.</p> <p>d. Parte inferior izquierda y centro – Estado de funcionamiento del panel:</p> <p>OUTPUT: modo de Salida</p> <p>PAR: Fijo: modos de Parámetros</p> <p>Parpadeo: modo de Parámetros modificados</p> <p>MENU: menú principal.</p> <p>█: modo de Fallo.</p> <p>e. Parte inferior derecha – Indicadores: FWD (avance) / REV (retroceso): dirección de la rotación del motor Destellando lentamente: parado Parpadeo rápido: en marcha, no está en el punto de consigna Fijo: en marcha, está en el punto de consigna.</p> <p>█: el valor visualizado se puede modificar (en los modos de Parámetros o de Referencia).</p>
2	RESET/EXIT – Sale al siguiente nivel del menú superior sin guardar los

	valores cambiados. Restaura los fallos en los modos de Salida y Fallo.
3	MENU/ENTER – Permite profundizar en el nivel del menú. En el modo de Parámetro, guarda el valor visualizado como el nuevo ajuste.
4	Arriba – <ul style="list-style-type: none"> • Permite desplazarse hacia arriba por un menú o lista. • Incrementa un valor si se ha seleccionado un parámetro. Mantener la tecla pulsada hace que el valor cambie con mayor rapidez
5	Abajo – <ul style="list-style-type: none"> • Permite desplazarse hacia abajo por un menú o lista. • Reduce un valor si se ha seleccionado un parámetro. Mantener la tecla pulsada hace que el valor cambie con mayor rapidez
6	LOC/REM – Cambia entre control local y remoto del convertidor.
7	DIR – Cambia la dirección de giro del motor.
8	STOP – Detiene el convertidor en control local
9	START – Arranca el convertidor en control local.
10	Potenciómetro – Cambia la referencia de frecuencia.

Manejo

El panel de control funciona mediante menús y teclas. Puede seleccionar una opción, por ejemplo, modo de funcionamiento o parámetro, desplazando las teclas de flecha  y  hasta que la opción sea visible en la pantalla y pulsando a continuación la tecla . Con la tecla , puede volver al nivel anterior de funcionamiento sin guardar los cambios efectuados. El ACS150 incluye un potenciómetro integrado situado en la parte frontal del convertidor. Se utiliza para ajustar la referencia de frecuencia. El panel de control integrado incluye seis modos de panel: Modo de Salida, Modo de Referencia, Modos de Parámetros (modos de Parámetros corto y largo), Modo Parámetros modificados

y modo de Fallo. En este capítulo se describe el funcionamiento de los primeros cinco modos. Cuando se produce un fallo o una alarma, el panel se sitúa automáticamente en el modo de Fallo y muestra el código de fallo o alarma. Puede restaurar el fallo o la alarma en el modo de Salida o Fallo Al conectar la alimentación el panel se encuentra en el modo de Salida, en el cual se puede arrancar, detener o cambiar la dirección del motor, cambiar entre el control local y el remoto, supervisar hasta tres valores actuales (uno a la vez) y ajustar la referencia de frecuencia. Para realizar otras tareas, se debe ir primero al menú principal y seleccionar el modo correspondiente. La siguiente figura muestra cómo desplazarse entre los modos.

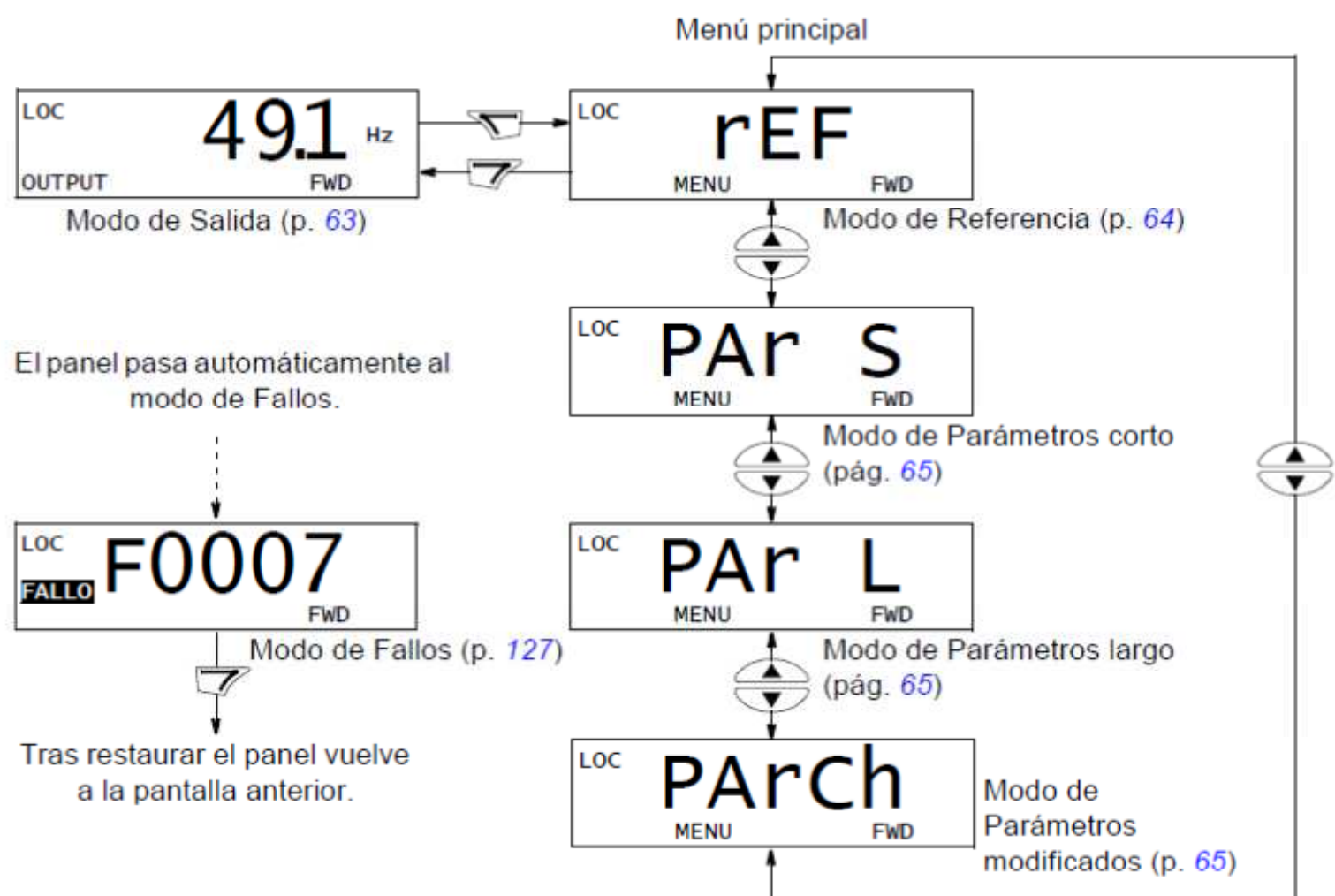



Figura 3.16: Parámetros de programación

Fuente: ASEA BROWN BOVERI S.A, ABB. (2006). MANUAL DEL USUARIO CONVERTIDORES DE FRECUENCIA TIPO COMPONENTE ACS150 (0,37 A 4 KW, 0,5 A 5 CV).

Análisis de fallos

Un mensaje de alarma o fallo en la pantalla del panel indica un estado anormal del convertidor. La mayoría de causas de alarmas y fallos pueden identificarse y corregirse.

Método de restauración

El convertidor puede restaurarse pulsando la tecla  en el panel de control, por la entrada digital o desconectando la tensión de alimentación unos instantes. Cuando se haya eliminado el fallo, podrá reiniciar el motor.

Historial de fallos

Cuando se detecta un fallo, éste se almacena en el historial de fallos. Los últimos fallos se almacenan junto con una indicación de la hora en que se produjeron. Los parámetros 0401 ULTIMO FALLO, 0412 FALLO ANTERIOR 1 y 0413 FALLO ANTERIOR 2 almacenan los fallos más recientes. Los parámetros 0404...0409 muestran datos de funcionamiento del convertidor en el momento en que se produjo el último fallo.

Medios de comunicación (cables)

Los procesos industriales en la actualidad son parte de una estructura organizada que se encuentra cimentada sobre una columna formada por redes de comunicación, estas son las encargadas del transporte de información desde cualquier elemento de esta estructura con el fin de efectuar acciones de control de manera rápida.

El objetivo de toda transmisión de datos es el de transferir información entre dos o más unidades. Por regla general, se suelen enviar caracteres (texto o cifras) y/o instrucciones (comandos).

El PLC que se va a utilizar en este módulo es el micrologix 1100 uno de los autómatas que sorprende por prestaciones y tamaño.



Figura 3.17: PLC micrologix 1100

Fuente: www.ab.com/en/epub/catalogs/12762/2181376/2416247/5865007/5865354/

Software

En este punto es donde aparece una de las primeras particularidades de la familia de PLC's de Allen Bradley, para poder programar un Micrologix, es necesario utilizar dos programas:

RSLinx software que se encarga de gestionar la comunicación entre el PC y el PLC. Se utiliza para toda la gama de PLC's de Allen Bradley, en realidad es un OPC tremendamente potente. Como cualquier fabricante de PLC's Rockwell utiliza diferentes sistemas de comunicación, en el caso del Micrologix fundamentalmente:

- Ethernet/IP, el cable utilizado es el típico cable de 4 pares con conectores RJ45, teniendo en cuenta que si nos conectamos directamente al PLC se debe de utilizar un cable cruzado, y si es a través de switch o router cable debe de ser cruzado.
- DF1 físicamente es una conexión Rs232 con el mencionado protocolo DF1 del que es propietario Rockwell.

- En el RSLinx es necesario añadir el driver y configurarlo con los mismos parámetros que tenemos en el PLC.
- **RSLogix500** software en el que se crea el programa que posteriormente se va a volcar en el PLC.
- Estos dos programas pueden ser descargados gratuitamente de la página del fabricante, en esta página se puede descargar también el simulador, el enlace es
<http://www.ab.com/linked/programmablecontrol/plc/micrologix/downloads.html>

Comunicación DF1

Configurando RSLinx para programar el Micrologix1100 mediante RS-232.

Conexión física.

Para establecer la comunicación inicialmente necesitamos disponer del cable adecuado, en este caso 1761-CBL-PM02.

Configurar el RSLinx

Se debe cerrar el RSLogix si es que está abierto y al mismo tiempo abrir el RSLinx, los pasos son:

- Desde la barra principal, elijase Communications enseguida Configure Drivers.

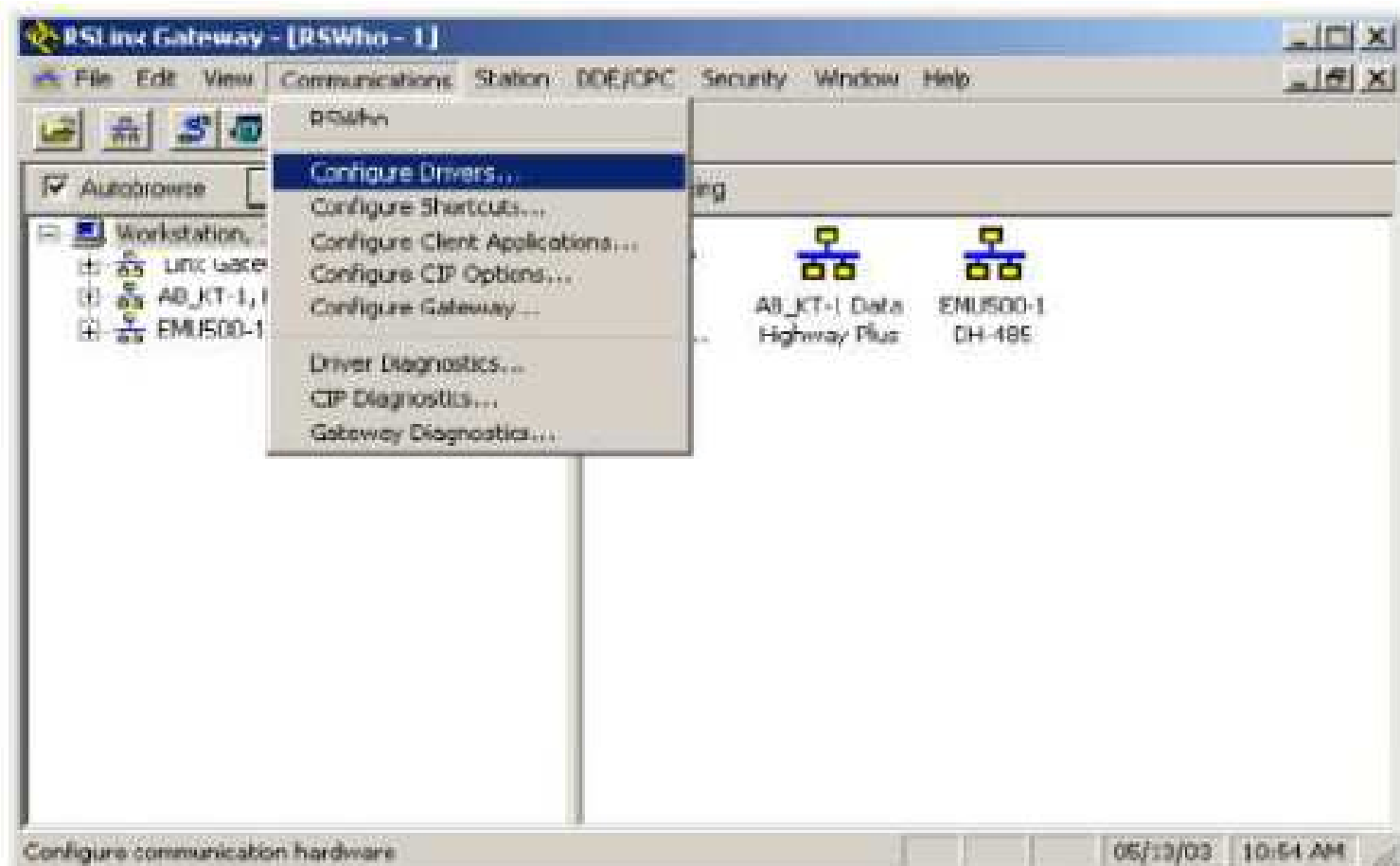


Figura 3.18: Configurar RSLinx

Fuente: ROCKWELL AUTOMATION, (2011), SOFTWARE RSLINX CLASSIC LITE REVISION 2.59.02 (CPR 9) SR 5

- En la ventana de Configure Drivers, revisa la tabla de abajo. ¿Hay alguno de los drivers siguientes AB_DF1 o AB_PIC ya configurados? Todos estos deben ser borrados para configurar el nuevo driver.
- De un click en la opción RS-232 DF1 devices y entonces de un click al botón Add New...localizado a la derecha de la lista.

