

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



## **Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ EN EL SOFTWARE LABVIEW NI, QUE PERMITA EL ACCIONAMIENTO, MONITOREO Y LA PUESTA EN MARCHA DE LOS VARIADORES SINAMICS G120 A TRAVÉS DEL PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MODBUS RTU”

### **INFORME DE PROYECTO DE GRADUACIÓN**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN ELECTRÓNICA Y  
AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

Presentada por:

**Karla Gabriela Goya Noriega**

Guayaquil - Ecuador

2015

## **AGRADECIMIENTO**

Principalmente a Dios por su infinita generosidad, a la virgen María quien con su amor supo darme la fuerza que necesitaba para terminar mi carrera universitaria. A mis queridos padres y hermanas por ser mi mayor fuente de inspiración, a mis abuelos y a mi tía Mimi por la bondad de siempre.

A mi Director de Proyecto el MSc. Holger Cevallos Ulloa por su dedicado apoyo. A todos los docentes que pudieron compartir su valioso conocimiento. A mis grandes amigos que hicieron muy divertida esta larga carrera.

## **DEDICATORIA**

A mi hijo por ser mi mayor fuente de inspiración, a mis padres que con mucho esfuerzo me han dado todo lo que necesito para lograr todas mis metas. A mis abuelos quienes con su ejemplo me han demostrado que podemos cumplir todo lo que soñamos a base de esfuerzo y dedicación.

A mis hermanas que han alegrado mis días desde siempre, y a mi querido esposo por su ayuda a lo largo de mi carrera.

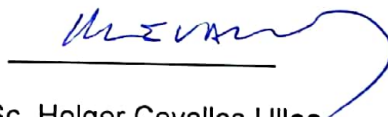
**Karla Gabriela Goya Noriega.**

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Sixto García A.', written over a horizontal line.

Ph.D. Sixto García A.

PRESIDENTE

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Holger Cevallos Ulloa', written over a horizontal line.

MSc. Holger Cevallos Ulloa

DIRECTOR DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Efrén Herrera Muentes', written over a horizontal line.

MSc. Efrén Herrera Muentes

MIEMBRO PRINCIPAL

# DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este informe, me corresponde exclusivamente;  
y el patrimonio intelectual del mismo, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA  
DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

A handwritten signature in blue ink is positioned over a solid black horizontal line. The signature is stylized and appears to be the name 'Karla Gabriela Goya Noriega'.

Karla Gabriela Goya Noriega

## RESUMEN

El presente proyecto se enfoca en el desarrollo e implementación de una interfaz en el software Labview Ni, que permita el accionamiento, monitoreo y la puesta en marcha de los variadores Sinamics G120 a través del protocolo de comunicación Modbus RTU el cual servirá para la utilización de los estudiantes en los diferentes laboratorios de control.

El objetivo principal de nuestro proyecto constituye en desarrollar una interfaz en el software Labview Ni 2014 que sea muy amigable con el usuario y que por medio del protocolo de comunicación Modbus RTU se comunique con los variadores de velocidad Sinamics G120; con él con lo cual podemos acceder a todos sus registros y parámetros para poder ser modificados según nuestros requerimientos, y a su vez poder controlarlos y monitorearlos desde dicha interfaz.

Fue necesario el empleo de conectores seriales, variadores de frecuencia, unidades de control y motores eléctricos con determinadas características, siendo estos compatibles entre sí. Luego se realizó el montaje e instalación respectiva de cada una de las partes que hacen posible que exista comunicación entre ellos.

Finalmente se puede observar las conclusiones y recomendaciones obtenidas al realizar nuestro proyecto, las mismas que deben ser tomadas en cuenta para un correcto manejo del interfaz y todas las aplicaciones que podamos realizar con este.

# ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	I
DEDICATORIA .....	II
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	III
DECLARACIÓN EXPRESA .....	IV
RESUMEN .....	V
ÍNDICE GENERAL.....	VI
ABREVIATURAS .....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XVIII
CAPÍTULO 1: DESCRIPCION DEL PROBLEMA .....	1
1.1    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2    SOLUCIÓN PROPUESTA.....	4
1.3    OBJETIVOS.....	3
1.3.1    OBJETIVO GENERAL .....	3
1.3.2    OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
1.4    METODOLOGÍA .....	4
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....	6
2.1    MOTORES ASÍNCRONOS O DE INDUCCIÓN.....	6

2.1.1	CARACTERÍSTICA DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE INDUCCIÓN.....	8
2.1.2	ARRANQUE DE UN MOTOR TRIFASICO DE INDUCCIÓN ....	10
2.2	CONTROL DE VELOCIDAD MEDIANTE EL CAMBIO EN LA FRECUENCIA.....	12
2.2.1	VARIADOR DE FRECUENCIA .....	16
2.2.2	COMPOSICIÓN DE UN VARIADOR DE VELOCIDAD .....	17
2.2.3	TIPOS DE VARIADORES DE VELOCIDAD .....	19
2.3	APLICACIONES DE LOS VARIADORES DE FRECUENCIA SINAMICS G120 .....	20
2.3.1	CARACTERISTICAS DE LOS VARIADORES SINAMICS G120.....	22
2.3.2	MODOS DE PUESTA EN SERVICIO .....	23
2.3.3	PUESTA EN SERVICIO ESTANDAR .....	24
2.3.4	PUESTA EN SERVICIO CON EL PANEL DE OPERACIÓN BOP.....	26
2.4	LABVIEW NI .....	29
2.4.1	PRINCIPALES USOS .....	30
2.4.2	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS .....	30
2.4.3	PROGRAMA EN LABVIEW .....	31
2.4.4	INTERFAZ HUMANO- MÁQUINA.....	33
2.5	PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN .....	34



2.4.1	MODBUS .....	37
2.5.2	VARIANTES DE MODBUS .....	38
2.5.3	COMUNICACIÓN SERIAL.....	39
2.5.4	CONECTORES SERIALES .....	40
2.5.5	RS-485.....	41

CAPÍTULO 3: EQUIPOS DE CONTROL Y COMUNICACIÓN NECESARIOS PARA EL SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO DEL PROCESO.....	43
--	----

3.1	SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS Y ELEMENTOS A UTILIZARSE .	43
3.1.1	MOTOR TRIFÁSICO SIEMENS.....	44
3.1.2	VARIADOR DE VELOCIDAD SIEMENS SINAMICS G120.....	46
3.1.3	INTERFAZ RS485 DE UN PUERTO PARA USB DE NATIONAL . INSTRUMENT.....	47
3.2	SELECCIÓN DE UNIDADES PARA SINAMICS G120 .....	49
3.2.1	UNIDAD DE POTENCIA (PM).....	49
3.2.2	UNIDAD DE CONTROL (CU).....	51
3.2.3	PANEL BÁSICO OPERADOR (BOP-2) .....	52
3.3	CONEXIONES ELÉCTRICAS Y MEDIOS DE COMUNICACIÓN....	53
3.3.1	CONEXIÓN DE LA UNIDAD DE POTENCIA SELECCIONADA .....	53

3.3.2 CONEXIÓN DE LA UNIDAD DE CONTROL SELECCIONADA.....	57
3.4 ESTRUCTURA DE COMUNICACIÓN SINAMICS G120.....	60
3.4.1 TERMINAL.....	60
3.4.2 INTERFAZ EN SERIE.....	61
3.4.3 PANEL BÁSICO OPERADOR (BOP-2).....	62
3.4.4 BORNES DE ENTRADA Y SALIDAS.....	63
3.4.5 PROGRAMACIÓN.....	64

CAPÍTULO 4: INSTALACIÓN, APLICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ DE COMUNICACIÓN EN EL SOFTWARE LABVIEW NI .. 48

4.1 INSTALACIÓN DEL SOFTWARE LABVIEW NI.....	73
4.2 ESTABLECER LA COMUNICACIÓN ENTRE LA UNIDAD DE CONTROL DEL VARIADOR SINAMICS G120 Y EL SOFTWARE LABVIEW NI.....	76
4.3 DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN.....	90
4.4 MONITOREO.....	92
4.4.1 SET POINT.....	94
4.4.2 VELOCIDAD DEL MOTOR.....	95
4.4.3 VOLTAJE DE SALIDA.....	96
4.4.4 CORRIENTE DE SALIDA.....	96

4.4.5	FRECUENCIA.....	96
4.5	CONTROL.....	97
4.5.1	MODIFICA VELOCIDAD DEL MOTOR.....	98
4.5.2	CAMBIO DEL SENTIDO DE DIRECCIÓN DEL MOTOR.....	99
4.6	CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS.....	99
4.6.1	ACCESO POR MEDIO DE REGISTROS DE PARÁMETROS	100
4.6.2	ACCESO A LA CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS.....	110
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		113
BIBLIOGRAFÍA.....		116
ANEXOS.....		117

## ABREVIATURAS

AC	Alternating current
BOP	Basic Operator Panel
CU	Control Unit
DC	Direct current
DI	Digital input
DO	Digital output
NTC	Norma técnica colombiana
FBD	Function block diagram
HMI	Human machine interface
Hz	Hertz
IEC	International Electrotechnical Commission
DECNET	Digital Equipment Corporation
MLFB	Referencia de productos SIEMENS
NEC	National Electric Code
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
PM	Power Module
SCADA	Supervisory control and data acquisition
SP	Setpoint
VFD	Variable frequency drive
IESG	Internet Engineering Steering Group

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.- Motor de inducción .....	8
Figura 2.2. Curvas características comportamiento del motor .....	10
Figura 2.3. Arranques habituales de motores eléctricos .....	11
Figura 2.4. Conexión Dahlander, formación de los polos .....	13
Figura 2.5. Esquema de un convertidor de frecuencia.....	19
Figura 2.6. Datos característicos en la placa de un motor trifásico.....	24
Figura 2.7. Ejemplo de cableado para el uso de los ajustes de fábrica .....	25
Figura 2.8. Encendido y apagado del motor, e inversión de sentido en el ajuste de fábrica.....	26
Figura 2.9. Descripción de los botones del (BOP-2) .....	26
Figura 2.10. Como utilizar el panel operador BOP-2. ....	27
Figura 2.11. Puesta en marcha básica con panel operador BOP-2.....	28
Figura 2.12. Diagrama de bloques en Labview.....	33
Figura 2.13. Modbus RTU Protocolo Descripción .....	38
Figura 2.14. Tipo de conectores de seriales .....	40
Figura 3.1. Forma constructiva posición de montaje según norma IEC34-7..	44
Figura 3.2 Motor Trifásico Siemens .....	46
Figura 3.3.- Variador de velocidad.....	48
Figura 3.4.- Interfaz RS485/422 de un puerto para USB .....	49
Figura 3.5.- Módulos de potencia grado de protección IP20.....	50
Figura 3.6.- Módulo de potencia PM 240 .....	45

Figura 3.7. Vista general de conexiones del módulo de potencia .....	56
Figura 3.8. Instalación de la unidad de control sobre el módulo de potencia.....	57
Figura 3.9. Unidad de Control Sinamics G120.....	58
Figura 3.10. Leds de estados .....	59
Figura 3.11. Conector RS-485 para Modbus RTU .....	59
Figura 3.12. Red de comunicación a través de RS-485.....	61
Figura 3.13. Regleta de bornes de Unidad de control CU240B-2.....	64
Figura 4.1. Paso 1 para la Instalación de LabView .....	74
Figura 4.2. Paso 2 para la Instalación de LabView .....	75
Figura 4.3. Paso 3 para la Instalación de LabView .....	75
Figura 4.4. Muestra el inicio de la Instalación .....	76
Figura 4.5. Crear un Nuevo I/O server.....	77
Figura 4.6. Configuración Modbus I/O Server.....	78
Figura 4.7. Creación de variables .....	78
Figura 4.8. Creación de variables de Modbus.....	72
Figura 4.9. Editor de múltiples variables. ....	80
Figura 4.10. Creación de las Shared Variables.....	80
Figura 4.11. Prueba de lectura inicial.....	81
Figura 4.12. Prueba de lectura con valores escalables .....	82
Figura 4.13. Funciones de los pines del DB-9 .....	83
Figura 4.14. Pasos de configuración para la comunicación.....	85

Figura 4.15. Pasos de configuración para la comunicación.....	85
Figura 4.16. Pasos de configuración para la comunicación.....	86
Figura 4.17 Pasos de configuración para la comunicación.....	86
Figura 4.18. Pasos de configuración en LabView .....	87
Figura 4.19. Configuración Modbus .....	88
Figura 4.20. Diagrama general de conexiones y equipos usados en el proyecto. ....	89
Figura 4.21. Interfaz Gráfica del programa. ....	90
Figura 4.22. Gráfica del Status del programa .....	92
Figura 4.23. Muestra la construcción del lazo de monitoreo para la visualización del Set Point. ....	95
Figura 4.24. Lazo de monitoreo para el registro de la velocidad del motor...	95
Figura 4.25. Lazo de monitoreo para el registro del voltaje de salida .....	96
Figura 4.26. Lazo de monitoreo para el registro de la corriente de salida ....	96
Figura 4.27. Lazo de monitoreo para el registro de frecuencia.....	97
Figura 4.28. Control del motor en el Panel Frontal. ....	97
Figura 4.29. Muestra la construcción del lazo de comando para el cambio del valor del setpoint.....	98
Figura 4.30. Indica la construcción del lazo de comando para el sentido de giro del motor.....	99
Figura 4.31. Pantalla para configuración de parámetros .....	100
Figura 4.32. Arreglos usados dentro de los SubVi.....	101

Figura 4.33. Arreglos usados dentro de los SubVi.....	101
Figura 4.34. Construcción de eventos Timeout .....	102
Figura 4.35. Construcción de eventos Timeout .....	103
Figura 4.36. Construcción de eventos “Parámetros Modbus Value change”.....	103
Figura 4.37. Construcción de eventos “Parámetros Modbus Value change”.....	104
Figura 4.38. Construcción de eventos “Parámetros Modbus Value change”.....	104
Figura 4.39. Construcción de eventos “Parámetros Modbus Value change”.....	105
Figura 4.40. Construcción de eventos “Parámetros: Value change”.....	105
Figura 4.41. Construcción de eventos “Parámetros: Value change”.....	106
Figura 4.42. Construcción de eventos “Parámetros: Value change”.....	106
Figura 4.43. Construcción de eventos “Cambiar Valor: Value change”. ....	106
Figura 4.44. Construcción de eventos “Cambiar Valor: Value change”. ....	107
Figura 4.45. Imagen de todo el programa completo .....	107
Figura 4.46. Lista de parámetros .....	108
Figura 4.47. Filtrar nombres.....	108
Figura 4.48. Arreglo - filtrar nombres .....	109
Figura 4.49. Arreglo – filtrar parámetros - filtrar nombres .....	110
Figura 4.50. Diagrama de bloques configuración de parámetros paso 1....	111



Figura 4.51. Diagrama de bloques configuración de parámetros paso 2....	111
Figura 4.52. Diagrama de bloques configuración de parámetros paso 3....	112
Figura 4.53. Diagrama de bloques configuración de parámetros paso 4....	112
Figura 4.54. Diagrama de bloques configuración de parámetros paso 5....	113
Figura 4.55. Software de integración SIEMENS TIA PORTAL .....	110

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.- Unidades de Control CU240B-2.....	52
Tabla 3.1.- Procedimiento para el ajuste de la dirección del bus de campo .	62
Tabla 3.2.- Otros ajustes de la dirección del bus de campo .....	63
Tabla 3.3.- Velocidades de transferencia.....	66
Tabla 3.4.- Asignación de los registros de Modbus a los parámetros de la Control Unit .....	67
Tabla 3.5.- Resumen de los códigos de excepción.....	71

# INTRODUCCIÓN

A medida que la tecnología tiene un avance permanente para dar respuesta a las crecientes exigencias en materia de accionamientos se observan dos grandes tendencias: por un lado, cada vez existen más variantes de máquinas e instalaciones, de manera que las soluciones de accionamientos deben ser flexibles y escalables. Por otro lado los clientes de todos los sectores industriales en general exigen soluciones que satisfagan todas sus necesidades y sean fáciles de manejar.

