

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**



**FACULTAD DE MECÁNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

**“CONTROL Y MONITOREO DE UN VARIADOR  
DE FRECUENCIA POR MEDIO DE UN PLC Y  
SOFTWARE LabVIEW”**

**ARCOS MUÑOZ CÉSAR MIGUEL**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

**RIOBAMBA - ECUADOR**

**2011**

**E s p o c h**

Facultad de Mecánica

---

**C E R T I F I C A D O D E A P R O B A C I Ó N D E T E S I S**

---

**C O N S E J O D I R E C T I V O**

Agosto, 1 de 2011

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**A r c o s M u ñ o z C é s a r M i g u e l**

---

Titulada:

**“ C O N T R O L Y M O N I T O R E O D E U N V A R I A D O R D E F R E C U E N C I A M E D I A N T E  
U N P L C Y S O F T W A R E L a b V I E W ”**

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

**I N G E N I E R O M A N T E N I M I E N T O**

---

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

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Marco Santillán  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Pablo Montalvo  
ASESOR DE TESIS

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: Arcos Muñoz César Miguel.

TÍTULO DE LA TESIS: “CONTROL Y MONITOREO DE UN VARIADOR DE FRECUENCIA MEDIANTE UN PLC Y SOFTWARE LabVIEW”

Fecha de Examinación: Agosto 1 de 2011.

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. Angel Guamán (Presidente Trib. Defensa)			
ING. Marco Santillán (Director de Tesis)			
ING. Pablo Montalvo (Asesor)			

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

RECOMENDACIONES: \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

f) Presidente del Tribunal

## DERECHOS DE AUTORÍA

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

---

f) César Miguel Arcos Muñoz

## **A G R A D E C I M I E N T O**

Agradezco a DIOS por permitirme culminar mi sueño profesional.

Y a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser una persona útil a la sociedad, no solo con su enseñanza técnica también con sus valores.

Y en especial para toda mi familia, los amigos, compañeros y personas que con una palabra, un gesto han sembrado en mí la fuerza para seguir adelante. Sobre todo a mi madre por su cariño, amor y comprensión en los momentos difíciles de mi vida.

**César Miguel Arcos Muñoz**

## DEDICATORIA

Esta tesis dedico a mi madre Silvia Muñoz que con su amor y constancia me ayudó a culminar esta meta, sus buenos consejos has sabido guiarme por el camino correcto y a tener la fuerza que me ayuda a seguir adelante.

*César Miguel Arcos Muñoz*

## TABLA DE CONTENIDOS

<u>CAPÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
<b>1. GENERALIDADES</b>	
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	
2.1. Medidas de eficiencia.....	4
2.2. Equipos y aparatos de maniobra del módulo DG – SCH – XX & AMC-1.....	5
2.2.1. Variador de frecuencia.....	5
2.2.2. Controlador Lógico Programable “PLC”.....	11
2.2.3. Comunicación.....	17
2.2.3.1. Comunicación (RS-485).....	17
2.2.3.2. Access Point.....	17
2.2.3.3. Comunicación Modbus.....	18
2.2.3.4. Modbus TCP/IP (Ethernet).....	22
2.2.4. Software “LabVIEW”.....	26
2.2.5. NI OPC Server.....	31
2.2.6. Aparatos de protección.....	32

<b>3.</b>	<b>ANÁLISIS Y PROYECCIÓN PARA LA COMPLEMENTACIÓN DE MÓDULO</b>	
3.1.	Análisis de campo	34
3.2.	Proyección del módulo	34
3.2.1.	Localización	35
3.2.2.	Ventajas y desventajas de los módulos	35
3.2.3.	Cotización de los módulos	36
3.2.4.	Materiales	36
3.3.	Conformación del módulo	36
3.3.1.	Circuito de control	37
3.3.2.	Circuito de potencia	39
3.3.3.	Descripción de funcionamiento del módulo	40
<b>4.</b>	<b>ENSAMBLAJE</b>	
4.1.	Ensamblaje del módulo	42
4.1.1.	Planeación de ensamblaje del módulo	42
4.1.2.	Procedimiento de ensamblaje	42
4.2.	Circuitos funcionales	43
4.3.	Operación básica del módulo	44
<b>5.</b>	<b>GUÍA, OPERACIÓN DE PRÁCTICAS Y MANTENIMIENTO</b>	
5.1	Instalación del software LabVIEW	48
5.2.	Instalación del TwidoSuite	51
5.2.1.	Preparación del TwidoSuite	54
5.3.	Utilización del Access Point	56

5.4.	Control del variador de frecuencia vía comunicación TCP/IP generada en el PLC ... ..	56
5.4.1.	Configuración del PLC ... ..	56
5.4.2.	Direccionamiento de la conexión IP ... ..	57
5.5.	Configuración del variador de frecuencia... ..	58
5.6.	Control y monitoreo del variador de frecuencia por software LabVIEW ... ..	58
5.6.1.	Configuración de LabVIEW para la comunicación Modbus... ..	58
5.6.2.	Selección de variables... ..	60
5.7.	Guías de prácticas de laboratorio... ..	64
5.8.	Elaboración del plan de mantenimiento... ..	60
5.8.1.	Mantenimiento del PLC ... ..	72
5.8.2.	Mantenimiento del variador de frecuencia... ..	73
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
6.1.	Conclusiones... ..	75
6.2.	Recomendaciones... ..	76

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**BIBLIOGRAFÍA**

**LINKOGRAFÍA**

**ANEXOS**

## LISTA DE TABLAS

<u>TABLA</u>	<u>PÁGINA</u>
2.1. Trama genérica del mensaje según el código empleado	21
2.2. Esquema de encapsulación en Modbus/TCP	22
2.3. Comandos clase 0	23
2.4. Comandos clase 1	23
2.5. Comandos clase 2	24
2.6. Funciones dependientes de la máquina	24
2.7. Variables	30
3.1. Cotización de equipos	36
3.2. Cotización de materiales	36
5.1. Equivalencia entre las variables	61
5.2. Mantenimiento mensual	72
5.3. Mantenimiento semestral	72
5.4. Mantenimiento anual	73
5.5. Cambio de partes del variador	74

## LISTA DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>		<u>PÁGINA</u>
2.1.	Diferencia entre tipos de arranque...	5
2.2.	Variador de frecuencia...	6
2.3.	Diagrama de variador de frecuencia (P W M )...	8
2.4.	Gráfica comparativa de la potencia consumida...	9
2.5.	Diferencias entre las potencias consumidas...	10
2.6.	Reducción de la potencia al utilizar velocidad variable...	11
2.7.	Controlador lógico programable...	11
2.8.	Componentes de un PLC compacto...	12
2.9.	Lenguaje de contactos...	14
2.10.	Lenguaje por lista de instrucciones...	15
2.11.	Grafcet...	15
2.12.	Plano de funciones...	16
2.13.	Access Point...	17
2.14.	Conexión de la computadora al variador...	20
2.15.	Ejemplo comunicación Modbus...	21
2.16.	Vista del panel frontal...	27
2.17.	Vista del diagrama de bloques...	28
2.18.	Barra de herramientas...	29
2.19.	Adquisición de datos análogos...	31
2.20.	Relación entre el PC de supervisión y el sistema de control...	31
3.1.	Esquema de componentes de los módulos...	35
3.2.	Conformación de circuitos...	37
3.3.	Diagrama esquemático de control...	37
3.4.	Instalación del circuito...	38
3.5.	Diagrama esquemático de potencia...	39
3.6.	Instalación del circuito esquemático de potencia...	40
4.1.	Procedimiento de ensamblaje...	43
4.2.	Cambio de los valores de parámetros...	44
4.3.	Definición de la frecuencia con el teclado y los bornes...	45

4.4.	Conexión...	46
4.5.	Patrón de operación...	46
4.6.	Frecuencia con potenciómetro...	46
4.7.	Conexión con potenciómetro y bornes...	47
4.8.	Patrón de operaciones con potenciómetro...	47
5.1.	Opción de selección de instalación...	48
5.2.	Registro del programa...	49
5.3.	Selección de las herramientas...	49
5.4.	Selección de los productos adicionales...	50
5.5.	Confirmación de la instalación...	50
5.6.	Plataforma TwidoSuite...	51
5.7.	Ventanas del proceso de instalación...	53
5.8.	Información del proyecto...	54
5.9.	Configuración gráfica...	54
5.10.	Configuración del módulo...	55
5.11.	Programación Ladder...	55
5.12.	Carga del programa al PLC...	55
5.13.	Access Point...	56
5.14.	Cable par trenzado CAT 5...	56
5.15.	Configuración de la señal de entrada al autómeta...	56
5.16.	Configuración de la señal de salida del autómeta...	57
5.17.	Configuración de las memorias del autómeta...	57
5.18.	Dirección IP...	57
5.19.	Selección para comunicación Modbus...	59
5.20.	Configuración Modbus Ethernet...	59
5.21.	Configuración Modbus RTU...	60
5.22.	Creación de variables...	60
5.23.	Colocación de direcciones...	61
5.24.	Enlazar icono de las variables...	62
5.25.	Vínculo con la dirección del OPC Server...	62
5.26.	Programa en el diagrama de bloques y las variables...	63
5.27.	Sistema de bombeo controlado por LabVIEW y un PLC...	64

## LISTA DE ABREVIACIONES

API:	Autómatas Programables Industrial
FIFO:	First In First Out
IL:	Lenguaje Lista de Instrucciones (Instruction List)
IP:	Internet Protocol
LAN:	Local Area Network
LD:	Lenguaje de contactos (Ladder Diagram)
OLE:	Object Linking and Embedding
OPC:	OLE for Process Control
PLC:	Programmable Logic Controller
RTU:	Remote Terminal Unit
SCADA:	Supervisory Control And Data Acquisition
ST:	lenguaje literal estructurado (Structured Text)
TCP:	Transmisión Control Protocol
VB:	Visual Basic
PWM:	Modulación de Ancho de Pulso
IGBTs:	Transistores bipolares de puerta aislada
VFD:	Un sistema de variador de frecuencia
HMI:	Human Machine Interface
WAP o AP:	por sus siglas en inglés: Wireless Access Point
GRAFNET:	Gráfica de control de secuencias de programación

## LISTA DE LOS ANEXOS

ANEXO 1: CARACTERÍSTICAS DEL VARIADOR DE FRECUENCIA SV-IG5A

ANEXO 2: LISTA DE FUNCIONES

ANEXO 3: COMUNICACIÓN MODBUS

ANEXO 4: LISTA DE CÓDIGOS DE PARÁMETROS

ANEXO 5: DETECCIÓN DE PROBLEMAS EN COMUNICACIÓN MODBUS

ANEXO 6: AUTÓMATA TWDLC AE40DRF

## RESUMEN

Con la presente investigación, se ha logrado el Control y Monitoreo de un Variador de Frecuencia por medio de un PLC y Software LabVIEW, a ser utilizado en el Laboratorio de Control Industrial de la Facultad de la ESPOCH.

El presente módulo se ha realizado para el futuro Ingeniero de Mantenimiento, con el objetivo de que el estudiante mejore sus destrezas en el área de la Automatización para el control y monitoreo de equipos, el cual podrá aplicar sus conocimientos con equipos como el PLC y el variador de frecuencia.

Esta vez se incluye sistemas de comunicación como el protocolo de comunicaciones Modbus RTU y Modbus TCP/IP, mediante el cual se ha logrado la intercomunicación entre los distintos elementos que constituyen el módulo.

Se fortalecen los conocimientos sobre el programa LabVIEW, el banco de ensayos debe contar con un computador con conexión red o tarjeta inalámbrica.

El primer paso consiste en la instalación del software del PLC y LabVIEW en el computador, con el que configura al PLC y sus componentes. A continuación se ingresa la información del computador al PLC mediante un cable serial. Entonces se retira el cable serial y vía inalámbrica se conecta al Access Point al PLC. Desde la Computadora se conecta al convertidor de RS 232/485 hacia el variador de frecuencia a las terminales (+) y (-) para la comunicación Modbus RTU.

El programa desarrollado en LabVIEW fue de acuerdo a las necesidades de funcionamiento de los distintos elementos que se encuentran conectados. Mediante este proceso se logró el control del variador de frecuencia con las señales adquiridas del PLC.

## S U M M A R Y

A control and monitoring of a frequency changer has been carried out by means of a PLC and software LabVIEW to be used at the Laboratory of a Mechanics Industrial Control of the ESPOCH.

The module has been made for the future maintenance engineer, so that the students can improve their skills at the automation area de control and equipment monitoring, therefore they can apply their knowledge with devices such as PLC and frequency changer.

A system of communication is included as a protocol of communication Modbus TCP/IP, getting communication among different elements of the module.

Knowledge is strengthened on the program LabVIEW, and the bank of essays of essays should have a computer connected to a network.

The first step is to install in the computer the software of PLC and LabVIEW to from and PLC their components. Then, the information of the computer is entered by means a serial cable. After that, the serial cables is taken away and the wireless is connected to the Access Point (previously formed), and by means the Ethernet port is connected to the Access Point. From the computer the converter RS 232/485 is connected to the frequency changer to the terminal points (+) and (-) for the communication Modbus RTU.

The development program in the LabVIEW covers the functions needs of different connected elements. By means of this process the changer frequency control was achieved with the acquired signals of PLC.

## CAPÍTULO I

### 1. GENERALIDADES

#### 1.1. ANTECEDENTES

La Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo cuenta con un laboratorio de Control Industrial, cuyo fin es permitir conocer técnicas para el control de equipos eléctricos, la eliminación de errores y un aumento en la seguridad de los procesos. En especial la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento tiene un módulo de un arrancador electrónico suave, este módulo consta de un Access Point, un Controlador Lógico Programable “PLC” y está en la capacidad de acoplarse a otro tipo de equipos, como es el caso de un variador de frecuencia.

A pesar de que ha logrado alcanzar un equipamiento especializado en automatización hay una deficiencia en el aspecto de las formas de comunicación entre equipos y específicamente sobre el protocolo Modbus. Tanto en la industria, como en aplicaciones específicas, es común encontrarse con la necesidad de variar la velocidad de un motor en forma continua y manteniendo el torque en el eje. También en ocasiones es necesario proporcionar a los motores un arranque suave y gradual. Para ello se idearon gran cantidad de motores específicos y equipos de regulación que permitan satisfacer estas necesidades. Entre los más comunes en uso, se encuentran los motores de corriente continua controlados mediante la tensión del inducido y los motores asincrónicos trifásicos controlados mediante la variación de frecuencia. Los motores de continua tienen las desventajas de ser más caros, voluminosos y necesitar mayor mantenimiento debido a que utilizan carbones. Por lo expuesto anteriormente y por el amplio desarrollo de dispositivos de estado sólido que permiten conmutar grandes corrientes a tensiones industriales, se popularizó el uso de variadores de frecuencia para motores asincrónicos, facilitando la realización de tareas peligrosas, pesadas o repetitivas. Es importante destacar que anterior a la aplicación masiva de las técnicas de control automático en la industria, era el hombre el que aplicaba sus capacidades de cálculo e incluso su fuerza física para la ejecución del control de un proceso o máquina asociada a la producción. En la actualidad, gracias al desarrollo y aplicación de las técnicas modernas de control, un gran número de tareas y cálculos asociados a la manipulación de las variables ha sido delegado a computadoras, controladores y

accionamientos especializados para el logro de los requerimientos del sistema. De esta manera se plantea la presente tesis, utilizando el software LabVIEW, el cual simulará las botoneras, pantallas para monitorear el variador de frecuencia, con el Access Point que enviará y recibirá los mensajes vía inalámbrica emitidas entre la LabVIEW y el PLC, el variador de frecuencia y PLC trabajarán por medio de un protocolo de comunicaciones llamado MODBUS, este protocolo está basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, diseñado en 1979 por Modicon para su gama de PLC. Este protocolo estándar en la industria es el que goza de mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales.

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

El avance tecnológico crece de una forma acelerada, donde el control de procesos continuos como discontinuos, regulación de las variables como temperatura, presiones, niveles, son algunos de los retos que se le presenta al ingeniero de mantenimiento, a más del cuidado hacia el medio ambiente en el cual el ahorro energético, procesos más limpios y ahorro de materia prima son factores con la cual se ha tomado en cuenta para la elaboración del este tema. Si bien es cierto el laboratorio de Control Industrial cuenta con un módulo del arrancador electrónico suave, la tesis se propone complementar al módulo con un variador de frecuencia para el control de velocidad de motores asincrónicos jaula de ardilla trifásicos, donde se utilizarán el PLC y el Access Point del módulo antes mencionado.

El variador de frecuencia es por hoy un elemento muy utilizado en varias áreas como son: Arranque y control de velocidad en motores eléctricos para sistemas de bombeo constante, control de flujo, etc. Pero se ha visto conveniente conocer los diferentes métodos y formas de comunicación entre hombre y máquina, por ello se ha introducido la utilización del software LabVIEW, para el monitoreo y control del variador de frecuencia por medio de un PLC, vía inalámbrica con el Access Point. El software LabVIEW cuya licencia será provista por la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento.

En este proceso de automatización utilizaremos el protocolo Modbus que permite el control de una red de dispositivos, en este caso la comunicación entre el PLC Telemecanique y el variador de frecuencia SV-iG5A. Modbus también se usa para la conexión de un ordenador de supervisión con una unidad remota (RTU) en sistemas de supervisión adquisición de datos (SCADA). Y así ir cubriendo la necesidad de ir renovando y actualizando

los diferentes equipos y materiales utilizados en el laboratorio de Control Industrial que permita al estudiante de la Facultad de Mecánica y sus diversas escuelas estar a la altura de los requerimientos del sector productivo. Este módulo permitirá a los estudiantes una formación teórica - práctica con guías de laboratorio las mismas que sirven para realizar las diferentes pruebas y monitoreo de los parámetros de funcionamiento de este dispositivo electrónico, el cual formará parte activa durante la preparación de los estudiantes, logrando un mejoramiento continuo y fomentando la investigación.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Controlar y monitorear a un variador de frecuencia mediante un PLC y con software LabVIEW.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un estudio previo del módulo arrancador electrónico suave, existente en el laboratorio de Control Industrial.
- Conocer la estructura y principales características de los variadores de frecuencia.
- Saber cuál es la utilización del Access Point.
- Utilizar técnicas de programación para el control y monitoreo de dispositivos.
- Llegar a conocer el funcionamiento del Controlador Lógico Programable con salida Ethernet.
- Monitorear por un sistema SCADA
- Manejar el variador de frecuencia por medio de un Controlador Lógico Programable.
- Realizar el montaje y pruebas de buen funcionamiento del módulo.
- Elaborar guías de laboratorio para el manejo del variador de frecuencia.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. MEDIDAS DE EFICIENCIA [1]

La instalación de un sistema de regulación electrónica de velocidad representa en sí una importante medida de eficiencia energética.

- A pesar del coste que supone la inversión en un sistema de ajuste electrónico de la frecuencia para controlar la velocidad de los motores, el desarrollo en precisión y fiabilidad ha alcanzado cotas tan elevadas que el coste inicial se justifica por la mejora sustancial de los resultados y por la bajada de costes debida a la reducción de pérdidas y en mantenimiento. Algunos factores que determinan la decisión sobre la aplicación de regulación electrónica de velocidad son los siguientes:
- El valor del ahorro energético que se puede lograr con la instalación de regulación electrónica de velocidad depende principalmente, como se ha visto, del tipo de carga que esté acoplada al motor. Así, los motores con cargas con par proporcional al cuadrado de la velocidad, tales como bombas, compresores o ventiladores, son los susceptibles de un mayor ahorro energético.
- Un aspecto a tener en cuenta en la valoración del consumo de energía ahorrado es la forma de regulación empleada hasta el momento en que se plantea la instalación de reguladores electrónicos. El control de la instalación de forma mecánica (por ejemplo mediante válvulas de estrangulamiento en bombas o persianas en ventiladores), o la ausencia de control, produce un sobredimensionamiento del mecanismo, dando lugar a un exceso de potencia demandada. La instalación de reguladores electrónicos permite un ahorro importante de energía.
- La regulación electrónica de velocidad permite suavizar los críticos procesos de arranque y paradas (limitando las altas intensidades de arranque y evitando caídas de tensión), así como realizar un trabajo más continuo y suave del proceso. Se disminuye de esta forma el número de averías, las paradas del proceso y el coste en mantenimiento, y de prolongar la vida útil de la máquina.

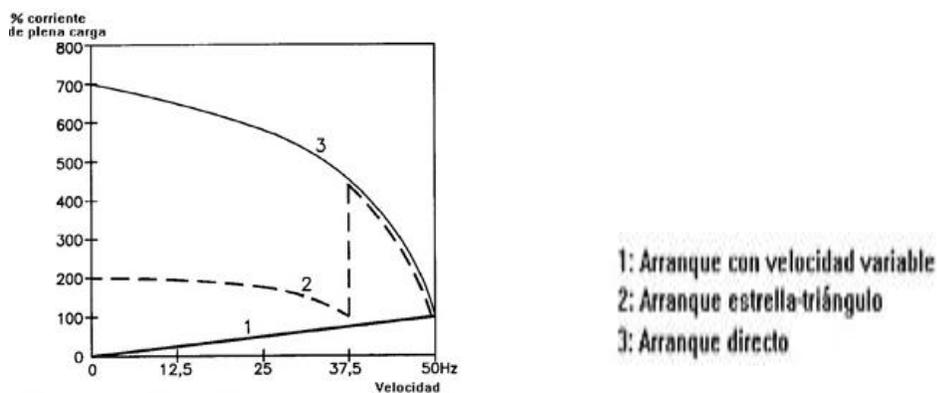


Figura 2.1: Diferencia entre tipos de arranque

- Un parámetro esencial a la hora de estimar el ahorro derivado de la instalación de la regulación electrónica de velocidad es el tiempo total de trabajo de la máquina y su régimen de trabajo. Cuanto mayor sea el tiempo de trabajo de la máquina, mayor será el ahorro producido y menor el tiempo de amortización de la inversión realizada.
- La variación de frecuencia es especialmente atractiva en sistemas multimotor, cuando una gran cantidad de pequeños motores de corriente alterna son alimentados simultáneamente con la misma frecuencia y tensión. En tales instalaciones, el coste del convertidor de frecuencia se justifica por la reducción significativa del coste de la máquina debida al gran número de motores cubiertos.

La decisión de instalar un regulador de velocidad debe contemplar, además del ahorro energético y la rapidez en la amortización de la inversión realizada, otras ventajas de la regulación de velocidad como la reducción en averías, paradas y costes de mantenimiento o mejoras en la calidad y rentabilidad del sistema productivo. Instalar variadores de frecuencia ofrece otras mejoras como la compensación del factor de potencia y disminuciones considerables del nivel de ruido generado.

## 2.2. EQUIPOS Y APARATOS DE MANIOBRA DEL MÓDULO DG - SCH - XX & AMC-01.

### 2.2.1. Variador de frecuencia [2].

Después de los motores eléctricos, las bombas y los ventiladores son las máquinas más utilizadas en el mundo. Esto significa que una combinación de motor y bomba, o de

motor y ventilador, constituyen áreas importantes en que el uso de la energía puede hacerse más eficiente.



**Figura 2.2:** Variador de frecuencia.

Hay una gran cantidad de ventajas que se pueden lograr, asegurando que el sistema esté correctamente dimensionado, y en parte usándolo racionalmente. Otros tipos de cargas (elevadores, grúas, compresores, transportadores, máquinas herramienta, extrusoras, máquinas textiles, etc.) también ofrecen actualmente un importante campo para el ahorro, utilizando adecuadamente equipos eficientes. Un área que brinda grandes oportunidades de ahorro es en los casos en que se controla el flujo de agua o de aire por métodos de estrangulamiento (válvulas o compuertas) y se sustituye por métodos en que se varía la velocidad del motor que acciona la bomba. El método más eficaz y eficiente para la variación de velocidad es hoy en día el uso de variadores de frecuencia aplicados a los motores asíncronos, principalmente aquellos que emplean el principio de control por modulación del ancho de pulso (PWM). Un variador de frecuencia (siglas VFD, del inglés: Variable Frequency Drive o bien AFD Adjustable Frequency Drive) es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Los variadores de frecuencia son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable (AFD), drivers de CA, microdrivers o inversores. Dado que el voltaje es variado a la vez que la frecuencia, a veces son llamados drivers VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia).

### **Principio de funcionamiento**

Los variadores de frecuencia operan bajo el principio de que la velocidad síncrona de un motor de corriente alterna (CA) está determinada por la frecuencia de CA suministrada y el número de polos en el estator, según la relación de la ecuación 2.1.