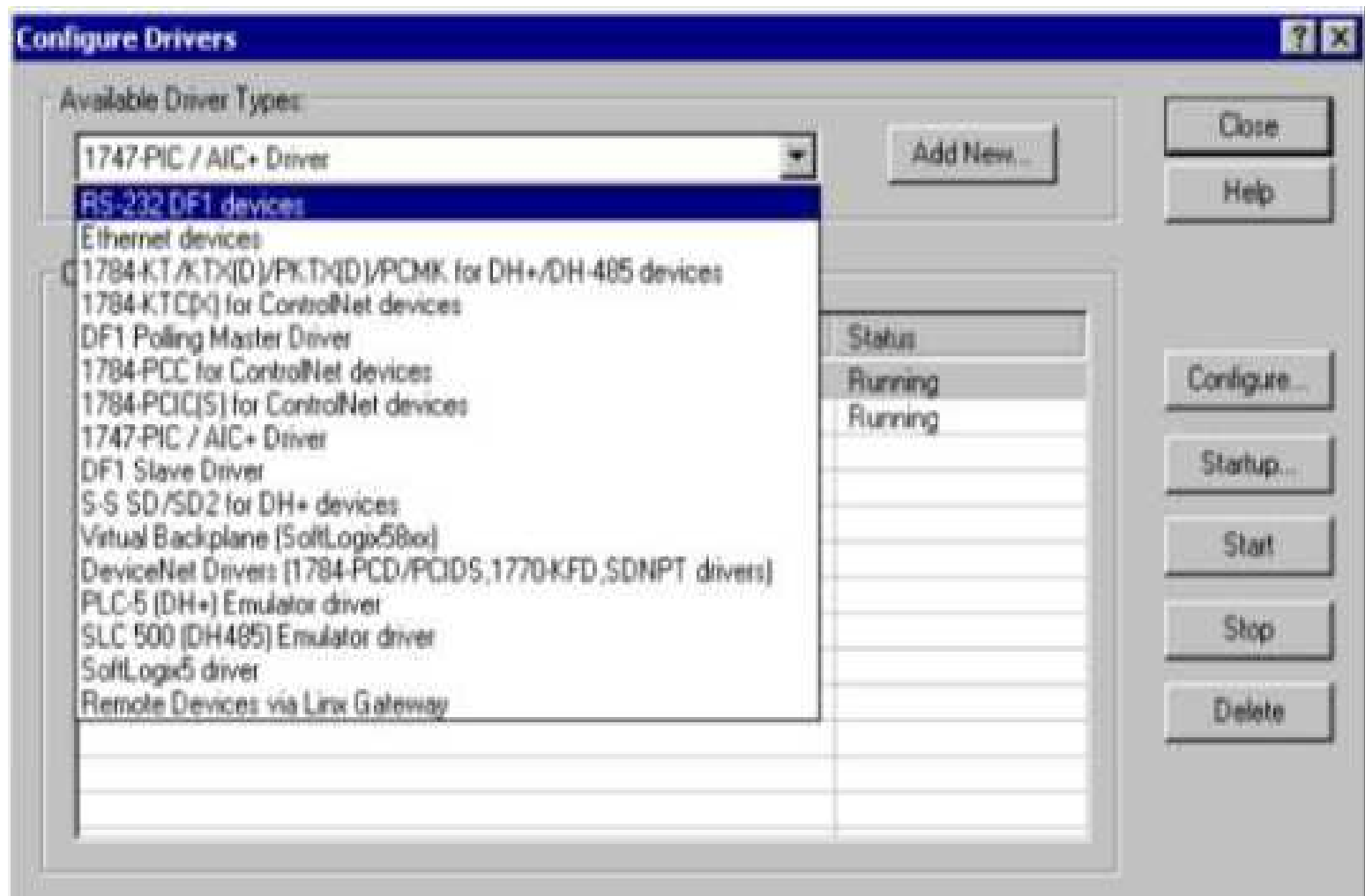


Figura 3.19: Configure Drivers

Fuente: ROCKWELL AUTOMATION, (2011), SOFTWARE RSLINX CLASSIC LITE REVISION 2.59.02 (CPR 9) SR 5

- La siguiente ventana que aparece será Add New RSLinx Driver. Selecciona el nombre de default AB_DF1-1 y click OK.

- Aparecerá la ventana de Configure RS-232 DF1 Devices. Debes asegurarte que este correctamente seleccionado lo siguiente Com Port (Puerto RS232 de tu pc), Device Type (SLC-CH0/Micro/PanelView), y Station Number (00).



Figura 3.20: Configure Drivers

Fuente: ROCKWELL AUTOMATION, (2011), SOFTWARE RSLINX CLASSIC LITE REVISION 2.59.02 (CPR 9) SR 5.

- Enseguida da un click en el botón de Auto-Configure. Si todo está propiamente configurado, varios mensajes de pruebas serán mostrados en la caja gris al lado del botón de Auto-Configure y entonces aparecerá el mensaje final Auto-Configuration was Successful.
1. En la barra de herramientas, ve a Comms, System Comms...y de un click en el driver AB_DF1-1 en el lado izquierdo de la pantalla.
- En el lado derecho de la pantalla se mostraran un icono de su computadora y un icono del procesador con el cual te estas comunicando. Es muy importante que tengas el EDS del procesador instalado, si es así verás el número de nodo de tu PLC y modelo, en caso contrario te aparecerá una interrogante.

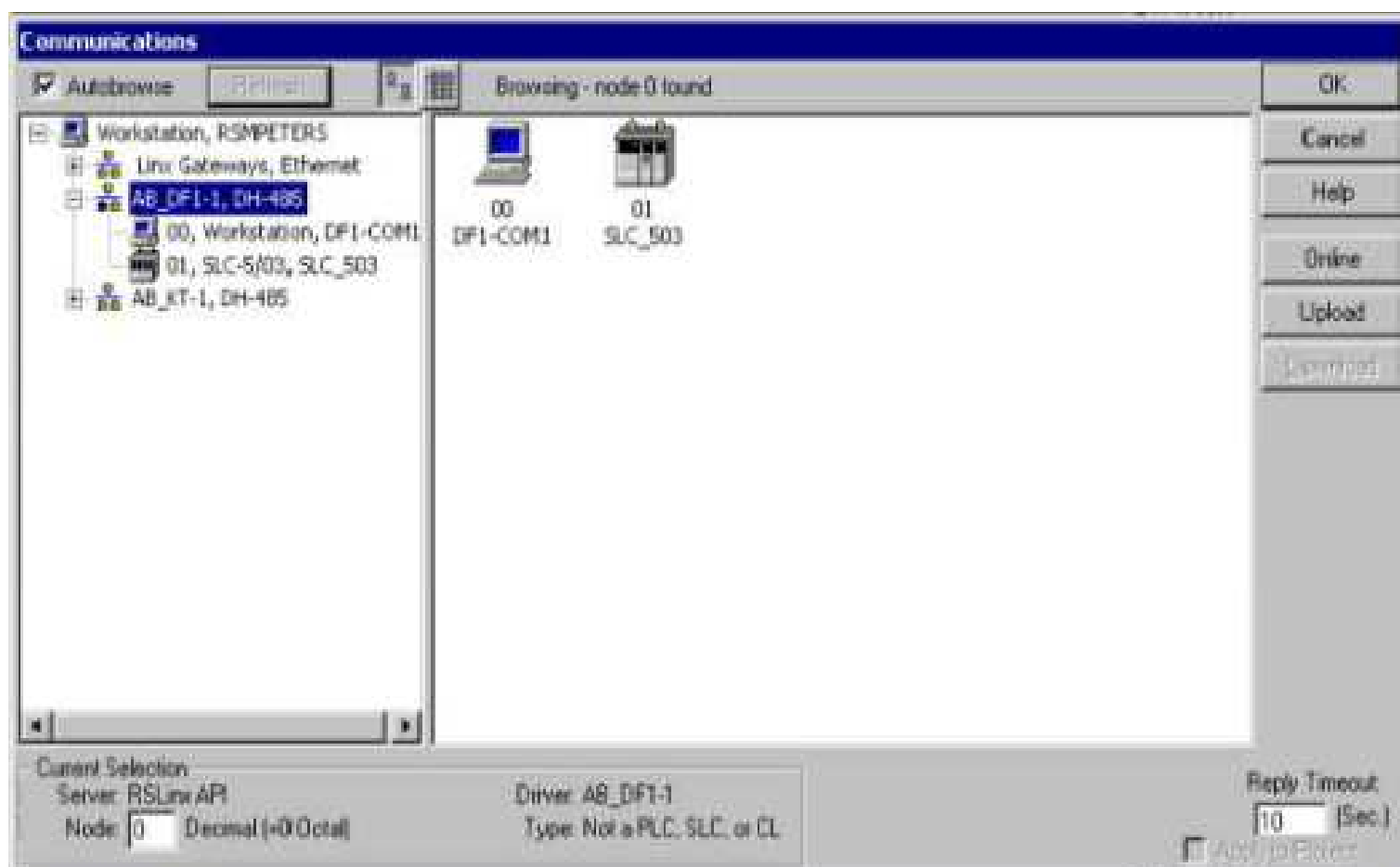


Figura 3.20: Configure comunicacion

Fuente: ROCKWELL AUTOMATION, (2011), SOFTWARE RSLINX CLASSIC LITE REVISION 2.59.02 (CPR 9) SR 5.

Configurando el PLC para comunicarse por Ethernet

El proceso para comunicar el PLC con el PC mediante Ethernet .Es ligeramente más complejo que si se hace por DF1 aunque las ventajas son evidentes, aumento en la velocidad de descarga de programas, es posible acceder a la servidor web que lleva incorporado el PLC etc., básicamente consta de dos pasos :

1. Dar una dirección IP al PLC.
2. Configurar el driver en el RSLinx.

DIRECCIÓN IP AL PLC POR BOOT.

Verificar que el PLC no tiene dirección IP, para comprobarlo se debe realizar el siguiente procedimiento.

Pulsar la tecla ESC que se encuentra debajo del LCD hasta que nos situemos en la siguiente pantalla.

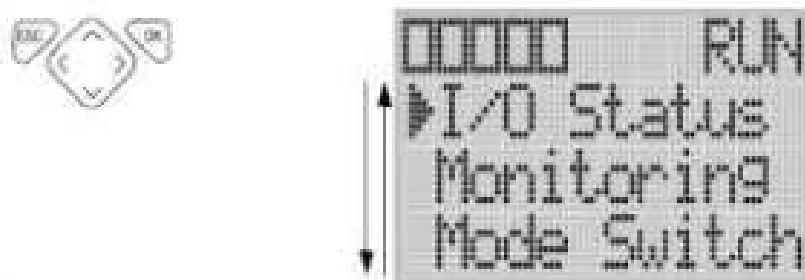


Figura 3.22: Configure boot

Fuente: ROCKWELL AUTOMATION. (2002) MANUAL DE REFERENCIA DEL CONJUNTO DE INSTRUCCIONES CONTROLADORES PROGRAMABLES MICROLOGIX™ 1200 Y MICROLOGIX 1500 BOLETINES 1762 Y 1764

Una vez situados en esa pantalla deberemos bajar hasta colocarnos en la pantalla.