Es por eso que los estudiantes de la carrera de Ingeniería eléctrica y electrónica y automatización industrial, deben estar preparados en todos los aspectos ya sea teórico y práctico; y así poder manejar a la perfección las nuevas tecnologías que la industria ofrece y en la cual los futuros ingenieros se desarrollaran más adelante.

En el capítulo uno se da una breve descripción del problema actual, el enfoque que se tendrá para la realización y solución del mismo, los objetivos propuestos y finalmente se explica la metodología a desarrollarse.

En el capítulo dos se detalla la información teórica sobre los equipos de control y comunicación, también sobre el software Labview y todas sus aplicaciones posibles, podemos encontrar todos los conceptos necesarios para el entendimiento y desarrollo del problema propuesto.

En el capítulo tres se describe la clase de equipos de control y comunicación a utilizarse, sus características y funcionabilidad.

Finalmente en el capítulo cuatro se realiza la instalación, aplicación e implementación de la interfaz de comunicación creada en el software Labview Ni 2014.

# **CAPÍTULO 1**

## **DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.1 Planteamiento del problema**

El presente proyecto surge según la necesidad que existe de que los estudiantes de la carrera de Ingeniería en electricidad y electrónica y automatización industrial, se relacionen con los diferentes equipos, marcas y comunicación de red que existen en el sector industrial; y para apoyar al mejoramiento y fortalecimiento de la enseñanza mediante la práctica y el desarrollo tecnológico, el cual permite a los futuros ingenieros aprender sobre las tecnologías y procesos de control y automatización, que se usan actualmente.

Los Variadores de Velocidad Sinamics G120 tienen un software llamado Starter, creado por la misma marca para el control, monitoreo y puesta en marcha de sus equipos, el cual permite la comunicación con sus equipos dependiendo de la unidad de control escogida por el usuario.

Starter tiene un alto costo y no siempre es adquirido por el usuario por la misma razón, esto hace que se haga muy difícil poder observar el comportamiento general de los equipos desde una interfaz gráfica, es por esta razón creemos es necesario, se deba implementar una interfaz de fácil acceso y en un software conocido, como lo es LabView con el cual hemos trabajado durante todo el tiempo de formación académica y conocemos su manejo y el cual nos permite mediante la comunicación Modbus RTU y otras más existentes, poder acceder a equipos de diferentes marcas.

## **1.2 Solución Propuesta**

Diseñaremos una interfaz gráfica en el software Labview Ni la cual debe ser muy amigable al usuario, que por medio del protocolo de comunicación Modbus RTU pueda acceder a los registros y diferentes parámetros del variador Sinamics G120 el cual permite la visualización, monitoreo y modificación de diferentes parámetros para administrar diversas condiciones de funcionamiento en la puesta en marcha de los variadores de velocidad Sinamics G120.

El desarrollo de este proyecto nos permitirá poner en práctica todos los conocimientos adquiridos a lo largo de nuestra carrera, como es el uso del software Labview que aparte de educativo también puede dar grandes soluciones a diferentes problemas y necesidades y sobretodo poder demostrar que por el avance y las tecnologías que existen en los proveedores de equipos eléctricos en el campo industrial ahora es mucho más factible la interacción humano – máquina.

### **1.3 Objetivos.**

#### **1.3.1 Objetivo General.**

Desarrollar e implementar una interfaz en el software Labview Ni, que permita el accionamiento, monitoreo y la puesta en marcha de los Variadores Sinamics G120 a través del protocolo de comunicación Modbus RTU.

#### **1.3.2 Objetivos específicos.**

- Lograr la comunicación entre el variador de velocidad y la interfaz a realizarse en el software Labview NI.
- Diseño de la aplicación la cual cumplirá tres funciones principales: monitoreo, control y configuración de parámetros.

- Implementación de la interfaz creada en Labview por medio de la puesta en marcha de un variador Sinamics G120 el cual permitirá todas las aplicaciones antes mencionadas.

#### **1.4 Metodología**

Como estudiante de la carrera de ingeniería eléctrica y automatización industrial, después de haber pasado por el laboratorio de instrumentación industrial y darnos cuenta de la necesidad que existe de desarrollar una interfaz en el software Labview Ni con el cual podamos comunicarnos con equipos de diferentes marcas y poder controlar desde dicho software los parámetros y registros que este me permita, siendo esta una gran ayuda para identificación de los diversos problemas que existen en la puesta marcha de estos equipos.

- Hemos escogido a la marca Siemens como la mejor opción del mercado ya que nos ofrece una plataforma con la que se pueden satisfacer todas estas exigencias.

- El accionamiento a usar será el variador Sinamics G120 de la familia de los Sinamics la cual es completa y homogénea que abarca todos los niveles de rendimientos y se caracteriza por un nivel máximo de flexibilidad, funcionalidad y eficacia en ingeniería.



- Según las especificaciones del fabricante debemos encontrar cual es la mejor opción para la comunicación entre nuestro software y el variador Siemens Sinamics G120.
- Cumpliendo con todos los requisitos que este equipo me exige, vamos a definir cuál de los protocolos de comunicación es el mejor y de más fácil acceso para poder trabajar sobre este.
- Para la puesta en marcha necesitaremos algunos equipos los cuales deben estar seleccionados y dimensionados según las aplicaciones que vamos a realizar.
- Empezaremos las pruebas de conectividad necesarias para poder acceder a los parámetros del variador de tal manera que se pueda controlar y monitorear todo el sistema desde dicha aplicación.
- La aplicación cumplirá tres funciones principales: Monitoreo, Control y configuración de parámetros.

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Motores asíncronos o de inducción.**

Los motores asíncronos o de inducción son un tipo de motor de corriente alterna en el que la corriente eléctrica, en el rotor, necesaria para producir torsión es inducida por inducción electromagnética del campo magnético de la bobina del estator. Por lo tanto un motor de inducción no requiere una conmutación mecánica aparte de su misma excitación o para todo o parte de la energía transferida del estator al rotor, como en los universales, DC y motores grandes síncronos.

El motor asíncrono trifásico está formado por un rotor, que puede ser de dos tipos: a) de jaula de ardilla; b) bobinado, y un estator, en el que se encuentran las bobinas inductoras. Estas bobinas son trifásicas y están desfasadas entre sí

120° en el espacio, se induce un campo magnético giratorio que envuelve al rotor. Este campo magnético variable va a inducir una tensión en el rotor según la Ley de inducción de Faraday: La diferencia entre el motor a inducción y el motor universal es que en el motor a inducción el devanado del rotor no está conectado al circuito de excitación del motor sino que está eléctricamente aislado. Tiene barras de conducción en todo su largo, incrustadas en ranuras a distancias uniformes alrededor de la periferia. Las barras están conectadas con anillos a cada extremidad del rotor. Están soldadas a las extremidades de las barras. Este ensamblado se parece a las pequeñas jaulas rotativas y por eso a veces se llama "jaula de ardillas", y los motores de inducción se llaman motores de jaula de ardilla.

Entonces se da el efecto Laplace: todo conductor por el que circula una corriente eléctrica, inmerso en un campo magnético experimenta una fuerza que lo tiende a poner en movimiento. Simultáneamente se da el efecto Faraday en todo conductor que se mueva en el seno de un campo magnético se induce una tensión. El campo magnético giratorio, a velocidad de sincronismo, creado por el bobinado del estator, corta los conductores del rotor, por lo que se genera una fuerza electromotriz de inducción.

La acción mutua del campo giratorio y las corrientes existentes en los conductores del rotor, originan una fuerza electrodinámica sobre dichos conductores del rotor, las cuales hacen girar el rotor del motor. La diferencia

entre las velocidades del rotor y el campo magnético se denomina deslizamiento o resbalamiento.

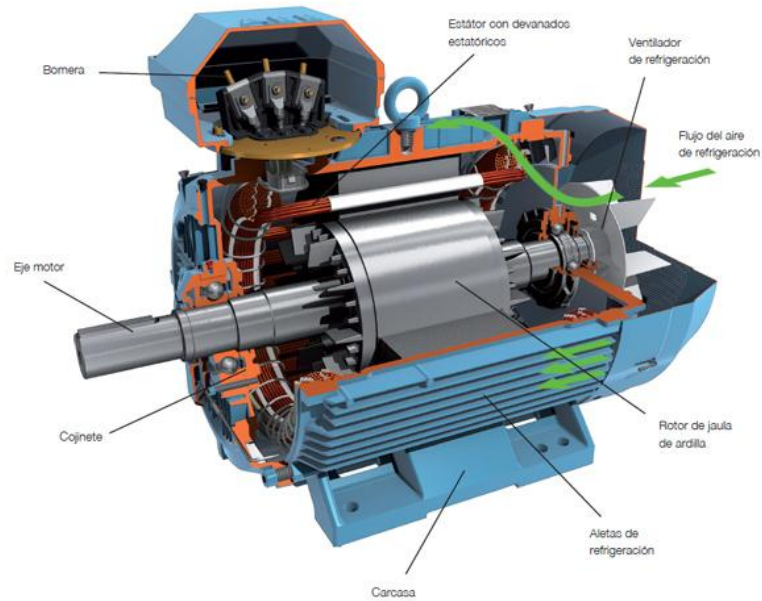


Figura 2.1. Motor de inducción.

### 2.1.1 Características de funcionamiento del motor de inducción.

El funcionamiento de un motor, en general, se basa en las propiedades electromagnéticas de la corriente eléctrica y la posibilidad de crear, a partir de ellas, unas determinadas fuerzas de atracción y repulsión encargadas de actuar sobre un eje y generar un movimiento de rotación.

Suponiendo que un motor de inducción comercial de jaula de ardilla se haga arrancar con el voltaje nominal en las terminales de línea de su

estator (arranque a través de la línea) desarrollará un par de arranque de acuerdo que hará que aumente su velocidad. Al aumentar su velocidad a partir del reposo (100 por ciento de deslizamiento), disminuye su deslizamiento y su par disminuye hasta el valor en el que se desarrolle el par máximo. Esto hace que la velocidad aumente todavía más, reduciéndose en forma simultánea el deslizamiento y el par que desarrolla el motor de inducción.

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

En la figura se muestra la relación entre los pares de arranque, máximo y nominal a plena carga que desarrolla un motor de inducción, como función de la velocidad de éste y del deslizamiento. Esta figura es representación gráfica de la corriente y el par desarrollados en el rotor del motor como funciones del deslizamiento desde el instante del arranque (punto a) hasta la condición de funcionamiento en estado estable (en general entre marcha en vacío y marcha a plena

carga - puntos c y d) cuando los pares desarrollado y aplicado son iguales.

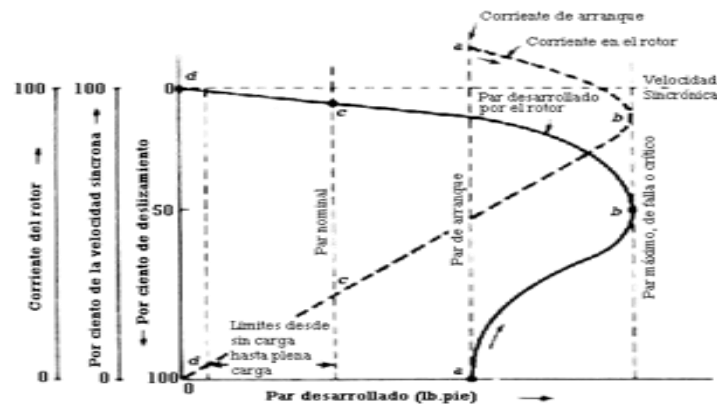


Figura 2.2. Curva Característica

### 2.1.2 Arranque de un motor trifásico de inducción.

Los motores trifásicos de inducción se pueden poner en marcha mediante los métodos de arranque directo o a tensión reducida.

En ambos casos, la corriente de arranque generalmente resulta mayor que la nominal, produciendo las perturbaciones comentadas en la red de distribución. Estos inconvenientes no son tan importantes en motores pequeños, que habitualmente pueden arrancar a tensión nominal. La máxima caída de tensión en la red no debe superar el 15% durante el arranque.