Las cantidades de polos más frecuentemente utilizadas en motores síncronos o en motores asíncronos son 2, 4, 6 y 8 polos que, siguiendo la ecuación citada, resultarían en 3000 RPM, 1500 RPM, 1000 RPM y 750 RPM respectivamente para motores sincrónicos únicamente y a la frecuencia de 50 Hz. Dependiendo de la ubicación geográfica funciona en 50Hz o 60Hz.

$$\text{RPM} = (120 \times f) / p \quad (2.1)$$

Dónde:

RPM = Revoluciones por minuto

f = frecuencia de suministro CA (Hercio)

p = Número de polos (adimensional)

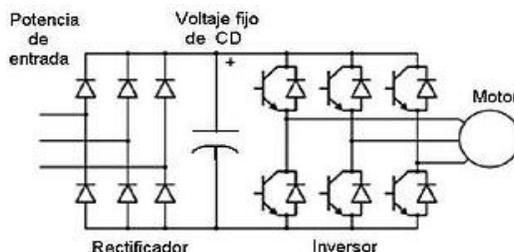
Las cantidades de polos más frecuentemente utilizadas en motores síncronos o en Motor asíncrono son 2, 4, 6 y 8 polos que, siguiendo la ecuación citada, resultarían en 3000 RPM, 1500 RPM, 1000 RPM y 750 RPM respectivamente para motores sincrónicos únicamente y a la frecuencia de 50 Hz. Dependiendo de la ubicación geográfica funciona en 50Hz o 60Hz.

En los motores asíncronos las revoluciones por minuto son ligeramente menores por el propio asincronismo que indica su nombre. En estos se produce un desfase mínimo entre la velocidad de rotación (RPM) del rotor (velocidad "real" o "de salida") comparativamente con la cantidad de RPM del campo magnético (las cuales si deberían cumplir la ecuación arriba mencionada tanto en Motores síncronos como en motores asíncronos) debido a que sólo es atraído por el campo magnético exterior que lo aventaja siempre en velocidad (de lo contrario el motor dejaría de girar en los momentos en los que alcanzase al campo magnético)

### **Controlador del VFD [3]**

El controlador de la variación de frecuencia está formado por dispositivos de conversión electrónicos de estado sólido. El diseño habitual primero convierte la energía de entrada CA en CC usando un puente rectificador. La energía intermedia CC es convertida en una señal quasi-senoidal de CA usando un circuito inversor conmutado. El rectificador es usualmente un puente trifásico de diodos, pero también se usan rectificadores

controlados. Debido a que la energía es convertida en continua, muchas unidades aceptan entradas tanto monofásicas como trifásicas (actuando como un convertidor de fase, un variador de velocidad). Tan pronto como aparecieron los interruptores semiconductores fueron introducidos en los VFD, ellos han sido aplicados para los inversores de todas las tensiones que hay disponible. Actualmente, los transistores bipolares de puerta aislada (IGBTs) son usados en la mayoría de circuitos inversores.



**Figura 2.3** Diagrama de variador de frecuencia (P W M ).

Las características del motor CA requieren la variación proporcional del voltaje cada vez que la frecuencia es variada. Por ejemplo, si un motor está diseñado para trabajar a 460 voltios a 60 Hz, el voltaje aplicado debe reducirse a 230 voltios cuando la frecuencia es reducida a 30 Hz. Así la relación voltios/hertzios deben ser regulados en un valor constante ( $460/60 = 7.67 \text{ V/Hz}$  en este caso). Para un funcionamiento óptimo, otros ajustes de voltaje son necesarios, pero nominalmente la constante es  $\text{V/Hz}$  es la regla general. El método más novedoso y extendido en nuevas aplicaciones es el control de voltaje por P W M .

#### **C a m p o s d e a p l i c a c i ó n [4]**

Algunas aplicaciones de las más comunes dentro de la industria, comparando el uso de variadores electrónicos de frecuencia con otros sistemas de regulación o el trabajo sin reguladores y explicando cómo se produce el ahorro energético en cada caso.

- **B o m b a s**

Es una aplicación muy susceptible de ser regulada por variadores electrónicos de frecuencia ya que normalmente se producen ahorros de valor considerable. Existen cuatro maneras distintas de realizar la regulación del caudal:

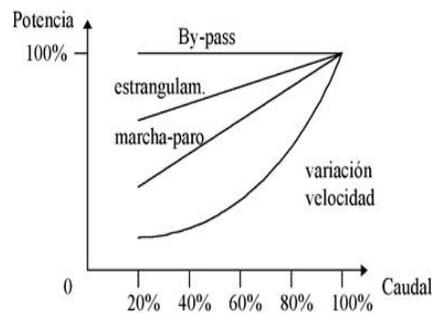
**Válvula de estrangulamiento.-** Se estrangula la salida de la bomba, produciendo una mayor resistencia al paso de fluido, introduciendo una pérdida adicional a la instalación. La bomba tiene que generar una mayor presión en el caudal, no pudiendo llegar a bombear el caudal nominal. Esto hace que el sistema solicite una energía de bombeo bastante superior a la requerida por el sistema, resultando en un bajo rendimiento de la instalación.

**Regulación by-pass.-** El by-pass es un tubo de realimentación que devuelve parte del caudal al depósito desde el cual se bombea, regulando así el caudal que llega a la instalación. Es el método menos eficaz, energéticamente hablando.

**Regulación electrónica de velocidad del motor.-** En este caso, al variar la velocidad varía la curva característica de la bomba. Al disminuir la velocidad, disminuyen a la vez la altura manométrica y el caudal, consumiéndose solo la potencia necesaria. Es el método más eficaz energéticamente.

**Regulación mediante arranque-parada.-** Existe también la alternativa de regular el caudal mediante arranques y paradas de la bomba, de forma que el caudal medio se ajuste al requerido. Su uso es restringido debido a que es muy perjudicial tanto para el motor como para el resto de la instalación, debido principalmente a los golpes de ariete. Se produce un pronto envejecimiento de la instalación, bajando su eficiencia y elevando costes.

En la siguiente figura se muestra una gráfica comparativa de la potencia consumida con la regulación electrónica de velocidad frente a los sistemas de regulación tradicionales:



**Figura 2.4:** Gráfica comparativa de la potencia consumida

- **Ventiladores**

Al igual que las bombas, se trata de equipos habituales en la industria en los que resulta muy ventajosa la aplicación de variación electrónica de velocidad, produciendo ahorros energéticos importantes. Existen las siguientes formas de regulación de velocidad:

**Estrangulamiento mediante persianas.**-Es el método con peor resultado energético. El cierre de la persiana produce una mayor resistencia al paso de fluido, introduciendo una pérdida adicional a la instalación. Se tiene que generar una mayor presión en el caudal, no pudiendo llegar a suministrar el mismo caudal. Esto hace que el sistema consuma una energía mayor que la estrictamente necesaria, resultando en un bajo rendimiento de la instalación.

**Regulación mediante álabes móviles.**- Los álabes del ventilador tienen una posición variable, facilitando o entorpeciendo el paso de fluido y regulando así el caudal suministrado. No se suele utilizar debido a que es una solución mucho más cara, constructivamente, que el empleo de persianas y que requiere mayores costos de mantenimiento.

**Variación electrónica de velocidad.**-El caudal se regula ajustando la velocidad del motor a la requerida por el sistema, reduciéndose considerablemente la potencia consumida respecto a las opciones anteriores que trabajaban en todo momento con un sistema sobredimensionado. Se trata, por tanto, de un sistema mucho más eficiente energéticamente. La siguiente figura muestra las diferencias que puede haber entre las potencias consumidas por los distintos tipos de regulación:

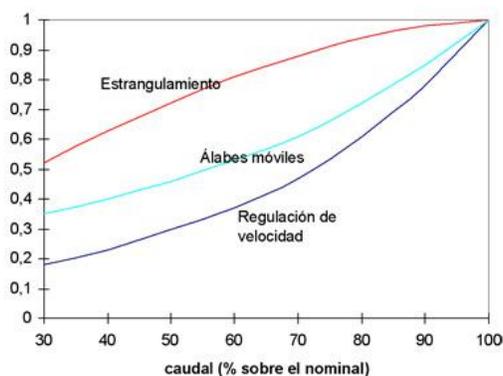
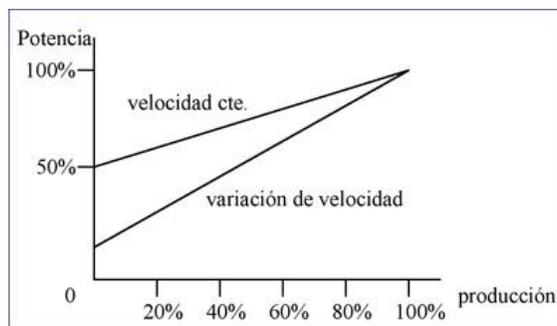


Figura 2.5. Diferencias entre las potencias consumidas

- **Cintas transportadoras**

Las cintas transportadoras son de los elementos más abundantes en toda la industria. Son mecanismos con par constante con la velocidad, variando la potencia linealmente con la velocidad. Cuando se tiene una cinta de carga variable, si se mantiene la velocidad constante la potencia demandada, va desde el 50% en vacío al 100% en plena carga. Utilizando la regulación de velocidad se pueden reducir las potencias demandadas reduciendo las pérdidas de rozamiento, que son proporcionales a la velocidad. Se busca el ajustar la velocidad del motor para que la carga sea siempre el 100%. La siguiente gráfica muestra cómo se reduce la potencia demandada al utilizar velocidad variable.



**Figura 2.6** Reducción de la potencia al utilizar velocidad variable

### 2.2.2 Controlador Lógico Programable “PLC” [5]



**Figura 2.7:** Controlador Lógico Programable

Los controladores programables Twido, han sido optimizados para las instalaciones sencillas y las máquinas pequeñas: aplicaciones estándar de 10 a 100 E/S (máx. 252 E/S). Donde el Twido ofrece una flexibilidad y sencillez a la hora de automatizar este tipo de aplicaciones. El controlador Twido dispone de dos modelos: Compacto o Modular. En

algunos casos cuando el trabajo que debe realizar el controlador es más exigente, se incluyen Módulos Inteligentes. Las características se encuentran en el Anexo 6.

- **Componentes de un PLC:**

1 Orificio de montaje

2 Cubierta de terminal.

3 Puerta de acceso

4 Cubierta extraíble del conector del HMI.

5 Conector de ampliación (en las series 24DRF y 40DRF)

6 Terminales de potencia del sensor

7 Puerto serie 1

8 Potenciómetros analógicos

9 Conector de puerto serie 2.

10 Terminales de

11 Conector de cartuchos

(ubicado en la parte inferior del controlador)

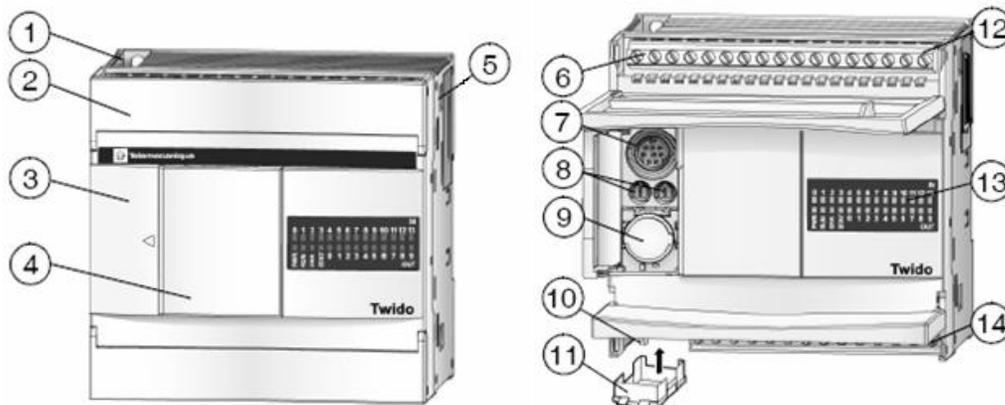
12 Terminales de entradas

13 Indicadores LED

14 Terminales de salidas

15 RJ45 100Base-TX Ethernet port

16 External user-battery compartment



#### Rear Panel of a 40DRF Compact Base

The following figure shows the rear panel of a 40 I/O Compact base. This figure is the TWDLCAE40DRF base.

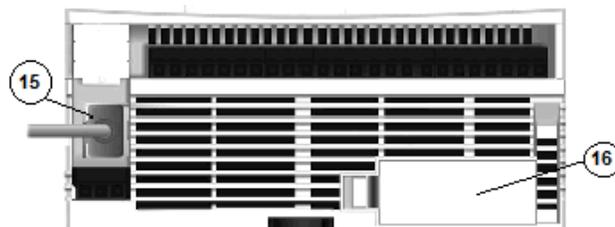


Figura 2.8: Componentes de un PLC compacto.

Un controlador lógico programable está constituido por un conjunto de tarjetas o circuitos impresos, sobre los cuales están ubicados componentes electrónicos. El controlador programable tiene la estructura típica de muchos sistemas programables, como por ejemplo una microcomputadora. La estructura básica del hardware de un controlador programable propiamente dicho está constituido por [3]:

- Fuente de alimentación
- Unidad de procesamiento central (CPU)
- Módulos de interfaces de entradas/salidas (E/S)
- Módulo de memorias
- Unidad de programación

**Fuente de alimentación.-** La función de la fuente de alimentación en un controlador, es suministrar la energía a la CPU y demás tarjetas según la configuración del PLC [3].

- + 5 V para alimentar a todas las tarjetas.
- + 5.2 V para alimentar al programador.
- + 24 V para los canales de lazo de corriente 20 mA.

**Unidad de procesamiento central (C.P.U.).-** Es la parte más compleja e imprescindible del controlador programable, que en otros términos podría considerarse el cerebro del controlador. La unidad central está diseñada a base de microprocesadores y memorias; contiene una unidad de control, la memoria interna del programador RAM, temporizadores, contadores, memorias internas tipo relé, imágenes del proceso entradas/salidas, etc. Su misión es leer los estados de las señales de las entradas, ejecutar el programa de control y gobernar las salidas, el procesamiento es permanente y a gran velocidad. [3]

**Módulos de interfaces de entrada y salida (e/s).-** Son los que proporciona el vínculo entre la CPU del controlador y los dispositivos de campo del sistema. A través de ellos se origina el intercambio de información ya sea para la adquisición de datos o la del mando para el control de máquinas del proceso [3].

**Tipos de módulos de entrada y salida.-** Debido a que existen gran variedad de dispositivos exteriores (captadores actuadores), encontramos diferentes tipos de módulos de

entrada y salidas, cada uno de los cuales sirve para manejar cierto tipo de señal (discreta o analógica) ha determinado valor de tensión o de corriente en DC o AC.

- Módulos de entradas discretas
- Módulos de salidas discretas
- Módulos de entrada analógica
- Módulos de salida analógica

**Módulos de memorias.-** Son dispositivos destinados a guardar información de manera provisional o permanente. Se cuenta con dos tipos de memorias [3].

- Volátiles (RAM)
- No volátiles (EPROM y EEPROM)

**Unidad de programación.-** Los terminales de programación, son el medio de comunicación entre el hombre y la máquina; estos aparatos están constituidos por teclados y dispositivos de visualización. Existen tres tipos de programadores los manuales (Hand Held) tipo de calculadora, Los de video tipo (PC) y la (computadora) [3].

- **Lenguajes de programación**

Cuando surgieron los autómatas programables, lo hicieron con la necesidad de sustituir a los enormes cuadros de maniobra construidos con contactores y relés. Por lo tanto, la comunicación hombre-máquina debería ser similar a la utilizada hasta ese momento. El lenguaje usado, debería ser interpretado, con facilidad, por los mismos técnicos electricistas que anteriormente estaban en contacto con la instalación. Estos lenguajes han evolucionado en los últimos tiempos, de tal forma que algunos de ellos ya no tienen nada que ver con el típico plano eléctrico a relés. Los lenguajes más significativos son:

**Lenguaje a contactos. (LD).-** Es el que más similitudes tiene con el utilizado por un electricista al elaborar cuadros de automatismos. Muchos autómatas incluyen módulos especiales de software para poder programar gráficamente de esta forma.

ENCENDIDO Y PARO DE MOTOR ELECTRICO

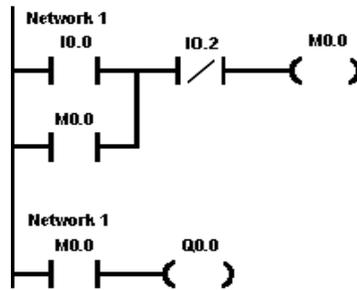


Figura 2.9 Lenguaje de contactos

**Instrucciones de Lista.-** Un programa escrito en lenguaje de lista está formado por una serie de instrucciones que el autómata ejecuta de forma secuencial. Cada instrucción de lista está representada por una línea de programa y tiene tres componentes: Número de línea, código de instrucción y operandos.

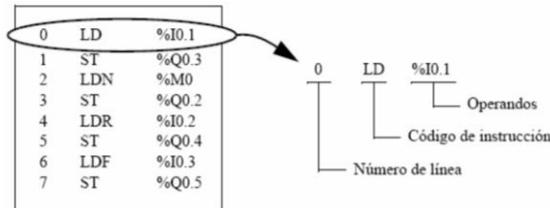


Figura 2.10 Lenguaje por lista de instrucciones.

**Grafcet (gráfica de control de secuencias de programación).-** Las instrucciones Grafcet de TwidoSuite ofrecen un método sencillo para traducir una secuencia de ajuste (diagrama Grafcet). La cantidad máxima de pasos Grafcet depende del tipo de autómata Twido. La cantidad de pasos activados en cualquier momento están limitados sólo por la cantidad total de pasos.

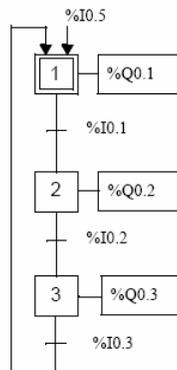


Figura 2.11: Grafcet

### Plano de funciones. (FBD)

El plano de funciones lógicas, resulta especialmente cómodo de utilizar, a técnicos habituados a trabajar con circuitos de puertas lógicas, ya que la simbología usada en ambos es equivalente.

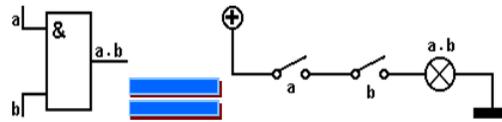


Figura 2.12: Plano de funciones

### Descripción general de las comunicaciones:

La gama de controladores programables compactos Twido ofrece una solución “todo en uno” con unas dimensiones reducidas, lo que permite reducir el tamaño de las consolas o de los cofres en las aplicaciones donde el espacio ocupado resulta primordial. Los controladores de tipo compacto tiene integradas en el mismo cuerpo las entradas y salidas, éste dependerá del modelo, pudiendo elegir: 10 E/S, 16 E/S, 24 E/S y 40 E/S. Para poder utilizar estos servicios, existen tres protocolos disponibles en cada controlador, el tipo de comunicación es una función especial del PLC:

- Conexión remota.
- Modbus.
- ASCII.

Además, el controlador compacto TWDLCAE40DRF proporciona un puerto de comunicación RJ45 Ethernet integrado que permite llevar a cabo todas las tareas de comunicación en tiempo real y de administración del sistema a través de la red. Las comunicaciones Ethernet implementan el siguiente protocolo: TCP/IP Modbus [5].

- Remote Link (Conexión remota): permite realizar una comunicación entre autómatas Twido vía RS-485, utilizado para ver E/S a distancia (sin programa en las CPUs deportadas) o para red de Twido con programa, con una longitud máxima de 200 m y hasta 8 equipos en una red (maestro + 7 esclavos).

- Modbus: comunicación Modbus Maestro/Esclavo por ambos puertos (RS485 o 232), permite conectar Twido a un gran número de equipos industriales, basado en mensajería aperiódica entre equipos.

### 2.2.3. Comunicación.

#### 2.2.3.1 Comunicación (RS-485) [7]

RS-485 (Estándar EIA-485) es una mejora sobre RS-422, ya que incrementa el número de dispositivos que se pueden conectar (de 10 a 32) y define las características necesarias para asegurar los valores adecuados de voltaje cuando se tiene la carga máxima. Es posible crear redes de dispositivos conectados a un solo puerto RS-485. Esta capacidad, y la gran inmunidad al ruido, hacen que este tipo de transmisión serial sea la elección de muchas aplicaciones industriales que necesitan dispositivos distribuidos en red conectados a una PC u otro controlador para la colección de datos. El hardware de RS-485 se puede utilizar en comunicaciones seriales de distancias de hasta 700 metros de cable.

#### 2.2.3.1 Access Point [8]

Access Point traducido significa punto de acceso. Se trata de un dispositivo utilizado en redes inalámbricas de área local (WLAN - Wireless Local Area Network), una red local inalámbrica es aquella que cuenta con una interconexión de computadoras relativamente cercanas, sin necesidad de cables, estas redes funcionan a base de ondas de radio específicas. El Access Point entonces se encarga de ser una puerta de entrada a la red inalámbrica en un lugar específico y para una cobertura de radio determinada, para cualquier dispositivo que solicite acceder, siempre y cuando esté configurado y tenga los permisos necesarios.



Figura 2.13: Access Point.

- Permiten la conexión de dispositivos inalámbricos a la WLAN, como: teléfonos celulares modernos, Netbook, Laptop, PDA, Notebook e inclusive otros Access Point para ampliar las redes.
- También cuentan con soporte para redes basadas en alambre (LAN - Local Area Network), que tienen un puerto RJ45 que permite interconectarse con Switch inalámbrico y formar grandes redes entre dispositivos convencionales e inalámbricos.
- La tecnología de comunicación con que cuentan es a base de ondas de radio, capaces de traspasar muros, sin embargo entre cada obstáculo, esta señal pierde fuerza y se reduce su cobertura.
- El Access Point puede tener otros servicios integrados como expensor de rango y ampliar la cobertura de la red.
- Cuentan con un alcance máximo de de cobertura, esto dependiendo el modelo, siendo la unidad de medida el radio de alcance que puede estar desde 30 metros (m) hasta más de 100m .
- Cuentan con una antena externa para la correcta emisión y recepción de ondas, así por ende, una correcta transmisión de la información.

#### **2.2.3.2 Comunicación Modbus[9]**

Modbus es uno de los protocolos más populares de la automatización en el mundo. Es un protocolo abierto de comunicación serie, utilizado para la comunicación entre diversos componentes se encuentra, situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, diseñado en 1979 por Módicos para ser utilizado en controladores lógicos programables (PLCs). Convertido en un protocolo de comunicaciones estándar más utilizados en la industria, ya que presenta el método más común para interconectar dispositivos electrónicos industriales, para escribir o leer bits o registros de 16 bits. El circuito debe soportar las características básicas del protocolo (direccionamiento, repertorio de comandos, tiempos entre caracteres, contadores de mensajes exitosos, etc.). La prueba se realizará con un software comercial del PLC.

Este protocolo permite tanto el intercambio de datos entre el PLC y la estación de supervisión, como la programación y cambio de parámetros del PLC. No obstante, se suele hablar de Modbus como un estándar de bus de campo.El protocolo Modbus soporta

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

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

- MODBUS RTU
- MODBUS TCP/IP

En el Anexo 3 esta las características del variador con respecto a la comunicación Modbus RTU.

### **Red Modbus [10]**

Redes Modbus o también conocidas como protocolo de red o protocolo de comunicación es el conjunto de reglas que controlan la secuencia de mensajes que ocurre durante la comunicación entre entidades que forman una red. En este contexto las entidades de cuales se hablan son programas de computadora o automatismos de otro tipo, tales y como dispositivos electrónicos capaces de interactuar en una red. Un protocolo de red, es como un lenguaje para la comunicación de la información. Son las reglas y procedimientos que se utilizan en una red para comunicarse entre los nodos que tienen acceso al sistema de cable. Hay dos niveles de comunicación que son:

Los protocolos de Alto Nivel.- Que definen la forma en que se comunica las aplicaciones.

Los protocolos de Bajo Nivel.- Esto definen la forma en que se transmiten las señales por cable.

Los tres niveles fundamentales de la Red Modbus son:

- Nivel físico (RS-485)
- Nivel protocolo (trama básica del protocolo organización maestro esclavo)
- Nivel de aplicación función y datos disponibles en el equipo.

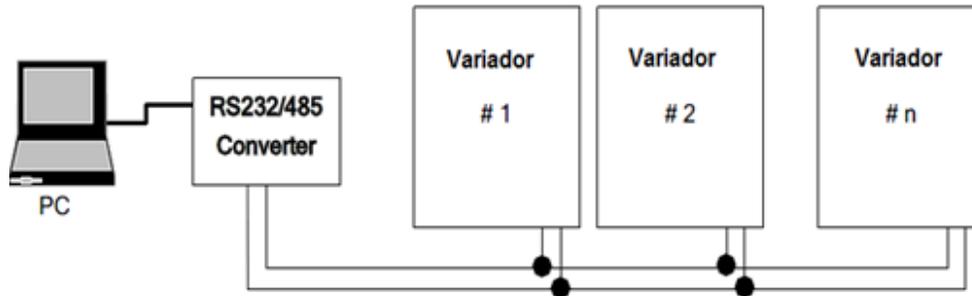


Figura 2.14: Conexión de la computadora al variador.

#### Estructura de la red [10]

**Medio físico.-** El medio físico de conexión puede ser un bus semidúplex o dúplex. La comunicación es asíncrona y las velocidades de transmisión previstas van desde los 75 baudios a los 19200 baudios. La distancia máxima entre estaciones depende del nivel físico pudiendo alcanzar hasta 1200m sin repetidores.