Figura 3.23: Configure comunicacion

Fuente: ROCKWELL AUTOMATION. (2002) MANUAL DE REFERENCIA DEL CONJUNTO DE INSTRUCCIONES CONTROLADORES PROGRAMABLES MICROLOGIX™ 1200 Y MICROLOGIX 1500 BOLETINES 1762 Y 1764

Pulsamos OK y pasamos a:



Figura 3.24: Configure comunicación

Fuente: ROCKWELL AUTOMATION. (2002) MANUAL DE REFERENCIA DEL CONJUNTO DE INSTRUCCIONES CONTROLADORES PROGRAMABLES MICROLOGIX™ 1200 Y MICROLOGIX 1500 BOLETINES 1762 Y 1764

Bajamos has colocarnos en ENET Cf., una vez aquí pulsamos OK y entramos en

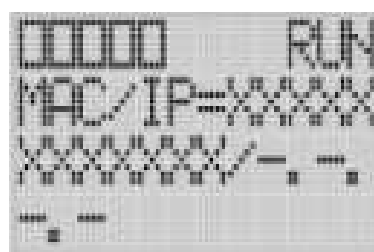


Figura 3.25: Configure comunicacion

Fuente: ROCKWELL AUTOMATION. (2002) MANUAL DE REFERENCIA DEL CONJUNTO DE INSTRUCCIONES CONTROLADORES PROGRAMABLES MICROLOGIX™ 1200 Y MICROLOGIX 1500 BOLETINES 1762 Y 1764

Como se puede ver aparece la MAC de la tarjeta, pero no aparece dirección IP, eso quiere decir que el PLC no tiene dirección IP.

Dar dirección por BOOT.

Arrancamos el programa BOOT-DHCP Server, programa que se instala de haber instalado con RSLogix y RSLinx.

Nos va a salir la pantalla Networking Setting, inicialmente en esta pantalla todos los valores son con ceros, puedes dejar todo con ceros a excepción de **Subnet Mask** escribe **255 255 255 0**, te permitirá comunicarte con todos los dispositivos de la red, el Gateway es la dirección de LAN de tu router si quieres lo pones.

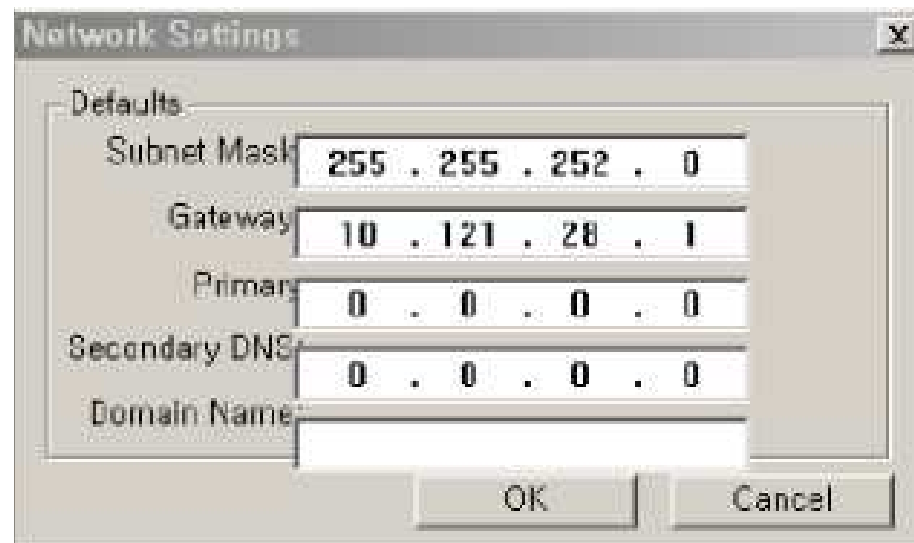


Figura 3.26: Configure comunicación settings

Fuente: ROCKWELL AUTOMATION. (2002) MANUAL DE REFERENCIA DEL CONJUNTO DE INSTRUCCIONES CONTROLADORES PROGRAMABLES MICROLOGIX™ 1200 Y MICROLOGIX 1500 BOLETINES 1762 Y 1764

Pulsamos OK y nos aparece en pantalla BOOT/DHCP Server

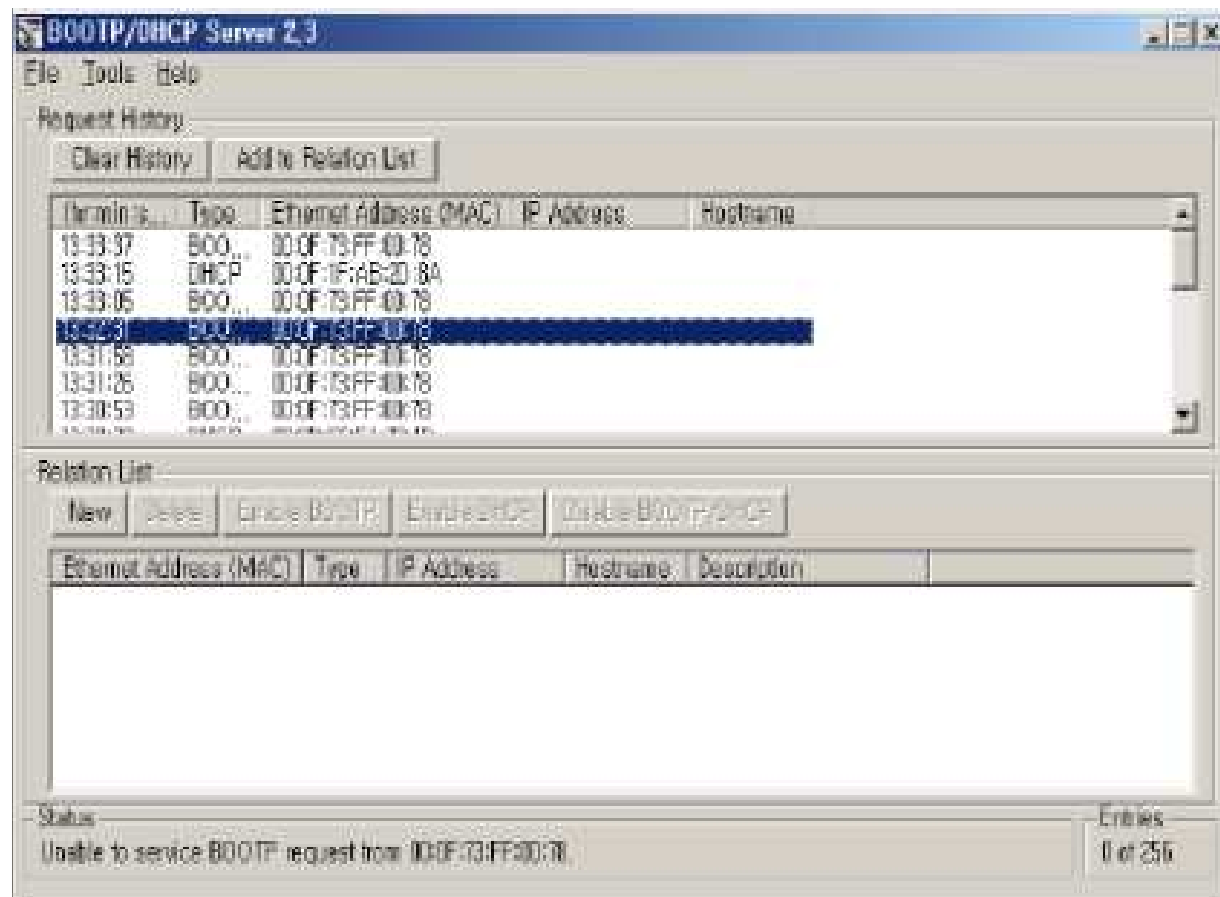


Figura 3.27: Configure boot /DHCP

Fuente: ROCKWELL AUTOMATION. (2002) MANUAL DE REFERENCIA DEL CONJUNTO DE INSTRUCCIONES CONTROLADORES PROGRAMABLES MICROLOGIX™ 1200 Y MICROLOGIX 1500 BOLETINES 1762 Y 1764

Esta pantalla lo que nos está indicando son todos los elementos de la red que están habilitados para que un servidor de dirección es les direcciones IP.

Haces doble click en la MAC identificativa del PLC y nos saldrá la pantalla para dar entrada de dirección IP:



Figura 3.28: Configure IP

Fuente: ROCKWELL AUTOMATION. (2002) MANUAL DE REFERENCIA DEL CONJUNTO DE INSTRUCCIONES CONTROLADORES PROGRAMABLES MICROLOGIX™ 1200 Y MICROLOGIX 1500 BOLETINES 1762 Y 1764

Aquí metes la IP que le quieres dar al PLC, **asegúrate de que sea una dirección válida para comunicarte con tu PC**, para ello verifica primero la dirección IP de tu ordenador y la Máscara de red de tu PC. Si la dirección de tu Pc es por ejemplo **192.168.1.10** y la máscara de Subred **255.255.255.0** la dirección del PLC debería de ser **192.168.1.XXX**. Pulsas OK y te aparecerá:

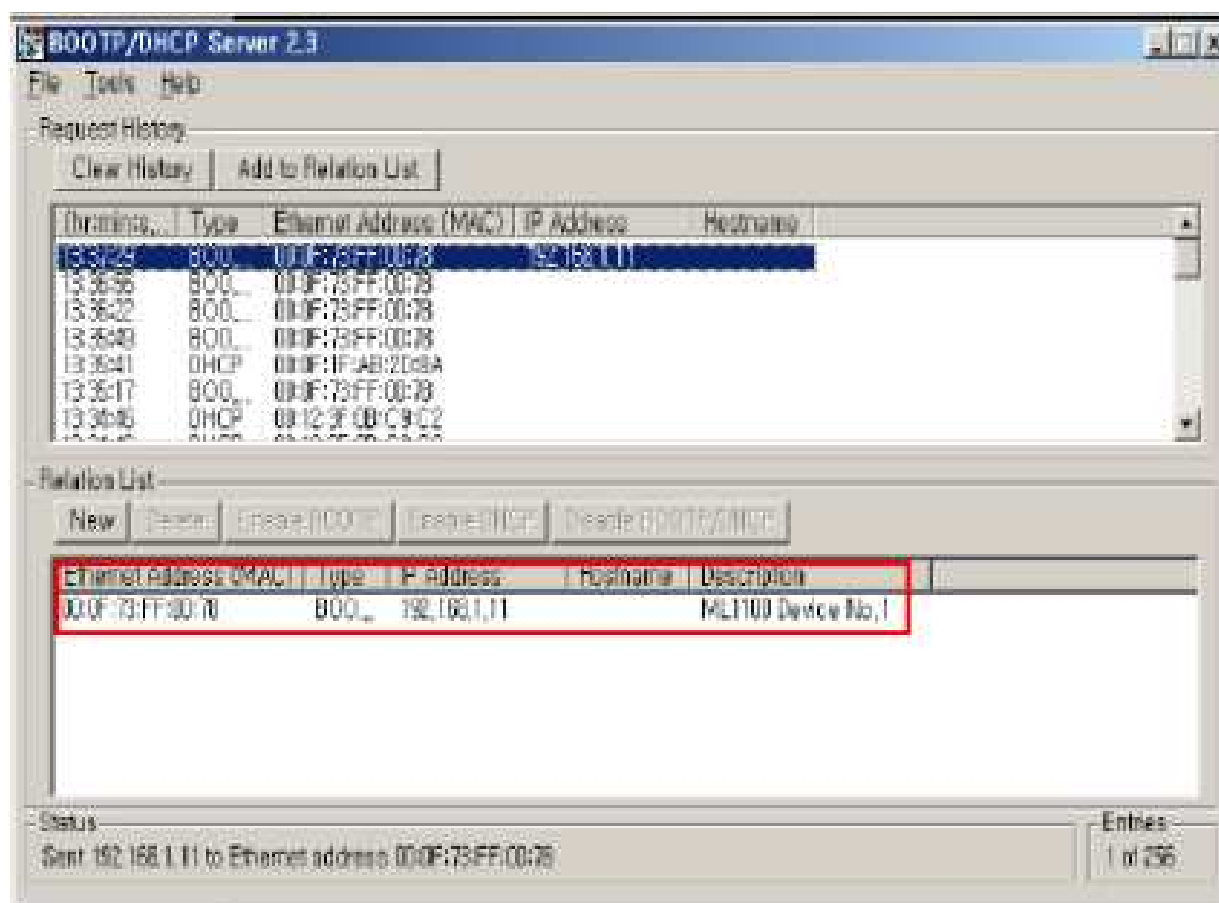


Figura 3.29: Configure Ethernet address

Fuente: ROCKWELL AUTOMATION. (2002) MANUAL DE REFERENCIA DEL CONJUNTO DE INSTRUCCIONES CONTROLADORES PROGRAMABLES MICROLOGIX™ 1200 Y MICROLOGIX 1500 BOLETINES 1762 Y 1764

Por tanto ya tienes dirección IP válida en tu PLC.

Configurar RSLinx

Nos vamos al RSLinx y nos ponemos en la siguiente pantalla.