Los circuitos con motores deben contar con interruptores que corten todas las fases o polos simultáneamente y con protecciones que corten automáticamente cuando la corriente adquiriera valores peligrosos.

En los motores trifásicos debe colocarse una protección automática adicional que corte el circuito cuando falte una fase o la tensión baje de un valor determinado.

Los sistemas de arranque más habituales son los que podemos observar en la figura 2.4

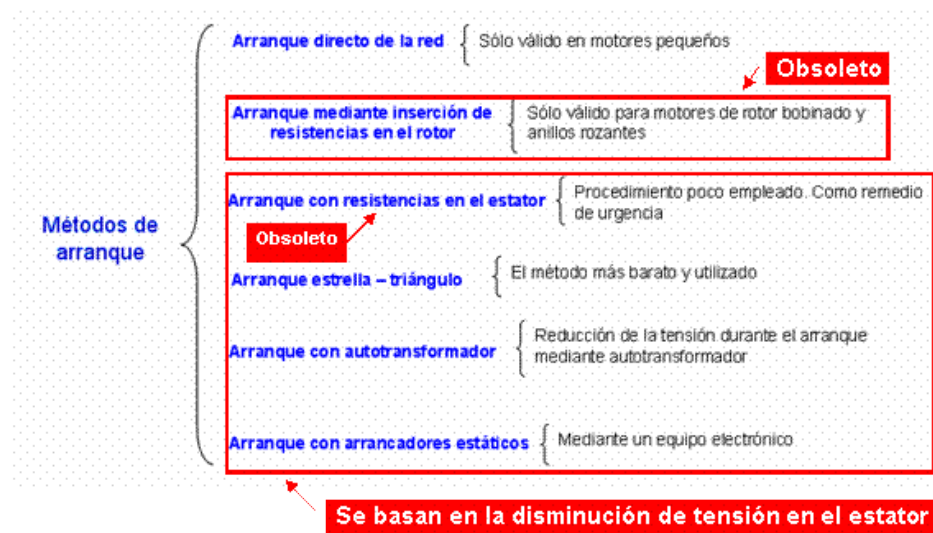


Figura 2.3. Arranques habituales de motores eléctricos

## 2.2 Control de velocidad mediante el cambio en la frecuencia.

Existen sólo dos técnicas para controlar la velocidad de un motor de inducción:

**Regulación por variación de número de polos:** Variando el número de polos del estator de la máquina, cambia la velocidad del campo giratorio y en consecuencia varía la velocidad de rotación del rotor. El procedimiento utiliza diversos devanados en el estator dependiendo de las velocidades que se quiera obtener; generalmente, por limitación de espacio de las ranuras suelen emplearse dos combinaciones diferentes, dando lugar a dos r.p.m., asíncronas cercanas a 3.000, 1.500, 750, 500, etc., (a 50Hz). Para que el funcionamiento sea posible es preciso que el rotor sea jaula de ardilla, ya que este tipo de rotor adapta automáticamente por inducción su número de polos al existente en el estator. Con frecuencia se emplean dos escalones de velocidad en la relación 2:1, y con un solo devanado que se conmuta adecuadamente, lo que se denomina conexión Dahlander.

En este caso, cada fase del devanado consta de dos partes iguales, que pueden ponerse en serie o en paralelo, dando lugar a una reducción de pares de polos a la mitad del original, aumentando en consecuencia la velocidad del rotor a prácticamente el doble.



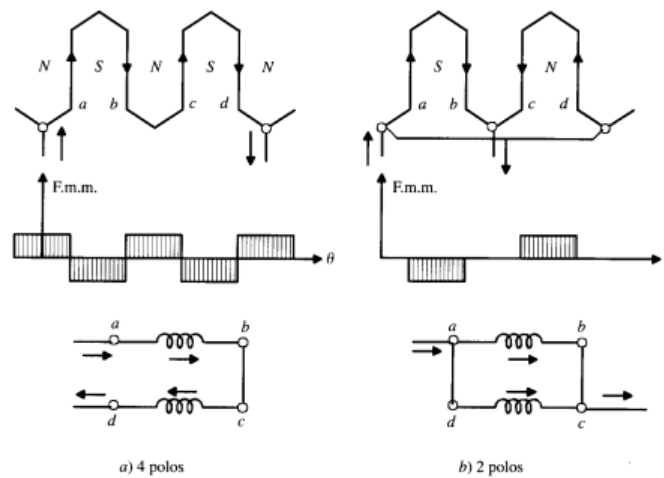


Figura 2.4. Conexión Dahlander, formación de los polos.

En la fig.2.4 Se muestra el procedimiento adecuado utilizado. En a) se muestra el devanado formado por 4 polos, estando las bobinas conectadas en serie. En b) se muestra el devanado formado por 2 polos, con bobinas conectadas en paralelo; se observa en este caso que la corriente en la bobina c-d ha sufrido una inversión.

**Regulación por variación de frecuencia:** La preferencia actual por la regulación a frecuencia variable se debe a la posibilidad de utilizar el sencillo y robusto motor de jaula de ardilla; cuyo mantenimiento es mucho más fácil que el de un motor de contactos deslizantes, lo que resulta muy importante en máquinas que operan bajo condiciones ambientales difíciles.

Además este tipo de motor eléctrico resulta más económico y compacto que los restantes. Asimismo, este método permite transformar fácilmente un equipo de

velocidad fija en un accionamiento de velocidad variable, sin realizar grandes modificaciones.

Con este tipo de regulación se puede obtener un amplio control de velocidades, con el máximo par disponible en todas las frecuencias con un elevado rendimiento.

Si se prolonga la característica al cuadrante generador se puede obtener un frenado muy eficiente por reducción de frecuencia, con una recuperación de energía hacia la red de alimentación. En la actualidad la modificación de la frecuencia se realiza fundamentalmente por medio de variadores estáticos electrónicos que ofrecen una regulación suave, permitiendo un aumento en la vida útil de todas las partes involucradas y originando un ahorro en el mantenimiento por ausencia de partes en movimiento que sufran desgastes.

Por otro lado, el ciclo convertidor ofrece una transformación simple de energía de buen rendimiento, permite la inversión del flujo de potencia para la regeneración y la transmisión de la corriente reactiva; proporcionando una gama de frecuencias de trabajo que va desde valores cercanos a cero hasta casi la mitad de la frecuencia de alimentación, con fácil inversión de fase para invertir el sentido de rotación. En ciertos casos este tipo de convertidor se emplea en motores asincrónicos de rotor bobinado con alimentación doble, estando el estator conectado a la red y el rotor al convertidor.

En el convertidor de enlace la alimentación de la red de corriente alterna se rectifica en forma controlada y luego alternativamente se conmutan las fases del motor al positivo y al negativo de la onda rectificada, de manera de crear una onda de alterna de otra frecuencia.

La tensión y frecuencia de salida se controlan por la duración relativa de las conexiones con las distintas polaridades (modulación del ancho de pulso) de manera de conservar constante el cociente tensión / frecuencia para mantener el valor del flujo magnético en el motor.

Aunque la onda de tensión obtenida no es sinusoidal, la onda de corriente tiende a serlo por efecto de las inductancias presentes. Además, de este modo se obtiene una amplia gama de frecuencias por encima y por debajo de la correspondiente al suministro, pero exige dispositivos adicionales para asegurar el flujo de potencia recuperada.

Hay que considerar que las corrientes poli armónicas generan un calentamiento adicional que disminuye el rendimiento y puede llegar a reducir el par (por ejemplo, el 5º armónico produce un campo giratorio inverso).

También cabe acotar que la vibración de los motores aumenta cuando se les alimentan con convertidores electrónicos de frecuencia y que la componente de alta frecuencia de la tensión de modo común de los convertidores de frecuencia

puede causar un acoplamiento con la tierra a través de la capacidad que se forma en los rodamientos, donde las pistas actúan como armaduras y la capa de grasa como dieléctrico. Asimismo digamos que los variadores de velocidad generalmente también sirven para arrancar o detener progresivamente el motor, evitando por ejemplo, los dañinos golpes de ariete que pueden aparecer en las cañerías durante la parada de las bombas.

### **2. 2.1 Variadores de Velocidad**

El Variador de Velocidad es un dispositivo o conjunto de dispositivos mecánicos, hidráulicos, eléctricos o electrónicos empleados para controlar la velocidad giratoria de maquinaria, especialmente de motores. La maquinaria industrial generalmente es accionada a través de motores eléctricos, a velocidades constantes o variables, pero con valores precisos. No obstante, los motores eléctricos generalmente operan a velocidad constante o casi constante, y con valores que dependen de la alimentación y de las características propias del motor, los cuales no se pueden modificar fácilmente. Para lograr regular la velocidad de los motores, se emplea un controlador especial que recibe el nombre de variador de velocidad. Los variadores de velocidad se emplean en una amplia gama de aplicaciones industriales, como en ventiladores y equipo de aire acondicionado, equipo de bombeo,

bandas y transportadores industriales, elevadores, llenadoras, tornos y fresadoras, etc. Un variador de velocidad puede consistir en la combinación de un motor eléctrico y el controlador que se emplea para regular la velocidad del mismo. La combinación de un motor de velocidad constante y de un dispositivo mecánico que permita cambiar la velocidad de forma continua también puede ser designado como variador de velocidad.

### 2.2.2 Composición de un variador de velocidad.

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

- **Etapla Rectificadora.** Convierte la tensión alterna en continua mediante rectificadores de diodos, tiristores, etc.
- **Etapla intermedia.** Filtro para suavizar la tensión rectificada y reducir la emisión de armónicos.
- **Inversor o "Inverter".** Convierte la tensión continua en otra de tensión y frecuencia variable mediante la generación de pulsos. Actualmente se emplean IGBT's (Isolated Gate Bipolar Transistors) para generar los pulsos controlados de tensión. Los equipos más modernos utilizan IGBT's inteligentes que

incorporan un microprocesador con todas las protecciones por sobrecorriente, sobretensión, baja tensión, cortocircuitos, puesta a masa del motor, sobretemperaturas, etc.

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

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

### 2.2.3 Tipos de Variadores de Velocidad.

En términos generales, puede decirse que existen tres tipos básicos de variadores de velocidad: mecánicos, hidráulicos y eléctrico-electrónicos. Dentro de cada tipo pueden encontrarse más subtipos, que se detallarán a continuación. Cabe aclarar que los variadores más antiguos fueron los mecánicos, que se emplearon originalmente para controlar la velocidad de las ruedas hidráulicas de molinos, así como la velocidad de las máquinas de vapores. Se los puede clasificar de la siguiente manera:

- Variadores mecánicos
- Variadores hidráulicos.
- Variadores eléctrico-electrónicos.
- Variadores para motores de CC.
- Variadores por corrientes de Eddy.
- Variadores de deslizamiento
- Variadores para motores de CA.

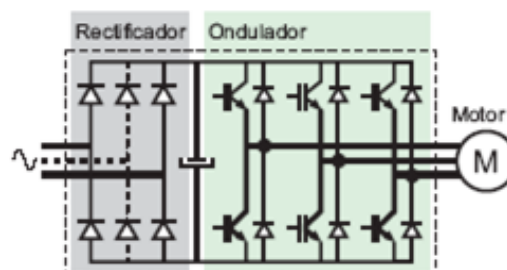


Figura 2.5. Esquema de un convertidor de frecuencia

### 2.3 Aplicaciones de los variadores de Velocidad.

Los variadores de frecuencia tienen sus principales aplicaciones en los siguientes tipos de máquinas:

- **Transportadoras.** Controlan y sincronizan la velocidad de producción de acuerdo al tipo de producto que se transporta, para dosificar, para evitar ruidos y golpes en transporte de botellas y envases, para arrancar suavemente y evitar la caída del producto que se transporta, etc.

- **Bombas y ventiladores centrífugos.** Controlan el caudal, uso en sistemas de presión constante y volumen variable. En este caso se obtiene un gran ahorro de energía porque el consumo varía con el cubo de la velocidad, o sea que para la mitad de la velocidad, el consumo es la octava parte de la nominal.

- **Bombas de desplazamiento positivo.** Control de caudal y dosificación con precisión, controlando la velocidad. Por ejemplo en bombas de tornillo, bombas de engranajes. Para transporte de pulpa de fruta, pasta, concentrados mineros, aditivos químicos, chocolates, miel, barro, etc.

- **Ascensores y elevadores.** Para arranque y parada suaves manteniendo la cupla del motor constante, y diferentes velocidades para aplicaciones distintas.



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

### **2.3.1 Características de los Variadores de Velocidad Sinamics G120**

El convertidor modular, seguro y de alta eficiencia energética SINAMICS G120 es el variador universal para todo el ámbito Industrial y terciario, tanto para sectores como construcción de maquinaria, automoción, industria textil, artes gráficas, sistemas de envasado y embalaje o industria química; como para aplicaciones de carácter más general como, por ejemplo, sistemas transportadores o el sector del acero, el petróleo, el gas o las plataformas en alta mar o también el ramo de las energías regenerativas. Para aplicaciones estándar: El convertidor SINAMICS G120 tiene diseño modular, compuesto por la unidad de regulación (Control Unit, CU) y la unidad de potencia (Power Module, PM). Dependiendo de la aplicación que se le vaya a dar, basta con combinar los módulos apropiados para el caso. Para funciones de seguridad (Safety Integrated): Totalmente integradas en la automatización estándar y, con un trabajo mínimo, también en los accionamientos, con una Control Unit de seguridad. Para un entorno de automatización y accionamiento homogéneo que abarque desde la ingeniería hasta el funcionamiento cotidiano.

Para la regeneración de energía: Con el innovador Power Module con capacidad de realimentación.

Para condiciones duras y alta resistencia: Mayor robustez gracias a un inteligente sistema de refrigeración.

Para una instalación, manejo y mantenimiento sin problemas:

La ingeniería se lleva a cabo con herramientas ya conocidas (SIZER y STARTER), que aceleran las tareas de configuración y facilitan la puesta en marcha. SINAMICS G120 cubre un amplio rango de potencias, que abarca desde 0,37 kW hasta 250 kW.