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

Los intercambios de mensaje pueden ser:

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

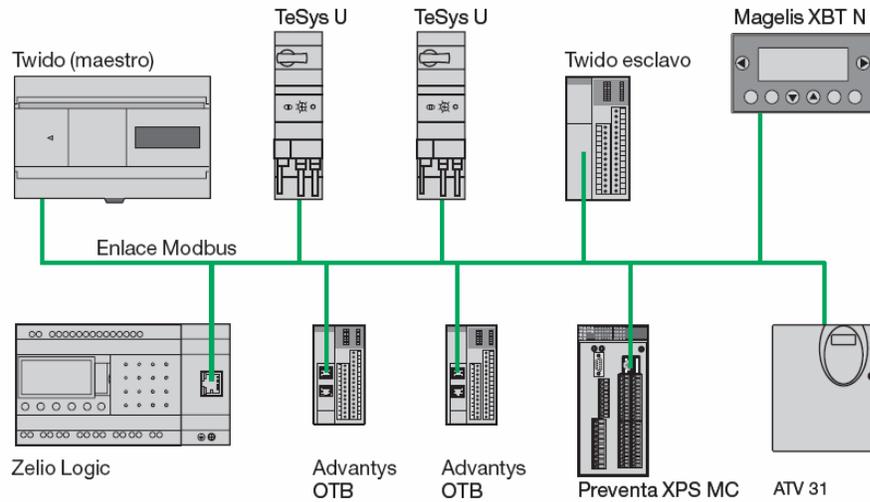


Figura 2.15: Ejemplo de comunicación Modbus

**Variantes de Modbus [10]**

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

Tabla 2.1: Trama genérica del mensaje según el código empleado

: (3AH)	Nº Esclavo (00-3FH)	Código de Operación	Subfunciones, Datos	LRC(16) H L	CR (0DH)	LF (0AH)
------------	---------------------------	---------------------------	---------------------	----------------	-------------	-------------

Codificación ASCII

Nº Esclavo (00-3FH)	Código de Operación	Subfunciones, Datos	CRC(P16) H L
---------------------------	---------------------------	---------------------	-----------------

Codificación RTU

Modbus Plus, es una versión extendida del protocolo que permanece propietaria “Modicos” dada de la naturaleza de la red precisa un condensador para el control de la misma. Con una velocidad de 1 M bit/s en un par trenzado.

**2.2.3.3 M o d b u s T C P / I P ( E t h e r n e t ) [ 1 0 ]**

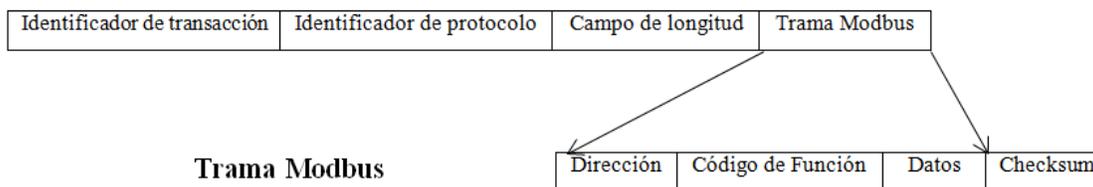
Es una variante o extensión del protocolo M o d b u s que permite utilizarlo sobre la capa de transporte T C P / I P . De este modo, M o d b u s - T C P se puede utilizar en internet. En la práctica, un dispositivo instalado en Europa podría ser direccionado desde E E U U o cualquier parte del mundo. Sus ventajas son innumerables como:

- Trabajos de mantenimiento remoto desde la oficina utilizando una PC reduciendo los costos, tiempo y mejorando el servicio al cliente.
- El Ingeniero de mantenimiento puede entrar al sistema de control de la planta desde su casa, evitando desplazamientos.
- Permite realizar la gestión de sistemas distribuidos geográficamente mediante el empleo de las tecnologías de internet/intranet actualmente disponibles.

M o d b u s T C P / I P se ha convertido en un estándar industrial debido a su simplicidad, bajo costo, necesidades mínimas en cuanto a componentes de hardware, y sobre todo a que se trata de un protocolo abierto. En la actualidad hay cientos de dispositivos M o d b u s T C P / I P disponibles en el mercado. Se emplea para intercambiar información entre dispositivos, así como monitorearlos y gestionarlos. También se emplea para la gestión de entradas y salidas distribuida, siendo el protocolo más popular entre los fabricantes de este tipo de componentes.

La combinación de una red física versátil y escalable como Ethernet con el estándar universal de interredes T C P / I P y una representación de datos independiente de fabricante, como M o d b u s , proporciona una red abierta y accesible para el intercambio de datos de proceso. M o d b u s / T C P simplemente encapsula básicamente embebe un marco M O D B U S dentro de un marco T C P en una manera simple como es mostrado en la Tabla 2.1.

**T a b l a 2.2:** Esquema de encapsulación en M o d b u s / T C P



### Conformación de clases [10]

MODBUS por su naturaleza es ya implementada en muchísimos lugares, por tanto una ruptura de las implementaciones existentes debe ser evitada. De esta forma el conjunto de los tipos de transacción MODBUS existente ha sido clasificado en clases, donde el nivel 0 representa funciones las cuales son universalmente implementadas y totalmente consistentes, y el nivel 2 representa funciones útiles pero algo dependientes del esclavo. Esas funciones del conjunto, las cuales no son convenientes por interoperabilidad son también identificadas.

Debe anotarse que futuras extensiones al estándar pueden definir códigos de función adicionales para manejar situaciones donde el estándar existente es deficiente.

**Comandos clase 0.-** Este es el mínimo conjunto útil de funciones, tanto para el maestro como para el esclavo. En el protocolo MODBUS, holding register. Representa una cantidad de 16 bits, la cual representa una posición interna de la memoria.

**Tabla 2.3** Comandos clase 0

Código	Función
03	Leer múltiples registros
16	Escribir múltiples registros

**Comandos Clase 1 [10].-** Este es el conjunto adicional de funciones, el cual es comúnmente implementado e inter-operable. Como fue explicado antes, muchos esclavos deciden tratar entradas, salidas, registros, y valores discretos como equivalentes.

**Tabla 2.4:** Comandos clase 1

Código	Función
01	Leer estado de salidas discretas.
02	Leer estado de las entradas discretas.
04	Leer registros de entrada.
05	Forzar una salida discreta.
06	Prefijar un registro holding único.
07	Leer estados de excepción.

### Comandos Clase 2 [10].

Estas son las funciones de transferencia de datos necesarias para operaciones de rutina tal como supervisión y HMI.

**Tabla 2.5:** Comandos clase 2

Código	Función
15	Fijar múltiples salidas discretas.
20	Leer referencia general*.
21	Escribir referencia general*.
22	Enmascarar registro de escritura.
23	Leer/escribir registros**.
24	Leer cola FIFO***.

\* Esta función será la más apropiada para manejar grandes espacios de registros y datos, los cuales carecen de números de referencia.

\*\* Esta función permite la entrada y salida de un rango de registros como una transacción única. Es la forma más eficiente usando MODBUS para desempeñar un intercambio regulación de datos tal como con un módulo I/O.

\*\*\* Una función algo especializada, destinada a permitir la transferencia de datos desde una tabla estructurada como una FIFO a un computador.

### Comandos específicos de la máquina/red/vendedor [10]

Todas de las siguientes funciones, aunque mencionadas en los manuales del protocolo MODBUS, no son apropiadas para propósitos de interoperabilidad porque ellas son dependientes de la máquina.

**Tabla 2.6:** Funciones dependientes de la máquina

Código	Función
08	Prueba de diagnóstico.
09	Programación*.
10	Completar programación*.
11	Leer la palabra de estado del contador de eventos
12	Leer el registro de eventos de comunicación.
13	Programación**.
14	Completar la programación**

17	Reportar ID del esclavo.
18	Programación***.
19	Reinicializar enlace de comunicaciones***.
125	Finalización de firmware.
126	Programación**.
127	Reportar dirección local.

\* Soportada solo por controladores 484 de Modicon.

\*\* Soportada solo por controladores 584/984 de Modicon.

\*\*\* Soportada solo por controladores 884 y Micro84 de Modicon.

### Descripciones de las funciones del protocolo [11]

**Función 0.-** Esta función permite ejecutar órdenes de control, tales como marcha, paro, carga y lectura de programas de usuario del autómeta. Para codificar cada una de las citadas órdenes se emplean los cuatro primeros bits del campo de datos. En caso de las órdenes de marcha y paro, el campo de información de la trama está vacío y por tanto, el mensaje se compone simplemente de 6 bytes de función más 2 bytes de CRC. La respuesta del esclavo a estas órdenes es un mensaje idéntico al enviado por el maestro. Cabe señalar, además, que después de un paro el autómeta sólo acepta ejecutar subfunciones de la función 00H.

**Función 1 y 2.-** Lectura de bits del autómeta. La forma de direccionamiento de los bits es a base de dar la dirección de la palabra que los contiene y luego la posición del bit. También que la respuesta es dada siempre en octetos completo.

**Función 3 y 4.-** Lectura de palabras del autómeta. La petición indica el número de palabras a leer, mientras que en la respuesta se indica el número de octetos leídos.

**Función 5.-** Escritura de un bit. El direccionamiento del bit se efectúa tal como se ha indicado para las funciones 1 y 2.

**Función 6.-** Escritura de una palabra.

**Función 7.-** Petición de lectura rápida de un octeto. La petición no tiene campo de dirección, esto es debido a que el octeto legible por esta función es fijo en cada esclavo y viene fijado en su configuración.

**Función 8.-** Petición del contenido y control de los 8 primeros contadores de diagnóstico de un esclavo.

**Función 11.-** La petición del contenido del contador de diagnóstico, no se realiza por la función 8, sino por la función 11.

**Función 15.-** Escritura de bits del autómata, la forma de direccionamiento es análoga a la indicada para las funciones 1 y 2.

**Función 16.-** Escritura de palabras del autómata. Mensajes de error. Puede ocurrir que un mensaje se interrumpa antes de terminar. Cada esclavo interpreta que el mensaje ha terminado si transcurre un tiempo de silencio equivalente a 3,5 caracteres.

Después de este tiempo el esclavo considera que el carácter siguiente es el campo de dirección de esclavo de un nuevo mensaje. Cuando un esclavo recibe una trama incompleta o errónea desde el punto de vista lógico, envía un mensaje de error como respuesta, excepto en el caso de mensajes de difusión.

#### **2.2.4. Software “LabVIEW” [12]**

Es una herramienta de programación gráfica, esto quiere decir que utiliza íconos en lugar de líneas de texto para crear aplicaciones, a diferencia de la programación basada en las líneas de código para determinar la ejecución de un programa, LabVIEW utiliza programación de flujo de datos, donde el flujo de los datos determina la ejecución. Es altamente eficaz para la construcción de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control, además nos brinda una capacidad de crear una interfaz de interacción con el usuario para las aplicaciones antes mencionadas. La palabra LabVIEW viene de las siglas en inglés de: Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench.

La interfaz de usuario es conocida como panel frontal (Front Panel), este se construye con una serie de herramientas y objetos. El código se agrega usando una representación gráfica de funciones para controlar los objetos del panel frontal. El diagrama de bloques (Block Diagram) contiene este código. Podemos decir que el diagrama de bloques se parece a un gráfico de flujo de señal. Los programas de LabVIEW son

llamados Instrumentos Virtuales (VI, por sus siglas en inglés) porque su apariencia y operación imita un instrumento físico, como osciloscopios y multímetros.

**Panel frontal.-** El panel frontal de un VI es una combinación de controles e indicadores, que no son otra cosa que las entradas y salidas interactivas respectivamente. Los controles simulan los tipos de dispositivos de entrada que encontramos en cualquier tipo de instrumento convencional, como pueden ser perillas o botones, cuando manipulamos estos dispositivos comienza el flujo dentro del diagrama de bloques.

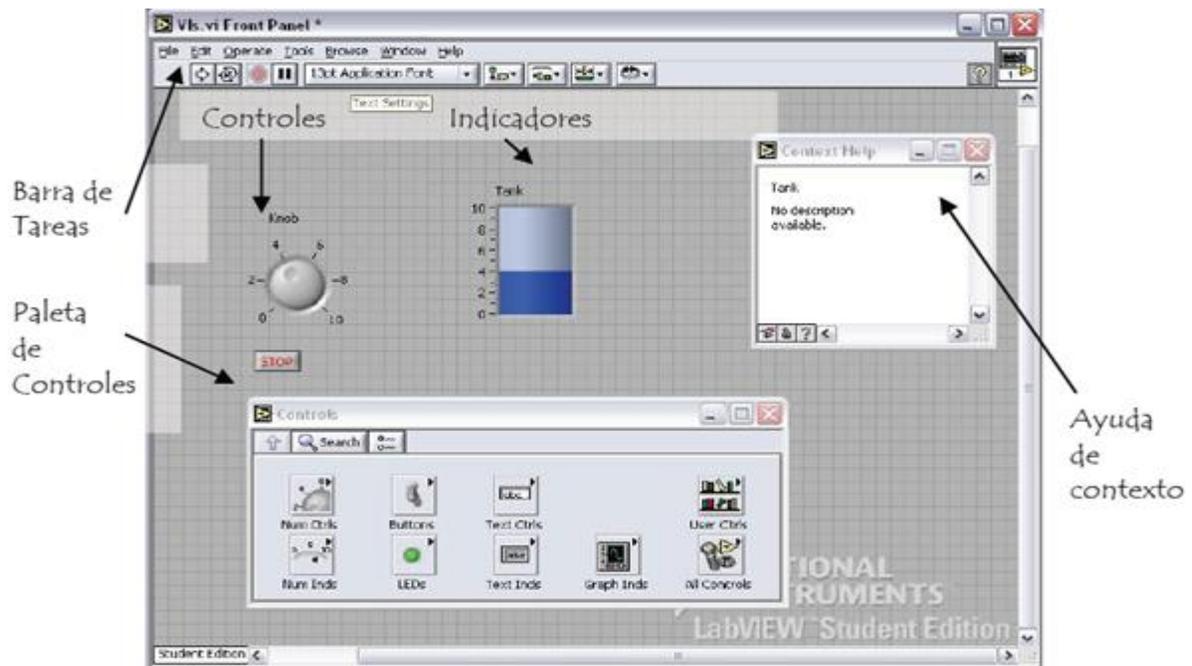
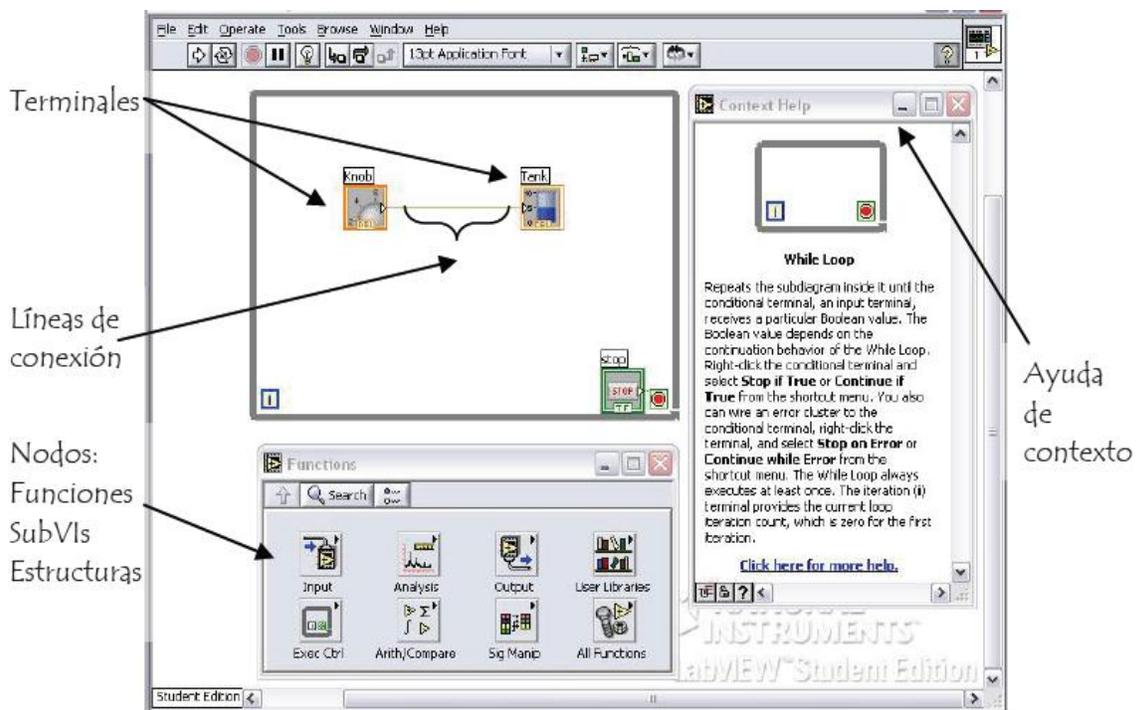


Figura 2.16: Vista del panel frontal

Por otro lado los indicadores son mecanismos para desplegar información que ya se procesó. Entre los que se incluyen están varios tipos de gráficas y tablas, así como indicadores numéricos, booleanos y arreglos. Podemos decir que cuando hablamos de controles e indicadores nos estamos refiriendo a todo tipo de entrada y salida dentro de un VI.

**Diagrama de bloques.-** Esta parte es semejante a las instrucciones que encontramos en los programas convencionales, aquellos en los que se compila a base de texto, sólo que aquí en vez de utilizar código se utilizan bloques y sólo hay que ir determinando el flujo de datos. Cuenta con tres tipos de componentes, que son: terminales, nodos y líneas de

conexión. Primeramente, las terminales son todos los controles e indicadores que se plasman en el panel frontal y aparecerán aquí como variables de entrada y salida respectivamente. Los nodos son los elementos de la ejecución del programa y se dividen en tres tipos que son: Funciones, SubVI's y estructuras. Las funciones se refieren a las operaciones fundamentales del diagrama de bloques, por ejemplo hacer la suma de dos datos, los SubVI's que se configuran como sub rutinas dentro de otro VI y las estructuras son las que controlan el flujo de programa, por ejemplo ForLoop y Whileloop. Para terminar, las líneas de conexión, como su nombre lo dice, son los enlaces virtuales entre todas las terminales y nodos. La siguiente figura muestra el diagrama de bloques.

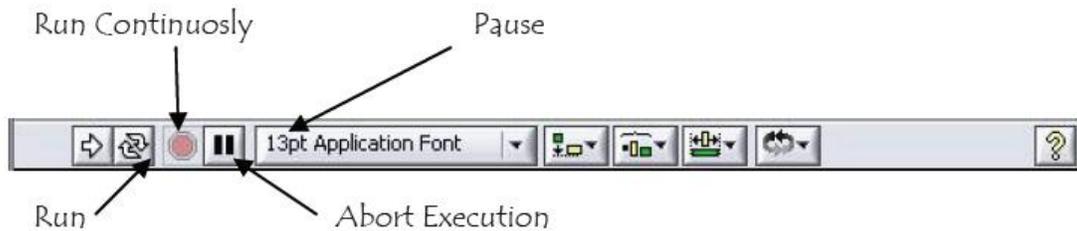


**Figura 2.17:** Vista del diagrama de bloques

Una más, de las herramientas que nos brinda LabVIEW, es la ventana de ayuda de contexto (ContextHelp), en esta aparece una descripción breve sobre el objeto en el que se esté trabajando. Siempre está visible, ya sea dentro del diagrama de bloques o del panel frontal.

**Barra de herramientas para el panel frontal y diagrama de bloques.-** Es una barra de herramientas con botones de comando e indicadores de estatus, que se utiliza para controlar

los VIs, está localizada en ambas ventanas, el diagrama de bloques y el panel frontal. Las barras de herramientas del panel frontal y del diagrama de bloques son diferentes, pero contienen algunos botones e indicadores que son iguales. Los indicadores en la figura son los de mayor importancia y se encuentran en ambas barras de herramientas.



**Figura 2.18:** Barra de herramientas

**Tipos de datos en los controles indicadores.-** La tabla siguiente muestra los símbolos para los diferentes tipos de datos que se puedan manejar en los VIs.

Es de gran importancia conocer los datos que se están manejando, cada uno de los tipos de datos es representado por un color, dependiendo de lo que se esté utilizando. Hay que mencionar también que las terminales tienen una flecha, si esta es de salida se refiere a un control y si esta es de entrada se trata de un indicador. El color de las líneas de conexión salientes de cada una de las terminales de control es correspondiente al color del tipo de datos que se está manejando. Para los nodos, es diferente, dependiendo del tipo de dato que se esté manejando.

LabVIEW puede o no puede hacer una conversión automática, en caso de no poder hacerlo, marcará la línea de conexión como rota y no se podrá correr el programa hasta no haber hecho la conversión correspondiente.

Como se puede observar en la tabla anterior existen muchos tipos de datos que LabVIEW maneja, es importante conocer cada uno de ellos puesto que es común que muchas veces no se puede terminar un VI por el simple hecho de no hacer una conversión de datos.

En la siguiente tabla se muestra las diferentes variables y el tipo de dato que representa:

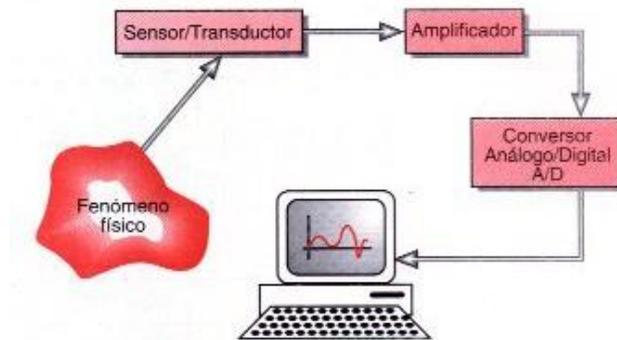
Tabla 2.7: Variables

CONTROL	INDICADOR	TIPO DE DATO	COLOR
		Single-precision floating-point numeric	Orange
		Double-precision floating-point numeric	Orange
		Extended-precision floating-point numeric	Orange
		Complex single-precision floating-point numeric	Orange
		Complex Double-precision floating-point numeric	Orange
		Complex Extended-precision floating-point numeric	Orange
		8-bit signed integer numeric	Blue
		16-bit signed integer numeric	Blue
		32-bit signed integer numeric	Blue
		8-bit unsigned integer numeric	Blue
		16-bit unsigned integer numeric	Blue
		32-bit unsigned integer numeric	Blue
		Boolean	Green
		String	Pink
		Cluster –Abarca muchos tipos de datos, los datos del cluster pueden ser cafés si son elementos numéricos, rosados si son datos diferentes.	Brown or Pink
		Dynamic	Blue
		Waveform –Estos llevan no sólo datos, si no también tiempo y un $\Delta t$ de la waveform.	Brown
		Digital Waveform	Dark Green
		Digital Data	Dark Green
		I/O name –Datos procedentes de algún dispositivo de adquisición de datos	Purple
		Picture	Blue

**Adquisición de datos.**– Se entiende por adquisición de datos a la acción de medir variables, convertirlas a formato digital, almacenarlas en un computador y procesarlas en cualquier sentido. Este proceso necesita de una "interface" entre el mundo físico y el computador que se suele denominar como tarjeta de adquisición de datos. El proceso de adquisición de datos del mundo físico conlleva los siguientes pasos fundamentales:

1. Utilización de un sensor/transductor adecuado para la variable que se desea medir, el cual permite detectar y convertir la variable física a una señal analógica.
2. Amplificación de la señal de voltaje o corriente, si se requiere. Si la señal que proviene del sensor es débil, se requiere un amplificador de voltaje y algún método para filtrar los ruidos eléctricos.

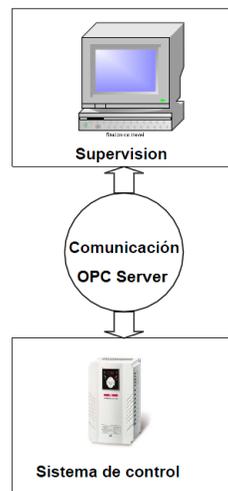
3. Traducción de esta señal analógica al lenguaje propio del computador: lenguaje digital. Este proceso se conoce técnicamente como conversión ANALOGO/DIGITAL (A/D).
4. Adquisición propiamente dicha de los datos que, en forma digital, podrán ser almacenados en la memoria del micro y llevados luego a pantalla o a otro periférico del computador.



**Figura 2.19:** Adquisición de datos análogos

#### 2.2.5. NI OPC Server

El software de supervisión en este caso no puede acceder directamente a las variables del sistema de control. Necesita el uso de un servidor OPC que hace posible la comunicación entre el PC y los autómatas. El PC se puede comunicar con el PLC, por medio del puerto Ethernet, o un variador por medio de las terminales RS-485 a COM 3 de la PC



**Figura 2.20:** Relación entre el PC de supervisión y el sistema de control

### 2.2.6. Aparatos de protección

Una gran parte de los equipos utilizados en la industria moderna funcionan a velocidades variables, como por ejemplo los trenes laminadores, los mecanismos de elevación, las máquinas-herramientas, etc. En los mismos se requiere un control preciso de la velocidad para lograr una adecuada productividad, una buena terminación del producto elaborado, o garantizar la seguridad de personas y bienes.

El estudio de este fenómeno para cada caso particular tiene una gran importancia práctica, ya que la elección correcta de las características de los motores y variadores a instalar para un servicio determinado, requieren el conocimiento de las particularidades de éste producto [13].