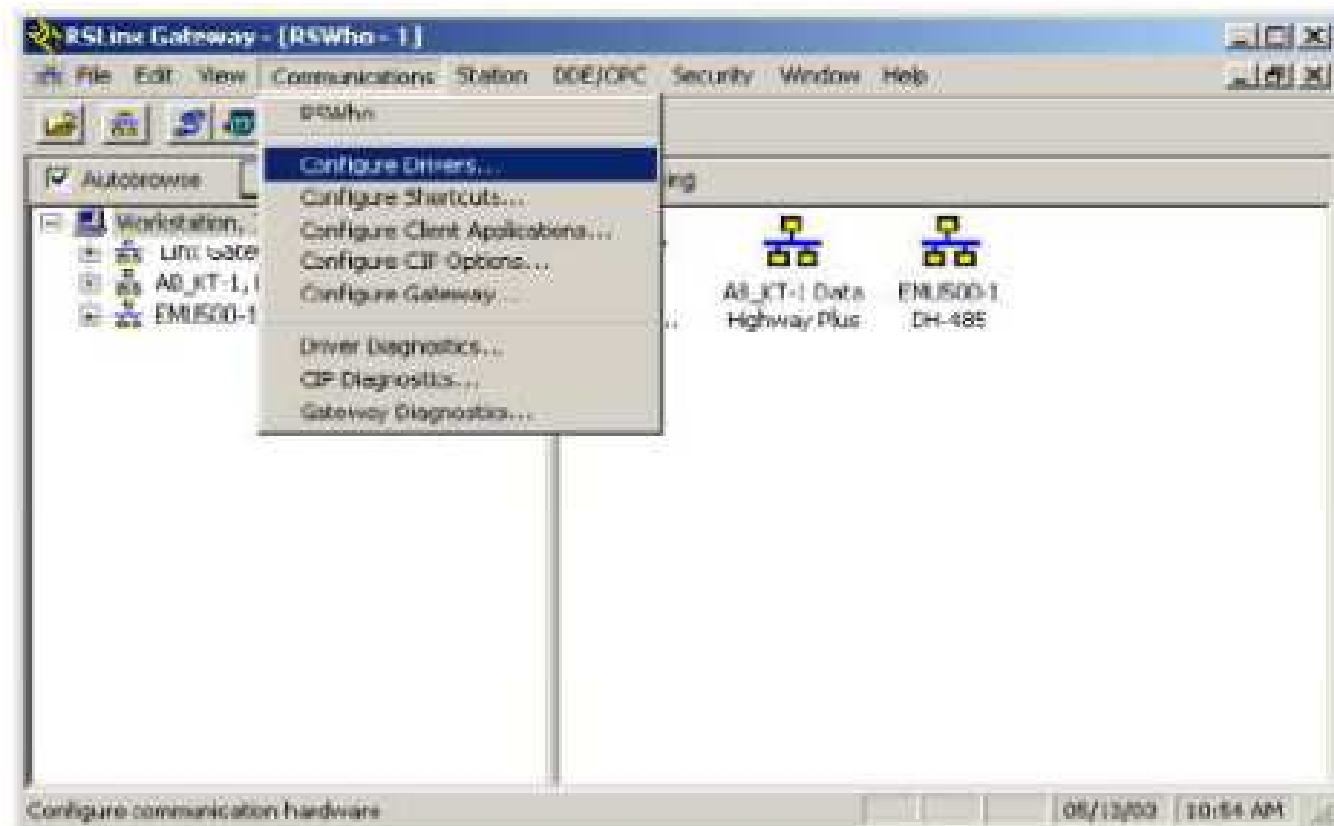


Figura 3.23: Configurar RS LINX

Fuente: ROCKWELL AUTOMATION, (2011), SOFTWARE RSLINX CLASSIC LITE REVISION 2.59.02 (CPR 9) SR 5

Seleccionamos el driver mediante el que nos queremos comunicar

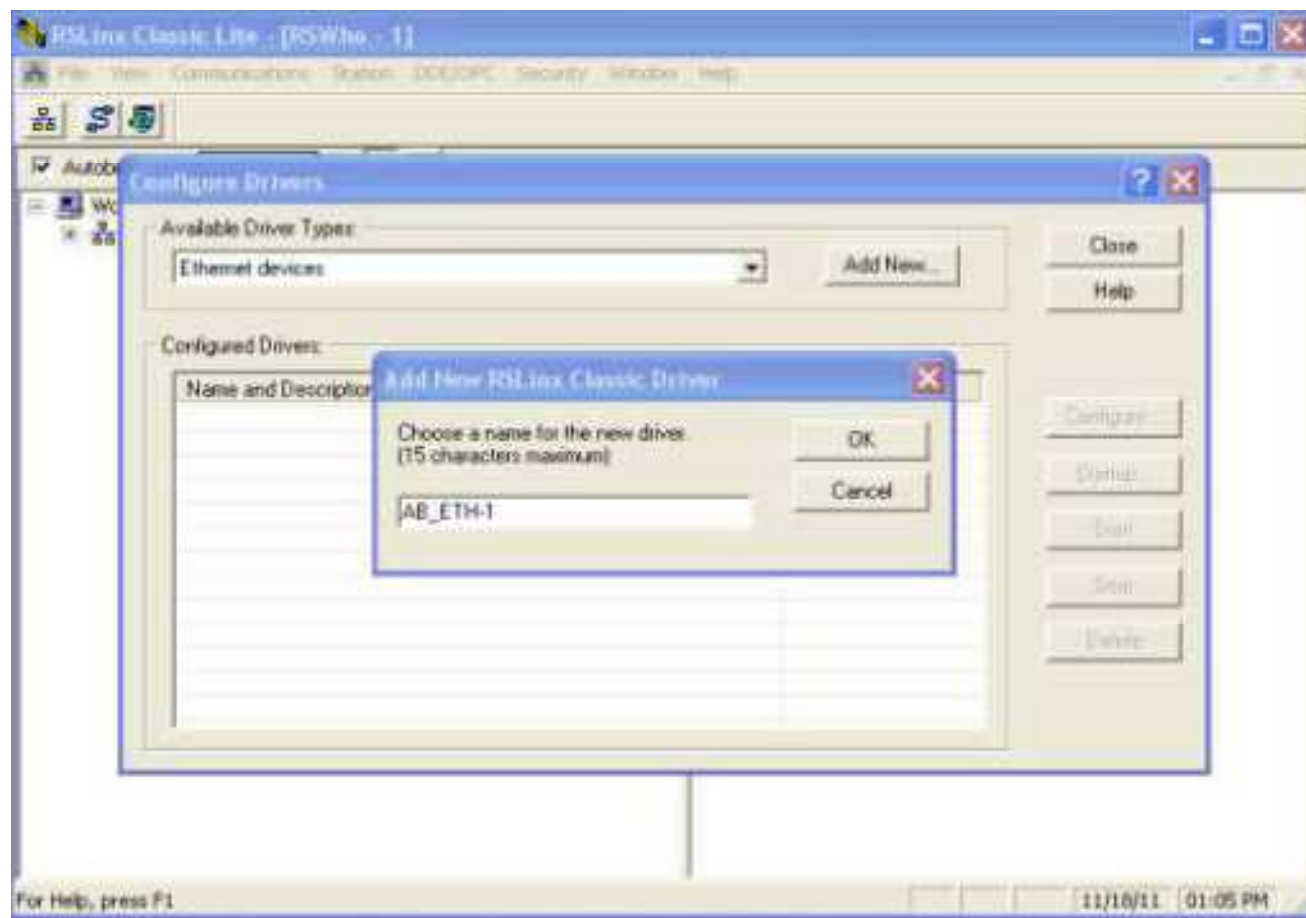


Figura 3.31: Configure Rs linx add drive

Fuente: ROCKWELL AUTOMATION, (2011), SOFTWARE RSLINX CLASSIC LITE REVISION 2.59.02 (CPR 9) SR 5

En esta caso el Ethernet Devices pulsamos OK y nos aparece



Figura 3.32: Configure RS linX DRIVE IP

Fuente: ROCKWELL AUTOMATION, (2011), SOFTWARE RSLINX CLASSIC LITE REVISION 2.59.02 (CPR 9) SR 5

Introducimos la dirección IP de nuestro dispositivo y le damos a Aplicar + Aceptar. Si todo es correcto deberíamos ver nuestro dispositivo, en este caso te he puesto una IP no válida para que vas lo que pasa es que y el RSLinx no lo detecta ningún dispositivo.

INSTRUCCIONES UTILIZADAS EN PROGRAMACIÓN RSLOGIX 500

Para la programación del micrologix 1100 para el control de un sistema de bombeo mediante un variador de frecuencia se han utilizado las siguientes instrucciones.

1. Contacto normalmente abierto:

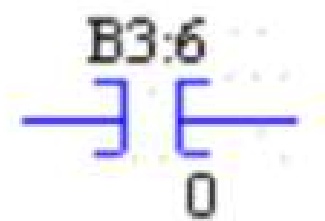


Figura 3.33: CONTACTO ABIERTO

Fuente: ROCKWELL AUTOMATION, (2008), SOFTWARE RSLOGIX 500 VERSION 8.10.00 (CPR 9).

Esta instrucción (también denominada "Examinar si On" o "Normalmente abierto") funciona como un bit de entrada o almacenamiento.

Si el bit de memoria correspondiente es un "1" (On), esta instrucción permitirá la continuidad del renglón y se activarán las salidas.

Nota: Otros factores pueden afectar a la continuidad del renglón.

Si el bit de memoria correspondiente es un "0" (off), esta instrucción no permitirá la continuidad del renglón (asume su estado normalmente abierto) y las salidas en el renglón se desactivarán (otros factores pueden afectar a la continuidad del renglón).

Si se usa como un bit de entrada, su estado debe corresponder al estado de los dispositivos de entrada reales asociados a la tabla de imagen de entrada mediante las direcciones idénticas.

2. Contacto normalmente cerrado.

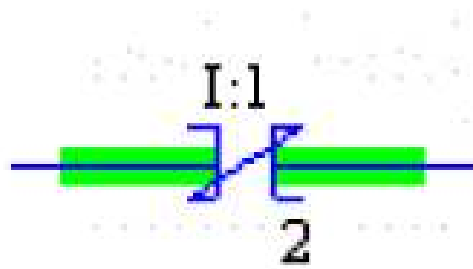


Figura 3.34: CONTACTO CERRADO

Fuente: ROCKWELL AUTOMATION, (2008), SOFTWARE RSLOGIX 500 VERSION 8.10.00 (CPR 9).

Esta instrucción (también denominada "examinar si Off" o "normalmente cerrado") funciona como un bit de entrada o almacenamiento.

Si el bit de memoria correspondiente es un "1" (On), esta instrucción no permitirá la continuidad del renglón y se desactivarán las salidas del renglón. (**Nota:** Otros factores pueden afectar a la continuidad del renglón.)

Si el bit de memoria correspondiente es un "0" (off), esta instrucción asume su estado normal y permite la continuidad del renglón y se desactivarán las salidas del renglón. (De nuevo, otros factores pueden afectar a la continuidad del renglón).

Si se usa como un bit de entrada, su estado debe corresponder al estado de los dispositivos de entrada reales asociados a la tabla de imagen de entrada mediante las direcciones idénticas.

3. OTE [Activación de salida]:



Figura 3.35: Bobina de relé.

Fuente: ROCKWELL AUTOMATION, (2008), SOFTWARE RSLOGIX 500 VERSION 8.10.00 (CPR 9).

Descripción

Esta instrucción establece el bit especificado cuando se alcanza la continuidad del renglón (el renglón se hace verdadero). Bajo condiciones normales de funcionamiento, si el bit establecido corresponde a un dispositivo de salida, el dispositivo de salida se activará cuando el renglón se haga verdadero.

Las direcciones de salida se especifican a nivel de bits.

¡Advertencia! Nunca use una dirección de salida en más de un lugar en su programa de lógica. Siempre tenga presente la carga representada por la bobina de salida.

4. Temporizador a la conexión.

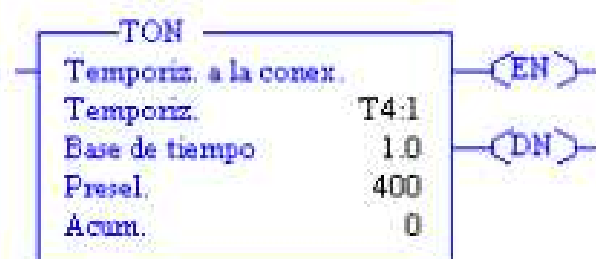


Figura 3.36: TEMPORIZADOR

Fuente: ROCKWELL AUTOMATION, (2008), SOFTWARE RSLOGIX 500 VERSION 8.10.00 (CPR 9).

Descripción

Utilice la instrucción TON para activar o desactivar una salida después que el temporizador ha estado activo durante un intervalo de tiempo preseleccionado. Esta instrucción de salida comienza la temporización (a intervalos de un segundo o de una centésima de segundo) cuando el renglón es "verdadero". Espera la cantidad de tiempo especificado (según lo establecido en PRESEL), mantiene control de los intervalos acumulados que se han producido (ACUM) y establece el bit DN (efectuado) cuando el tiempo acumulado iguala al tiempo preseleccionado.

Mientras las condiciones del renglón permanecen verdaderas, el temporizador ajusta el valor acumulado (ACUM) en cada evaluación hasta que alcanza el valor preseleccionado (PRESEL). El valor acumulado se restablece cuando las condiciones del renglón pasan a ser falsas, sin importar si el temporizador ha sobrepasado el tiempo de espera.

Bits de la instrucción:

13 = DN (efectuado)

14 = TT (bit de tiempo del temporizador)

15 = EN (bit de habilitación)

Si se pierde la alimentación eléctrica mientras una instrucción TON está temporizando pero no ha alcanzado su valor preseleccionado, los bits EN y TT permanecen establecidos y el valor acumulado (ACUM) permanece igual. Esto

también es cierto si el procesador cambia del modo Marcha remota o Prueba remota al modo Programa remoto.

Si el acumulador o el valor preseleccionado es negativo cuando se ejecuta la instrucción TON en un renglón verdadero, se genera un fallo grave (0034).

Nota: Si el renglón pasa a "falso" (pierde continuidad lógica) durante el proceso de temporización, se restablece el valor acumulado y todos los bits DN, EN y TT, independientemente de si el temporizador ha alcanzado el valor preseleccionado.