### **2.3.2 Modos de puesta en servicio.**

El convertidor debe adaptarse al motor y a la tarea de accionamiento para obtener el mejor rendimiento y la máxima seguridad.

Aunque el convertidor puede configurarse para aplicaciones muy específicas, existen muchas aplicaciones estándar que funcionan correctamente con unas pocas adaptaciones.

Si es posible, se debe utilizar los ajustes de fábrica: En aplicaciones sencillas, el accionamiento ya funciona con los ajustes de fábrica. Para ello se debe comprobar si el motor y la aplicación concuerdan con los ajustes de fábrica del convertidor.

Si en esta comprobación se constata que debe adaptar los ajustes de fábrica, se deberá poner en marcha el convertidor.

Para las aplicaciones estándar sencillas, basta con la puesta en marcha básica.

La mayoría de aplicaciones estándar funcionan mediante unas pocas adaptaciones durante la puesta en marcha básica.

### 2.3.3 Puesta en servicio estándar.

Antes de empezar con la puesta en marcha, deben responderse las siguientes preguntas:

- ¿Qué datos tiene el convertidor?
- ¿Qué datos tiene el motor a conectado?
- ¿Qué requisitos tecnológicos debe cumplir el accionamiento?
- ¿Qué interfaces del convertidor utiliza el controlador superior para manejar el accionamiento?

Para recopilar los datos del motor primero se debe tener en cuenta en que parte del mundo se va a utilizar el motor por la normas de fabricación: Para Europa, IEC: 50 Hz (kw) y para América del Norte, NEMA: 60Hz.

Datos del motor de la placa de características.

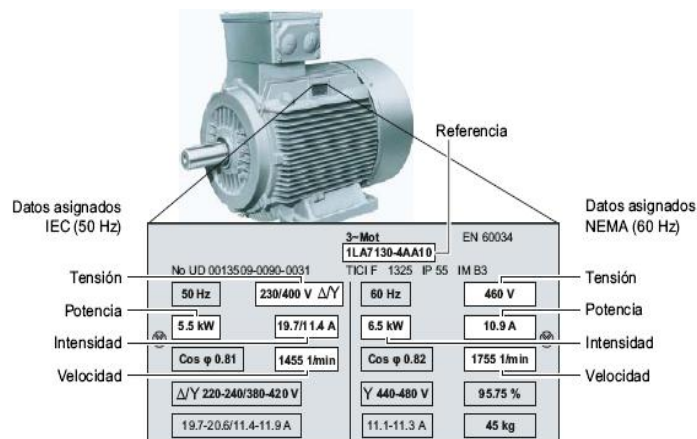


Figura 2.6. Datos característicos en la placa de un motor trifásico.

La temperatura ambiente en la utilización del motor si diverge del ajuste de fábrica que es igual a 20 grados centígrados.

Para saber si el motor es adecuado para el convertidor debemos tener en cuenta que la intensidad del motor debe estar en el rango entre 13%...100% de la intensidad asignada al convertidor.

**Ejemplos de cableado para el uso de los ajustes de fábrica.** Para utilizar el ajuste de fábrica es preciso cablear la regleta de bornes del convertidor como se representa en los siguientes ejemplos.

Pre asignación de la regleta de bornes en la CU240B-2

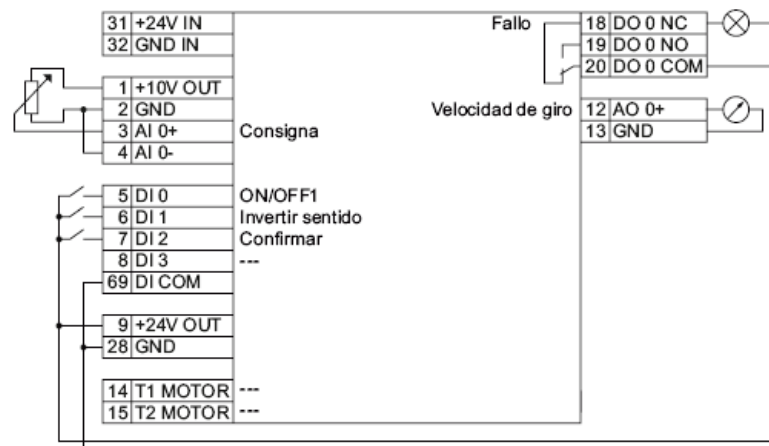


Figura 2.7. Ejemplo de cableado para el uso de los ajustes de fábrica.

En el encendido y apagado del motor los convertidores están ajustados de fábrica de forma que, después del encendido, el motor acelera hasta su velocidad de consigna en 10 segundos (referidos a 1500 1/min). Tras

el apagado, el motor se frena también con un tiempo de deceleración de 10 segundos.

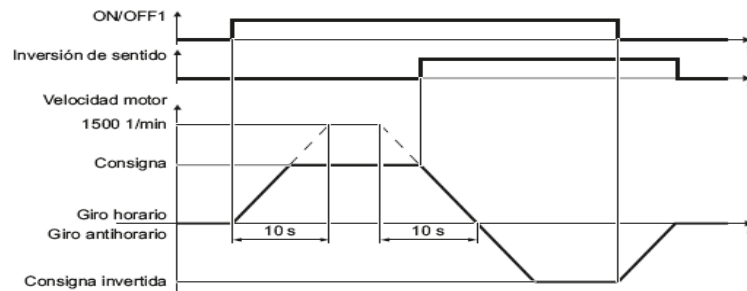


Figura 2.8.- Encendido y apagado del motor, e inversión de sentido en el ajuste de fábrica.

### 2.3.4 Puesta en servicio con el panel operación.

Elementos de manejo y visualización del BOP-2. El "Basic Operator Panel-2" (BOP-2) es un instrumento de manejo y visualización del convertidor. Se enchufa directamente en la Control Unit del convertidor para la puesta en marcha.

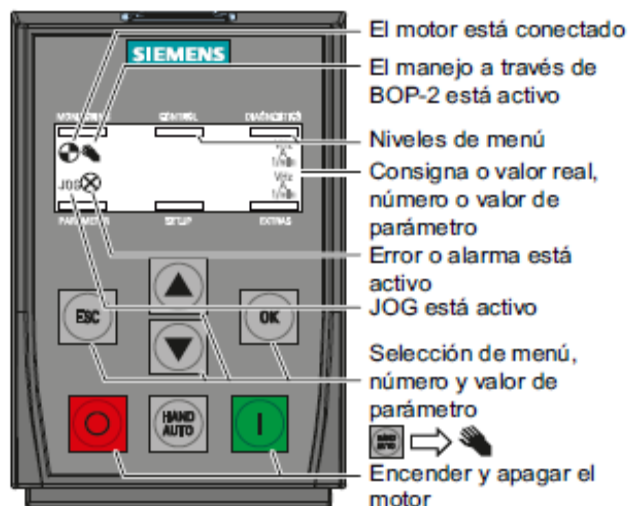


Figura 2.9. Descripción de los botones del (BOP-2)

### Modificación de ajustes con el BOP-2.

Con el BOP-2 se modifican los ajustes del convertidor seleccionando un número de parámetro y cambiando el valor de parámetro. El convertidor guarda inmediatamente de forma no volátil todos los ajustes que realice con el BOP-2.

#### Procedimiento

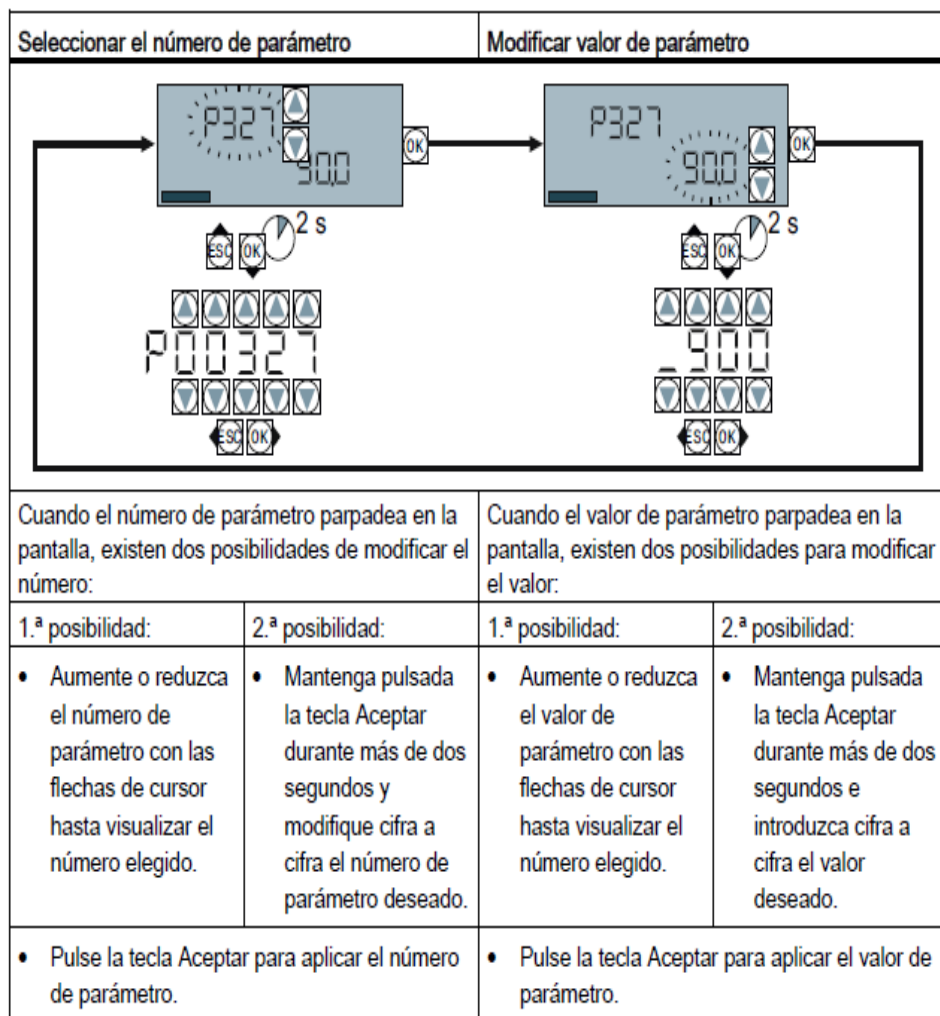
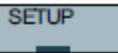
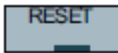
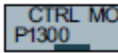
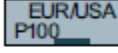
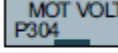
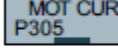
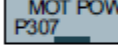
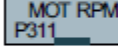
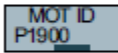
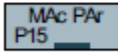
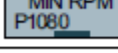
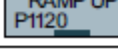
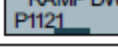
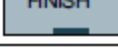
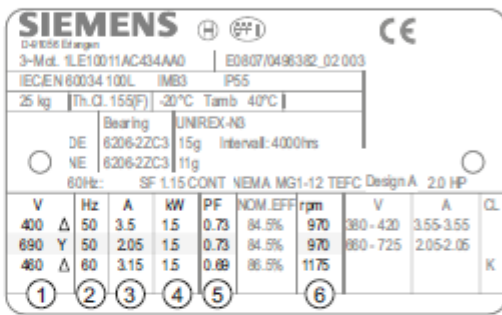


Figura 2.10.- Como utilizar el BOP-2

**Puesta en marcha básica:** en la figura 2.12 podrán observar la puesta en marcha básica con el panel operador de los variadores Sinamcis G120.

Menú	Nota
	Ajuste todos los parámetros del menú "SETUP". Seleccione en BOP-2 el menú "SETUP".
	Si desea restablecer todos los parámetros al ajuste de fábrica antes de la puesta en marcha básica, seleccione Reset: nO → YES → OK
	Seleccione el tipo de regulación del motor. Principales tipos de regulación:
	VF LIN Control por U/f con característica lineal
	VF QUAD Control por U/f con característica cuadrática
	SPD N EN Regulación de velocidad (regulación vectorial sin encóder)
	TRQ N EN Regulación de par
	② Norma: IEC o NEMA
	① Tensión
	③ Intensidad
	④ Potencia norma IEC (kW) ⑤ Potencia norma NEMA (HP)
	⑥ Velocidad nominal
	Recomendamos el ajuste STIL ROT (Identificar datos de motor en parada y con el motor en giro). Si puede aplicarse uno de los siguientes casos, seleccione el ajuste STILL (Identificar datos de motor en parada): <ul style="list-style-type: none"> <li>Se ha ajustado el tipo de regulación "Regulación de velocidad" pero el motor no puede girar libremente, p. ej., en recorridos de desplazamiento limitados mecánicamente.</li> <li>Se ha ajustado "Control por U/f" como tipo de regulación.</li> </ul>
	Seleccione la configuración de entradas y salidas y el bus de campo adecuados para su aplicación. Consulte las configuraciones predefinidas en el apartado Seleccionar asignación de las interfaces (Página 48).
	Velocidad mínima del motor.
	Tiempo de aceleración del motor.
	Tiempo de deceleración del motor.
	Confirme la finalización de la puesta en marcha básica (parámetro p3900): nO → YES → OK



**SIEMENS** H (EFF) CE

3-Mot. 1LE10011AC-434AA0 | E0807/0496382\_02.003

IEC/EN 60034 100L IMB3 P55

25 kg | Th.C. 155(F) | -20°C Tamb. 40°C |

Bearing UNREX-NB

DE 6206-2ZC3 15g Interval: 4000hrs

NE 6206-2ZC3 11g

60Hz: SF 1.15 CONT NEMA MG1-12 TEFC Design A 2.0 HP

V	Hz	A	kW	PF	NOM. EFF	rpm	V	A	CL
400 Δ	50	3.5	1.5	0.73	84.5%	970	380 - 420	3.55-3.55	
690 Y	50	2.05	1.5	0.73	84.5%	970	680 - 725	2.05-2.05	K
480 Δ	60	3.15	1.5	0.69	86.5%	1175			

Datos del motor en la placa de características

Figura 2.11. Puesta en marcha básica con panel operador BOP-2.