La regulación de velocidad puede realizarse por métodos mecánicos, como poleas o engranajes, o por medios eléctricos. La máquina de inducción alimentada con corriente C.A., especialmente la que utiliza un rotor en jaula de ardilla, es el motor eléctrico más común en todo tipo de aplicaciones industriales y el que abarca un margen de potencias mayor. Pero no basta conectar un motor a la red para utilizarlo correctamente, sino que existen diversos elementos que contribuyen a garantizar un funcionamiento seguro.

Las perturbaciones más comunes son:

- Sobre corrientes
- Sobre y bajos voltajes

Algunos de los equipos que se puede utilizar para protección al variador de frecuencia son:

- M C C B o interruptor diferencial
- Contactor magnético
- Reactores de CA y CC

**M C C B o Interruptor diferencial.-** Un interruptor diferencial exponencial, también llamado disyuntor por corriente diferencial o residual, es un dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas con el fin de proteger a las personas de las

derivaciones causadas por faltas de aislamiento entre los conductores activos y tierra o masa de los aparatos. En esencia, el interruptor diferencial consta de dos bobinas, colocadas en serie con los conductores de alimentación de corriente y que producen campos magnéticos opuestos y un núcleo o armadura que mediante un dispositivo mecánico adecuado puede accionar unos contactos [14].

**El relé térmico.-** Es un elemento de protección que se ubica en el circuito de potencia, contra sobrecargas. Su principio de funcionamiento se basa en la deformación de ciertos elementos, bimetálicos, bajo el efecto de la temperatura, para accionar, cuando este alcanza ciertos valores, unos contactos auxiliares que desactiven todo el circuito y energicen al mismo tiempo un elemento de señalización [15].

**Reactores de CA y CC.-** Los reactores de CA debe usarse cuando hay que mejorar el factor de potencia o cuando el variador está instalado junto a un sistema grande de fuente de alimentación (más de 10 veces la capacidad del variador Y con una distancia de conexionado dentro de los 10m) [16].

## CAPÍTULO III

### 3. ANÁLISIS Y PROYECCIÓN PARA LA COMPLEMENTACIÓN DE MÓDULOS

#### 3.1. ANÁLISIS DE CAMPO.

Este trabajo está encaminado al mejoramiento técnico y tecnológico del laboratorio de Control Industrial, el módulo del laboratorio que va ser puesto en funcionamiento será proyectado de acuerdo a todos los equipos que conforman el laboratorio. Y los equipos nos permiten controlar parámetros específicos del variador, los cuales son de gran importancia para el control industrial.

**Parámetros eléctricos.-** Con todo el sistema eléctrico diseñado de acuerdo a las cargas y sobrecargas que demanden las máquinas eléctricas, esto quiere decir que el ejercicio está diseñado para soportar un rango predeterminado de intensidad, voltaje y potencia.

#### **Descripción de los equipos y aparatos de maniobra del laboratorio de control industrial**

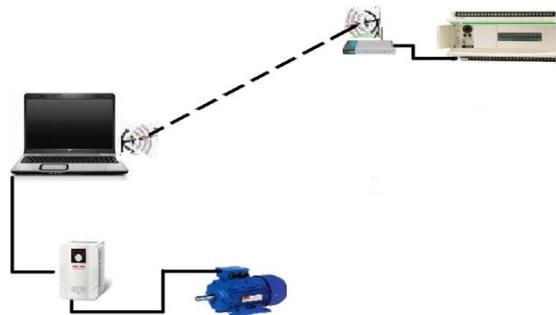
- Motor de corriente alterna (trifásico).
- Variador de frecuencia SV-iG 5A.
- Fuente de poder.
- Guardamotor.
- Breaker.
- Cables.
- Otros.

#### 3.2. PROYECCIÓN DEL MÓDULO

##### **Elementos constituyentes**

- Computador con wireless.
- Access point.
- Controlador lógico programable.

- Variador de frecuencia
- Motor asincrónico.



**Figura 3.1:** Esquema de componentes de los módulos.

### 3.2.1. Localización

El módulo a implementar va estar ensamblado de acuerdo al armario de prácticas existente en el laboratorio de Control Industrial. Con esto queremos decir que el variador de frecuencia a distancia va a corresponder a los ensayos que se van a realizar en el armario de prácticas antes mencionado.

### 3.2.2. Ventajas y desventajas de los módulos

#### Ventajas.

- Fácil montaje y desmontaje en el armario de prácticas en el laboratorio de Control Industrial.
- Equipos modernos de alta tecnología.
- Es un ejemplo que en actualidad utilizan las empresas.
- Fácil interpretación y entendimiento del módulo.
- Buenas condiciones de seguridad para las personas y el equipo
- Podemos monitorear a distancia en tiempo real.

#### Desventajas:

- Utilización de un software tipo LabVIEW.
- Los equipos son sensibles por lo que necesita instrucción específica antes de utilizarlos.

### 3.2.3. Cotización de los módulos

Donación al laboratorio de Control Industrial y Máquinas Eléctricas.

- 1 Variador de frecuencia SV-iG5A.
- 1 Convertidor de RS-232 a RS-485
- Costo total del montaje: \$1268,59
- Financiamiento: PERSONAL.

**Tabla 3.1** Cotización de equipos

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	V. UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
Controlador lógico programable	1	597.30	597.30
Protección Guardamotor	1	49.19	49.19
Fuente de poder 240 VCA	1	88.30	88.30
Access Point	1	116.00	116.00
Convertidor RS 232/485	1	30.00	30.00
Variador de frecuencia 1hp	1	280.00	280.00
		TOTAL	1160.79

### 3.2.4. Materiales

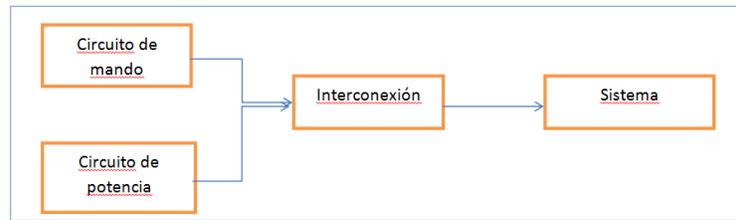
**TABLA 3.2.** Cotización de materiales

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	V. UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
Acrílico de 3 líneas (1.90x50)	2	4	8
Manija	2	3,5	7
Sujetador para montaje de módulo	6	10,45	62,7
Tornillos con tuerca	30	0,25	7,5
Cable semisólido #16 (m)	11	0,35	3,85
Jacks	25	0,15	3,75
Pintura	1	10,5	10,5
Estaño	2	2,25	4,5
		TOTAL	107,8

### 3.3. CONFORMACIÓN DEL MÓDULO

El módulo del variador de frecuencia consta de dos circuitos básicos los cuales al estar trabajando independientemente conforman un sistema o sistemas.

Cada sistema es independiente y no comparten magnitudes eléctricas. Con el diagrama se quiere explicar que el sistema tiene un punto común entre los dos circuitos y es obligado el funcionamiento de los dos circuitos.



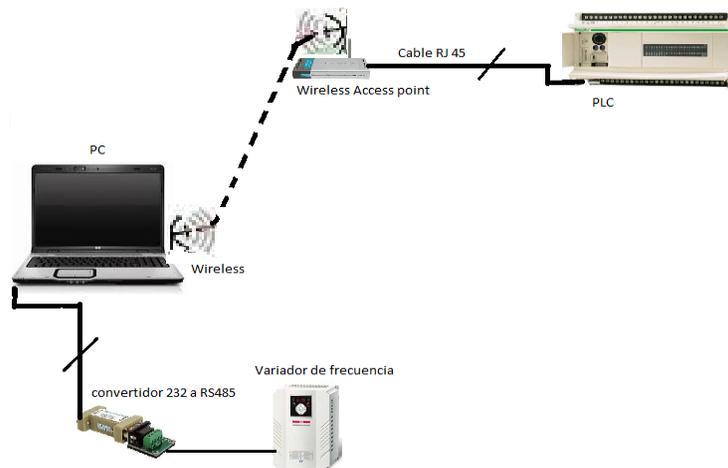
**Figura 3.2:** Conformación de circuitos

Estos circuitos son:

- Circuito de control.
- Circuito de potencia.

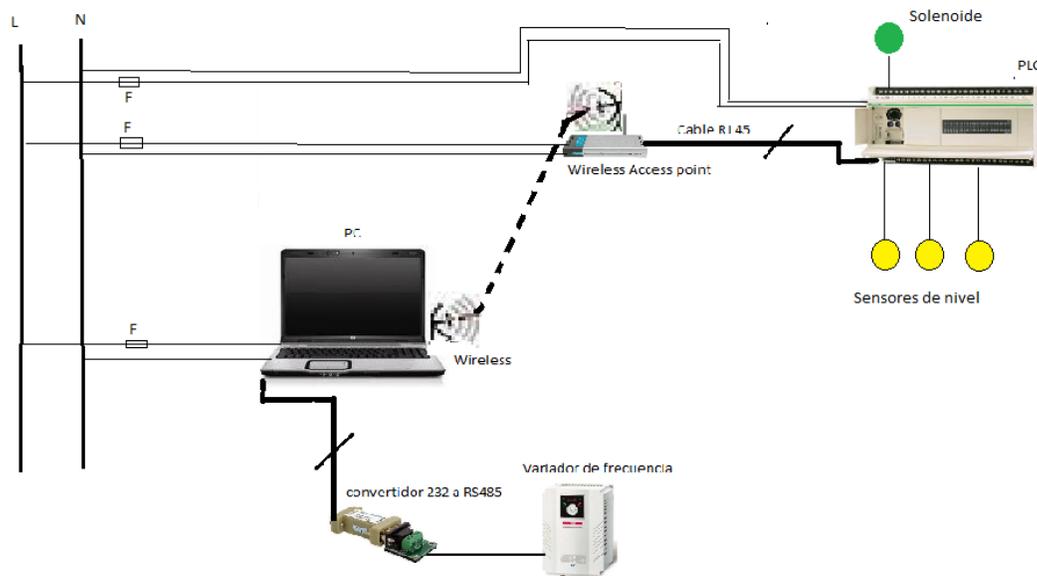
### 3.3.1. Circuito de control

El circuito de control es aquel que se encarga de controlar todas las magnitudes eléctricas, darles una dirección y función de acuerdo a la fuerza externa que se le aplique. Esta fuerza externa puede ser forma manual y forma híbrida. Al hablar de fuerza de forma manual se refiere a la intervención del hombre para controlar estas magnitudes físicas. Ej: una botonera. Fuerza híbrida es cuando todas las magnitudes físicas son controladas por un ente artificial previamente programado por la mano del hombre. Ej: un PLC.



**Figura 3.3:** Diagrama esquemático de control

El circuito de control por lo general maneja o administra bajas potencias y nos ayuda a controlar a los equipos cuyo funcionamiento se los hace con alta potencia. En la figura 3.3 se muestra como está constituido el circuito de control, a la vez nos indica como son los enlaces para cada equipo debido a que cada equipo comandará a otro y estos a su vez darán la pauta para que el circuito de potencia entre en funcionamiento.



**Figura 3.4:** Instalación del circuito esquemático de control.

En la figura 3.4 nos muestra un esquema de cómo están conectados cada uno de los cables ya sean estos de transferencia de datos o de alimentación a los equipos.

De esta forma tenemos: desde la PC un cable convertidor de USB a puerto SERIAL RS-232 donde se conectará a un convertidor de RS-232 a RS-485 y finalmente a las borneras S+ y S- del variador de frecuencia de esta manera está la parte física de la comunicación Modbus RTU, como la PC tiene integrado el Wireless se comunica de forma directa al Access Point (previamente configurado) del Access Point se conectará al PLC por medio de un cable de Ethernet.

**Puntos de mando o enlace.-** Una red inalámbrica es formada gracias a dos equipos, un Access Point y un Access Client, nosotros podríamos comandar, monitorear el modulo desde varias estaciones o lugares siempre y cuando se los haga a través de computadoras que tengan salida de wireless o Access Client.

Esto es necesario ya que para comunicarse inalámbricamente necesitamos de:

- Emisor. (Wireless)
- Receptor. (Access Point)
- Una dirección IP.

Diremos que cualquier computador que tenga estas tres características podrá comunicarse inalámbricamente.

### 3.3.2 Circuito de potencia

En este circuito se induce magnitudes eléctricas altas con respecto a las de control; ya que todos los equipos por lo general necesitan grandes potencias para realizar sus funciones, esto se debe a las cargas o esfuerzos que deben superar por esta razón no deben funcionar ambos circuitos puede ser peligroso para el circuito de control por manejar bajas potencias. Esto implica que si uno de los circuitos el otro podría seguir funcionando; esto solo podría suceder si el PLC tuviera un error de programación. El módulo consta del siguiente circuito de potencia.

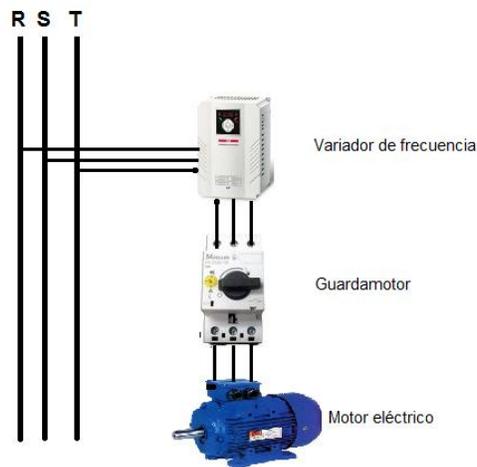


**Figura 3.5:** Diagrama esquemático de potencia

Esta figura nos muestra cada uno de los elementos que conforman el módulo y son:

- La fuente de alimentación.
- Variador de frecuencia
- Guardamotor y motor.

La siguiente la figura nos muestra todas las tomas que debe de hacerse para la instalación de cada uno de los equipos.



**Figura 3.6:** Instalación del circuito esquemático de potencia.

### 3.3.3 Descripción de funcionamiento del módulo.

Conociendo como está formado el módulo del variador de frecuencia, se indica que su funcionamiento empieza al mando de un computador que contiene el software LabVIEW y la instalación del PLC en el cual se ingresa el circuito de control y adquisición de datos; una vez ingresado el circuito puede hacer correr el programa. Después de haber cargado el programa al PLC se procede a diseñar un circuito de mando y monitoreo en LabVIEW, este circuito se encarga primero de tener enlace y poder comandar las memorias del programa del PLC, y nos da la facilidad de monitorear el sistema o sistemas.

Para transferir datos entre PC y PLC, Hay que configurar el emisor y receptor los cuales nos da una señal inalámbrica vía wireless. Una vez cargado el programa al PLC y diseñado el programa en LabVIEW y se procede arrancar el PLC y se comprueba; primero que el programa funcione sin errores; segundo que haya una buena transferencia de datos y tercero que los equipos estén bien instalados y con la protección adecuada. Con esto se concluye que la primera parte de referente al circuito de mando por medio del PLC está finalizado.

A continuación se configura al variador de frecuencia manualmente, con el manual en el capítulo cinco nos indica la lista de funciones y se configura para la comunicación Modbus. El circuito de potencia está alimentado a una fuente bifásica o trifásica, la cual se conectará a un guardamotor y está conectada al variador y finalmente al motor.

## CAPÍTULO IV

### 4. ENSAMBLAJE

#### 4.1. ENSAMBLAJE DEL MÓDULO

##### 4.1.1. Planeación de Ensamblaje del módulo

El módulo del variador de frecuencia para su ensamblado tiene una distribución de acuerdo a lo que el circuito de control y circuito de potencia, están en razón de su ensamblaje y está dividido en tres módulos prácticos:

- Módulo de control.
- Módulo de Potencia.
- Módulo de transferencia inalámbrica de datos (wireless)

##### **Módulo de control**

Este módulo consta de un PLC, toma de alimentación monofásica, cable de alimentación, cable de alimentación para transferencia de energía por salidas de PLC.

##### **Módulo de potencia.**

El módulo va constar con un cable de alimentación para transferencia de energía trifásica #14, el Variador de frecuencia, el Guardamotor y el motor 3F.

##### **Módulo de transferencia de datos.**

Este módulo consta de Access Point, PC con wireless, cable convertidor de USB a RS-232 y el convertidor de RS-232 a RS-485.

##### 4.1.2. Procedimiento del ensamblaje

La distribución de los módulos nos ayudará a comprender a como conectar los equipos, y para llegar a esto debemos regirnos al procedimiento que a continuación se explica:

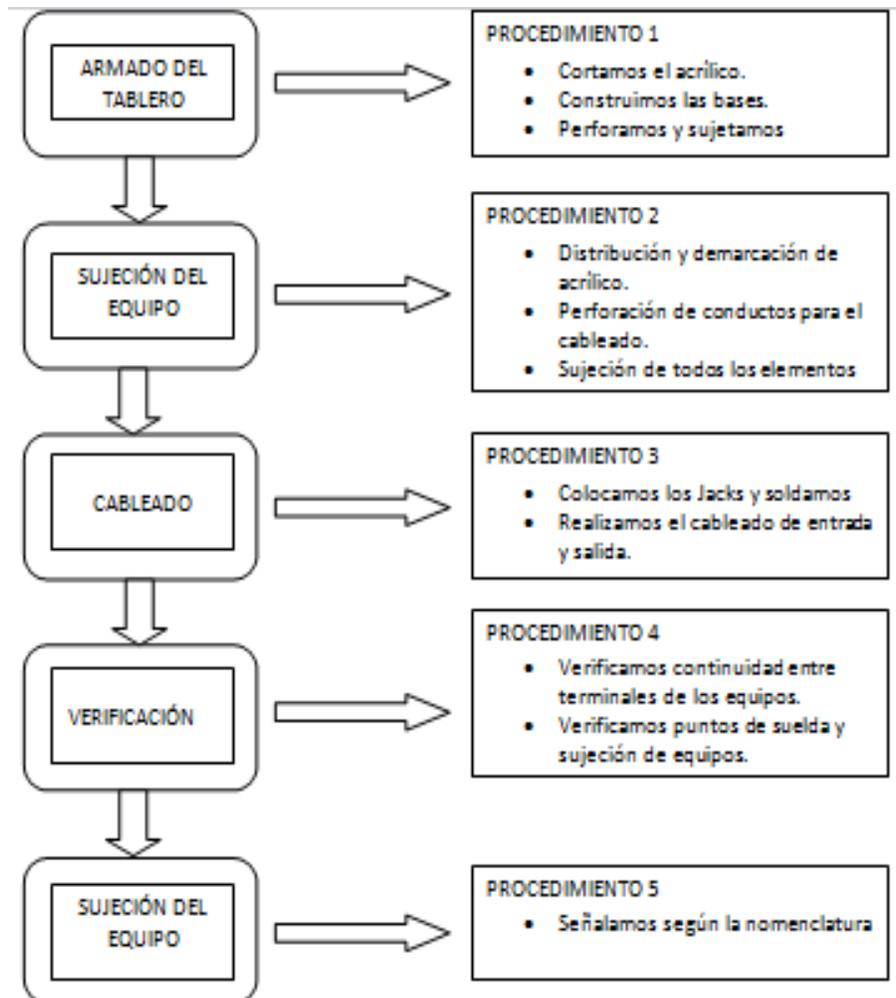


Figura 4.1 Procedimiento de ensamblaje.

#### 4.2. CIRCUITOS FUNCIONALES.

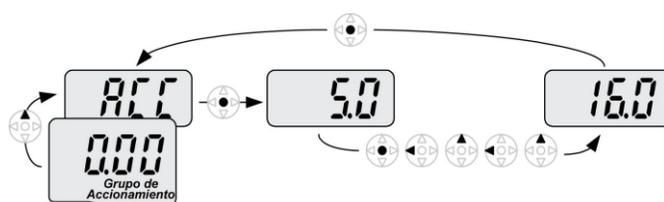
Los circuitos de mando del módulo en realidad van a depender del tipo de aplicación que deseamos darle y partiendo del funcionamiento básico tenemos el siguiente circuito que va depender del variador de frecuencia. Por otra parte antes de poner en práctica este módulo se recomienda realizar los respectivos circuitos. Ya sean estos de potencia o de control en planos aparte.

#### 4.3. OPERACIÓN BÁSICA DEL MÓDULO.

**Grupo de accionamiento.-** Parámetros básicos necesarios para que el variador funcione, pueden definirse parámetros como la frecuencia de referencia y el tiempo de aceleración/desaceleración.

- Grupo de funciones 1: Parámetros de funciones básicas para ajustar la frecuencia y la tensión de salida.
- Grupo de funciones 2: Parámetros de funciones avanzadas para definir parámetros como la operación PID y la operación de un segundo motor.
- Grupo E/S (Entrada/Salida): Parámetros necesarios para constituir una secuencia usando los bornes de entrada/salida multifunción.

**Definición de los parámetros.-** Cambio de los valores de parámetros en el grupo de accionamiento. Para cambiar el tiempo ACC de 5,0 seg. a 16,0 seg.



1		- En el primer código "0.00" pulse la tecla Subir (▲) una vez para ir al segundo código.
2		- Se visualiza ACC [Tiempo de aceleración]. - Pulse la tecla Intro (●) una vez.
3		- El valor predefinido es 5.0 y el cursor está en el dígito 0. - Pulse la tecla Izquierda (◀) una vez para desplazar el cursor a la izquierda.
4		- El dígito 5 en 5.0 está activo. Pulse la tecla Subir (▲) una vez.
5		- El valor aumenta a 6.0. - Pulse la tecla Izquierda (◀) para desplazar el cursor a la izquierda.
6		- Se visualiza 0.60. El primer 0 en 0.60 está activo. - Pulse la tecla Subir (▲) una vez.
7		- Se define en 16.0. - Pulse la tecla Intro (●) una vez. - 16.0 parpadea. - Pulse la tecla Intro (●) una vez más para volver al nombre del parámetro.
8		- Se visualiza ACC. El tiempo de aceleración se modificó de 5,0 a 16,0 segundos.

**Figura 4.2** Cambio de los valores de parámetros

En el paso 7, si pulsa las teclas izquierda o derecha mientras 16.0 parpadea se inhabilitará la definición del parámetro.

Nota: Si pulsa las teclas Izquierda / Derecha / Subir / Bajar mientras el cursor parpadea se cancelará el cambio del valor del parámetro.

Pulsando la tecla Intro en este estado se ingresará el valor en la memoria.

#### Definición de la frecuencia y operación básica.

Precaución: Las siguientes instrucciones asumen que todos los parámetros están definidos en los valores por defecto de fábrica.

Los resultados podrían ser distintos si los valores fueron modificados. En tal caso inicialice (ver página 8-42 del manual) a los valores por defecto de fábrica y siga las instrucciones.

1		- Conecte la alimentación de CA al variador.
2		- Cuando aparezca 0.00 pulse la tecla Intro (●) una vez.
3		- Se ilumina el segundo dígito en 0.00, como se muestra a la izquierda. - Pulse la tecla Izquierda (◀) tres veces.
4		- Se visualiza 00.00 y el primer 0 está encendido. - Pulse la tecla Subir (▲).
5		- Se define en 10.00. Pulse la tecla Intro (●) una vez. - El valor 10.00 parpadea. Pulse la tecla Intro (●) una vez.
6		- La frecuencia de funcionamiento se define en 10.00Hz cuando deja de parpadear. - Conecte el interruptor entre los bornes P1 (FX) y CM.
7		- La luz RUN comienza a parpadear con el indicador FWD (Avance) encendido y se visualiza la frecuencia de aceleración en el visor de LED. - Se visualiza 10.00 al alcanzarse la frecuencia de funcionamiento requerida de 10Hz. - Desconecte el interruptor entre los bornes P1 (FX) y CM.
8		- La luz RUN comienza a parpadear y se visualiza la frecuencia de desaceleración en el visor de LED. - La luz RUN y FWD se apagan y se visualiza 10.00 al alcanzarse la frecuencia de funcionamiento de 0Hz.

Figura 4.3: Definición de la frecuencia con el teclado y los bornes

### Circuito general

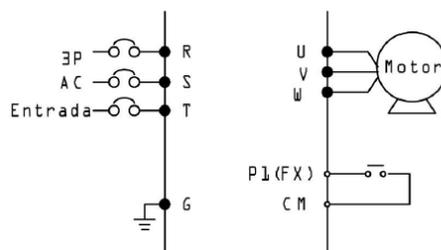


Figura 4.4: Conexión

### Circuito de funcionamiento

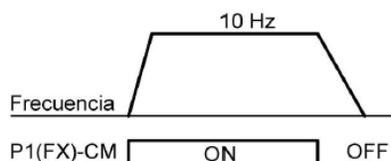


Figura 4.5 Patrón de operación

### Definición de la frecuencia con un potenciómetro

1		- Conecte la alimentación de CA al variador.
2		- Cuando aparezca 0.00 pulse la tecla Subir (▲) cuatro veces.
3		- Se visualiza Frq. El modo de definición de la frecuencia es seleccionable. - Pulse la tecla Intro (●) una vez.
4		- El valor actual está definido en 0 según el método de definición de frecuencia con el teclado. - Pulse la tecla Subir (▲) tres veces.
5		- Cuando llegue a 3 (definición de la frecuencia con el potenciómetro) pulse la tecla Intro (●) una vez.
6		- Se vuelve a visualizar Frq cuando el 3 deja de parpadear. - Mueva el potenciómetro para definir en 10.00Hz, en la dirección Máxima o Mínima indistintamente.
7		- Conecte el interruptor entre los bornes P1 (FX) y CM (ver Conexionado, a continuación). - La luz RUN comienza a parpadear con el indicador FWD encendido y se visualiza la frecuencia de aceleración en el visor de LED. - Se visualiza el valor cuando se alcanza la frecuencia de funcionamiento de 10Hz, como se muestra a la izquierda. - Desconecte el interruptor entre los bornes P1 (FX) y CM.
8		- La luz RUN comienza a parpadear y se visualiza la frecuencia de desaceleración en el visor de LED. - La luz RUN y FWD se apagan y se visualiza 10.00 al alcanzarse la frecuencia de funcionamiento de 0Hz.