5. MOV [Mover]

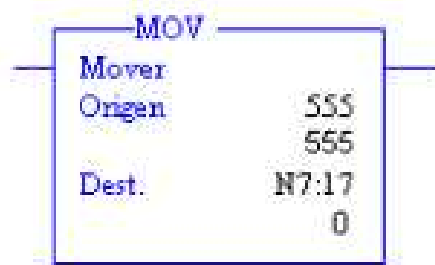


Figura 3.37: INSTRUCCIÓN MOVER

Fuente: ROCKWELL AUTOMATION, (2008), SOFTWARE RSLOGIX 500 VERSION 8.10.00 (CPR 9).

Descripción

Cuando las condiciones del renglón que precede a esta instrucción son verdaderas, la instrucción MOV mueve una copia del origen al destino en cada escán. El valor original permanece intacto y sin cambio en su ubicación origen.

Si está utilizando un procesador 5/02, 5/03, 5/04, 5/05 o Micrologix, puede usar direcciones indexadas para los parámetros de origen o destino. Si está utilizando un procesador 5/03 OS302, 5/04 OS401 o 5/05, puede usar direcciones indirectas para los parámetros de origen o destino.

Origen es la dirección de los datos que desea mover. El origen puede ser una constante.

Destino es la dirección que identifica el lugar al que se van a transferir los datos.

Nota: Si desea mover una palabra de datos sin que afecte a los indicadores matemáticos, utilice una instrucción Copiar (COP) con una longitud de una palabra en lugar de la instrucción MOV.

6. SCP [Escalar con parámetros]

SCP	
Escalar con parámetros	
Entrada	N7:33
	0
Entrada mín.	500
	500
Entrada máx.	5000
	500
Escalado mín.	N7:8
	0
Escalado máx.	N7:9
	0
Salida	B3:0
	0000000000000000

Figura 3.38: INSTRUCCIÓN ESCALAR SCP

Fuente: ROCKWELL AUTOMATION, (2008), SOFTWARE RSLOGIX 500 VERSION 8.10.00 (CPR 9).

Descripción

Esta instrucción de salida consta de seis parámetros. Los parámetros pueden ser valores enteros, long, de punto (coma) flotante (los valores de punto (coma) o valores de datos inmediatos o direcciones que contengan valores. El valor de entrada se escala a un rango determinado mediante la creación de una relación lineal entre los valores de entrada mín. y máx. El resultado escalado se devuelve a la dirección indicada por el parámetro de salida.

INTRODUCCIÓN DE PARÁMETROS:

Entrada - Introduzca un valor para escalarlo. Puede ser una dirección de palabra o una dirección de un elemento de datos en punto (coma) flotante.

Entrada mín. - Introduzca un valor mínimo para la entrada (valor inferior del rango). Este valor puede ser una dirección de palabra, una dirección larga (palabra doble), una constante entera, un elemento de datos en punto (coma) flotante o una constante en punto (coma) flotante.

Entrada máx. - Introduzca un valor máximo para la entrada (valor superior del rango). Este valor puede ser una dirección de palabra, una dirección larga (palabra doble), una constante entera, un elemento de datos en punto (coma) flotante o una constante en punto (coma) flotante.

Escalado mín. - Introduzca el valor de escalado mínimo que represente el valor inferior del rango al que desea escalar la entrada. La relación de escalado es lineal. El valor puede ser una dirección de palabra, una dirección larga (palabra doble), una constante entera, un elemento de datos en punto (coma) flotante o una constante en punto (coma) flotante.

Escalado máx. - Introduzca el valor de escalado máximo que represente el valor superior del rango al que desea escalar la entrada. La relación de escalado es lineal. El valor puede ser una dirección de palabra, una dirección larga (palabra doble), una constante entera, un elemento de datos en punto (coma) flotante o una constante en punto (coma) flotante.

Salida - Introduzca una dirección para el valor escalado devuelto después de ejecutar la instrucción. Este valor puede ser una dirección de palabra, una dirección larga (palabra doble), o una dirección de un elemento de datos en punto (coma) flotante. Si se encuentran tipos de archivo de punto (coma) flotante o constantes de punto (coma) flotante en los parámetros anteriores, entonces la instrucción completa se trata como de punto (coma) flotante y todos los valores

de datos enteros inmediatos se convierten a valores de datos de punto (coma) flotante inmediatos.

Nota: La entrada mínima, la entrada máxima, el escalado mínimo y el escalado máximo se utilizan para determinar los valores de pendiente y de offset. El valor de entrada puede salir de los límites de entrada especificados y no es necesario un ordenamiento. Por ejemplo, el valor de salida escalado no estará necesariamente fijado entre los valores de escalado mínimo y escalado máximo.

Verificación de valores:

- ❖ Un valor de entrada de punto (coma) flotante no válido devuelve No es un Número y se establece el bit de desbordamiento.
- ❖ Si la salida escalada mín. es igual a la salida escalada máx., la salida escalada se fuerza a la salida escalada mín.
- ❖ Si la entrada, la entrada mín. y la entrada máx. son iguales, la salida se fuerza al valor de la salida escalada mín.
- ❖ Si la entrada mín. es mayor que la entrada máx., la salida escalada se fuerza al valor de la salida escalada mín.
- ❖ Si el escalado mín. es mayor que el escalado máx., la salida se fuerza al valor de la salida escalada mín.

7. Control de lazo cerrado PID [Proporcional/Integral/Derivada]

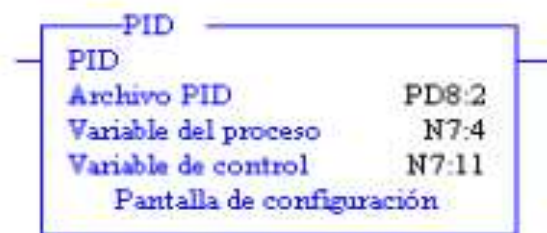


Figura 3.39: INSTRUCCIÓN PID

Fuente: ROCKWELL AUTOMATION, (2008), SOFTWARE RSLOGIX 500 VERSION 8.10.00 (CPR 9).

Descripción

Esta instrucción de salida se usa para controlar propiedades físicas tales como temperatura, presión, nivel de líquido o velocidad de flujo de los lazos del proceso.

La instrucción PID normalmente controla un lazo cerrado usando entradas desde un módulo de entradas analógicas y proporcionando una salida a un módulo de salidas analógicas como una respuesta para retener efectivamente una variable del proceso en un punto de ajuste determinado.

La ecuación PID controla el proceso enviando una señal de salida al accionador. Cuanto mayor es el error entre el punto de ajuste y la entrada de la variable del proceso, mayor es la señal de salida y viceversa. Se puede agregar un valor adicional (alimentación anticipada o polarización) a la salida de control como un offset. El resultado del cálculo PID (variable de control) dirigirá a la variable del proceso que está controlando hacia el punto de ajuste.

La instrucción PID se puede utilizar en modo temporal o modo STI. En modo temporal, la instrucción actualiza su salida periódicamente con una frecuencia que el usuario puede seleccionar. En modo STI, la instrucción se debe colocar en una subrutina de interrupción STI. Entonces, actualiza su salida

cada vez que hay un escán de la subrutina STI. El intervalo de tiempo de STI y la frecuencia de actualización del lazo PID deben ser iguales para que la ecuación se ejecute correctamente.

Introducción de parámetros:

Archivo PID - (sólo MicroLogix 1100, 1200, 1400 y 1500) Especifique un archivo PID. Si aún no ha definido un archivo tipo PD entre sus archivos de datos, se creará uno automáticamente. La longitud del archivo está fijada en 23 palabras. El archivo PD reemplaza el bloque de control del archivo de enteros anterior.

Variable del proceso PV - Dirección del elemento que almacena el valor de entrada del proceso. Esta dirección puede ser la ubicación de la palabra de entrada analógica donde se almacena el valor de la entrada A/D. También puede introducir una dirección de entero si decide preescalar el valor de la entrada en el rango de 0 a 16383.

Variable de control CV - La dirección del elemento que almacena la salida PID. El valor de salida tiene un rango de 0 a 16383, siendo 16383 el valor 100% "ON" (activado). Normalmente ésta es una dirección de enteros, para poder escalar el rango de salida PID al rango analógico particular que requiera su aplicación.

PASOS PARA CREAR UN PROYECTO EN RSLOGIX 500.

1. Seleccionar procesador

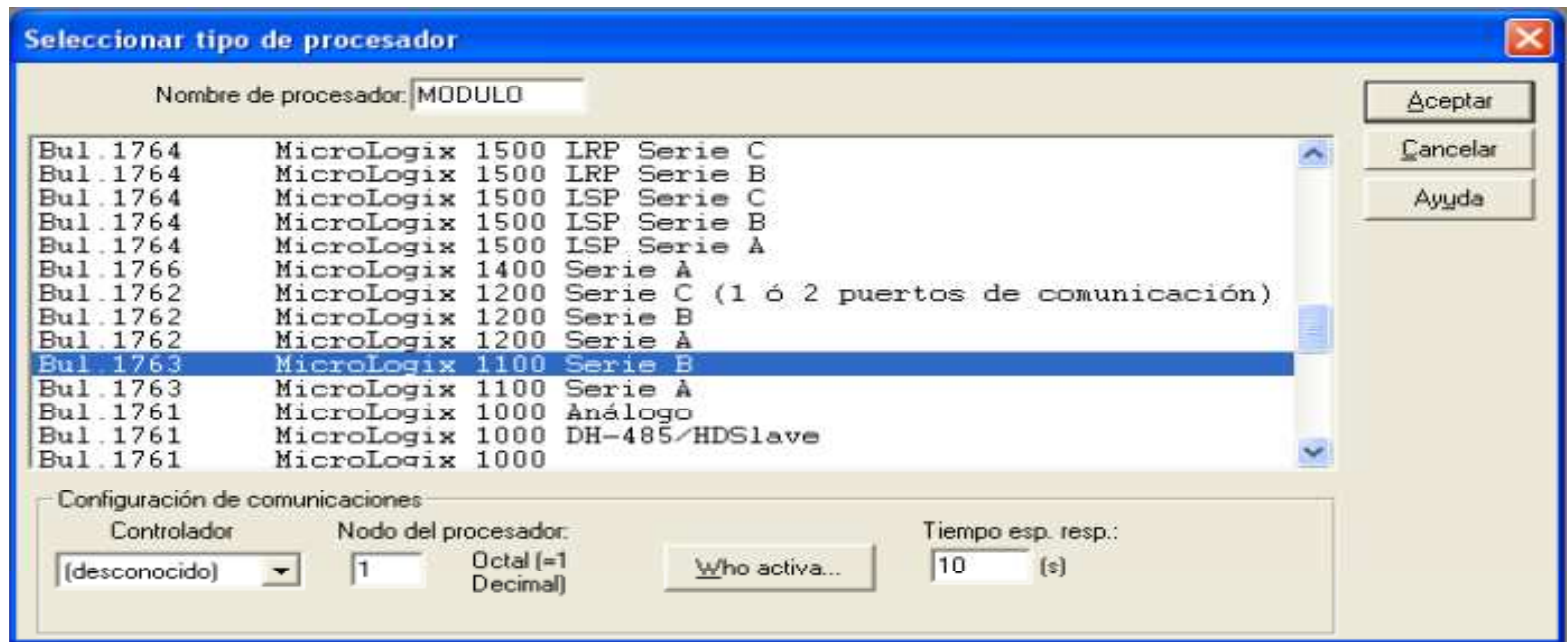


Figura 3.40: **CREAR UN PROYECTO EN RSLOGIX 500**

Fuente: ROCKWELL AUTOMATION, (2008), SOFTWARE RSLOGIX 500 VERSION 8.10.00 (CPR 9).