## 2.4 Labview NI.

**LabVIEW** (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas, con un lenguaje de programación visual gráfico. Recomendado para sistemas hardware y software de pruebas, control y diseño, simulado o real y embebido, pues acelera la productividad. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje Gráfico.

Este programa fue creado por National Instruments 1976 para funcionar sobre máquinas MAC, salió al mercado por primera vez en 1986. Ahora está disponible para las plataformas Windows, UNIX, MAC y GNU/Linux. La penúltima versión es la 2013, con la increíble demostración de poderse usar simultáneamente para el diseño del firmware de un instrumento RF de última generación, a la programación de alto nivel del mismo instrumento, todo ello con código abierto. Y posteriormente la versión 2014 disponible en versión demo para estudiantes y profesional, la versión demo se puede descargar directamente de la página de National Instruments.

Los programas desarrollados con LabVIEW se llaman Instrumentos Virtuales, o VIs, y su origen provenía del control de instrumentos, aunque hoy en día se ha expandido ampliamente no sólo al control de todo tipo de electrónica sino también a su programación embebida, comunicaciones, matemáticas, etc. Entre sus objetivos están el reducir el tiempo de desarrollo de aplicaciones de todo

tipo no sólo en ámbitos de Pruebas, Control y Diseño y el permitir la entrada a la informática a profesionales de cualquier otro campo. LabVIEW consigue combinarse con todo tipo de software y hardware, tanto del propio fabricante - tarjetas de adquisición de datos, PAC, Visión, instrumentos y otro Hardware- como de otros fabricantes.

#### **2.4.1 Principales Usos.**

Estas son las principales áreas de aplicación:

- Adquirir datos y procesar señales.
- Automatizar sistemas de pruebas y validación.
- Enseñanza académica.
- Control de instrumentos.
- Sistemas embebidos de monitoreo y control

#### **2.4.2 Principales Características.**

Su principal característica es la facilidad de uso, válido para programadores profesionales como para personas con pocos conocimientos en programación pueden hacer programas relativamente complejos, imposibles para ellos de hacer con lenguajes tradicionales. También es muy rápido hacer programas con LabVIEW y cualquier programador, por experimentado que sea, puede beneficiarse de él.

Presenta facilidades para el manejo de:

- Interfaces de comunicaciones: Puerto serie, Puerto paralelo, GPIB, PXI, VXI, TCP/IP, UDP, DataSocket, Irda, Bluetooth, USB, OPC.
- Capacidad de interactuar con otros lenguajes y aplicaciones: DLL: librerías de funciones, NET, ActiveX, Multisim, Matlab/Simulink, AutoCAD, SolidWorks, etc.
- Herramientas gráficas y textuales para el procesado digital de señales.
- Visualización y manejo de gráficas con datos dinámicos.
- Adquisición y tratamiento de imágenes.
- Control de movimiento (combinado incluso con todo lo anterior).
- Tiempo Real estrictamente hablando.
- Programación de FPGAs para control o validación.
- Sincronización entre dispositivos.

### **2.4.3 Programa en Labview NI**

Como se ha dicho es una herramienta gráfica de programación, esto significa que los programas no se escriben, sino que se dibujan, facilitando su comprensión. Al tener ya pre-diseñados una gran cantidad

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

- Panel Frontal: Es la interfaz con el usuario, la utilizamos para interactuar con el usuario cuando el programa se está ejecutando. Los usuarios podrán observar los datos del programa actualizados en tiempo real. En esta interfaz se definen los controles e indicadores.
- Diagrama de Bloques: es el programa propiamente dicho, donde se define su funcionalidad, aquí se colocan íconos que realizan una determinada función y se interconectan el código que controla el programa.

En el panel frontal, encontraremos todo tipos de controles o indicadores, donde cada uno de estos elementos tiene asignado en el diagrama de bloques una terminal, es decir el usuario podrá diseñar un proyecto en el panel frontal con controles e indicadores, donde estos elementos serán las entradas y salidas que interactuarán con la terminal del VI. Podemos observar en el diagrama de bloques, todos los valores de los controles e indicadores, como van fluyendo entre ellos cuando se está ejecutando un programa VI.

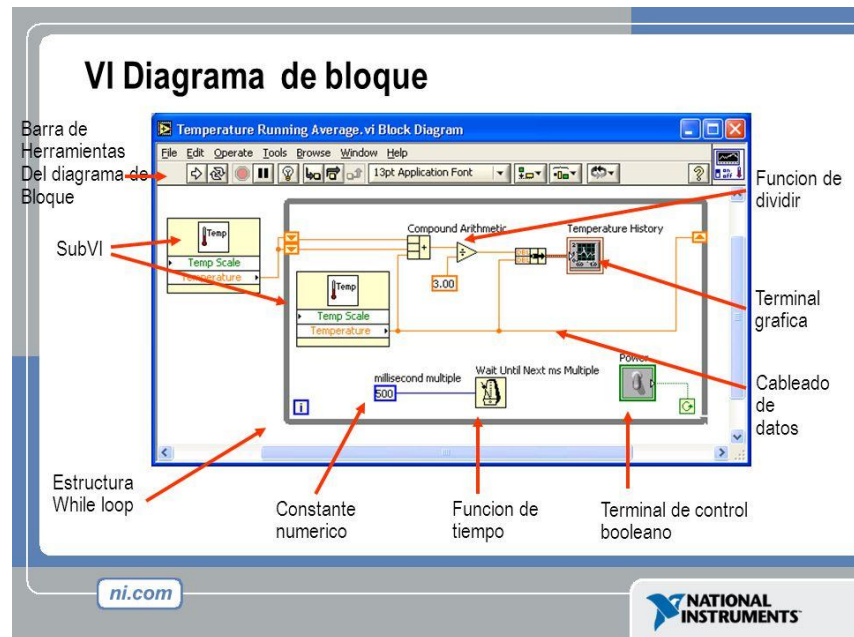


Figura 2.12.- Diagrama de bloques en Labview.

#### 2.4.4 Interfaz humano – maquina.

Una interfaz de usuario asistida por ordenador, actualmente una interfaz de uso, también conocida como interfaz hombre-máquina (IHM), forma parte del programa informático que se comunica con el usuario. En ISO 9241-110, el término interfaz de usuario se define como "todas las partes de un sistema interactivo (software o hardware) que proporcionan la información y el control necesarios para que el usuario lleve a cabo una tarea con el sistema interactivo". La interfaz de usuario / interfaz hombre-máquina (HMI) es el punto de acción en que un hombre entra en contacto con una máquina. El caso más simple es el de un interruptor: No se trata de un humano ni de una "máquina", sino de una interfaz entre los dos. Para que una interfaz hombre-máquina (HMI) sea útil y

significativa para las personas, debe estar adaptada a sus requisitos y capacidades.

## **2.5 Protocolos de comunicación.**

Los protocolos que se utilizan en las comunicaciones son una serie de normas que deben aportar las siguientes funcionalidades:

- Permitir localizar un ordenador de forma inequívoca.
- Permitir realizar una conexión con otro ordenador.
- Permitir intercambiar información entre ordenadores de forma segura, independiente del tipo de máquinas que estén conectadas.
- Abstracter a los usuarios de los enlaces utilizados (red telefónica, radioenlaces, satélite...) para el intercambio de información.
- Permitir liberar la conexión de forma ordenada.

Debido a la gran complejidad que conlleva la interconexión de ordenadores, se ha tenido que dividir todos los procesos necesarios para realizar las conexiones en diferentes niveles. Cada nivel se ha creado para dar una solución a un tipo de problema particular dentro de la conexión. Cada nivel tendrá asociado un protocolo, el cual entenderán todas las partes que formen parte de la conexión.

Diferentes empresas han dado diferentes soluciones a la conexión entre ordenadores, implementando diferentes familias de protocolos, y dándole diferentes nombres (DECnet, TCP/IP, IPX/SPX, NETBEUI, etc.).

Los protocolos de comunicaciones definen las normas que posibilitan que se establezca una comunicación entre varios equipos o dispositivos, ya que estos equipos pueden ser diferentes entre sí. Un interfaz, sin embargo, es el encargado de la conexión física entre los equipos, definiendo las normas para las características eléctricas y mecánicas de la conexión.

Todos los protocolos y estándares que se consolidan como propios de Internet han de ser organizados y dirigidos de alguna manera. Esta es la misión principal del IETF (Internet Engineering Task Force), que es una gran comunidad de carácter abierto formada por diseñadores de redes, operadores, usuarios, etc. Todos los protocolos agrupados normalmente bajo el nombre TCP/IP son estándares de Internet cuyo desarrollo depende del IETF. Las actividades que realiza el IETF se dividen en distintos grupos, llamados Working Groups (WG) con finalidades específicas, los cuales se clasifican en distintas áreas comunes (Aplicaciones, seguridad, estandarización, servicios de transporte, etc.). El IESG (Internet Engineering Steering Group) se encarga de coordinar y dirigir al IETF por medio de los directores de área, que controlan las actividades número de los Working Groups que se encuentren dentro de cada área.

Las tareas de coordinación de los números asignados a los distintos protocolos de Internet están a cargo de IANA (Internet Assigned Numbers Authority). Los protocolos definidos por el IETF y su grupo de dirección correspondiente IESG contienen ciertos valores tales como: direcciones de Internet, números de

protocolos y de puertos, nombres por dominio, etc. La funcionalidad de IANA está en que todos estos parámetros deben ser únicos, y por tanto, debe existir un registro que controle los valores que se encuentran asignados.

Otra de las organizaciones de gran importancia para la comunidad de Internet es la Internet Society (ISOC). Esta es una organización no gubernamental y sin intereses económicos formada por miles de profesionales centrados en las soluciones y el progreso de Internet.

Para que un protocolo de Internet se convierta en un estándar debe pasar por una serie de estados o niveles. El nivel de proposición de protocolo es asignado cuando un protocolo tiene posibilidades de convertirse en un estándar en el futuro, siendo recomendables algunas pruebas y revisiones hasta que el IESG considere su avance. Después del nivel de proposición el protocolo puede pasar a considerarse como un "borrador" (draft standard).

Esto sólo ocurrirá cuando hayan transcurrido al menos 6 meses desde el nivel anterior, permitiendo de esta manera que la comunidad de Internet evalúe y considere el proceso de estandarización. Durante otros 4 meses el protocolo permanecerá en este nivel mientras se hacen pruebas y se analizan los comentarios recibidos con la posibilidad de efectuar algún cambio. Finalmente, el protocolo puede llegar a convertirse en un estándar oficial de Internet a través del IESG cuando su funcionalidad ha quedado suficientemente demostrada.



### 2.5.1 Modbus.

Modbus es un protocolo de comunicación con topología en línea basado en una arquitectura maestro/esclavo.

Es un protocolo de comunicación situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, diseñado en 1979 por Modicon para su gama de controladores lógicos programables (PLCs). Convertido en un protocolo de comunicaciones estándar de facto en la industria, es el que goza de mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales. Las razones por las cuales el uso de Modbus es superior a otros protocolos de comunicaciones son:

- Es público
- Su implementación es fácil y requiere poco desarrollo.
- Maneja bloques de datos sin suponer restricciones.

Modbus permite el control de una red de dispositivos, por ejemplo un sistema de medida de temperatura y humedad, y comunica los resultados a un ordenador. 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. Existen versiones del protocolo Modbus para puerto serie y Ethernet (Modbus/TCP).

### 2.5.2 Variantes de Modbus.

Existen variantes, con diferentes representaciones numéricas de los datos y detalles del protocolo ligeramente desiguales.

- Modbus ASCII: Los datos se transfieren en código ASCII. En consecuencia, son directamente legibles para el usuario, pero el caudal de datos es menor en comparación con RTU.
- Modbus RTU: Modbus RTU (RTU: Remote Terminal Unit o unidad terminal remota): Los datos se transfieren en formato binario, con un caudal de datos mayor que en código ASCII.
- Modbus TCP: Este tipo de transferencia es muy similar a RTU, aunque para transmitir los datos se utilizan paquetes TCP/IP. El puerto TCP 502 está reservado para Modbus TCP. Actualmente, el protocolo Modbus TCP se encuentra en fase de definición como norma (IEC PAS 62030 (pre-estándar)).

La unidad de control CU240B-2 admite Modbus RTU como esclavo con paridad par.

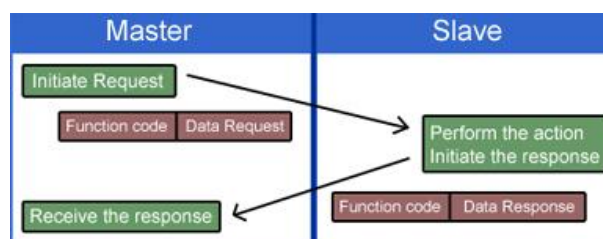


Figura 2.13. Modbus RTU Protocolo Descripción

### 2.5.3 Comunicación Serial.

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

El concepto de comunicación serial es sencillo. El puerto serial envía y recibe bytes de información un bit a la vez. Aun y cuando esto es más lento que la comunicación en paralelo, que permite la transmisión de un byte completo por vez, este método de comunicación es más sencillo y puede alcanzar mayores distancias. Típicamente, la comunicación serial se utiliza para transmitir datos en formato ASCII. Para realizar la comunicación se utilizan 3 líneas de transmisión: (1) Tierra (o referencia), (2) Transmitir, (3) Recibir. Debido a que la transmisión es asincrónica, es posible enviar datos por una línea mientras se reciben datos por otra. Existen otras líneas disponibles para realizar handshaking, o intercambio de pulsos de sincronización, pero no son requeridas. Las características más importantes de la comunicación

serial son la velocidad de transmisión, los bits de datos, los bits de parada, y la paridad. Para que dos puertos se puedan comunicar, es necesario que las características sean iguales.