Figura 4.6: Frecuencia con potenciómetro

### Circuito general

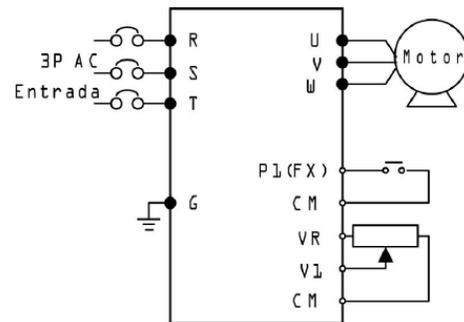


Figura 4.7: Conexión con potenciómetro y bornes

### Circuito de funcionamiento

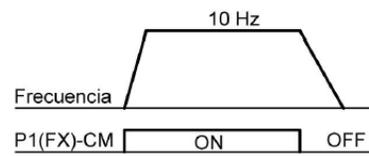


Figura 4.8 Patrón de operaciones con potenciómetro.

## CAPÍTULO V

## 5. GUÍA, OPERACIÓN DE PRÁCTICAS Y MANTENIMIENTO

## 5.1. INSTALACIÓN DEL SOFTWARE LABVIEW

La finalidad de esta actividad es que el estudiante sea capaz de instalar por sí mismo el software LabVIEW de National Instruments en su computadora habitual de trabajo, y que el sistema operativo instalado en él es Windows (XP o superior) de Microsoft. Recuerde que este software la licencia fue obtenida por parte de la politécnica. No olvide que en este caso la versión 2010 consta de 4 discos, comience con el disco amarillo 1/2 del software y coloque el DVD en la unidad del DVD de su sistema y espere que aparezca la pantalla de auto-ejecución. Después seleccione la opción "Install LabVIEW, I/O server, Data socket, Modules, and Toolkits". Si recibe una advertencia de Windows preguntando si desea continuar, seleccione Sí.

Seleccione si desea introducir los números de serie para instalar productos que ha comprado o instalar el software en modo de evaluación, por un tiempo aproximado de 30 días. Si escoge introducir los números de serie, el instalador puede seleccionar el software adecuado para usted.



Figura 5.1: Opción de selección de instalación

Proporcione los números de serie para el sistema de desarrollo de LabVIEW que ha comprado.

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

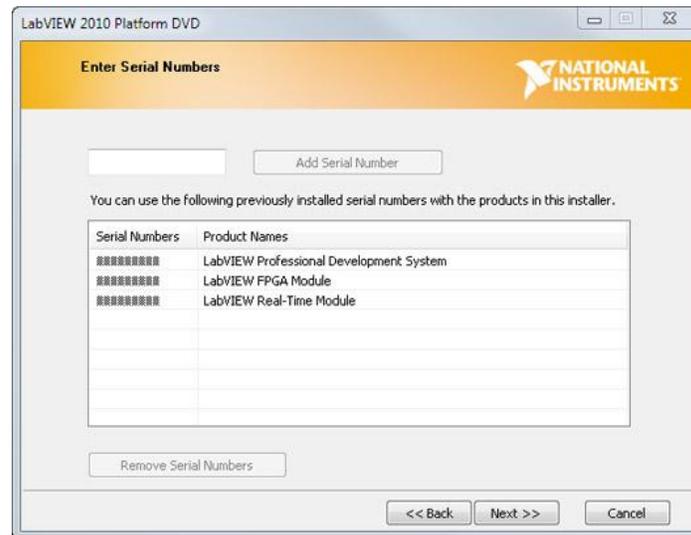


Figura 5.2 Registro del programa

Revise la “lista de productos autorizados”, la cual incluye el entorno de LabVIEW, módulos y juegos de herramientas que tienen licencias válidas, además de controladores de dispositivos. Después haga clic en Next.

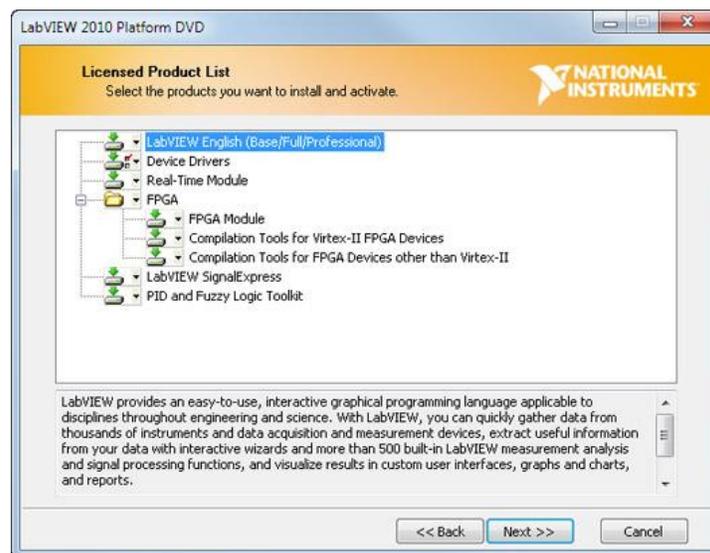
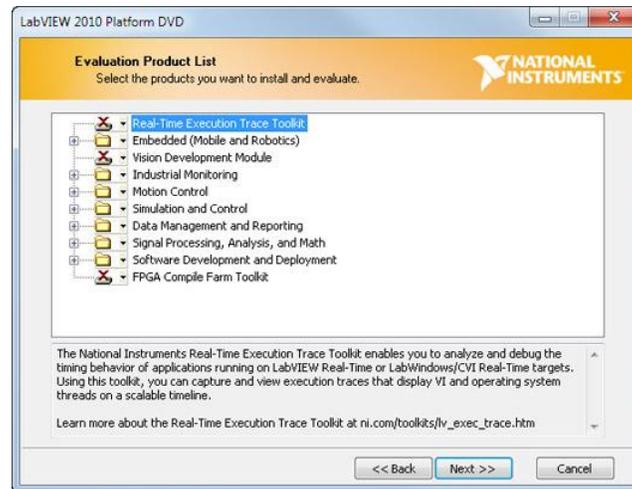


Figura 5.3: Selección de las herramientas

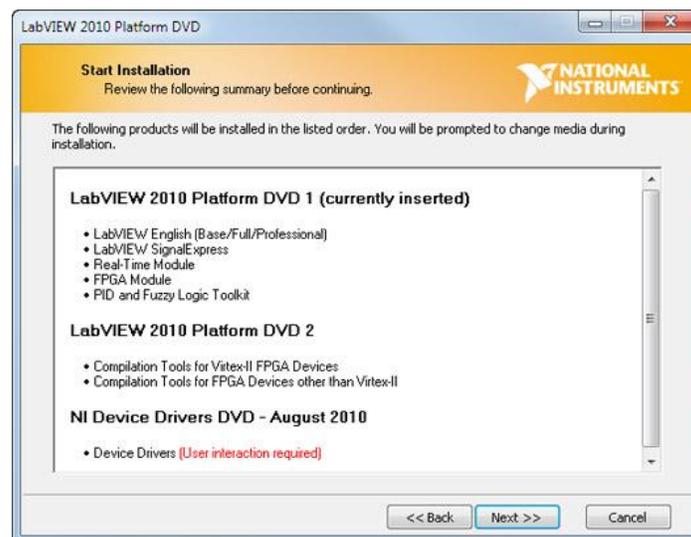
Seleccione los productos adicionales a instalar en la lista de productos para evaluación.



**Figura 5.4:** Selección de los productos adicionales

El instalador verifica actualizaciones relevantes de los productos que están a punto de instalar. Puede descargar las actualizaciones antes de continuar con la instalación. Escoja el directorio de instalación para el software de National Instruments. Acepte los acuerdos de licencia y haga clic en next. Proporcione su nombre completo y empresa. Esta información será usada para completar el registro de su software.

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



**Figura 5.5:** Confirmación de la instalación

Inserte el DVD, cuando se le pida el DVD de controladores de dispositivos y elija las siguientes opciones del árbol de selección.

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

## 5.2. INSTALACIÓN DEL TWIDO SUITE

TwidoSuite es un software que está organizado según el ciclo de desarrollo del proyecto. La navegación por el software es muy sencilla que se convierte en innata. El entorno de desarrollo gráfico, lleno de funciones para crear, configurar y mantener aplicaciones de automatización para los autómatas programables Twido de Telemecanique. TwidoSuite permite crear programas con distintos tipos de lenguaje, después de transferir la aplicación para que se ejecute en un autómatas.



**Figura 5.6:** Plataforma TwidoSuite

TwidoSuite es un programa basado en Windows de 32 bits que se ejecuta en los sistemas operativos Microsoft Windows 2000 y XP Professional.

Pero si tiene una PC de 64 bits y tiene problemas en su funcionamiento diríjase al icono de acceso directo o en la barra de menú que aparece después de haberlo instalado, de click derecho escoja propiedades en la pestaña compatibilidad elija la opción modo de compatibilidad y seleccione "Windows XP" y el service pack que requiera funciona muy bien con el 3 y selecciones Aplicar y Aceptar.

**Las principales funciones del software TwidoSuite son:**

- Interface de usuario intuitiva y orientada a proyectos.
- Diseño de software sin menús. Las tareas y funciones del paso seleccionado de un proyecto siempre se encuentran visibles.
- Soporte de programación y configuración.
- Comunicación con el autómata.
- Ayuda de primera mano acerca del nivel de tareas que ofrece enlaces relevantes a la ayuda en línea.

**Requisitos mínimos y recomendados:**

- Se recomienda un equipo compatible con PC y procesador Pentium a 466 MHz o superior.
- 128 MB de RAM o más, 100 MB de espacio libre en el disco duro.
- Sistema operativo: Windows 2000 o Windows XP.

**Instalación del software de programación TwidoSuite:**

- El TwidoSuite es un software de programación utilizado para la configuración, programación y depuración de la gama de controladores programables Twido.
- El TwidoSuite es un software gratuito que se puede descargar desde la página del ISEFONLINE, a través de la siguiente dirección [www.isefonline.com](http://www.isefonline.com)



TwidoSuite\_V0120

Para comenzar la instalación, abrir el archivo ejecutable que previamente se ha descargado.

Aparecerá una ventana flotante con la información de los derechos usuario de la licencia del software TwidoSuite, la aceptamos pulsando el botón "Accept". Una vez aceptada la licencia, se abre una ventana nueva donde se puede colocar la ruta donde se quiere descomprimir el instalador. (De lo contrario cambiamos la ruta, por defecto se creara "C:\Burndisk"). Cuando se haya especificado la ruta, pulsar el botón "Install" para comenzar la descomprimir el archivo.


 Abrimos la ruta especificada donde se ha creado la carpeta de instalación y pulsamos sobre el icono "Setup", que mostrará la ventana inicial de instalación. Tendremos que aceptar el contrato de licencia, colocar el nombre de nuestra organización, especificar la ruta donde se desea instalar el programa, si deseamos colocar un icono en el escritorio o en la barra de inicio rápido y desde que carpeta de la barra de programas se desea colocar el software.

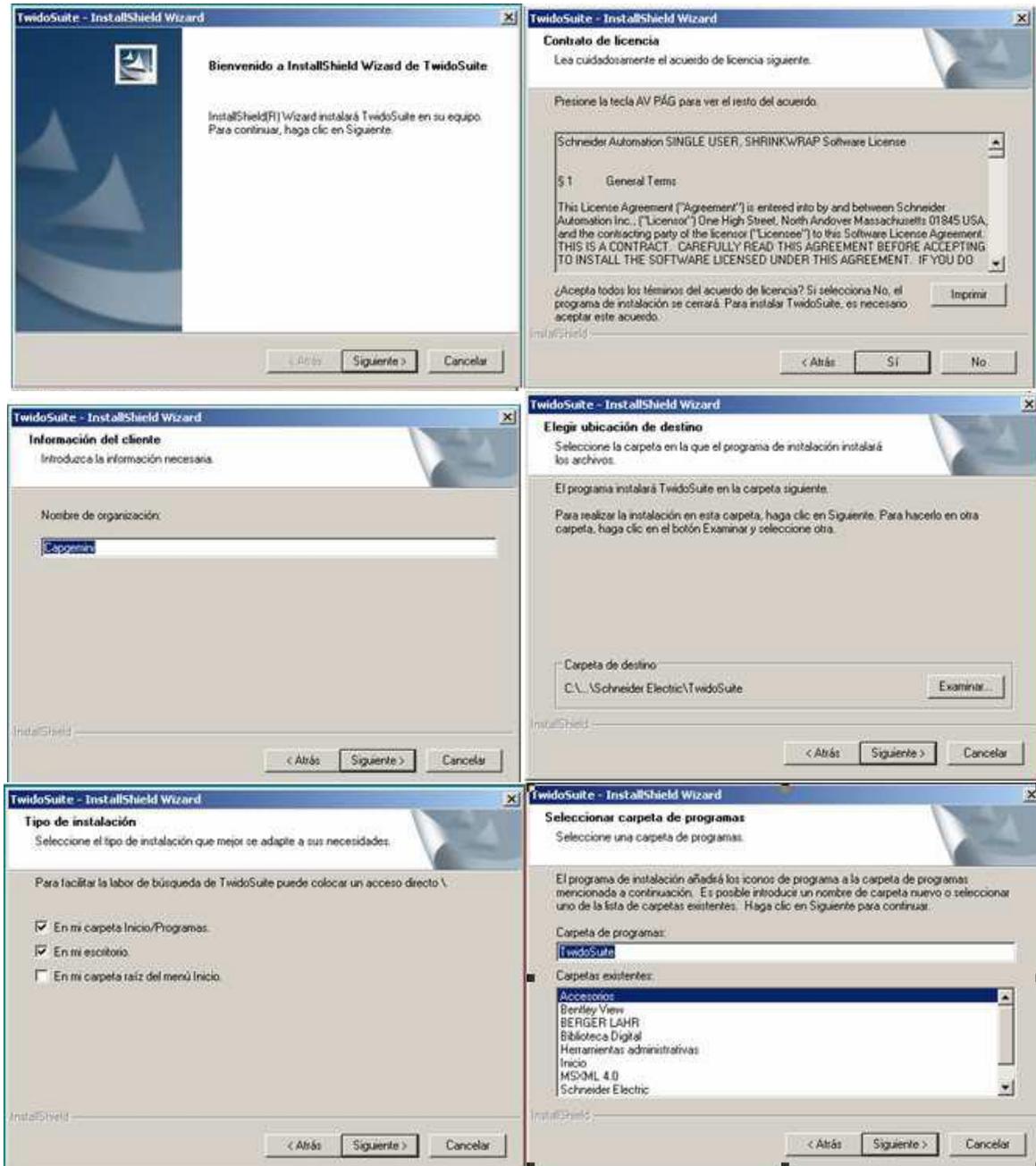


Figura 5.7 Ventanas del proceso de instalación

### 5.2.1. Preparación del TwidoSuite

Comenzamos llenando la información del proyecto con datos generales que ayuden a identificar como está configurado y las tareas que realizará.

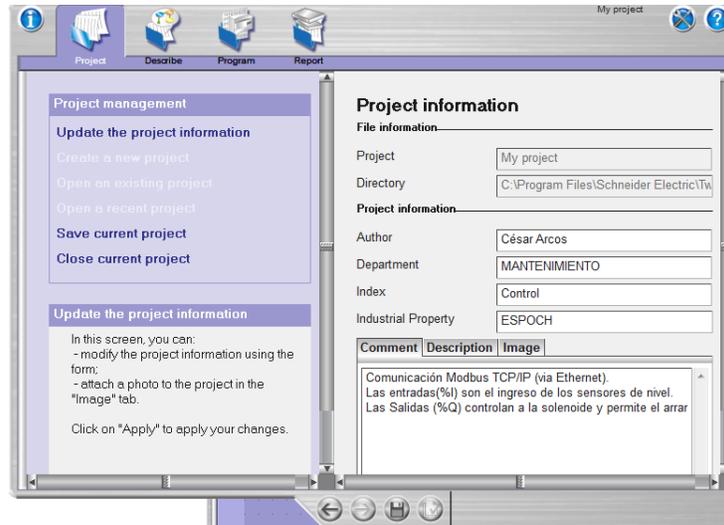


Figura 5.8 Información del proyecto

Antes de programar describimos de forma gráfica el tipo del autómatas con el que vamos a trabajar y como éste funcionará.

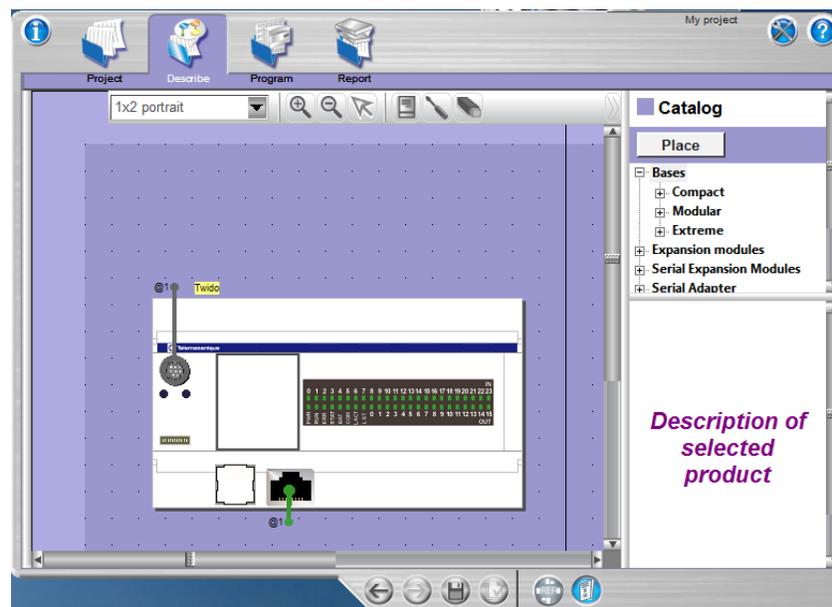


Figura 5.9 Configuración gráfica

Configuración del Módulo de sus entradas y salidas.

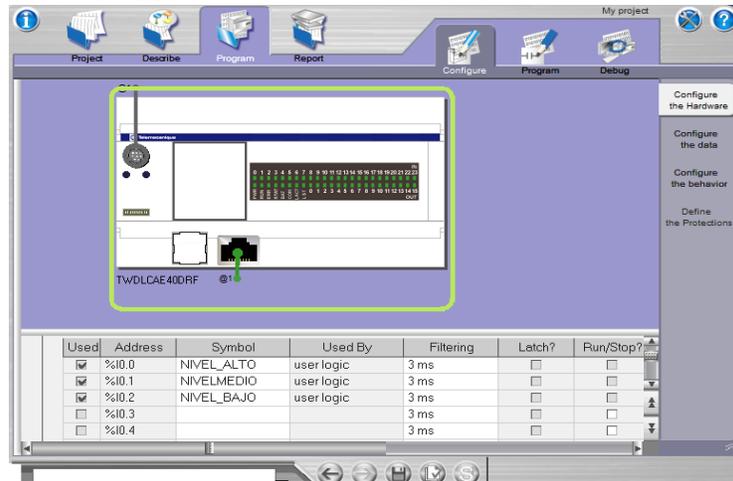


Figura 5.10 Configuración del módulo

Diseñar el programa en el lenguaje ladder

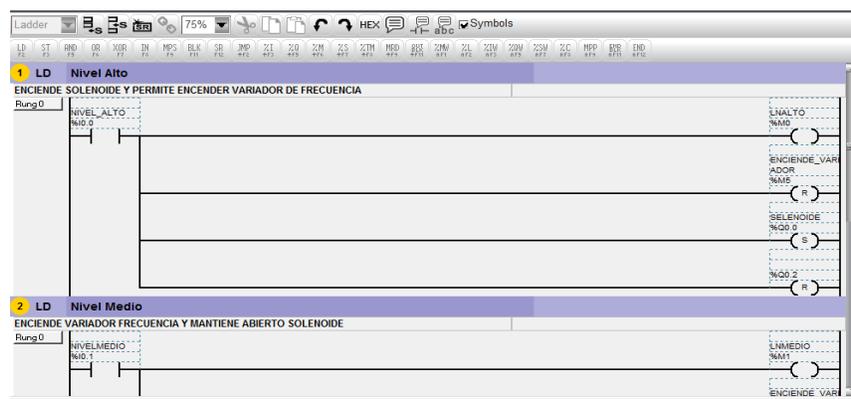


Figura 5.11 Programación Ladder

Configuración de los puertos y direccionamiento IP.

Por último establecemos comunicación y cargamos el programa.

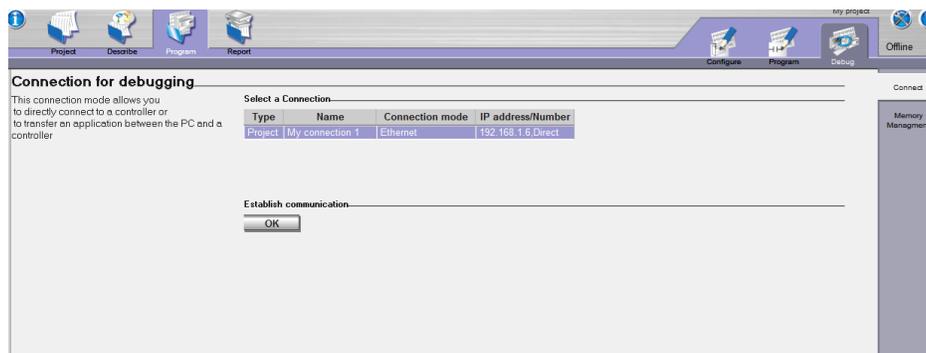


Figura 5.12: Carga del programa al PLC

### 5.3. UTILIZACIÓN DEL ACCESS POINT



Figura 5.13 Access Point

La comunicación entre un origen y un destino habitualmente pasa por nodos intermedios que se encargan del tráfico de la información por ejemplo las llamadas telefónicas, los nodos intermedios son las centrales telefónicas y en las conexiones hay internet los routers o en caminadores. Para nuestro caso el nodo intermedio es el Access Point que recibirá toda la información enviada a través de la computadora por el wireless de la PC y la transmitirá al PLC. El Access Point se encuentra denominado con el nombre de receptor con una dirección IP 192.168.1.1, y está configurado de acuerdo a las direcciones del PLC y la PC; consta de un adaptador que debe conectarlo al costado y requiere alimentación de 110 V.

En el momento que quiere establecer comunicación entre la PC y el Access Point, ya en este debe estar conectada la capa física de la red que el cable par trenzado CAT 5 (cable Ethernet).



Figura 5.14: Cable Par trenzado CAT 5

### 5.4. CONTROL DEL VARIADOR DE FRECUENCIA VÍA COMUNICACIÓN TCP/IP GENERADA EN EL PLC

#### 5.4.1. Configuración del PLC

Diseñamos el programa para la adquisición y envío de datos en el TwidoSuite; necesarios para el accionamiento del variador de frecuencia por medio de LabVIEW.

Used	Address	Symbol	Used By	Filtering
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.0	NIVEL_ALTO	user logic	3 ms
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.1	NIVELMEDIO	user logic	3 ms
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.2	NIVEL_BAJO	user logic	3 ms
<input type="checkbox"/>	%I0.3			3 ms

Figura 5.15: Configuración de la señal de entrada al autómeta.

Used	Address	Symbol	Status?	Used By
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.0	SELENOIDE		user logic
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.1	ALARMA	<input type="checkbox"/>	user logic

Figura 5.16: Configuración de la señal de salida del automático

Used	%M	Symbol
<input checked="" type="checkbox"/>	%M0	LNALTO
<input checked="" type="checkbox"/>	%M1	LNMEDIO
<input checked="" type="checkbox"/>	%M2	LNBAJO
<input type="checkbox"/>	%M3	
<input type="checkbox"/>	%M4	
<input checked="" type="checkbox"/>	%M5	ENCIEND
<input type="checkbox"/>	%M6	APAGA_V

Figura 5.17: Configuración de las memorias del automático

#### 5.4.2. Direccionamiento de la conexión IP

Es la dirección con la que nos comunicaremos la PC al PLC, en este caso la dirección es 192.168.1.6 la dirección del PLC mientras que a la PC su configuramos en el centro de redes y recursos compartidos, en el área local está en el protocolo de internet versión 4 (TCP/IP v4) la dirección IP y la DNS están para obtener de forma automática.