2. Configurar canales de comunicación

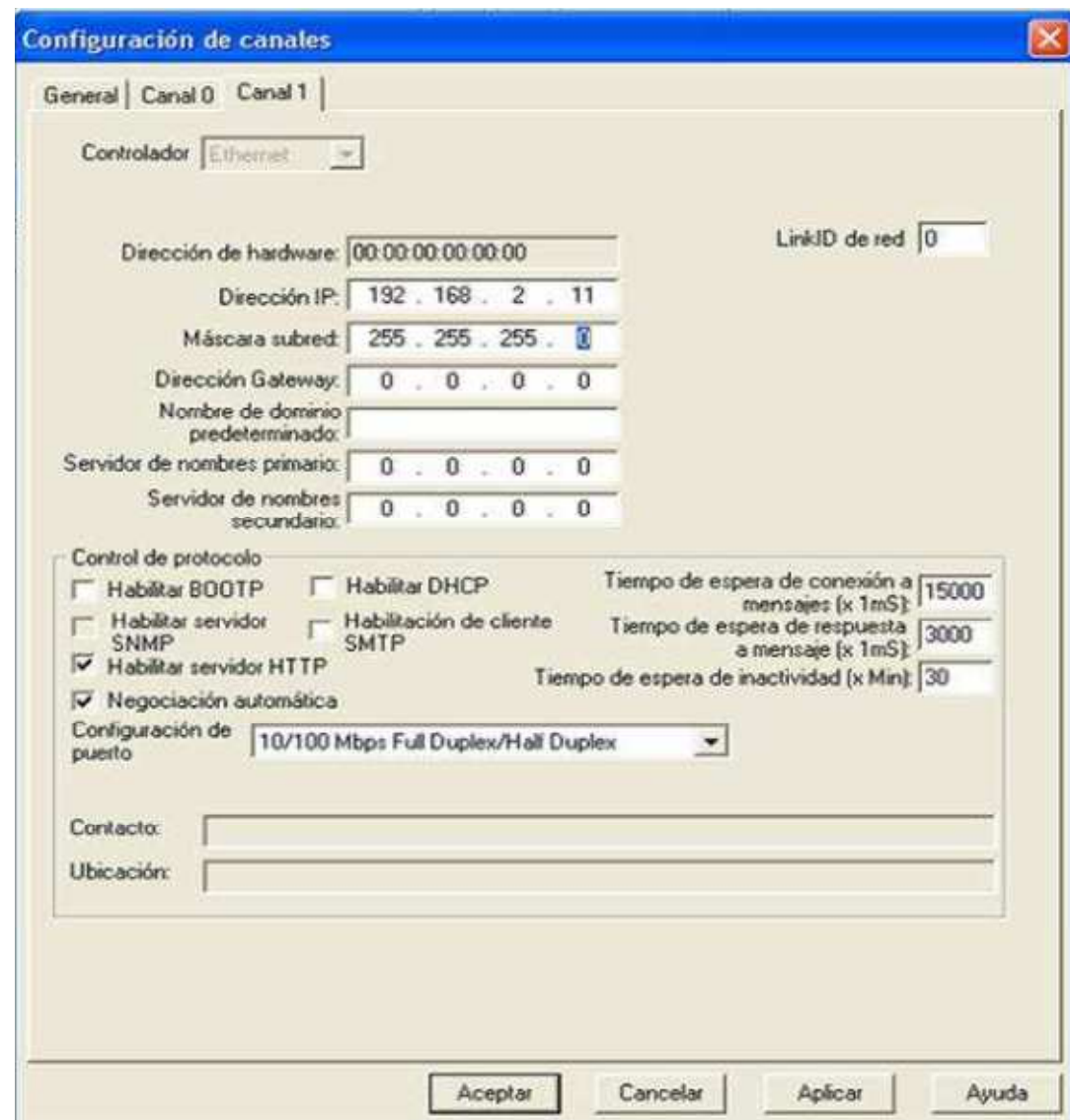


Figura 3.41: **CREAR UN PROYECTO EN RSLOGIX 500 COMUNICACIÓN**
Fuente: ROCKWELL AUTOMATION, (2008), SOFTWARE RSLOGIX 500
VERSION 8.10.00 (CPR 9).

3. Configuración de módulos de entradas y salidas

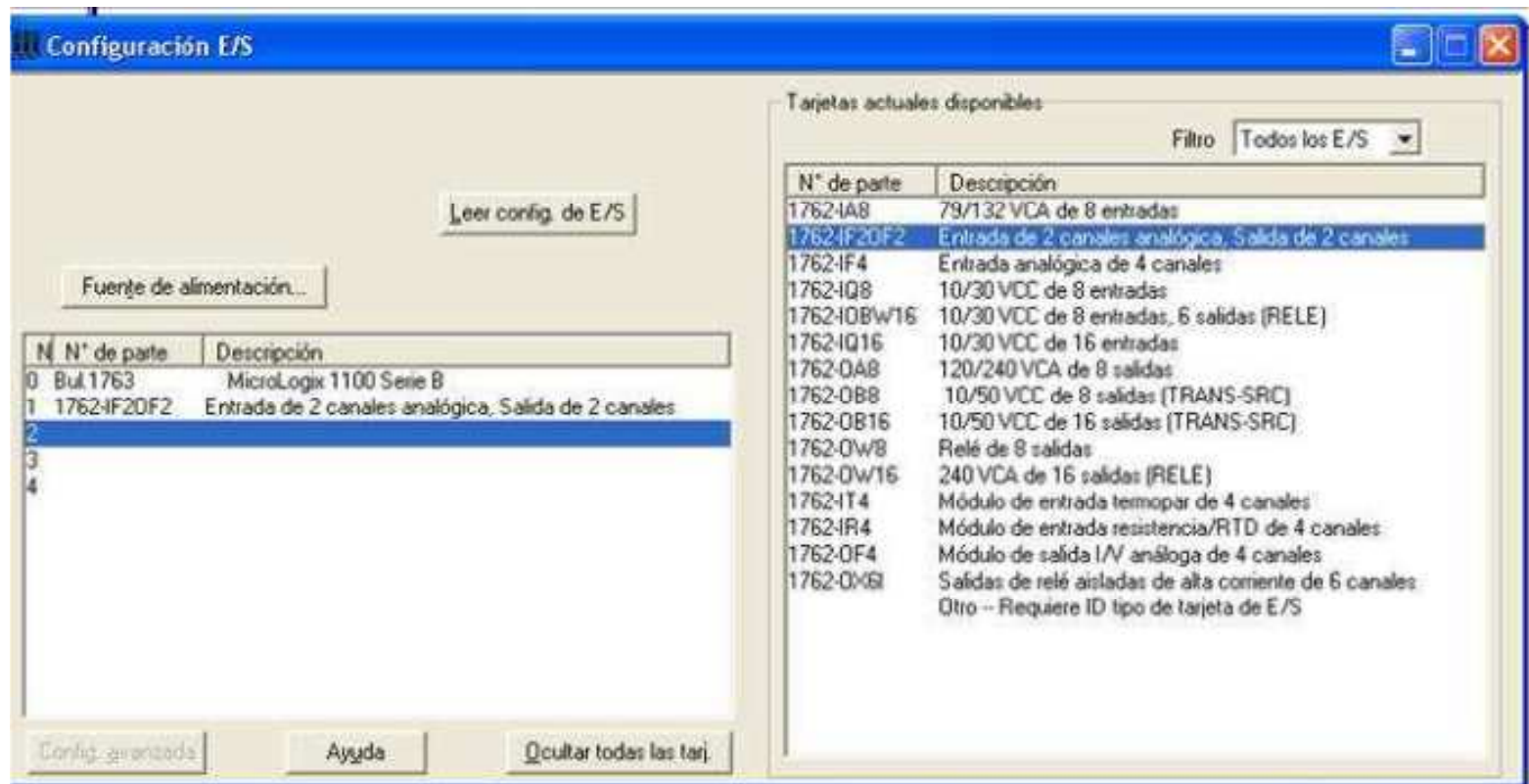


FIGURA 3.42: ASIGNAR MODULOS DE ENTRADA Y SALIDAS
Fuente: ROCKWELL AUTOMATION, (2008), SOFTWARE RSLOGIX 500
VERSION 8.10.00 (CPR 9).

4. Crear archivo de programa nuevo



FIGURA 3.43: CREAR ARCHIVO NUEVO

Fuente: ROCKWELL AUTOMATION, (2008), SOFTWARE RSLOGIX 500 VERSION 8.10.00 (CPR 9).

3.3 Mediciones con el variador de frecuencia.

Se realizaron mediciones en dos modos de arranque del módulo de laboratorio para el control de un sistema de bombeo mediante variador de frecuencia, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 3.7: Medición de consumo de energía del sistema de bombeo, con diferentes modos de arranque.

FUENTE :AUTORES

Modo de arranque	Frecuencia	Tiempo	Consumo de energía
Directo	60	1 hora	0,024 kWh
Directo	50	1 hora	0,014 kWh.
Directo	40	1 hora	0,012 kWh.
Con variador de	60	1 hora	0,022 kWh.
Con variador de	50	1 hora	0,013 kWh.
Con variador de	40	1 hora	0,010kWh.

3.4 Determinación del ahorro energético que se consigue con la aplicación de un variador de frecuencia en un sistema de bombeo.

Un variador de velocidad es la mejor manera de acoplar un sistema motriz a las condiciones variables de los procesos involucrados.

Actualmente mediante la utilización de variadores de frecuencia, se puede controlar la velocidad de un motor, al darse éste evento se puede ajustar la velocidad en los procesos dependiendo de las necesidades, ya sea agua o aire, puesto que son fluidos no constantes.

En las pruebas realizadas con el módulo de control de un sistema de bombeo con variador de frecuencia, se tomaron medidas con tres diferentes frecuencias de funcionamiento, demostrando el ahorro energético de la siguiente manera:

Tabla 3.8. Pruebas de funcionamiento del sistema de bombeo a 60 Hz.

FUENTE :AUTORES

Modo de arranque	Frecuencia	Tiempo	Consumo de energía.
Directo	60 Hz.	1 hora	0,024 kWh
Con variador de frecuencia	60 Hz.	1 hora	0,022 kWh.

Ahorro en consumo de energía: $0,024 - 0,022 = 0,002$ kWh.

Tiempo de operación:

Horas al día: 24 horas.

Días al año: 365 días.

Horas al año: 8760 horas al año.

Costo del kilovatio hora según EEE: 0,072 USD.

El ahorro energético obtenido al año es de: 17,52 kWh.

El ahorro energético expresado en dólares sería de \$1,26 USD., al año, tomando en cuenta que al ser un sistema de bombeo didáctico, y que posee un motor pequeño sin mucha carga.

Tabla3. 9. Pruebas de funcionamiento del sistema de bombeo a 50 Hz.

FUENTE :AUTORES

Modo de arranque	Frecuencia	Tiempo	Consumo de energía.
Directo	50 Hz.	1 hora	0,014 kWh
Con variador de frecuencia	50 Hz.	1 hora	0,013 kWh.

Ahorro en consumo de energía: $0,014 - 0,013 = 0,001 \text{ kWh}$.

Tiempo de operación:

Horas al día: 24 horas.

Días al año: 365 días.

Horas al año: 8760 horas al año.

Costo del kilovatio hora según EEE: 0,072 USD.

El ahorro energético obtenido al año es de: 8,76 kWh.

El ahorro energético expresado en dólares sería de $\$0,63 \text{ USD}$., al año, tomando en cuenta que al ser un sistema de bombeo didáctico, y que posee un motor pequeño sin mucha carga.

Tabla3. 10. Pruebas de funcionamiento del sistema de bombeo a 40 Hz.

FUENTE :AUTORES

Modo de arranque	Frecuencia	Tiempo	Consumo de energía.
Directo	40 Hz.	1 hora	0,012 kWh
Con variador de frecuencia	40 Hz.	1 hora	0,010 kWh.

Ahorro en consumo de energía: $0,012-0,010= 0,002\text{kWh.}$

Tiempo de operación:

Horas al día: 24 horas.

Días al año: 365 días.

Horas al año: 8760 horas al año.

Costo del kilovatio hora según EEE: 0,072 USD.

El ahorro energético obtenido al año es de: 17,52 kWh.

El ahorro energético expresado en dólares sería de \$1,26 USD., al año, tomando en cuenta que al ser un sistema de bombeo didáctico, y que posee un motor pequeño sin mucha carga.

CAPÍTULO IV

GUÍAS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

4.1 Elaboración del manual de prácticas.

4.1.1 Práctica de laboratorio 1.

Tema: Puesta en servicio rápida usando el Panel de control integrado ACS150

Objetivo:

- ❖ Conocer el uso del Panel de control y sus diferentes parámetros para la puesta en servicio.

Conceptos Básicos

1.- El variador de velocidad es un dispositivo o conjunto de dispositivos, eléctricos o electrónicos empleados para controlar la velocidad giratoria de maquinaria, especialmente de motores eléctricos. También es conocido como accionamiento de velocidad variable.

2.- El panel integrado de control, en donde se puede modificar señales de control y consignas de velocidad, simplemente pulsando el botón pertinente. También se tiene fácilmente acceso a los parámetros del ACS 150

3.- La puesta en servicio rápida es una forma óptima para adaptar el ACS150 a un motor determinado.

Información Preliminar

(Panel de control)

Cuando el ajuste de fábrica del convertidor no es el adecuado a la aplicación, se puede modificar el ajuste y adaptar el convertidor a la aplicación requerida utilizando el panel de control integrado.

El panel de control permite acceder directamente a los parámetros del ACS 150 y se pueden ejecutar las siguientes funciones:

- ≤ Modificación de valores de parámetros.
- ≤ Visualización de parámetros especiales.

INTRODUCCIÓN DATOS DE PLACA DEL MOTOR PARÁMETROS 99

- Tensión nominal del motor parámetro 9905
- Intensidad nominal del motor parámetro 9906
- Frecuencia nominal del motor parámetro 9907

.

Ajuste de la frecuencia nominal del motor en el parámetro P9907

La frecuencia nominal del motor se puede ajustar con el parámetro P 9907

Pasos para cambiar P9907:


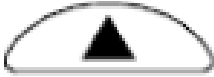



Puesta en servicio

Modos de Parámetros

Hay dos modos de parámetros: El modo de Parámetros corto y el modo de Parámetros largo. Ambos funcionan de la misma forma, excepto por el hecho que el modo de Parámetros corto sólo muestra el mínimo número de parámetros que son habitualmente necesarios para ajustar el convertidor . El modo de Parámetros largo muestra todos los parámetros de usuario, incluyendo los mostrados en el modo de Parámetros corto. En los modos de Parámetros, el usuario puede:

- ver y cambiar valores de parámetros.
- poner en marcha, detener, cambiar la dirección, cambiar entre control remoto y control local y ajustar la referencia de frecuencia.

Cómo seleccionar un parámetro y cambiar su valor.

- Para acceder al menú principal, pulse 
- Utilice las teclas  y  para encontrar el grupo de parámetros deseado.
- Pulse y mantenga pulsada  durante unos dos segundos hasta que la pantalla muestre el valor del parámetro con **SET** debajo indicando que ya es posible cambiar el valor.
- Para guardar el valor de parámetro visualizado, pulse 

Datos del motor para el parametrizado

La Figura 28, muestra donde se encuentran los datos correspondientes en la placa de características del motor. La Figura solo sirve como ilustración, los datos reales para introducirlos en el convertidor se deben tomar de la placa de características del motor que se use.