#### 2.5.4 Conectores seriales.

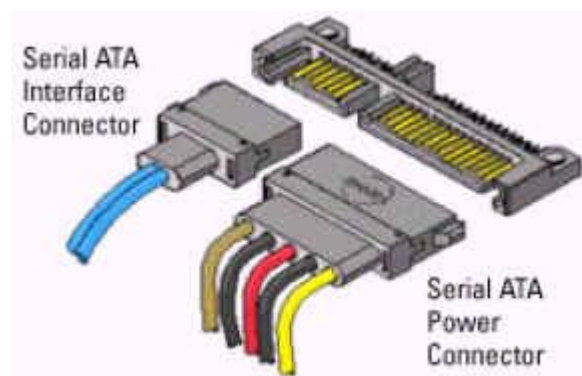


Figura 2.14. Tipo de conectores de seriales

Un puerto serie o puerto serial es una interfaz de comunicaciones de datos digitales, frecuentemente utilizado por computadoras y periféricos donde la información es transmitida bit a bit enviando un solo bit a la vez, en contraste con el puerto paralelo que envía varios bits simultáneamente. La comparación entre la transmisión en serie y en paralelo se puede explicar usando una analogía con las carreteras. Una carretera tradicional de un sólo carril por sentido sería como la transmisión en serie y una autovía con varios carriles por sentido sería la

transmisión en paralelo, siendo los vehículos los bits que circulan por el cable.

### **2.5.5 RS-485.**

Está definido como un sistema en bus de transmisión multipunto diferencial, es ideal para transmitir a altas velocidades sobre largas distancias (35 Mbit/s hasta 10 metros y 100 kbit/s en 1200 metros) y a través de canales ruidosos, ya que reduce los ruidos que aparecen en los voltajes producidos en la línea de transmisión. El medio físico de transmisión es un par entrelazado que admite hasta 32 estaciones en 1 solo hilo, con una longitud máxima de 1200 metros operando entre 300 y 19 200 bit/s y la comunicación half-duplex (semiduplex). Soporta 32 transmisiones y 32 receptores. La transmisión diferencial permite múltiples drivers dando la posibilidad de una configuración multipunto. Al tratarse de un estándar bastante abierto permite muchas y muy diferentes configuraciones y utilidades.

RS-485 se usa con frecuencia.

- En las UARTs para comunicaciones de datos de poca velocidad en las cabinas de los aviones. Por ejemplo, algunas unidades de control del pasajero lo utilizan, equipos de monitoreo de sistemas fotovoltaicos. Requiere el cableado mínimo, y puede compartir el

cableado entre varios asientos. Por lo tanto reduce el peso del sistema.

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

RS-485 Tiene la mayor parte de su aplicación en las plantas de producción automatizada

## **CAPÍTULO 3**

### **EQUIPOS DE CONTROL Y COMUNICACIÓN NECESARIOS PARA EL SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO DEL PROCESO**

#### **3.1 Selección de los equipos y elementos a utilizarse.**

Los equipos de control y comunicación necesarios para establecer el mecanismo de supervisión y gestión del proceso van a establecer una estructura que asegure la estabilidad y capacidad de crecimiento e incorporación de otros procesos adicionales.

### 3.1.1 Motor trifásico Siemens

Este es un motor de inducción con rotor jaula de ardilla para baja tensión. El motor cumple con la norma IEC 34 y sus equivalentes VDE 0530 y NTC (ICONTEC). Siemens posee un sistema de aseguramiento de calidad, certificado según norma NTC-ISO9001, que garantiza que el motor es diseñado, fabricado y probado según las más altas exigencias de norma y del cliente.

Grado de protección: el motor tiene un grado de protección IP55 de acuerdo con IEC 34-5, en ejecución estándar. El grado de protección se indica, para cada motor, en la placa de características. Forma constructiva: la forma constructiva suministrada, de acuerdo con IEC 34-7, se indica en la placa de características. El motor se puede instalar según lo indicado en cada uno de los siguientes grupos mostrados en la figura 3.

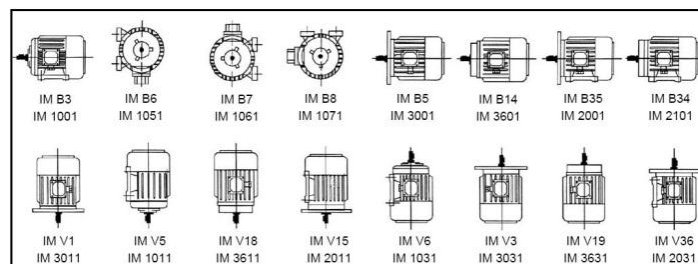


Figura 3.1. Forma constructiva posición de montaje según norma IEC34-7



Para la instalación del motor deben tenerse en cuenta como mínimo las siguientes recomendaciones:

- El motor debe ser instalado de tal manera que el aire de refrigeración pueda circular libremente.
- El motor debe ser perfectamente alineado con su carga.
- La carga debe estar muy bien balanceada para evitar vibraciones anormales.
- Téngase en cuenta que el rotor ha sido equilibrado dinámicamente en la fábrica con la chaveta colocada en el eje.
- Si el montaje es tal que el eje queda en posición vertical, debe garantizarse que el agua no entre al rodamiento superior.

Advertencia de seguridad en el mantenimiento: antes de efectuar cualquier trabajo sobre el motor, asegúrese de que esté desconectado y que no es posible su reconexión.

Intervalos de mantenimiento: es necesario efectuar periódicamente inspecciones para verificar que no haya anomalías que puedan conducir a daños mayores. Como las condiciones de servicio son tan variadas, los periodos de inspección dependen del sitio de instalación, de la frecuencia de maniobras, de la carga, etc.



Figura 3.2. Motor Trifásico Siemens

### 3.1.2 Variador de velocidad Siemens Sinamics G120.

Un variador de velocidad sirve para controlar la velocidad de rotacional de un motor de corriente alterna, por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor, como muestra la figura 3.2.

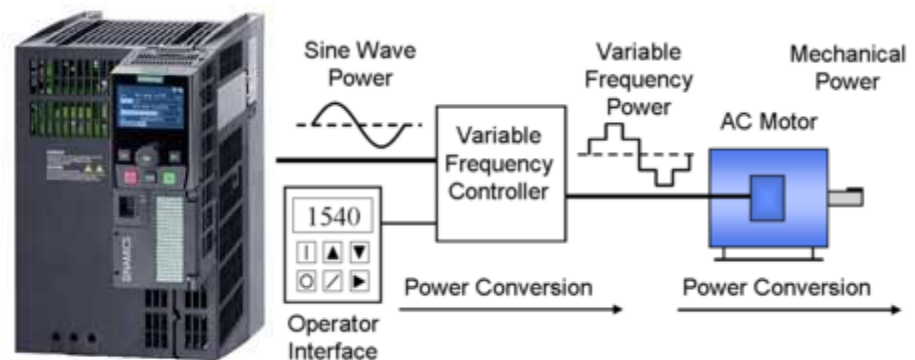


Figura 3.3. Variador de velocidad

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

Entre las diversas ventajas en el control del proceso proporcionadas por el empleo de variadores de velocidad destacan:

- Operaciones más suaves.
- Control de la aceleración.
- Distintas velocidades de operación para cada fase del proceso.
- Compensación de variables en procesos variables.
- Permitir operaciones lentas para fines de ajuste o prueba.
- Permitir el posicionamiento de alta precisión.
- Control del Par motor (torque).

### **3.1.3 Interfaz RS485 de un puerto para Usb de National Instrument.**

La interfaz NI USB-485 transforman su puerto bus serial universal (USB) en un puerto asincrónico para comunicación con dispositivos seriales RS485 y RS422. El USB-485 utiliza el controlador NI-Serial para

funcionar como un puerto serial estándar en cualquier aplicación de Windows. NI-Serial también incluye el API NI-VISA para tener acceso a las características avanzadas del puerto serial y escribir códigos independientes de la interfaz que es compatible con cualquier interfaz que soporta al Virtual Instrument Software Architecture (VISA).

Características generales del NI USB-485:

- Es compatible con cualquier aplicación que utilice puertos COM en PCs con Windows 7, Vista y XP.
- Velocidad de transferencia estándar hasta 460.8 Kbits,
- Puerto RS485/422 completamente funcional, incluyendo líneas de protocolo de sincronización de hardware RTS/CTS.
- Modo automático de control de transceptor de 2 cables, seleccionable por software.
- Energizado por bus con cable USB integrado, no requiere potencia externa, conector D-SUB macho de 9 pines.
- Fácil programación en NI Labview, Ni LabWindows / CVI y ANSI C/C++ con API NI-VISA.



Figura 3.4. Interfaz RS485/422 de un puerto para USB.

## 3.2 Selección de unidades para Sinamics G120.

### 3.2.1 Módulo de potencia (PM)

Los SINAMICS Power Module con grado de protección IP20 y técnica de paso (PushThrough = PT) existen en las siguientes versiones:

- PM230 (3 AC 400 V para bombas y ventiladores).
- PM240 (3 AC 400 V para aplicaciones estándar con frenado por resistencia).
- PM240-2 (3 AC 400 V para aplicaciones estándar con frenado por resistencia de segunda generación).
- PM250 (3 AC 400 V con realimentación a la red);
- PM260 (3 AC 690 V con realimentación a la red).



Figura 3.5. Módulos de potencia grado de protección IP20.

Para nuestro proyecto hemos seleccionado el módulo de potencia PM 240 ya que es el más vendido y usado industrialmente; el cual tiene las siguientes características:

- 3AC 380-480V  $\pm 10\%$  y 47-63Hz.
- IP20 disponible en un rango de potencia de 0.37 a 200 Kw (TC) o 0.37 a 250Kw (TV).
- Hasta 110Kw con chopper de frenado integrado.
- A partir de 2.2Kw hasta 75Kw disponible con filtro clase A incorporado.
- Tamaños constructivos más compactos que Micromaster (FS D y FS F).
- Soporta funciones de seguridad.



Figura 3.6. Módulo de potencia PM 240

### 3.2.2 Unidad de control (cu)

Las Control Units CU240B-2 se distinguen entre sí en lo que se refiere al tipo de buses de campo.

- Puerto USB incorporado.
- Disponible con Profibus DP o RS485/US\$MODBUS RTU incorporado.
- Combinable con PM230 IP20 (V4.4), PM 240, PM250 y PM260.
- Interface RS485 aislada lo cual provee mayor robustez.
- Control Vectorial de par y velocidad a lazo abierto SLVC y Modo Eco.
- Terminales de control extraíbles.
- Entradas digitales NPN – PNP configurables.
- Borne para 24 V DC externos.
- Bloques libres (FFB).
- Según las necesidades que tenemos para trabajar en nuestro proyecto hemos escogido la unidad de control CU240B-2, en la tabla 3.2 podemos observar las características de la misma.

Tabla 3.- Unidades de Control CU240B-2

Nombre	CU240B-2	CU240B-2 DP
Referencia	6SL3244-0BB00-1BA1	6SL3244-0BB00-1PA1
Bus de campo	USS, MODBUS RTU	PROFIBUS DP
Entradas Digitales	4	4
Entradas Analógicas	1	1
Salidas Digitales	1	1
Salidas Analógicas	1	1

### 3.2.3 Panel básico operador (BOP-2)

Gracias a su gran panel de mensajes, la orientación por un menú intuitivo y los asistentes de aplicación, se simplifica la puesta en marcha de los accionamientos estándar.

Los asistentes de aplicación integrados guían al usuario de forma interactiva por la puesta en marcha de aplicaciones importantes como bombas, ventiladores, compresores y cintas transportadoras.

Posibilidades de uso flexibles:



- Montado directamente en la unidad de control, instalado en la puerta o bien como terminal portátil.
- Puesta en marcha en serie por medio de la función de clonación.
- Lista de parámetros definida por el usuario con una cantidad reducida de parámetros elegidos por el mismo.
- Fácil puesta en marcha de las aplicaciones estándares con ayuda del asistente al efecto, sin necesidad de conocer la estructura de los parámetros.
- Pantalla grafica para ver variables.
- Indicación de variables con unidades de libre elección para especificar valores físicos.

### **3.3 Conexiones eléctricas y medios de comunicación.**

#### **3.3.1 Conexión de la unidad de potencia seleccionada.**

Cuando el convertidor y el motor están montados según las especificaciones, se pueden conectar los equipos. Conecte en primer lugar el motor al convertidor, y después el convertidor a la red.

El convertidor debe estar puesto a tierra por el lado de la red y por el lado del motor. Si no se efectúa una puesta a tierra válida, pueden producirse situaciones extraordinarias de peligro, con posibles consecuencias letales.

La alimentación eléctrica debe desconectarse antes de establecer o modificar conexiones en el equipo.

Los bornes o terminales de conexión del convertidor pueden seguir estando bajo tensión eléctrica peligrosa aunque el convertidor no esté funcionando. Tras desconectar la alimentación de red, espere al menos 5 minutos para que el equipo pueda descargarse. Sólo entonces se puede realizar los trabajos de montaje.

Al conectar el convertidor a la red, debemos asegurarnos de que la caja de bornes del motor esté cerrada. Si los LED del convertidor no se encienden o no están activos, no quiere decir necesariamente que el convertidor esté desconectado o no reciba corriente.

La relación de cortocircuito de la alimentación de red debe ser por lo menos de 100.

Asegúrese de que la tensión de red esté en el rango admisible de entrada para el convertidor: éste no debe conectarse a una tensión de red mayor.

Si se utiliza un interruptor diferencial en el lado de red del convertidor para protegerlo contra el contacto directo o indirecto, se requiere uno de tipo B para corriente universal (umbral de desconexión de 300 mA para módulos de potencia con filtro, y de 30 mA si no tienen filtro). Si no utiliza un interruptor diferencial, se debe garantizar la protección contra contacto mediante otras medidas, como la separación de los equipos electrónicos del entorno mediante un aislamiento doble o reforzado o mediante la alimentación a través de un transformador.

**Conexión del motor:** Para la conexión del motor se admiten cables no apantallados de longitudes hasta de 100 m. Si utiliza cables apantallados, se admiten longitudes de 50 m si el convertidor no tiene filtro y de 25 m si tiene filtro.