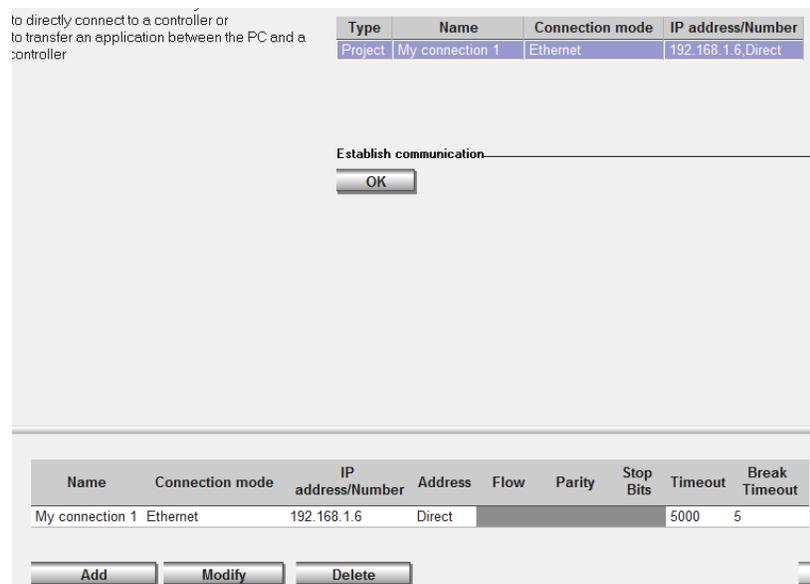


Figura 5.18 Dirección IP

## 5.5. CONFIGURACIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA .

Primero en el capítulo 5 del manual del variador configuramos todos los parámetros que conciernen a la comunicación Modbus. Conecte la línea de comunicación RS-485 a los bornes del variador (S+), (S-) en la bornera de control. Compruebe la conexión y encienda el variador. Si la línea de comunicación está conectada correctamente primero como la PC no tiene puerto serial RS-232 utilizamos un convertidor de USB a RS232, seguido utilizamos otro convertidor de RS 232/485 y defina los parámetros relacionados con la comunicación del siguiente modo:

- t DRV -03 [Modo de accionamiento]: 3 (RS485)
  - t DRV -04 [Modo de frecuencia]: 7 (RS485)
  - t E/S(I/O)-I60 [Número de variador]: 1~250 (Si conecta más de un variador asegúrese de usar números diferentes para cada uno), como solo se utiliza un variador le daremos la dirección 1
  - t E/S(I/O)-I61 [Velocidad en baudios]: 3 (9.600bps como valor por defecto de fábrica)
  - t E/S(I/O)-I62 [Modo de pérdida]: 0 - Sin acción (valor por defecto de fábrica)
  - t E/S(I/O)-I63 [Tiempo de espera]: 1.0 seg (valor por defecto de fábrica)
  - t E/S(I/O)-I59 [Protocolo de comunicaciones]: 0 - Modbus-RTU, 1 - LS BUS
- Ver ANEXO 2 y 3.

## 5.6. CONTROL Y MONITOREO DEL VARIADOR DE FRECUENCIA POR SOFTWARE LABVIEW

### 5.6.1 Configuración de LabVIEW para la comunicación Modbus

Hay dos tipos de comunicación; para el PLC utilizaremos la comunicación Modbus TCP/IP y para el variador de frecuencia utilizaremos la comunicación RTU. Empezamos en emptyproject, a continuación damos click derecho mycomputer como muestra la figura a continuación. Al seleccionar el I/O Server nos mostrara un cuadro y seleccionamos "Modbus", en esta opción podemos hacer la configuración tanto para Modbus Ethernet como RTU (serial). Al tener las librerías creamos las variables que necesitaremos para el objetivo de nuestro programa.

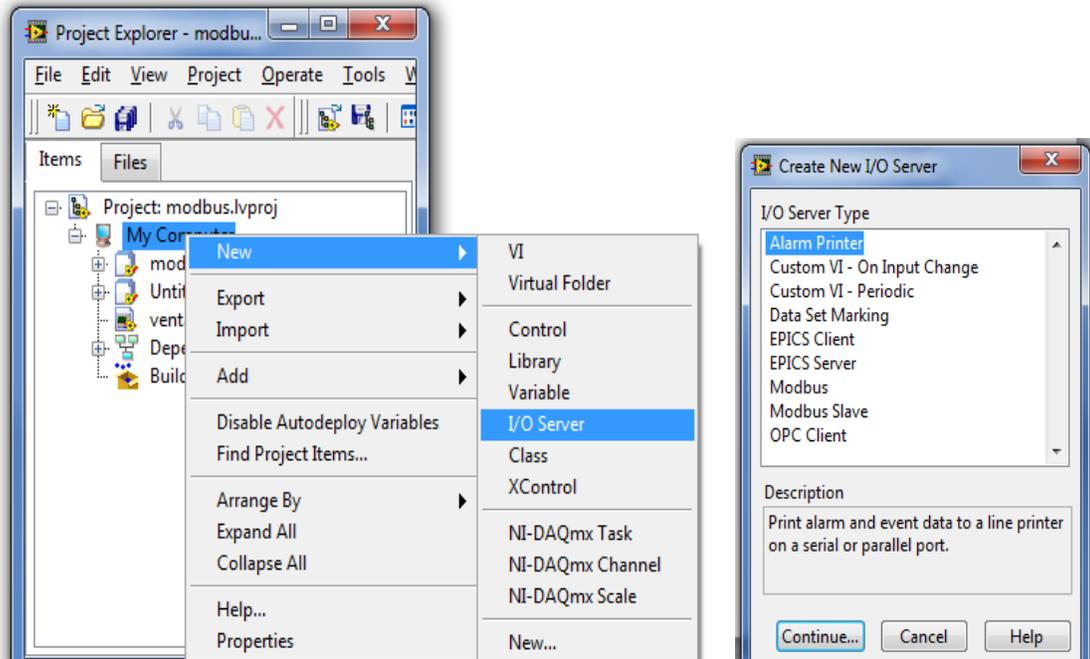


Figura 5.19 Selección para comunicación Modbus

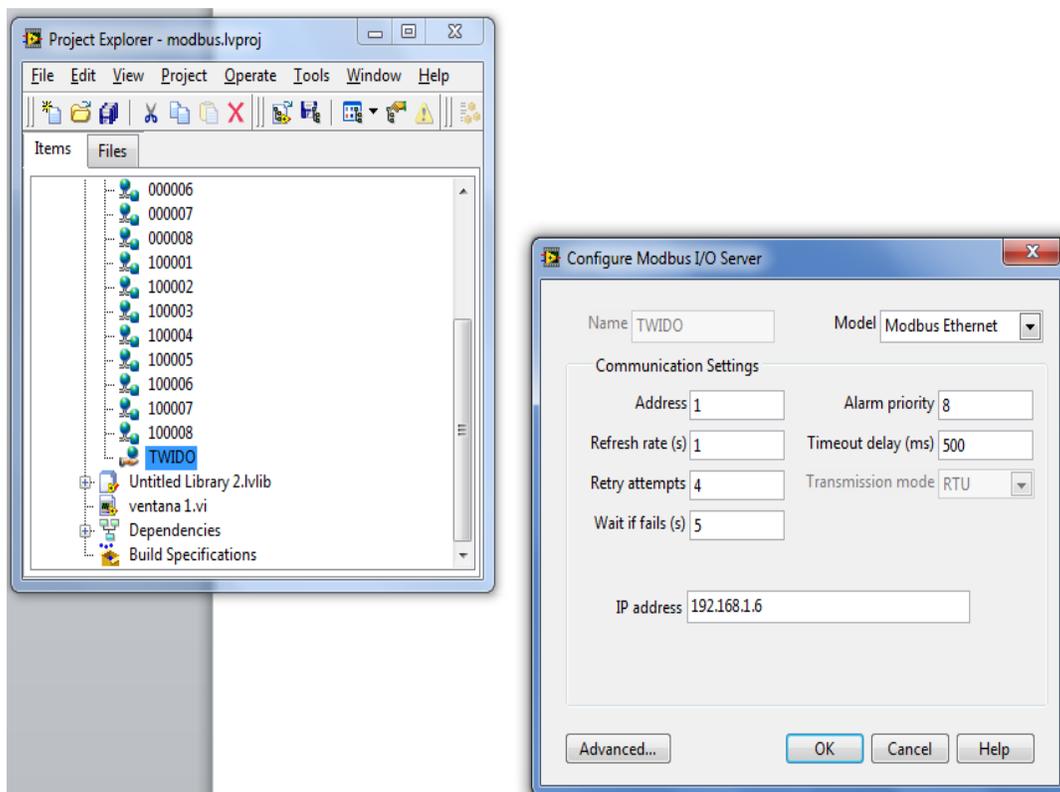


Figura 5.20: Configuración Modbus Ethernet

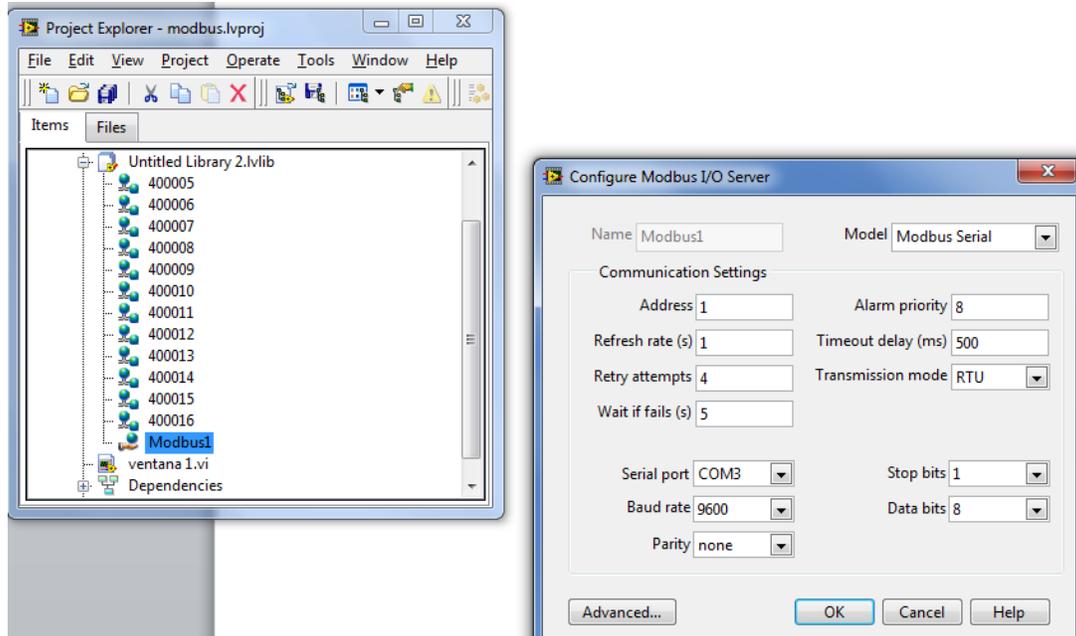


Figura 5.21: Configuración Modbus RTU

### 5.6.2. Selección de variables

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

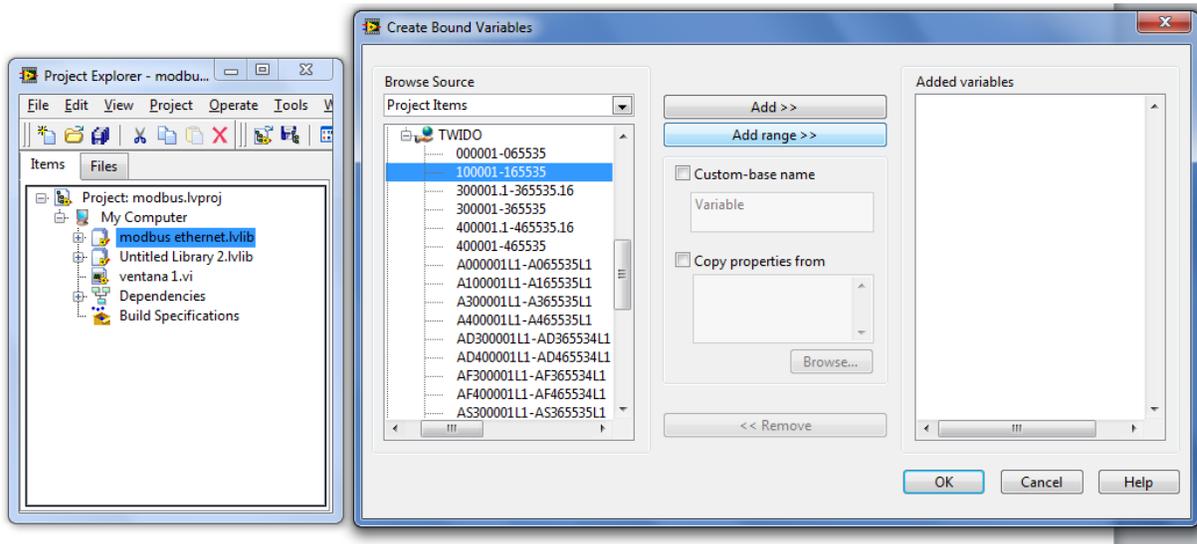


Figura 5.22 Creación de variables

En la figura 5.20 muestra rangos de variables, elegimos las que se necesite las que se muestran a continuación:

Para seleccionar en el PLC van desde el rango cero hasta la capacidad instalada por ejemplo:

En PLC % I0.0 es una de sus entradas, mientras en LabVIEW el rango de las variables empiezan desde el uno 000001. Por eso al elegir se suma uno.

-  Prender el variador en el PLC tiene la memoria cinco (M5) que en LabVIEW es la 000006

PLC	Descripción	LabVIEW
% I0.0	Nivel Alto	000001
% Q0.0	Solenoide	100001
M5	Prende Variador de Frec.	000006

Tabla 5.1: Equivalencia entre las variables

Para vincular botoneras, perillas, bombillas, etc. Se efectúa por medio del OPC Server. Primero añadimos las direcciones al OPC Server.

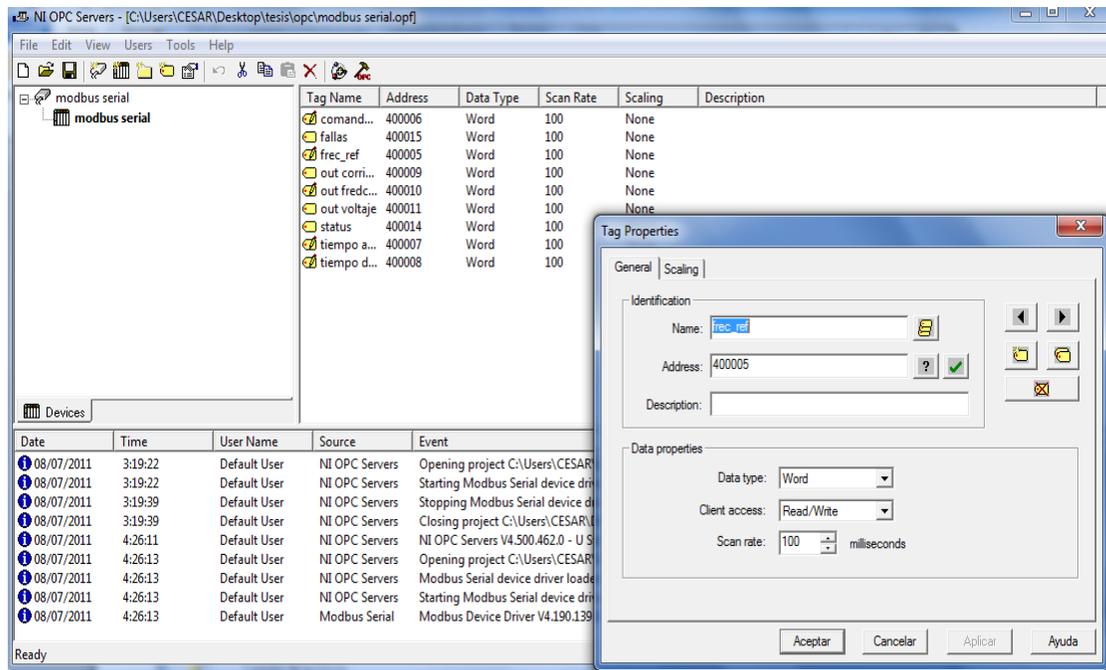


Figura 5.23 Colocación de direcciones

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

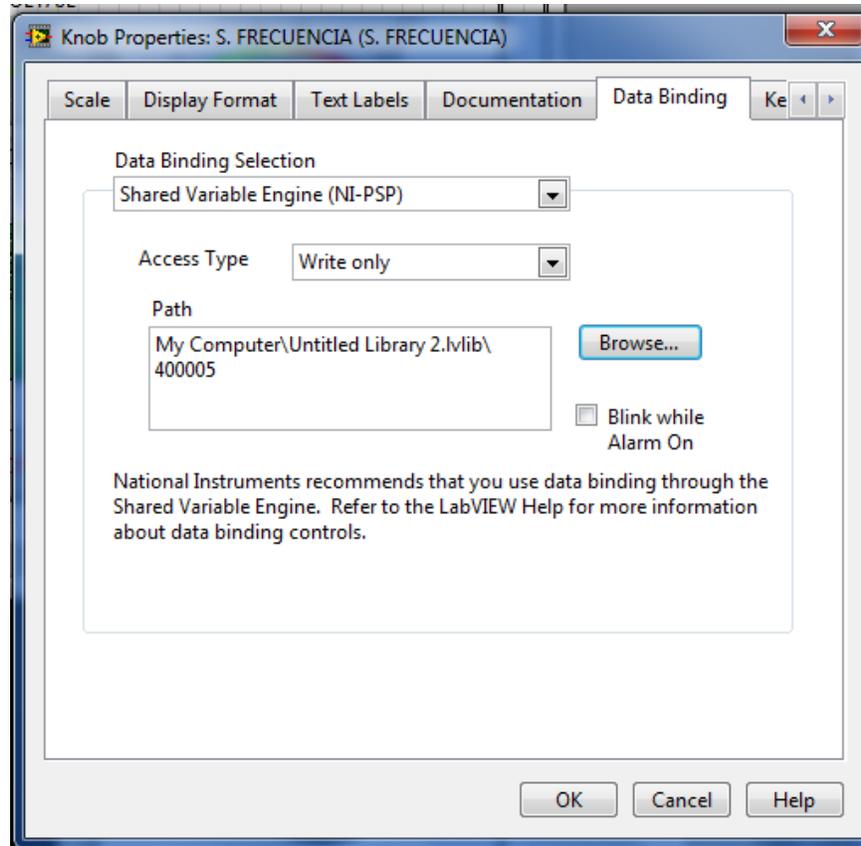


Figura 5.24 Enlazar icono de las variables

Lo que está encerrado en el círculo indica que se ha enlazado con la dirección deseada.



Figura 5.25: Vinculo con la dirección del OPC Server

- En la figura 5.26 muestra cómo está el vinculada las variables la primera fue por la opción de “data binding” como muestra en la figura 5.25 o también podemos desde la ventana de proyectexplorer arrastrar la variable deseada como en este caso la 000006

que es de la M5 del PLC y la 4000006 que es el comando de funcionamiento del variador de frecuencia.

- En este ejemplo muestra como el PLC adquiere datos del nivel y control del solenoide, mientras que el variador controla la bomba por medio de las señales adquiridas del nivel por parte del PLC

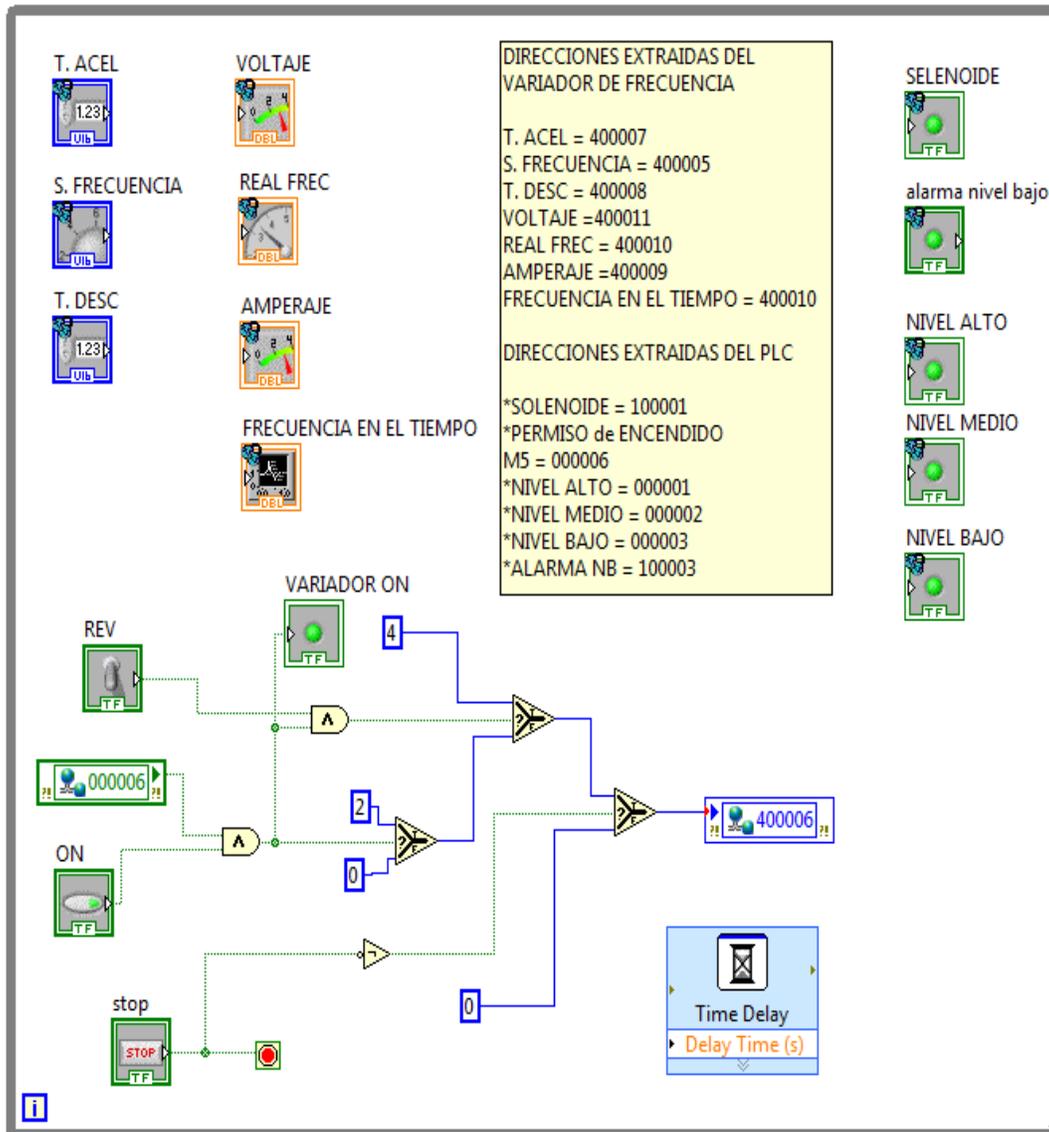


Figura 5.26: Programa en el diagrama de bloques y las variables

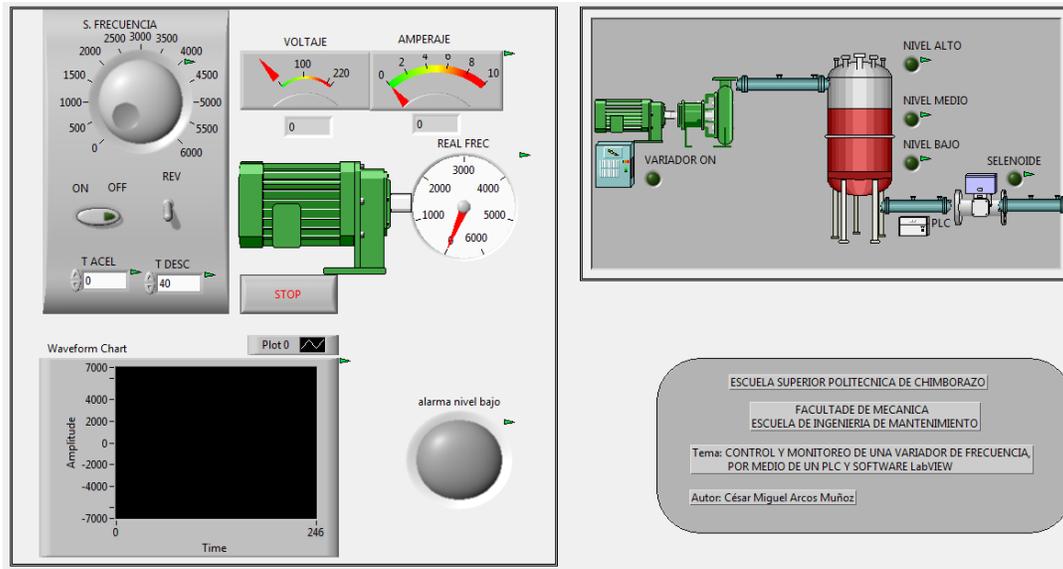


Figura 5.27: Sistema de bombeo controlado por LabVIEW y un PLC

## 5.7. GUÍAS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO.

### PRÁCTICA N° 1

**Tema:** Control y monitoreo de un variador de frecuencia por medio de un PLC y software LabVIEW

#### Objetivos:

- Definir los parámetros para la realización de una comunicación Modbus.
- Conocer los métodos de enlace entre equipos.
- Colocar los cables de conexión y convertidores en las borneras destinadas para el mismo, realizar el arranque y observar el comportamiento tanto en el display del variador como en el software LabVIEW.
- Incentivar al estudiante con el módulo para que habitualmente realice prácticas de laboratorio

#### Marco teórico:

La variación de velocidad en motores por medios de equipos electrónicos y medios

informáticos es una práctica necesaria hoy en día, es por ello que resulta necesario crear modelos que representen la operación de dichos procesos.