Figura 4.1: Ejemplo de una placa de características de un motor

FUENTE: www.servorecambios.com

Equipos y Materiales

- ≤ Fuente de energía 120 V CA. 15A
- ≤ Módulo de laboratorio con variador de frecuencia ABB ACS150.
- ≤ Motor trifásico ½ HP-220 VAC
- ≤ Cables de conexión.

Procedimiento

Coloque los cables de conexión para alimentar el módulo, asegúrese de

que la toma de energía sea de 110 VAC aterrizada correctamente y que el breaker principal este abierto, la puesta en servicio rápida se inicia poniendo

9902 MACRO DE APLICACION y se finaliza con 2203 TIEMPO DESACELERACION.

A través del panel de control ingrese a los parámetros que se describen a continuación e ingrese los datos correspondientes a la aplicación.

- a. **P9902 Comenzar la puesta en servicio rápida ingresando el dígito en la pantalla correspondiente a la puesta en servicio rápida tomando la opción 1:**

1 Puesta en servicio rápida

- b. **P9902 Macro de aplicación**

1 = ESTAND ABB Macro estándar para aplicaciones de velocidad constante.

- c. **P9906 Tensión nominal del motor**

≤ Rango de ajuste: (100 - 300) V

≤ Tensión nominal del motor (V) de la placa de características

- d. **P9906 Corriente nominal del motor**

≤ Rango de ajuste: 0 - 2 x corriente nominal del convertidor (A)

≤ Corriente nominal del motor (A) de la placa de características

f. P9907 Frecuencia nominal del motor

Rango de ajuste: 12 Hz - 650 Hz. Frecuencia nominal del motor (Hz) de la placa de características.

g. P 2102 FUNCION PARO

Selecciona la función de paro del motor. 2 = RAMPA Paro siguiendo una rampa lineal.

h. P11 selección de la consigna de frecuencia selección de referencia

Tipo de referencia de panel, fuente de la referencia local, selección del lugar de control externo y fuentes y límites de referencia externa. El convertidor puede aceptar diversas referencias además de la entrada analógica convencional, el potenciómetro y las señales del panel de control.

- ✓ La referencia del convertidor puede facilitarse con dos entradas digitales: una entrada digital aumenta la velocidad y la otra la reduce.
- ✓ El convertidor puede formar una referencia a partir de las señales de entrada analógica y del potenciómetro mediante el uso de funciones matemáticas: suma, resta.
- ✓ La referencia del convertidor puede facilitarse con una entrada de frecuencia. Es posible escalar la referencia externa de modo que los valores mínimo y máximo de la señal correspondan a una velocidad distinta de los límites de velocidad mínimo y máximo.

i. P2007 FRECUENCIA MINIMA

Ajuste la frecuencia mínima del motor (0-650Hz) a la que girará el motor con independencia de la consigna de frecuencia. El valor aquí ajustado es válido tanto para giro a derecha como a izquierda.

j. P2008 FRECUENCIA MAXIMA

Ajuste la frecuencia máxima del motor (0-650Hz) a la que girará el motor con independencia de la consigna de frecuencia. El valor aquí ajustado es válido tanto para giro a derecha como a izquierda.

k. P2202 TIEMPO ACELERACION 1

≤ Rango de ajuste: 0 s - 1800 s

≤ Tiempo que tarda el motor para acelerar desde el estado de reposo hasta la frecuencia máxima del motor.

l. P2203 TIEMPO DESACELERACION 1

≤ Rango de ajuste: 0 s - 1800 s

≤ Tiempo que tarda el motor para desacelerar desde la máxima frecuencia del motor hasta el estado de reposo.

Se recomienda que los estudiantes investiguen más información referente a otros tipos y marcas de variadores de frecuencia con el propósito que amplíen su conocimiento sobre estos equipos.

4.1.2 Práctica de laboratorio 2.

Tema: Arranque del módulo didáctico de control de un sistema de bombeo con

Micrologix 1100 Mediante diagrama ladder utilizando el HMI.

Objetivo:

- ❖ Realizar el arranque del sistema de bombeo controlado por variador de frecuencia utilizando programación mediante diagramas LADER.

Programación mediante micrologix 1100.

Figura 29. Diagrama ladder para micrologix 1100.

Procedimiento:

- 1.- Energizar el sistema conectándolo a la fuente de alimentación.
- 2.- Conectar el micrologix 1100 la PC mediante el cable de comunicación.
- 3.- Transferir la programación al micrologix 1100 interfaz Ethernet .
- 4.-Realizar el arranque del sistema mediante la variante AUTOMATICO.
- 5.- Realizar el arranque del sistema mediante la variante MANUAL.
- 6.- Tomar lecturas del consumo de energía utilizando el medidor trifásico.
- 7.- Realizar la comparación entre las lecturas tomadas en el ítem anterior.

8.- Conclusiones y recomendaciones.

- ❖ **Nota.** Los estudiantes deberán leer detenidamente la guía de procedimientos para el manejo adecuado y seguro del variador de frecuencia y del equipo complementario presentes en el módulo.

4.1.3 Práctica de laboratorio 3.

Tema: Arranque del módulo de control de un sistema de bombeo controlado por variador de frecuencia y variaciones de velocidad control integrado del ACS 150.

Objetivo:

- ❖ Realizar el arranque del módulo de control del sistema de bombeo controlado por variador de frecuencia y variaciones de velocidad mediante el control integrado del variador de velocidad.

Procedimiento:

1. Energizar el sistema conectándolo a la fuente de alimentación.
2. Conectar el micrologix 1100 a la PC mediante el cable de comunicación
3. Transferir la programación al micrologix 1100 interfaz Ethernet.
4. Ingresar al parámetro 1101 SELEC REF PANEL (1 = REF1)en el panel de control del ACS 150, y variar la frecuencia desde el potenciómetro del variador según las necesidades de la práctica.
5. Tomar lecturas del consumo de energía con el medidor de energía trifásico, a las frecuencias determinadas.
6. Realizar la comparación entre las lecturas tomadas en el ítem anterior.
7. Conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- ≤ Se diseñó y se construyó el módulo de laboratorio mediante el cual se pudo determinar el ahorro energético del uso del variador de frecuencia.
- ≤ Se pudo entender la estructura, composición y funcionamiento del variador de frecuencia mediante la lectura de manuales.
- ≤ Se realizó el arranque de un motor con variador de frecuencia el mismo que nos permitió determinar que con su aplicación se puede conservar en mejor estado el motor, y en el sistema de bombeo ayuda a la disminución de los golpes de ariete.
- ≤ Se aprendió a realizar cambios en los parámetros de fábrica de un variador de frecuencia, mediante el uso panel integrado del ACS 150.
- ≤ Mediante la variación de la frecuencia del motor de la bomba, se permitió establecer una diferencia entre el consumo de energía en un arranque directo y un arranque controlado por variador de frecuencia.
- ≤ Se conoció las distintas formas de puesta en marcha del variador conociendo cada uno de sus parámetros existentes en la programación.
- ≤ Se realizaron mediciones con diferentes valores de frecuencias, para establecer el ahorro energético entre el arranque directo y el arranque controlado por variador de velocidad, haciendo evidente una pequeña variación entre el consumo de energía en cada uno de los arranques, el mismo que no es muy grande por el tamaño del motor de la bomba y además el sistema no posee muchos accesorios que permitan evidenciar una mayor carga al sistema.

- ≤ De determinó que el convertidor de frecuencia toma de la red, corrientes no sinusoidales y se comporta como un generador de corrientes armónicas.
- ≤ Se elaboraron guías de prácticas de laboratorio, para que los estudiantes puedan conocer el funcionamiento y manejo de los variadores de frecuencia.
- ≤ Se analizaron las ventajas y desventajas del uso de los variadores de frecuencia en el campo industrial.

5.2 Recomendaciones

- ≤ Tener en cuenta que las entradas analógicas del variador utilizadas, sean las correctas. De utilizar, en este caso, las entradas para inversión de giro, puede causarse daños a la bomba.
- ≤ Manipular el equipo por personal familiarizado con la puesta en servicio y operación para asegurar el funcionamiento correcto del equipo.
- ≤ Esperar cinco minutos para permitir que se descarguen los condensadores antes de comenzar cualquier trabajo de instalación en el equipo.
- ≤ Configurar con precisión para que la protección de sobrecarga del motor funcione correctamente para frecuencias mayores de 5 Hz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<http://www.ledcontrols.com.mx>

<http://megaenlinea.com>

<http://www.arpaingenieros.com>

<http://www.servorecambios.com>

<http://ab.rockwellautomation.com/es/Graphic-Terminals/2711C-PanelView-Component-C300-Terminals>

<http://www.ab.com/en/epub/catalogs/12762/2181376/2416247/5865007/5865354/>

- [ROCKWELL AUTOMATION, \(2008\), SOFTWARE RSLOGIX 500 VERSION 8.10.00 \(CPR 9\).](#)
- [ROCKWELL AUTOMATION, \(2011\), SOFTWARE RSLINX CLASSIC LITE REVISION 2.59.02 \(CPR 9\) SR 5](#)
- [ROCKWELL AUTOMATION. \(2002\) MANUAL DE REFERENCIA DEL CONJUNTO DE INSTRUCCIONES CONTROLADORES PROGRAMABLES MICROLOGIX™ 1200 Y MICROLOGIX 1500 BOLETINES 1762 Y 1764](#)
- [BEAUCAUOP. \(2012\), CATALOGO DE PRODUCTOS](#)
- [ASEA BROWN BOVERI S.A, ABB. \(2012\) CATALOGO MICROCONVERTIDORES DE FRECUENCIA ACS150, 0,37 A 4 KW/0,5 A 5 CV.](#)
- [ASEA BROWN BOVERI S.A, ABB. \(2006\). MANUAL DEL USUARIO CONVERTIDORES DE FRECUENCIA TIPO COMPONENTE ACS150 \(0,37 A 4 KW, 0,5 A 5 CV\).](#)
- [SIEMENS, \(2005\), INSTRUCCIONES DE USO DOCUMENTO DE USUARIO, SINAMICS G110 120W-3KW.](#)

- FITZGERALD, A. (1986) MAQUINAS ELECTRICAS MEXICO: Mc GRAW HILL.
- MOLINA, J. (1986). CONTROL INDUSTRIAL. QUITO: ESCUELA POLITECNICA NACIONAL.
- KOSOW, I. (1986) CONTROLES DE MOTORES ELECTRICOS MEXICO: Mc GRAW HILL.
- ROLDAN, J. (1989). MOTORES ELECTRICOS AUTOMATISMO DE CONTROL MADRID: PARANINFO.
- SANTILLAN, M. (2007) TEXTO BASICO DE CONTROL INDUSTRIAL RIOBAMBA: ESCUELA POLITECNICA DEL CHIMBORAZO.
- WILDIT, T. (1981) CONTROLES DE MOTORES INDUSTRIALES MEXICO: LIMUSA

BIBLIOGRAFÍA

- ROCKWELL AUTOMATION, (2008), SOFTWARE RSLOGIX 500 VERSION 8.10.00 (CPR 9).
- ROCKWELL AUTOMATION, (2011), SOFTWARE RSLINX CLASSIC LITE REVISION 2.59.02 (CPR 9) SR 5
- ROCKWELL AUTOMATION. (2002) MANUAL DE REFERENCIA DEL CONJUNTO DE INSTRUCCIONES CONTROLADORES PROGRAMABLES MICROLOGIX™ 1200 Y MICROLOGIX 1500 BOLETINES 1762 Y 1764
- BEAUCAUOP. (2012), CATALOGO DE PRODUCTOS
- ASEA BROWN BOVERI S.A, ABB. (2012) CATALOGO MICROCONVERTIDORES DE FRECUENCIA ACS150, 0,37 A 4 KW/0,5 A 5 CV.
- ASEA BROWN BOVERI S.A, ABB. (2006). MANUAL DEL USUARIO CONVERTIDORES DE FRECUENCIA TIPO COMPONENTE ACS150 (0,37 A 4 KW, 0,5 A 5 CV).
- SIEMENS, (2005), INSTRUCCIONES DE USO DOCUMENTO DE USUARIO, SINAMICS G110 120W-3KW.
- FITZGERALD, A. (1986) MAQUINAS ELECTRICAS MEXICO: Mc GRAW HILL.
- MOLINA, J. (1986). CONTROL INDUSTRIAL. QUITO: ESCUELA POLITECNICA NACIONAL.
- KOSOW, I. (1986) CONTROLES DE MOTORES ELECTRICOS MEXICO: Mc GRAW HILL.
- ROLDAN, J. (1989). MOTORES ELECTRICOS AUTOMATISMO DE CONTROL MADRID: PARANINFO.