Conexión del motor: Conectamos el motor en estrella o triángulo según corresponda a su aplicación. Obsérvese también las indicaciones del fabricante del motor.

**Conexión del motor al convertidor:**

- Abrir la tapa cubre bornes del convertidor, si la hay.
- Conectamos el motor a los bornes U2, V2 y W2.

### Conexión de la red

- Conectar la red a los bornes U1/L1, V1/L2 y W1/L3.
- Conectamos el conductor de protección de la red al borne PE del convertidor.
- Cerramos la tapa cubre bornes del convertidor, si la hay.

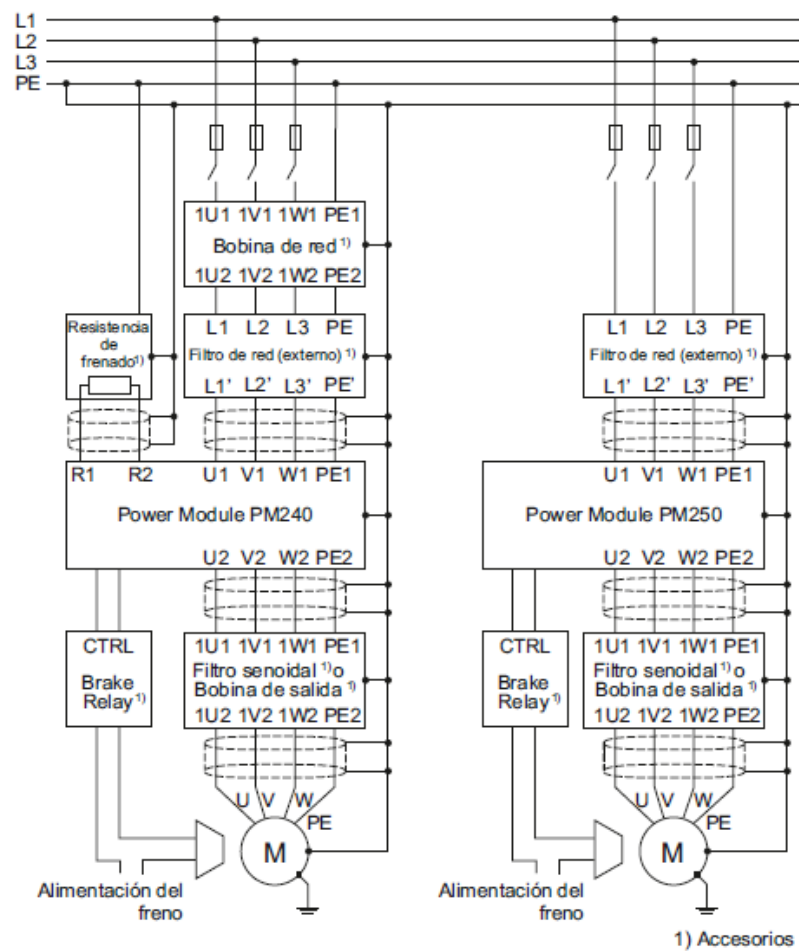


Figura 3.7. Vista general de conexiones del módulo de potencia.

### 3.3.2 Conexión de la unidad de control seleccionada

La unidad de control seleccionada se enchufa sin herramientas en el correspondiente módulo de potencia, y se extrae del mismo modo. Para poder acceder a las regletas de bornes están ejecutadas como bornes de resorte.

En la figura 3.7 Podemos observar cómo se instala la unidad de control en un módulo de potencia con IP20

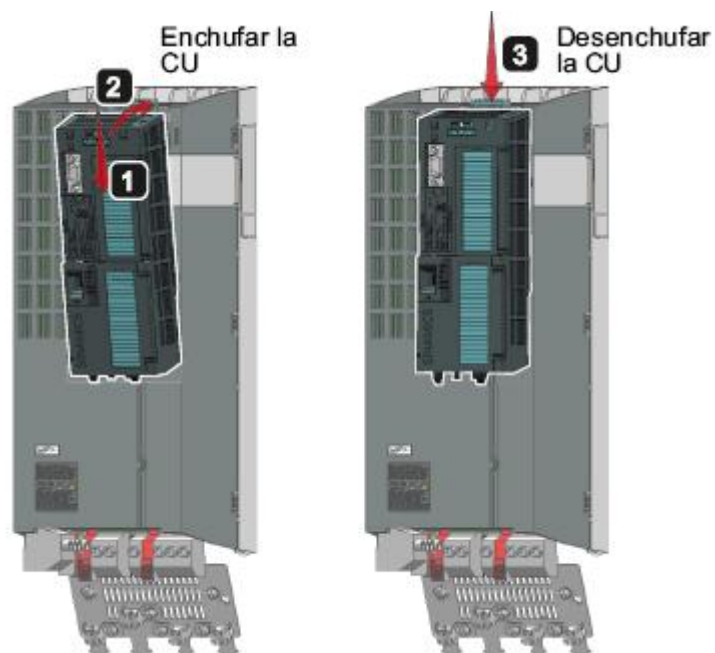


Figura 3.8. Instalación de la unidad de control sobre el módulo de potencia.

Interfaces, conectores, interruptores, regletas de bornes y LED de la CU.

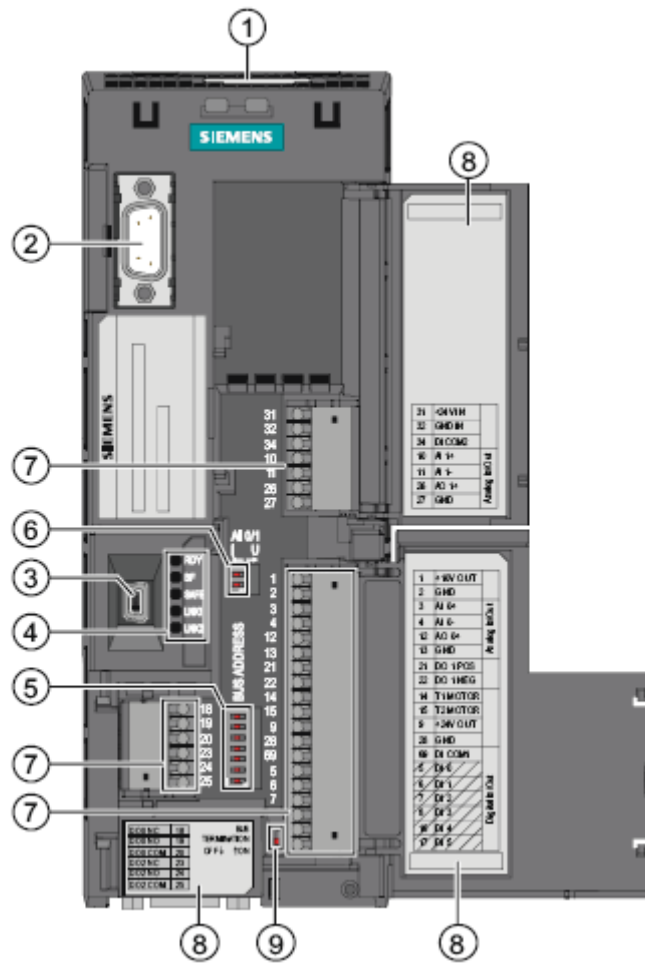


Figura 3.9. Unidad de Control Sinamics G120

- ① Slot para tarjeta de memoria (MMC o SD)
- ② Interfaz para el panel operador
- ③ Interfaz USB para Starter

④. LED de estado

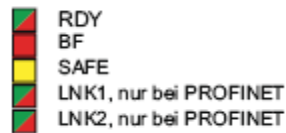


Figura 3.10 Leds de estados

⑤. Interruptores DIP para la dirección de bus de campo.

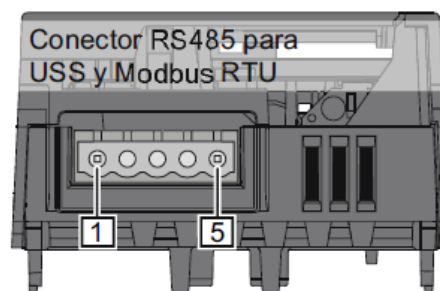
⑥. Interruptores DIP para entradas analógicas.

⑦. Regleta de bornes.

⑧. Denominación de bornes.

⑨. En función del bus de campo: USS, Modbus: terminación de bus  
PROFIBUS, PROFINET: sin función

Para el presente proyecto usaremos el Conector RS485 en la figuración  
podemos observar



Pin

- 1 0 V, potencial de referencia
- 2 RS485P, recibir y enviar (+)
- 3 RS485N, recibir y enviar (-)
- 4 Pantalla de cable
- 5 No conectado

Figura 3.11. Conector RS-485 para Modbus RTU

### **3.4 Estructura de comunicación sinamics g120.**

Parte esencial de nuestro trabajo de investigación es establecer la comunicación Modbus con el software LabView 2014 y para esto debemos tener en cuenta la estructura de comunicación que permiten los variadores de velocidad Sinamics G120, según la unidad de control que hemos escogido la CU240B-2 la cual nos permite trabajar con comunicación Modbus RTU en la cual estableceremos la configuración de la comunicación y todos los requerimientos que este exige para poder lograr tener acceso a los registros de lectura y escritura que este posee.

#### **3.4.1 Terminal**

La operación mediante los bornes establecidos es un método sencillo de manejar ya que permite al convertidor comunicarse de manera directa según la comunicación que usted tenga destinada.

En este caso hemos escogido la comunicación Modbus RTU donde se conecta el convertidor con el bus de campo mediante la interfaz RS485. La posición y asignación de la interfaz RS485. La posición y asignación de la interfaz RS485 se describe en el capítulo 3.3. Las conexiones de este conector son resistentes al cortocircuito y están aisladas.



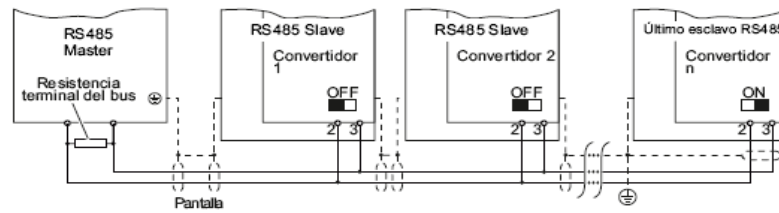


Figura 3.12. Red de comunicación a través de RS-485

Se debe conectar la resistencia terminal del bus para la primera y la última estación. Podemos consultar la posición de la resistencia terminal del bus en la figura.

Se puede retirar uno o varios esclavos del bus desenchufando el conector de bus sin que se interrumpa la comunicación para las otras estaciones, pero no el primero ni el último.

Durante el funcionamiento con bus, la primera y la última estación del bus deben recibir tensión continuamente.

### 3.4.2 Interfaz en serie

La comunicación con Modbus RTU se realiza a través de la interfaz RS485, con un máximo de 247 esclavos. La longitud máxima del cable es de 1200 m (3281 pies).

### 3.4.3 Panel básico operador (bop-2)

En el panel básico debemos hacer cambios en ciertos parámetros para poder dar paso a la comunicación Modbus. El panel básico operador es de gran ayuda para el usuario, ya que nos permite de forma rápida y fácil ingresar a los parámetros del variador para hacer cambios en ciertos parámetros para poder dar paso a la comunicación Modbus, es importante revisar en los manuales del fabricante, la lista de parámetros completos de los Variadores de Velocidad Sinamics G120.

**Configuración básica para la comunicación:** La dirección Modbus RTU del convertidor puede definirse mediante los interruptores de dirección de la Unidad De Control mediante el parámetro p2021.

Tabla 3.1.- Procedimiento para el ajuste de la dirección del bus de campo

Método	Descripción
Interruptor de dirección	Si se ha predeterminado una dirección válida por medio de los interruptores de dirección, siempre está activa esa dirección y el parámetro p2021 no se puede modificar.

Otros ajustes.

Tabla 3.2.- Otros ajustes de la dirección del bus de campo

Parámetro	Descripción
P0015=21	Macro Unidad de accionamiento Selección de la configuración de E/S
P2030=2	Selección de protocolo bus de campo 2: Modbus
P2020	Velocidad de transferencia bus de campo Para la comunicación se pueden ajustar velocidades de transferencia de 4800 bits/s ... 187500 bits/s; el ajuste de fábrica es = 19200 bits/s
P2024	Modbus Timing Índice 0: tiempo máximo de procesamiento esclavo-telegrama: Tiempo máximo que puede transcurrir antes de que el esclavo envíe respuesta al maestro. Índice 1: Tiempo de retardo de caracteres: Tiempo de retardo de caracteres: Retardo máximo admisible entre los distintos caracteres dentro de un frame de Modbus. (Tiempo de procesamiento estándar de Modbus para 1,5 bytes). Índice 2: tiempo de pausa entre telegramas: Retardo máximo admisible entre telegramas Modbus. (Tiempo de procesamiento estándar de Modbus para 3,5 bytes).
P2029	Estadística de errores de bus de campo Indicación de los errores de recepción en la interfaz del bus de campo.
P2040	Tiempo de vigilancia de datos de proceso Determina el tiempo que debe transcurrir para que se genere una alarma si no se transmiten datos de proceso. Este tiempo debe ajustarse en función del número de esclavos y de la velocidad de transferencia ajustada en el bus (ajuste de fábrica = 100 ms).

#### 3.4.4 Bornes de entrada y salidas.

Para el fácil manejo del proyecto y para poder realizar las pruebas, utilizamos la regleta de bornes para la alimentación eléctrica opcional

que es a 24V, ya que este variador de Velocidad trabaja con una alimentación de 440V y es complicado encontrar este tipo de voltaje en cualquier lugar de trabajo, si es que no se posee un transformador de Voltaje, lo más correcto es usar los bornes 31 y 32 de la unidad de control CU240B-2 que se observa en la figura 3.4.4 para las pruebas de comunicación necesarias, lo que nos permitirá observar en el Led de comunicación si se logró la comunicación Variador – LabView y también podremos observar en el Panel Operador si cambia el valor del Set point cuando lo modificamos a través de LabView.