El principio de funcionamiento del variador de velocidad consiste en convertir el voltaje de CA a un voltaje de CD por medio de un puente rectificador trifásico compuesto por seis diodos para posteriormente convertir ese mismo voltaje de CD a un voltaje de CA por medio de un puente inversor trifásico compuesto por 6 tiristores los cuales controlan el voltaje de CA variando su frecuencia es como la figura 2.3. Los componentes del variador de velocidad son un puente rectificador trifásico y un convertidor PWM creado con tiristores.

Un controlador lógico programable está constituido por un conjunto de tarjetas o circuitos impresos, sobre los cuales están ubicados componentes electrónicos. TwidoSuite es un entorno de desarrollo gráfico para crear, configurar y gestionar aplicaciones para los autómatas Twido (Telemecanique)

Software LabVIEW, es una herramienta de programación gráfica, esto quiere decir que utiliza íconos en lugar de líneas de texto para crear aplicaciones, a diferencia de la programación basada en las líneas de código para determinar la ejecución de un programa, LabVIEW utiliza programación de flujo de datos, donde el flujo de los datos determina la ejecución. Es altamente eficaz para la construcción de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control, además nos brinda una capacidad de crear una interfaz de interacción con el usuario para las aplicaciones antes mencionadas.

Modbus es uno de los protocolos más populares de la automatización en el mundo. Es un protocolo abierto de comunicación serie, utilizado para la comunicación entre diversos componentes se encuentra, situado en el nivel 7 del modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor. Presenta el método más común para interconectar dispositivos electrónicos industriales. Utilizados en ambientes industriales, para escribir o leer bits o registros de 16 bits.

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

intercambio de datos tanto entre el PLC y la estación de supervisión, como con el variador de frecuencia y la estación de supervisión.

**Equipos y materiales:**

- Fuente bifásica o trifásica
- Variador de frecuencia SV-iG 5A
- Controlador lógico programable TWDLCAE40DRF.
- Guardamotor.
- Cables de conexión.
- PC con software LabVIEW instalado y wireless.
- Convertidor de USB a RS-232 y un convertidor de RS-232/485.

**Procedimiento:**

- 1 Conecte el convertidor de USB a RS-232 a su PC y verifique en el administrador de dispositivos que lo reconozca, caso contrario necesitara instalar el programa del convertidor que puede descargarse de forma gratuita del internet.
- 2 Conecte el convertidor RS-232/485 tanto del que viene de su PC, como el que se dirige del puerto RS-485 al variador, aun no energice al variador.
- 3 Vía Ethernet conéctese el Access Point al PLC. En el PLC realice un programa donde las condiciones permita encender y apagar el variador como nivel alto apaga y nivel bajo prende.
- 4 Por medio del wireless conéctese al Access Point y verifique la transmisión de datos.
- 5 Realice la configuración en LabVIEW que se muestra a continuación para la comunicación Modbus.
- 6 Una vez creadas las librerías y seleccionadas las respectivas variables, seleccione en el panel frontal los indicadores y controladores que necesitará.

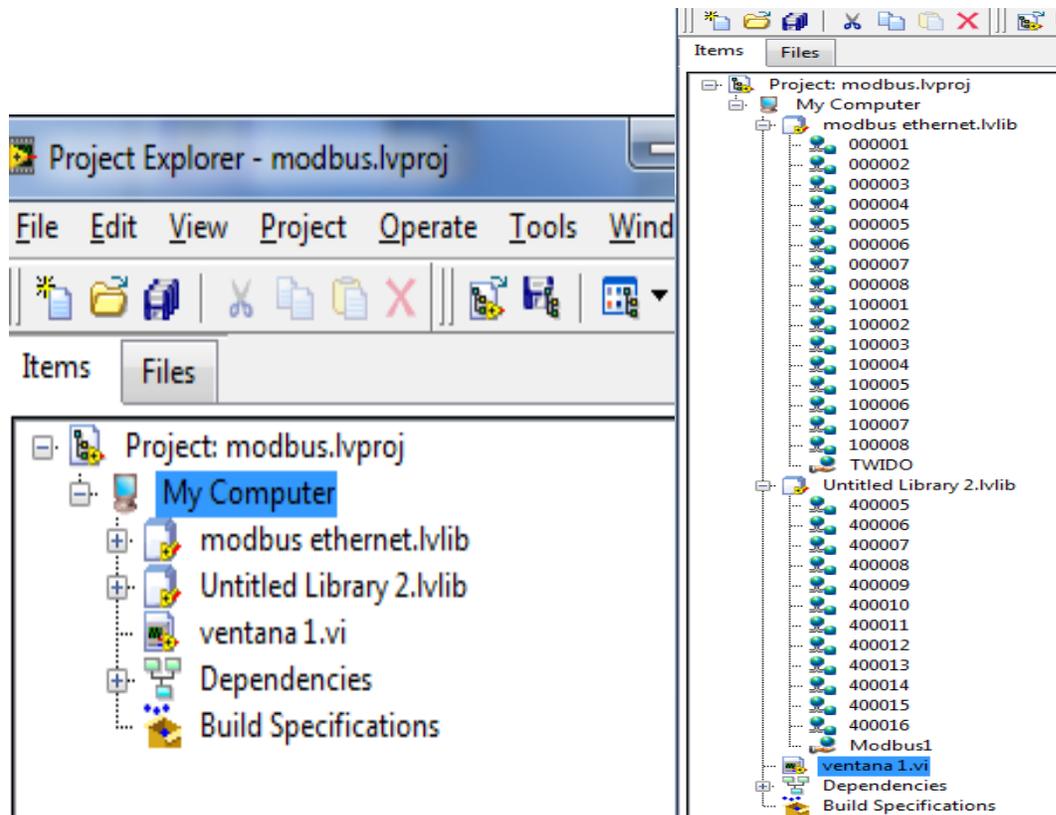


Figura 5.18 Creación de variables

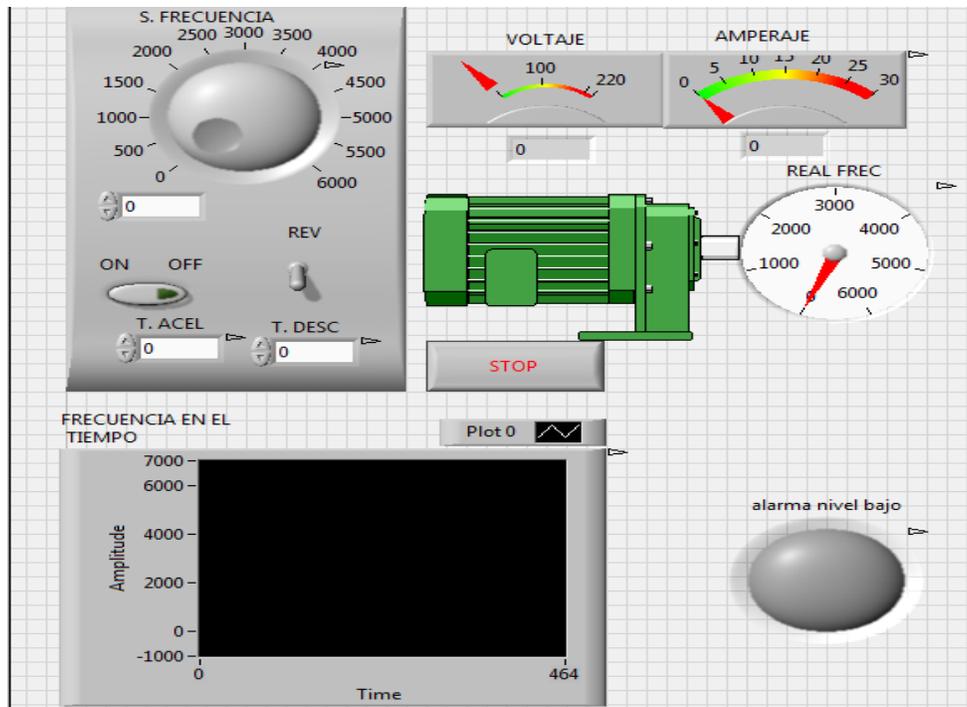


Figura 5.29 Selección de las variables en panel frontal

- 7 En el diagrama de bloques realizamos los vínculos a las variables que escogimos con anterioridad, sin olvidar que debe estar dentro de un whileloop.



Figura 5.30 Variables vinculadas por data binding

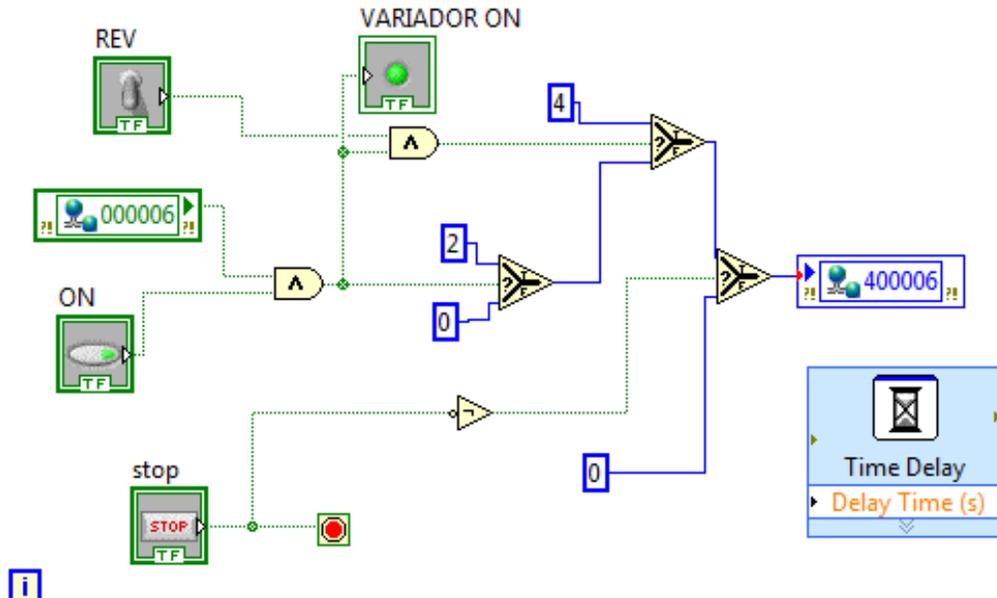


Figura 5.31 Programa mediante variables extraidas de las librerías.

- 8 Conecte las líneas de energía al variador en sus respectivas borneras R, S, T y de U, V, W hacia el motor y revise las conexiones del sistema.
- 9 Revise si hay transferencia de datos y haga correr el programa.

**10** Ahora usted puede controlar al motor eléctrico desde su computadora siempre y cuando el programa del PLC se lo permita.

**Conclusiones y recomendaciones:**

- Por medio de esta práctica pudimos observar el comportamiento del motor por la acción ejercida desde el PLC de forma inalámbrica.
- Se pudo observar la facilidad que brinda la conexión en Modbus RTU.
- Antes de empezar con la práctica no hay que olvidar de poner los parámetros o los valores por defecto de fábrica. Los resultados podrían ser distintos si los valores fueron modificados. En tal caso inicialice (ver página 8-42) a los valores por defecto de fábrica y siga con la configuración requerida.
- Se recomienda tener cuidado con el equipo a controlar.
- Se debe tener en mente que se podría hacer en caso de no funcionar.

**PRÁCTICA N° 2**

**Tem a:** Definición de la frecuencia con el potenciómetro y la tecla RUN

**Objetivos:**

- Definir los parámetros en el panel de control para realizar un control de velocidad del variador por medio de un potenciómetro.
- Colocar los cables de conexión del potenciómetro lineal en las borneras destinadas para el mismo, realizar el arranque y observar el comportamiento del display.

**Marco teórico:**

La utilización de dispositivos de variación de velocidad en motores es una práctica común hoy en día, es por ello que resulta necesario crear modelos que representen la operación de dichos variadores.

Otra forma de cambiar la velocidad del motor sería cambiando el número de polos

el motor, aunque esta técnica resulta ineficiente ya que habría que cambiar las características físicas del motor. El principio de funcionamiento del variador de velocidad consiste en convertir el voltaje de CA a un voltaje de CD por medio de un puente rectificador trifásico compuesto por seis diodos para posteriormente convertir ese mismo voltaje de CD a un voltaje de CA por medio de un puente inversor trifásico compuesto por 6 tiristores los cuales controlan el voltaje de CA variando su frecuencia. La configuración típica de un variador de velocidad de 6 pulsos es como la que se muestra en la figura 1 y la configuración típica de un variador de velocidad de 12 pulsos es como la figura 2. Los componentes del variador de velocidad son un puente rectificador trifásico y un convertidor PWM creado con tiristores.

#### **Equipos y materiales:**

- Fuente bifásica o trifásica
- Variador de frecuencia SV-iG 5A
- Potenciómetro
- Interruptor
- Cables de conexión

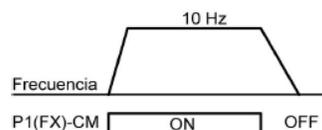
#### **Procedimiento:**

- 1 Conecte la alimentación de CA al variador.
- 2 Cuando aparezca 0.00 pulse la tecla Subir (p) tres veces.
- 3 Se visualiza "drv". El método de operación es seleccionable.
- 4 Pulse la tecla Intro (~).
- 5 Compruebe el método de operación actual ("1": Funcionamiento desde borne de control).
- 6 Pulse la tecla Bajar (q) una vez.
- 7 Después de definir en "0" pulse la tecla Intro (~). Cuando el 0 parpadee pulse una vez más la tecla Intro.
- 8 Se visualiza "drv" cuando el "0" deja de parpadear. El método de operación se define con la tecla RUN del teclado.
- 9 Pulse la tecla subir (p) una vez.
- 10 Pueden seleccionarse diferentes métodos de definición de la frecuencia.

- 11 Pulse la tecla Intro (~).
- 12 Compruebe el método actual de definición de la frecuencia ("0" se define con el teclado).
- 13 Pulse la tecla subir (p) tres veces.
- 14 Después de comprobar que está en "3" (frecuencia definida con el potenciómetro) pulse la tecla Intro (~).
- 15 Se visualiza "Frq" cuando el "3" deja de parpadear. La frecuencia se define con el potenciómetro desde el teclado.
- 16 Mueva el potenciómetro para definir en 10.0Hz, en la dirección máxima o mínima indistintamente.
- 17 Pulse la tecla RUN del teclado.
- 18 La luz RUN comienza a parpadear con el indicador FWD encendido y se visualiza la frecuencia de aceleración en el visor de LED.
- 19 Se visualiza 10.00 al alcanzarse la frecuencia de funcionamiento requerida de 10Hz.
- 20 Pulse la tecla STOP/RST.
- 21 La luz RUN comienza a parpadear y se visualiza la frecuencia de desaceleración en el visor de LED.
- 22 La luz RUN y FWD se apagan y se visualiza 10.00 al alcanzarse la frecuencia de funcionamiento de 0Hz.

#### Resultados:

- Por medio de esta práctica podemos observar el comportamiento del motor por la acción ejercida al potenciómetro y la reacción del motor, como muestra el gráfico.
- Tiempo de aceleración = ... ..
- Amperaje = ... ..
- Tiempo de desaceleración = ... ..



### Conclusiones y recomendaciones:

- Antes de empezar con la práctica no hay que olvidar de poner los parámetros o los valores por defecto de fábrica. Los resultados podrían ser distintos si los valores fueron modificados. En tal caso inicialice (ver página 8-42) a los valores por defecto de fábrica y siga las instrucciones.
- Se recomienda tener cuidado con el equipo a controlar.
- Se debe tener en mente que se podría hacer en caso de no funcionar.

### 5.8. ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.

Se debe dar una atención programada, y sistemática para realizar una inspección general, limpieza, ajustes que pueden prevenir fallas al equipo y pérdidas de tiempo productivo. El plan de mantenimiento será claro y específico y dependerá del tipo de mantenimiento que necesita el equipo, y deben ser basadas en las recomendaciones del fabricante. El mismo que será de forma mensual, semestral y anual.

#### 5.6.2. Mantenimiento del PLC

Tabla 5.2 Mantenimiento mensual

Mantenimiento mensual				
Actividades	Tiempo en un mes			
	Primera semana	Segunda semana	Tercera Semana	Cuarta semana
Revisar el estado que se encuentra el PLC	X			
Revisar el estado en que se encuentran las terminales			X	
Revisar el estado de los módulos		X		
Comprobar el estado de los programas para activar el equipo			X	
Asegurarse que los elementos estén en su respectivo puesto de manera que exista un adecuado funcionamiento				X
Estar pendientes de que el equipo tenga las condiciones adecuadas para su instalación	X			



### 5.6.3. M a n t e n i m i e n t o d e l V a r i a d o r d e f r e c u e n c i a

#### **I n s p e c c i o n e s d i a r i a s :**

- A m b i e n t e d e i n s t a l a c i ó n a p r o p i a d o
- F a l l o d e l s i s t e m a d e e n f r i a m i e n t o
- V i b r a c i ó n y r u i d o i n u s u a l e s
- S o b r e c a l e n t a m i e n t o y d e c o l o r a c i ó n i n u s u a l e s

#### **I n s p e c c i ó n p e r i ó d i c a :**

- L o s t o r n i l l o s y p e r n o s p u e d e n a f l o j a r s e c o n l a v i b r a c i ó n , l o s c a m b i o s d e t e m p e r a t u r a , e t c .
- C o m p r u e b e q u e e s t é n a j u s t a d o s d e m a n e r a s e g u r a y v u e l v a a a j u s t a r l o s d e s e r n e c e s a r i o .
- S u s t a n c i a s e x t r a ñ a s q u e o b t u r a n e l s i s t e m a d e e n f r i a m i e n t o .
- L í m p i e l o u s a n d o a i r e s e c o .
- C o m p r u e b e l a c o n d i c i ó n d e g i r o d e l v e n t i l a d o r d e e n f r i a m i e n t o , e l e s t a d o d e l o s c a p a c i t o r e s y l a s c o n e x i o n e s c o n e l c o n t a c t o r m a g n é t i c o .
- R e e m p l á c e l o s s i h a y a l g u n a a n o r m a l i d a d .

#### **R e e m p l a z o d e p a r t e s**

E l v a r i a d o r t i e n e m u c h a s p a r t e s e l e c t r ó n i c a s , c o m o l o s d i s p o s i t i v o s s e m i c o n d u c t o r e s .

L a s s i g u i e n t e s p a r t e s p u e d e n d e t e r i o r a r s e c o n e l t i e m p o d e b i d o a s u s e s t r u c t u r a s o c a r a c t e r í s t i c a s f í s i c a s , l o q u e p u e d e r e d u c i r e l r e n d i m i e n t o o c a u s a r f a l l o d e l v a r i a d o r .

P a r a e l m a n t e n i m i e n t o p r e v e n t i v o , l a s p a r t e s d e b e n c a m b i a r s e r e g u l a r m e n t e .

L a s p a u t a s p a r a e l r e e m p l a z o d e l a s p a r t e s s e i n d i c a n e n l a s i g u i e n t e t a b l a . L a s l á m p a r a s y o t r a s p a r t e s d e v i d a c o r t a t a m b i é n d e b e n c a m b i a r s e d u r a n t e l a i n s p e c c i ó n p e r i ó d i c a .

**Tabla 5.5:** Cambio de partes del variador

Nombre de la parte	Período de cambio (unidad año)	Descripción
Ventilador de enfriamiento	3	Cambio (según se requiera)
Capacitor de la conexión de CC en el circuito principal	4	Cambio (según se requiera)
Capacitor electrolítico en la placa de control	4	Cambio (según se requiera)
Relés	-	Cambio (según se requiera)

## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. CONCLUSIONES.

- Con el módulo del arrancador electrónico suave se logró que aumente gradualmente el valor nominal de voltaje en sus líneas evitando picos de corriente y disturbios en la red eléctrica, pero su uso es limitado. Con el variador de frecuencia tenemos un rango amplio de aplicaciones, como es las acciones de arranque, frenado inversión de giro, regulación de la frecuencia y monitoreo.
- Con los variadores alcanzó un ahorro energético, tiene la posibilidad de incluirse en un amplio campo de procesos.
- El Access Point permitió la transmisión de datos sin cables por lo que reduce costos facilita mantenimiento y permite mayores comodidades en especial la seguridad al equipo y al personal.
- Se logró que los equipos electrónicos no funcionarán unitariamente tienen la facilidad de poder vincularse con otros sistemas; sin necesidad de ser de la misma marca comercial; haciendo que el monitoreo y el control de dispositivos sea de mayor utilidad.
- El protocolo Modbus es una aplicación muy utilizada a nivel mundial ya que nos permitió enlazarse a redes, de una manera económica y eficaz.
- El sistema SCADA permitió simplificar el monitoreo de un proceso y deja en decadencia el uso de infinidad de cables y aparatos de maniobra.
- Por medio del protocolo Modbus TCP/IP se logró la comunicación de los diferentes equipos del módulo. Con este medio de control se ha logrado facilitar y ahorrar el control industrial; mejorando el servicio y así aumentando el rendimiento de la industria.

- El montaje es cómodo, fácil, ahorra espacio; el uso de este módulo se eliminó la utilización de elementos electromecánicos que pierden efectividad.
- Estas guías ayudará a los nuevos estudiantes a familiarizarse y a tener el conocimiento básico sobre los medios de comunicación que son muy utilizados en la industria.

## 6.2. RECOMENDACIONES.

- Tener un conocimiento básico de todos los elementos, tener una persona que le guie en las prácticas y utilizar el manual de operaciones que esta anexo a esta tesis.
- Enfatizar en temas de informática, transmisión de datos y programación, con conocimientos actualizados y con equipos modernos que actualmente tiene la industria.
- Permitir al estudiante realizar la implementación de tesis con estudiantes de diferentes escuelas.
- Tener en cuenta que no se debe dejar de lado al plan de mantenimiento, ya que el no dar uso a los equipos del laboratorio de control industrial puede llevar a destruirlos.
- Impulsar a la Facultad de Mecánica, usando como base esta tesis el desarrollo de seguir complementando los módulos.
- Confiar en las tesis pueden ser una buena fuente de consulta, que lamentablemente no son muy tomadas en cuenta en el transcurso de la carrera.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] <http://www.empresaeficiente.com/es/catalogo-de-tecnologias/regulacion-electronica-de-velocidad#ancla>
- [2] <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia42/HTML/Articulo05.htm>
- [3] [http://es.wikipedia.org/wiki/Controlador\\_de\\_l\\_VFD](http://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_de_l_VFD)
- [4] [http://es.wikipedia.org/wiki/Variador\\_de\\_frecuencia](http://es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_frecuencia)
- [5] [http://www.equiposdidacticos.com/pdf/catalogos/M anual\\_Twido.pdf](http://www.equiposdidacticos.com/pdf/catalogos/M anual_Twido.pdf)
- [6] <http://www.wikipedia.org/wiki/modbus>
- [7] <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/039001258CEF8FB686256E0F005888D1#485>
- [8] [http://www.informaticamoderna.com/Access\\_point.htm](http://www.informaticamoderna.com/Access_point.htm)
- [9] <http://www.dte.upct.es.com/modbus>
- [10] [http://www.wikipedia.org/wiki/Protocolo\\_de\\_red](http://www.wikipedia.org/wiki/Protocolo_de_red)
- [11] [http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6\\_Ind/pdfs/Tema%207.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Ind/pdfs/Tema%207.pdf)
- [12] [www.cadfamily.com](http://www.cadfamily.com)
- [13] <http://html.rincondelvago.com/variadores-de-velocidad.html>
- [15] [http://es.wikipedia.org/wiki/Interrupcion\\_diferencial](http://es.wikipedia.org/wiki/Interrupcion_diferencial)
- [16] <http://es.wikipedia.org/wiki/Contacto>
- [17] [http://articulo.mercadolibre.com.ec/M EC-8992066-adaptador-rs232-rs485-conversor-serial-industrial-db9-campo-\\_JM](http://articulo.mercadolibre.com.ec/M EC-8992066-adaptador-rs232-rs485-conversor-serial-industrial-db9-campo-_JM)

## BIBLIOGRAFÍA

RUIZ, Andrés.\ Implementación de una red Modbus\TCP. Santiago de Cali, 2002.

Manual de Usuario SV-iG5A\Reactores de CA y CC\Corea 2008. 7ma Edición  
Actualización de versión de software (V2.2).

COMER, Douglas E.\ Redes Globales de información con Internet y TCP/IP.\  
Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. México, 1997.