- SANTILLAN, M. (2007) TEXTO BASICO DE CONTROL INDUSTRIAL
RIOBAMBA: ESCUELA POLITECNICA DEL CHIMBORAZO.
- WILDIT, T. (1981) CONTROLES DE MOTORES INDUSTRIALES
MEXICO: LIMUSA

LINKOGRAFÍA

<http://www.ledcontrols.com.mx>

<http://megaenlinea.com>

<http://www.arpaingenieros.com>

<http://www.servorecambios.com>

<http://ab.rockwellautomation.com/es/Graphic-Terminals/2711C-PanelView-Component-C300-Terminals>

<http://www.ab.com/en/epub/catalogs/12762/2181376/2416247/5865007/5865354/>

A N E X O S

ANEXOS

ANEXO 1. DATOS TÉCNICOS ACS 150

ANEXO 2. DIMENSIONES DEL ACS 150

ANEXO 3. PANEL DE CONTROL INTEGRADO.ACS150

ANEXO 4. DESCRIPCION DEL PANEL DE CONTROL ACS150

ANEXO 5. DIAGRAMA TRIFILAR

ANEXO 6. CPU INPUTS

ANEXO 7. ESPECIFICACIONES

ANEXO 8. DIAGRAMA DE CONTROL

PLANO 1. PLANO DE CONEXIONES ELÉCTRICAS
DE VARIADOR DE FRECUENCIA

ANEXO 1.

DATOS TÉCNICOS ACS 150

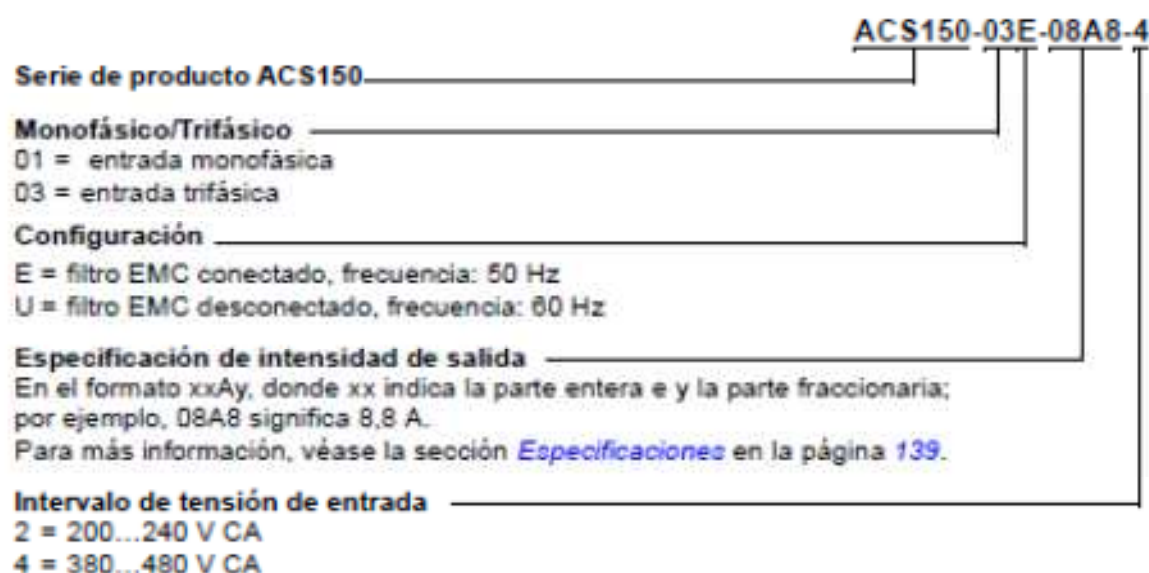


Etiqueta de designación de tipo

1	Designación de tipo, véase el apartado Etiqueta de designación de tipo en la página 22
2	Grado de protección según armario (IP y UL/NEMA).
3	Especificaciones nominales; véase el apartado Especificaciones en la página 139.
4	Número de serie en el formato MYYWWRXXXX, donde M: Fabricante YY: 09, 10, 11, ... para 2009, 2010, 2011, ... WW: 01, 02, 03, ... para semana 1, semana 2, semana 3, ... R: A, B, C, ... para el número de revisión del producto XXXX: Entero que se inicia cada semana a partir de 0001
5	Código MRP ABB del convertidor.
6	Marcado CE y marcado C-Tick y C-UL US y RoHS (la etiqueta de su convertidor muestra el marcado aplicable en su caso).

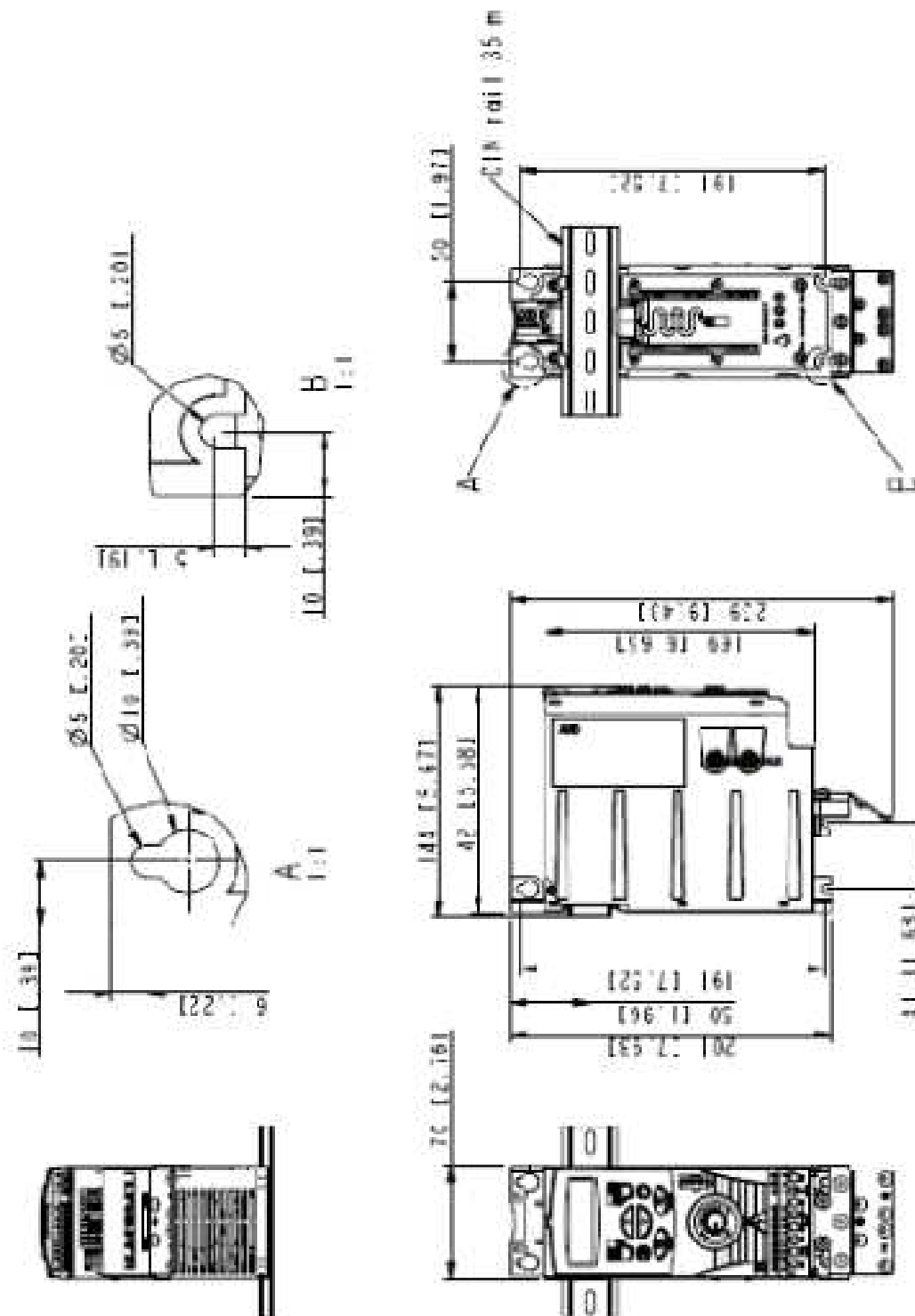
Etiqueta de designación de tipo

La designación de tipo contiene información acerca de las especificaciones y la configuración del convertidor. Encontrará la etiqueta de designación de tipo adherida al convertidor. Los primeros dígitos, empezando por la izquierda, indican la configuración básica, por ejemplo ACS150-03E-08A8-4. Las explicaciones de las selecciones de las etiquetas de designación de tipo se describen a continuación.



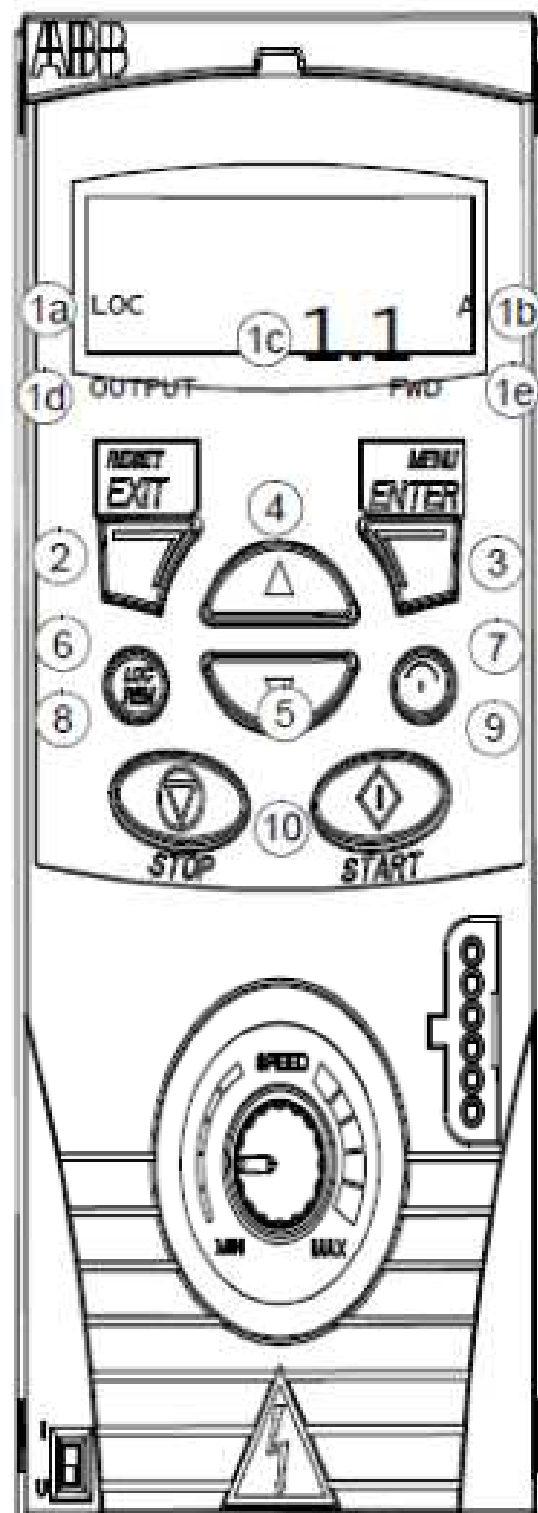
ANEXO 2.

DIMENSIONES DEL ACS 150



ANEXO 3

PANEL DE CONTROL INTEGRADO



ANEXO 4

DESCRIPCIÓN DEL PANEL INTEGRADO ACS 150

N.º	Uso
1	<p>Pantalla LCD – Se divide en cinco áreas:</p> <p>a. Parte superior izquierda – Lugar de control: LOC: el control del convertidor es local, es decir, desde el panel de control. REM: el control del convertidor es remoto, como la E/S del convertidor.</p> <p>b. Parte superior derecha – Unidad del valor visualizado. s: modo de Parámetros corto, navegación por la lista de parámetros.</p> <p>c. Centro – Variable, en general muestra valores de parámetros y señales, menús o listas. También muestra códigos de alarma y fallos.</p> <p>d. Parte inferior izquierda y centro – Estado de funcionamiento del panel: OUTPUT: modo de Salida PAR: Fijo: modos de Parámetros Parpadeo: modo de Parámetros modificados MENU: menú principal. FALLO: modo de Fallo.</p> <p>e. Parte inferior derecha – Indicadores: FWD (avance) / REV (retroceso): dirección de la rotación del motor Destellando lentamente: parado Parpadeo rápido: en marcha, no está en el punto de consigna Fijo: en marcha, está en el punto de consigna SET: el valor visualizado se puede modificar (en los modos de Parámetros o de Referencia).</p>
2	<p>RESET/EXIT – Sale al siguiente nivel del menú superior sin guardar los valores cambiados. Restaura los fallos en los modos de Salida y Fallo.</p>
3	<p>MENU/ENTER – Permite profundizar en el nivel del menú. En el modo de Parámetro, guarda el valor visualizado como el nuevo ajuste.</p>
4	<p>Arriba –</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permite desplazarse hacia arriba por un menú o lista. • Incrementa un valor si se ha seleccionado un parámetro. <p>Mantener la tecla pulsada hace que el valor cambie con mayor rapidez.</p>
5	<p>Abajo –</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permite desplazarse hacia abajo por un menú o lista. • Reduce un valor si se ha seleccionado un parámetro. <p>Mantener la tecla pulsada hace que el valor cambie con mayor rapidez.</p>
6	<p>LOC/REM – Cambia entre control local y remoto del convertidor.</p>
7	<p>DIR – Cambia la dirección de giro del motor.</p>
8	<p>STOP – Detiene el convertidor en control local.</p>
9	<p>START – Arranca el convertidor en control local.</p>
10	<p>Potenciómetro – Cambia la referencia de frecuencia.</p>

P L A N O S

PLANO 1.

PLANO DE CONEXIONES ELÉCTRICAS DE VARIADOR DE FRECUENCIA