ESCOBAR, Angélica M. y SANCHEZ, Hugo A. Implementación de una Red  
Inalámbrica usando el protocolo MODBUS.  
Trabajo de grado, Universidad del Valle. Santiago de Cali, 2001.

GEARY, David M. Graphic Java 1.2: Mastering the JFC. Tercera edición.  
The Sun Microsystem Press.U.S.A. 1999.

o

## LINKOGRAFÍA

Campos de aplicación de un variador de frecuencia.

<http://www.empresaeficiente.com/es/catalogo-de-tecnologias/regulacion-electronica-de-velocidad#ancla>

29 de octubre del 2010.

Motores con variadores de frecuencia

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia42/HTML/Articulo05.htm>

28 de octubre del 2010.

Variador de frecuencia

[http://es.wikipedia.org/wiki/Variador\\_de\\_frecuencia](http://es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_frecuencia)

28 de octubre del 2010

Manual TwidoSuite.

[http://www.equiposdidacticos.com/pdf/catalogos/M anual\\_Twido.pdf](http://www.equiposdidacticos.com/pdf/catalogos/M anual_Twido.pdf)

29 de octubre del 2010

Protocolo Modbus

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

11 de noviembre del 2010.

¿Qué es RS 485?

<http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/039001258CEF8FB686256E0F005888D1#485>

15 noviembre 2010.

¿Cómo funciona Access Point?

[http://www.informaticamoderna.com/Access\\_point.htm](http://www.informaticamoderna.com/Access_point.htm)

15 de noviembre de 2010.

Protocolo Modbus

<http://www.dte.upct.es.com/modbus>

1 de noviembre del 2010.

Protocolo de red

[http://www.wikipedia.org/wiki/Protocolo\\_de\\_red](http://www.wikipedia.org/wiki/Protocolo_de_red)

1 de Noviembre del 2010

Descripción de las funciones del protocolo Modbus

[http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6\\_Comunic\\_Ind/pdfs/](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%207.pdf)

[Tema%207.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%207.pdf)

2 de noviembre del 2010.

¿Qué es el software LabVIEW?

[www.cadfamily.com](http://www.cadfamily.com)

4 noviembre del 2010.

¿Porque proteger a los variadores de frecuencia?

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

15 de noviembre de 2010.

¿Cómo funciona MCCB o interruptor diferencial?

[http://es.wikipedia.org/wiki/Interruptor\\_diferencial](http://es.wikipedia.org/wiki/Interruptor_diferencial)

23 de noviembre del 2010.

¿Cómo funciona contactor magnético?

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

23 de noviembre del 2010.

Convertidor RS232/485

[http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-8992066-adaptador-rs232-rs485-](http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-8992066-adaptador-rs232-rs485-conversor-serial-industrial-db9-campo-_JM)

[conversor-serial-industrial-db9-campo-\\_JM](http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-8992066-adaptador-rs232-rs485-conversor-serial-industrial-db9-campo-_JM)

16 de junio del 2011.

**A N E X O S**

ANEXO 1

PLACA DE IDENTIFICACIÓN

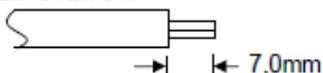
<b>SV008iG5A-2</b>		
INPUT	200-230V	3 Phase
	6.6A	50/60Hz
OUTPUT	0-Input V	3 Phase
	5.0A	0.1-400Hz
	1.9KVA (D)	
		
05050300557		
		Made in KOREA

- ← Modelo de variador
- ← Potencia nominal de entrada
- ← Potencia nominal de salida
- ← Corriente nominal de salida, frecuencia
- ← Capacidad del variador (kVA)
- ← Código de barras y número de serie

ESPECIFICACIONES PARA EL CONEXIONADO DE LA BORNERA

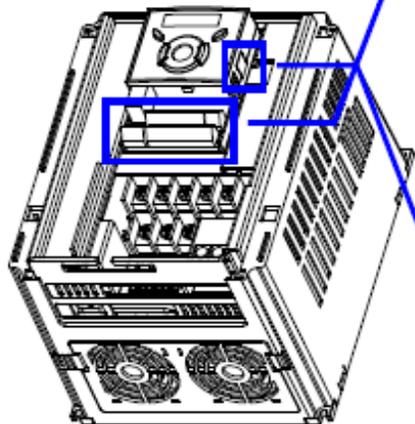
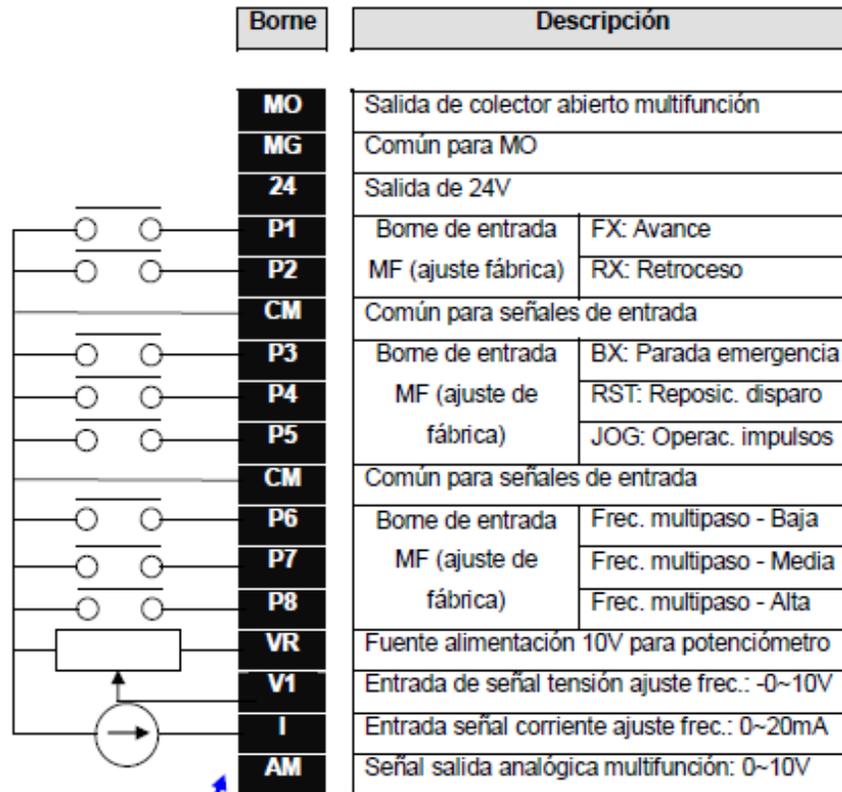
	Tamaño R,S,T		Tamaño U,V,W		Tamaño tierra		Tamaño tornillo de bome	Par de apriete (Kgf.cm)/lb-pulg
	mm <sup>2</sup>	AWG	mm <sup>2</sup>	AWG	mm <sup>2</sup>	AWG		
SV004iG5A-1	2	14	2	14	3,5	12	M3,5	10/8,7
SV008iG5A-1	2	14	2	14	3,5	12	M3,5	10/8,7
SV015iG5A-1	2	14	2	14	3,5	12	M4	15/13
SV004iG5A-2	2	14	2	14	3,5	12	M3,5	10/8,7
SV008iG5A-2	2	14	2	14	3,5	12	M3,5	10/8,7
SV015iG5A-2	2	14	2	14	3,5	12	M3,5	10/8,7
SV022iG5A-2	2	14	2	14	3,5	12	M4	15/13
SV037iG5A-2	3,5	12	3,5	12	3,5	12	M4	15/13
SV040iG5A-2	3,5	12	3,5	12	3,5	12	M4	15/13
SV055iG5A-2	5,5	10	5,5	10	5,5	10	M5	32/28
SV075iG5A-2	8	8	8	8	5,5	10	M5	32/28
SV110iG5A-2	14	6	14	6	14	6	M6	30,7/26,6
SV150iG5A-2	22	4	22	4	14	6	M6	30,7/26,6
SV185iG5A-2	30	2	30	2	22	4	M8	30,6/26,5
SV220iG5A-2	38	2	30	2	22	4	M8	30,6/26,5
SV004iG5A-4	2	14	2	14	2	14	M3,5	10/8,7
SV008iG5A-4	2	14	2	14	2	14	M3,5	10/8,7
SV015iG5A-4	2	14	2	14	2	14	M4	15/13
SV022iG5A-4	2	14	2	14	2	14	M4	15/13
SV037iG5A-4	2	14	2	14	2	14	M4	15/13
SV040iG5A-4	2	14	2	14	2	14	M4	15/13
SV055iG5A-4	3,5	12	2	14	3,5	12	M5	32/28
SV075iG5A-4	3,5	12	3,5	12	3,5	12	M5	32/28
SV110iG5A-4	5,5	10	5,5	10	8	8	M5	30,7/26,6
SV150iG5A-4	14	6	8	8	8	8	M5	30,7/26,6
SV185iG5A-4	14	6	8	8	14	6	M6	30,6/26,5
SV220iG5A-4	22	4	14	6	14	6	M6	30,6/26,5

\* Pele 7mm las vainas del aislamiento del cable cuando no usa terminal de anillo para la conexión de la alimentación.



\* Las unidades SV185iG5A-2 y SV220iG5A-2 deben usar terminal de anillo o de horquilla aprobados por UL.

CONEXIONADO DE LOS BORNES (ENTRADA/SALIDA DE CONTROL)

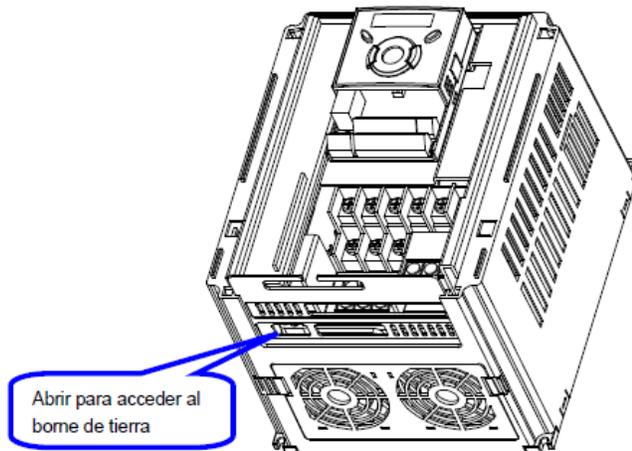


<b>3A</b>	Borne de salida de relé multifunción	Salida contacto A
<b>3B</b>		Salida contacto B
<b>3C</b>		Contacto común A/B

<b>S+</b>	Borne de comunicaciones RS485
<b>S-</b>	

\* Para conexión de Opción Remota o copiado de parámetros

## PUESTA A TIERRA



Nota
Procedimiento de puesta a tierra 1) Retire la cubierta frontal. 2) Conecte el cable de puesta a tierra al bome de tierra a través de la abertura correspondiente, como se muestra arriba. Introduzca el destornillador en sentido vertical al bome y ajuste el tornillo con firmeza.

Nota
Guía para realizar la puesta a tierra

Capacidad del variador	Clase 200V			Clase 400V		
	Tamaño del cable	Tornillo del bome	Tamaño del cable	Tornillo del bome	Tamaño del cable	Tornillo del bome
0,4~4,0kW	3,5mm <sup>2</sup>	M3	Tipo 3	2,0mm <sup>2</sup>	M3	Tipo 3 Especial
5,5~7,5kW	5,5mm <sup>2</sup>	M4		3,5mm <sup>2</sup>	M4	
11~15kW	14,0mm <sup>2</sup>	M5		8,0mm <sup>2</sup>	M5	
18,5~22kW	22,0mm <sup>2</sup>	M6		14,0mm <sup>2</sup>	M5	

## CONDICIONES AMBIENTALES

Medio ambiente	Temperatura ambiente	-10~50°C (sin congelación)
	Humedad relativa	90% HR o menos (sin condensación)
	Temperatura de almacenamiento	-20~65°C
	Ubicación	Protegido de gas corrosivo, gas combustible, vapor de aceite o polvo
	Altitud, vibración	Máx. 1.000m sobre el nivel del mar, máx. 5,9m/seg <sup>2</sup> (0,6G) o menos
	Presión atmosférica	70~106kPa

ANEXO 2

LISTA DE FUNCIONES

● Grupo de accionamiento

Visor de LED	Dirección para comunicación	Nombre del parámetro	Rango mín/max	Descripción	Valores por defecto de fábrica	Ajuste en funcionamiento	Pág.		
0.00	A100	[Comando de frecuencia]	0~400 [Hz]	Este parámetro define la frecuencia de salida del variador. Durante la parada: Comando de frecuencia Durante el funcionamiento: Frecuencia de salida Durante la operación de múltiples pasos: <u>Frecuencia multipaso 0</u> No puede definirse en un valor superior a F21-[Frecuencia máxima].	0.00	O	7-1		
ACC	A101	[Tiempo de aceleración]	0~6000 [seg]	Durante la operación de aceleración/desaceleración múltiple, este parámetro sirve como tiempo de aceleración/desaceleración 0.	5.0	O	7-13		
dEC	A102	[Tiempo de desaceleración]			10.0	O	7-13		
drv	A103	[Modo de accionamiento]	0~3	0	Funcionamiento/Parada con la tecla RUN/STOP del teclado	1	X	7-8	
				1	Operación con borne			FX: Avance del motor RX: Retroceso del motor	7-8
				2				FX: Habilitación de funcionamiento/parada RX: Selección de giro inverso	
				3	Comunicación RS485				7-9
Frq	A104	[Método de definición de frecuencia]	0~7	0	Digital	0	X	7-1	
				1				Definición de teclado 1	7-1
				2				Definición de teclado 2	7-2
				3	Análogo			V1 1: -10~+10[V]	7-3
				4				V1 2: 0~+10[V]	7-4
				5				Borne I: 0~20[mA]	7-4
				6				Definición con borne V1 1 + borne I	7-5
				7				Definición con borne V1 2 + borne I	7-6
7		Comunicación RS485							
8		Volumen digital							
St1	A105	[Frecuencia multipaso 1]	0~400 [Hz]	Define la Frecuencia multipaso 1 durante la operación en múltiples pasos.	10.00	O	7-7		
St2	A106	[Frecuencia multipaso 2]		Define la Frecuencia multipaso 2 durante la operación en múltiples pasos.	20.00	O	7-7		
St3	A107	[Frecuencia multipaso 3]		Define la Frecuencia multipaso 3 durante la operación en múltiples pasos.	30.00	O	7-7		
CUr	A108	[Corriente de salida]		Muestra la corriente de salida al motor.	-	-	9-1		
rPM	A109	[RPM del motor]		Muestra el número de RPM del motor.	-	-	9-1		
dCL	A10A	[Tensión de la conexión de CC del variador]		Muestra la tensión de la conexión de CC en el interior del variador.	-	-	9-2		
vOL	A10B	[Visualización de la selección del usuario]		Este parámetro muestra el ítem seleccionado en H73 - [Selección de ítem de monitoreo].		vOL	-	9-2	
				vOL	Tensión de salida				
				POr	Potencia de salida				
tOr	Par								
nOn	A10C	[Visualización de fallo]		Muestra los tipos de fallo, la frecuencia y el estado de operación al momento del fallo.	-	-	9-5		
drC	A10D	[Selección de la dirección de giro del motor]	F, r	Define la dirección de giro del motor cuando drv - [Modo de accionamiento] está definido en 0 ó 1.		F	O	7-8	
				F	Avance				

Visor de LED	Dirección para comunicación	Nombre del parámetro	Rango mín/máx	Descripción		Valores por defecto de fábrica	Ajuste en funcionamiento	Pág.	
				r	Retroseso				
drv2	A10E	[Modo de accionamiento 2]	0~3	0	Funcionamiento/Parada con la tecla RUN/STOP	1	X	8-31	
				1	Operación con borne FX: Avance del motor RX: Retroseso del motor				
				2	FX: Habilitación de Funcionamiento/Parada RX: Selección de giro Inverso				
				3	Comunicación RS-485				
Frq2 <sup>o</sup>	A10F	[Método de definición de frecuencia 2]	0~7	0	Digital	0	X	8-31	
				1	Definición de teclado 2				
				2	Análogo				V1 1: -10~+10[V]
				3	V1 2: 0~+10[V]				
				4	Borne I: 0~20[mA]				
				5	Definición con borne V1 1 + borne I				
				6	Definición con borne V1 2 + borne I				
				7	Comunicación RS-485				
ref <sup>o</sup>	A110	Definición del valor de referencia del control PID	0~400 [Hz] o 0~100 [%]	Si H58 está en 0 se expresa como una unidad en [Hz]. Si H58 está en 1 se expresa como una unidad en [%]. En la unidad en [Hz] no se puede definir la frecuencia máxima en un valor superior a F21. En la unidad en [%], 100% significa la frecuencia máxima.		0.00	0	8-13	
Fbk <sup>o</sup>	A111	Realimentación del control PID		Indica el valor de realimentación en el control PID. Si H58 está en 0 se expresa como una unidad en [Hz]. Si H58 está en 1 se expresa como una unidad en [%].		-	-	8-13	

A N E X O 3

COMUNICACIÓN MODBUS

● Especificación de rendimiento

Ítem	Especificación
Método de comunicación	RS485
Forma de transmisión	Método de bus, sistema de enlace multidrop
Variador aplicable	Serie SV-iG5A
Convertor	Convertor RS232
Accionamientos conectables	Máximo 31
Distancia de transmisión	Máximo 1.200m (Recomendado dentro de los 700m)

● Especificación del hardware

Ítem	Especificación
Instalación	Usar los bornes S+, S- en la bornera de control
Fuente de alimentación	Usar la alimentación aislada de la fuente de alimentación del variador

● Especificación de comunicación

Ítem	Especificación
Velocidad de comunicación	19,200/9, 600/4, 800/2, 400/1, 200bps, seleccionable
Procedimiento de control	Sistema de comunicación asíncrona
Sistema de comunicación	Sistema half duplex
Sistema de caracteres	ASCII (8 bits)
Longitud del bit de parada	Modbus-RTU: 2 bits    LS Bus: 1 bit
Checksum	2 bytes
Verificación de paridad	Ninguna

## PROTOCOLO DE COMUNICACIONES (MODBUS RTU)

### Códigos de las funciones soportadas

Código de función	Descripción
0x03	Registro de retención de lectura
0x04	Registro de entrada de lectura
0x06	Registro único predefinido
0x10	Registro múltiple predefinido

### Códigos de excepciones

Código de función		Descripción
0x01		FUNCIÓN ILEGAL
0x02		DIRECCIÓN DE DATOS ILEGAL
0x03		VALOR DE DATOS ILEGAL
0x06		DISPOSITIVO ESCLAVO OCUPADO
Definido por el usuario	0x14	1. Deshabilitar escritura (El valor de la dirección 0x0004 es 0). 2. Lectura solamente o sin programa durante el funcionamiento.

ANEXO 4

LISTA DE CÓDIGOS DE PARÁMETROS

Dirección	Parámetro	Escala	Unidad	R/W	Valor de datos
0x0000	Modelo de variador			R	0: SV-iS3 1: SV-iG 2: SV-iV 3: SV-iH 4: SV-iS5 5:SV-iV5 7: SV-iG5 8: SV-iC5 9: SV-iP5 A: SV-iG5A
0x0001	Capacidad del variador			R	FFFF   0.4kW   0000   0.75kW   0002   1.5kW
					0003   2.2kW   0004   3.7kW   0005   4.0kW
					0006   5.5kW   0007   7.5kW   0008   11.0kW
					0009   15.0kW   000A   18.5kW   000B   22.0kW
0x0002	Tensión de entrada del variador			R	0: Clase 220V 1: Clase 440V
0x0003	Versión de software			R	(Ej.) 0x0010: Versión 1.0 0x0011: Versión 1.1
0x0004	Bloqueo de parámetro			R/W	0: Bloquear (valor por defecto) 1: Desbloquear
0x0005	Referencia de frecuencia	0.01	Hz	R/W	Frecuencia de arranque ~ Frecuencia máxima
0x0006	Comando de funcionamiento			R/W	BIT 0: Parada (0->1) BIT 1: Avance (0->1) BIT 2: Retroceso (0->1)
				W	BIT 3: Reposición de fallo (0->1) BIT 4: Parada de emergencia (0->1)
				-	BIT 5, BIT 15: Sin utilizar
				R	BIT 6~7: Arribo de frecuencia de salida 0 (borne), 1 (teclado) 2 (reservado), 3 (comunicación) BIT 8~12: Comando de frecuencia 0 : DRV-00, 1: Sin utilizar 2~8: Frecuencia multipaso 1~7 9: Subir, 10: Bajar, 11: UDZero, 12: V0, 13: V1, 14: I, 15: V0+I, 16: V1+I, 17: JOG, 18: PID, 19: Comunicación, 20~31: Reservado
0x0007	Tiempo de aceleración	0.1	seg	R/W	Ver lista de funciones.
0x0008	Tiempo de desaceleración	0.1	seg	R/W	
0x0009	Corriente de salida	0.1	A	R	
0x000A	Frecuencia de salida	0.01	Hz	R	
0x000B	Tensión de salida	0.1	V	R	

ANEXO 5

DETECCIÓN DE PROBLEMAS EN COMUNICACIÓN MODBUS

Puntos de control	Medidas correctivas
¿Llega alimentación al variador?	Suministre alimentación eléctrica al variador.
¿Son correctas las conexiones entre el variador y la computadora?	Consulte el manual del variador.
¿El maestro no hace la interrogación (polling)?	Verifique que el maestro esté interrogando al variador.
¿La velocidad en baudios de la computadora y el variador está definida correctamente?	Defina el valor correcto de acuerdo con la sección "11.3 Instalación".
¿Es correcto el formato de datos en el programa del usuario*?	Revise el programa del usuario (Nota 1).
¿Es correcta la conexión entre el variador y la tarjeta de comunicación?	Compruebe que el conexionado sea el correcto, conforme a la sección "11.3 Instalación".

Nota 1) El programa del usuario es el software para PC desarrollado por el usuario.

## A N E X O 6

### R E Q U E R I M I E N T O S S O F T W A R E T W I D O S U I T E

#### Hardware Requirements

Your PC needs to meet the following minimum hardware requirements to run the TwidoSuite programming software:

Requirement	Minimum
computer	processor Pentium 466 MHz
RAM	128 MB
free hard drive space	100 MB

A CD-ROM drive is the required installation medium.

#### Software Requirements

The TwidoSuite programming software requires one of the following software operating systems:

Operating System	Edition/Service Pack	Special Considerations
Windows 2000	service pack 2 or above	For Windows 2000, Windows XP or Windows Vista, you need administration privileges to install the TwidoSuite configuration software.
Windows XP	service pack 2 or above	
Windows Vista	service pack 1 or above	

**NOTE:** Avoid patch 834707-SP1 (corrected by patch 890175) and patch 896358 which cause display problems with the Online Help.

The browser needs to be Microsoft Internet Explorer 4.01 or higher.

#### Connection to a Twido PLC

The TwidoSuite programming software runs on a PC that connects to the RS-485 programming port on the Twido PLC. You need to make the connection with a special TSXPCX1031 programming serial cable, which ships with the software.

For more information about the required hardware connections, refer to the *Twido controllers hardware guide for compact and modular bases*.

### C A R A C T E R I S T I C A S A U T Ó M A T A T W D L C A E 4 0 D R F

The following illustration gives a picture of the two types of 40 I/O Compact controllers:

Controller References	Illustration
TWDLCAA40DRF TWLDCDA40DRF TWDLCAE40DRF TWLDCDE40DRF Note: Power supply: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 100/240 VAC for the TWDLCA•40DRF</li> <li>• 24 VDC for the TWLDCD•40DRF</li> </ul>	<div style="text-align: center;"> <p>TWDLCAA24DRF TWLDCDA24DRF</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>TWDLCAE40DRF</p>  </div>

## CABLES

The following table lists the cables:

Cable name	Reference
<b>Programming cables</b>	
PC to controller programming cable: Serial	TSX PCX1031
PC to controller programming cable: USB	TSX CUSB485, TSX CRJMD25 and TSX PCX3030
Mini-DIN to free wire communication cable	TSX CX100

## FUNCIONES ESPECÍFICAS

Port		Communication Adapter: TWDNAC232D	Communication Adapters: TWDNAC485D TWDNAC485T	(TWDLCAE40DRF and TWDLCDE40DRF bases only)
Standards	RS485	RS232	RS485	100Base-TX, RJ45
Maximum baud rate	PC Link: 19,200 bps Remote Link: 38,400 bps	19,200 bps	PC Link: 19,200 bps Remote Link: 38,400 bps	100 Mbps, depending on network speed.
Modbus communication (RTU master/slave)	Possible	Possible	Possible	TCP/IP Modbus Client/Server
ASCII communication	Possible	Possible	Possible	-
Remote communication	7 links possible	Not possible	7 links possible	up to 16 remote nodes configured per base
Maximum cable length	Maximum distance between the base controller and the remote controller: 200 m (656 ft)	Maximum distance between the base controller and the remote controller: 10 m (32.8 ft)	Maximum distance between the base controller and the remote controller: 200 m (656 ft)	Maximum distance between network nodes (depending on network architecture)
Isolation between internal circuit and communication port	Not isolated	Not isolated	Not isolated	Isolated
Telephone communication	Possible Possible to connect from a receive only modem	Not possible	Not possible	Not possible