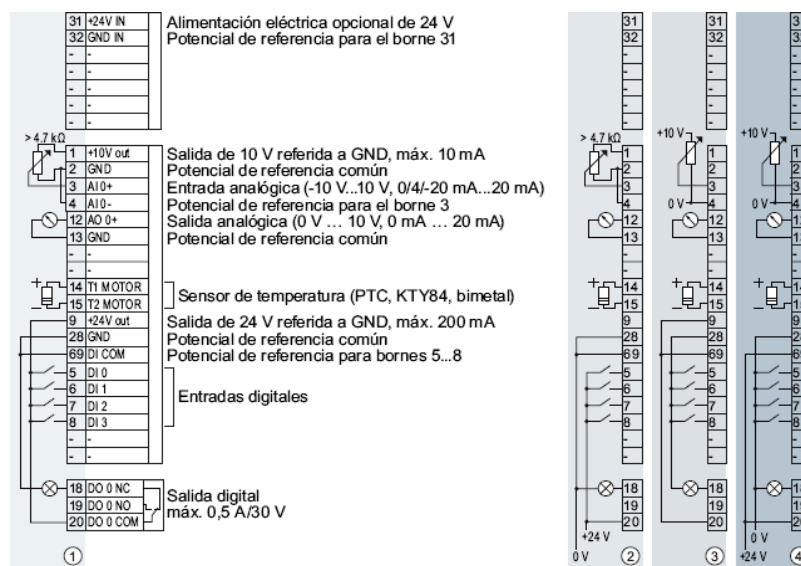


Figura 3.13 Regleta de bornes de Unidad de control CU240B-2.

### 3.4.5 Programación

Para la programación es necesario tener en cuenta los siguientes datos que hablan sobre la comunicación Modbus para poder entender paso a paso como estableceremos la comunicación. Y cuales de estos registros

son los que me permitirán mediante la programación hecha en Labview acceder a los valores obtenidos, para poder visualizarlos o modificarlos, dependiendo de lo que se quiera hacer en ese momento.

En Modbus existe un maestro y hasta 247 esclavos. La comunicación siempre es iniciada por el maestro. Los esclavos sólo pueden transferir datos a instancias del maestro. No es posible la comunicación de esclavo a esclavo. La Unidad de Control funciona siempre como esclavo.

#### **Velocidades de transferencia y tablas de mapeado.**

- Detección de inicio.
- Entre los distintos frames
- Detección de final.

Duración mínima: tiempo de procesamiento para 3.5bytes ajustable por medio de P2024 [2].

Además se permite un retardo de caracteres entre los distintos bytes de un frame. Duración máxima: tiempo de procesamiento para 1,5 bytes ajustable por medio de p2024[1].

El ajuste de fábrica para p2024[1] y p2024[2] es 0. Los respectivos valores están predeterminados en función del protocolo elegido (p2030) o la velocidad de transferencia.

Tabla 3.3.- Velocidades de transferencia.

Velocidad de transferencia en bits/s (p2020)	Tiempo de transferencia por carácter (11 bits)	Pausa mínima entre dos telegramas (p2024[2])	Pausa máxima entre dos bytes (p2024[1])
4800	2,292 ms	≥ 8,021 ms	≤ 3,438 ms
9600	1,146 ms	≥ 4,010 ms	≤ 1,719 ms
19200 (ajuste de fábrica)	0,573 ms	≥ 1,75 ms	≤ 0,859 ms
38400	0,286 ms	≥ 1,75 ms	≤ 0,75 ms
57600	0,191 ms	≥ 1,75 ms	≤ 0,556 ms
76800	0,143 ms	≥ 1,75 ms	≤ 0,417 ms
93750	0,117 ms	≥ 1,75 ms	≤ 0,341 ms
115200	0,095 ms	≥ 1,75 ms	≤ 0,278 ms
187500	0,059 ms	≥ 1,75 ms	≤ 0,171 ms

### Registro Modbus y parámetros de la Control Unit

Dado que el protocolo Modbus solo utiliza para el direccionamiento de memoria números de registro o números de bit, las palabras de mando, palabras de estado y parámetros se asignan por parte del esclavo.

El convertidor soporta los siguientes rangos de direcciones:

Las indicaciones "R", "W", "R/W" en la columna Acceso Modbus significan lectura (read con FC03); escritura (write con FC06); lectura/escritura (read/write).

Tabla 3.4.- Asignación de los registros de Modbus a los parámetros de la Control Unit

N.º reg. Modbus	Descripción	Acceso Modbus	Unidad	Factor normalización	Texto ON/OFF o rango de valores		Datos/parámetros
<b>Datos de proceso</b>							
<b>Datos de regulación</b>							
40100	Palabra de mando	R/W	--	1			Datos de proceso 1
40101	Consigna principal	R/W	--	1			Datos de proceso 2
<b>Datos de estado</b>							
40110	Palabra de estado	R	--	1			Datos de proceso 1
40111	Valor real principal	R	--	1			Datos de proceso 2
<b>Datos de parámetro</b>							
<b>Salidas digitales</b>							
40200	DO 0	R/W	--	1	HIGH	LOW	p0730, r747.0, p748.0
40201	DO 1	R/W	--	1	HIGH	LOW	p0731, r747.1, p748.1
40202	DO 2	R/W	--	1	HIGH	LOW	p0732, r747.2, p748.2
<b>Salidas analógicas</b>							
40220	AO 0	R	%	100	-100.0 ... 100.0		r0774.0
40221	AO 1	R	%	100	-100.0 ... 100.0		r0774.1
<b>Entradas digitales</b>							
40240	DI 0	R	--	1	HIGH	LOW	r0722.0
40241	DI 1	R	--	1	HIGH	LOW	r0722.1
40242	DI 2	R	--	1	HIGH	LOW	r0722.2
40243	DI 3	R	--	1	HIGH	LOW	r0722.3
40244	DI 4	R	--	1	HIGH	LOW	r0722.4
40245	DI 5	R	--	1	HIGH	LOW	r0722.5
<b>Entradas analógicas</b>							
40260	AI 0	R	%	100	-300.0 ... 300.0		r0755[0]
40261	AI 1	R	%	100	-300.0 ... 300.0		r0755[1]
40262	AI 2	R	%	100	-300.0 ... 300.0		r0755[2]
40263	AI 3	R	%	100	-300.0 ... 300.0		r0755[3]
<b>Identificador del convertidor</b>							
40300	Número de Powerstack	R	--	1	0 ... 32767		r0200
40301	Firmware del convertidor	R	--	0.0001	0.00 ... 327.67		r0018
<b>Datos del convertidor</b>							
40320	Potencia asignada de la etapa de potencia	R	kW	100	0 ... 327.67		r0206
40321	Límite de intensidad	R/W	%	10	10.0 ... 400.0		p0640
40322	Tiempo de aceleración	R/W	s	100	0.00 ... 650.0		p1120
40323	Tiempo de deceleración	R/W	s	100	0.00 ... 650.0		p1121
40324	Velocidad de ref.	R/W	RPM	1	6.000 ... 32767		p2000
<b>Diagnóstico del convertidor</b>							
40340	Consigna velocidad	R	RPM	1	-16250 ... 16250		r0020
40341	Velocidad real	R	RPM	1	-16250 ... 16250		r0022
40342	Frecuencia de salida	R	Hz	100	- 327.68 ... 327.67		r0024

Tabla 3.4.- Asignación de los registros de Modbus a los parámetros de la Control Unit

N.º reg. Modbus	Descripción	Acceso Modbus	Unidad	Factor normalización	Texto ON/OFF o rango de valores	Datos/parámetros
40343	Tensión de salida	R	V	1	0 ... 32767	r0025
40344	Tensión del circuito intermedio	R	V	1	0 ... 32767	r0026
40345	Intensidad real	R	A	100	0 ... 163.83	r0027
40346	Par real	R	Nm	100	- 325.00 ... 325.00	r0031
40347	Valor real potencia activa	R	kW	100	0 ... 327.67	r0032
40348	Consumo de energía	R	kWh	1	0 ... 32767	r0039
40349	Maestro de mando	R	--	1	HAND AUTO	r0807
<b>Diagnóstico de fallos</b>						
40400	Número fallo, índice 0	R	--	1	0 ... 32767	r0947[0]
40401	Número fallo, índice 1	R	--	1	0 ... 32767	r0947[1]
40402	Número fallo, índice 2	R	--	1	0 ... 32767	r0947[2]
40403	Número fallo, índice 2	R	--	1	0 ... 32767	r0947[3]
40404	Número fallo, índice 3	R	--	1	0 ... 32767	r0947[4]
40405	Número fallo, índice 4	R	--	1	0 ... 32767	r0947[5]
40406	Número fallo, índice 5	R	--	1	0 ... 32767	r0947[6]
40407	Número fallo, índice 6	R	--	1	0 ... 32767	r0947[7]
40408	Número de alarma	R	--	1	0 ... 32767	r2110 [0]
40499	PRM ERROR code	R	--	1	0 ... 99	--
<b>Regulador tecnológico</b>						
40500	Habilitación del regulador tecnológico	R/W	--	1	0 ... 1	p2200, r2349.0
40501	Regulador tecnológico PMot	R/W	%	100	-200.0 ... 200.0	p2240
<b>Adaptar regulador tecnológico</b>						
40510	Constante de tiempo para filtro de valor real del regulador tecnológico	R/W	--	100	0.00 ... 60.0	p2265
40511	Factor de escalado para valor real del regulador tecnológico	R/W	%	100	0.00 ... 500.00	p2269
40512	Ganancia proporcional regulador tecnológico	R/W	--	1000	0.000 ... 65.000	p2280
40513	Tiempo de acción integral del regulador tecnológico	R/W	s	1	0 ... 60	p2285
40514	Constante de tiempo comp. D regulador tecnológico	R/W	--	1	0 ... 60	p2274
40515	Límite máx. regulador tecnológico	R/W	%	100	-200.0 ... 200.0	p2291
40516	Límite mín. regulador tecnológico	R/W	%	100	-200.0 ... 200.0	p2292
<b>Diagnóstico PID</b>						
40520	Consigna válida desde GdR de regulador tecnológico interno de PMot	R	%	100	-100.0 ... 100.0	r2250
40521	Valor real regulador tecnológico después de filtro	R	%	100	-100.0 ... 100.0	r2266
40522	Señal de salida regulador tecnológico	R	%	100	-100.0 ... 100.0	r2294



**Acceso de escritura y lectura por medio de FC 3 y FC 6:** En la comunicación a través de Modbus, para el intercambio de datos entre maestro y esclavo se usan una serie de códigos de función predefinidos. La Control Unit utiliza para leer el código de función (Function Code) 03, o FC 03 (Read Holding Registers, leer registros mantenedores) y para escribir el código de función 06, o FC 06 (Preset Single Register, preset de un registro).

**Estructura de una solicitud de lectura con el código de función de Modbus 03 (FC 03):** Como dirección de inicio puede usarse cualquier dirección de registro válida. Si la dirección de registro no es válida, se devuelve el código de excepción 02 (dirección de datos no válida). Si se intenta leer un "Write Only Register" (registro sólo de lectura) o un registro reservado, se responde con un telegrama normal que tiene todos los valores ajustados a 0.

El FC 03 permite acceder a más de 1 registro con una sola solicitud. El número de registros accedidos se define en los bytes 4 y 5 de la solicitud de lectura.

**Número de registros:** Si se direccionan más de 125 registros, se devuelve el código de excepción 03 (valor de datos no válido). Si la dirección de inicio más el número de registros de una dirección quedan

fuera de un bloque de registros definido, se devuelve el código de excepción 02 (dirección de datos no válida).

**Estructura de una solicitud de escritura con el código de función de Modbus 06 (FC 06):** La dirección de inicio es la dirección del registro mantenedor. Si se indica una dirección incorrecta (es decir, si no existe ninguna dirección de registro mantenedor), se devuelve el código de excepción 02 (dirección de datos incorrecta). Si se intenta escribir en un registro "Read Only" o en un registro reservado, se devuelve un telegrama de error de Modbus (Exception Code 4 - device failure). En este caso puede leerse, por medio del registro mantenedor 40499, el código de error detallado interno del accionamiento que se ha generado a través del registro mantenedor en el último acceso a los parámetros. Con FC 06 sólo se puede acceder a un único registro por cada solicitud. Los bytes 4 y 5 de la solicitud de escritura contienen el valor que se escribirá en el registro al que se ha accedido.

**Secuencia de comunicación:** Secuencia de comunicación en circunstancias normales: En el caso normal, el maestro envía un telegrama a un esclavo (rango de direcciones 1...247). El esclavo devuelve al maestro un telegrama de respuesta. En este telegrama se refleja el código de función, y el esclavo incluye su propia dirección en el frame del mensaje, lo que permite al maestro asignar el esclavo. El

esclavo solo procesa las solicitudes y telegramas que se dirigen directamente a él.

**Error de comunicación:** Si el esclavo detecta un error de comunicación en la recepción (parity, CRC), no envía respuesta al maestro (lo cual puede dar lugar a un "tiempo excedido de consigna").

**Error lógico:** Si el esclavo detecta un error lógico en una solicitud, responde al maestro con una "Exception Response" (respuesta de excepción). En dicha respuesta, el bit más alto del código de función se ajusta a 1. P. ej., si el esclavo recibe del maestro un código de función no reconocido, responde con una "Exception Response" con el código 01 (illegal function code, o código de función ilegal).

Tabla 3.5 Resumen de los códigos de excepción

Código de excepción	Nombre de Modbus	Nota
01	Illegal Function Code	Se ha enviado al esclavo un código de función desconocido (no soportado).
02	Illegal Data Address	Se ha solicitado una dirección no válida.
03	Illegal Data Value	Se ha detectado un valor de datos no válido.
04	Server Failure	El esclavo se ha cancelado el procesamiento.

Tiempo de procesamiento máximo, p2024[0]: Para garantizar una comunicación sin errores, el tiempo de respuesta del esclavo (tiempo durante el cual el maestro de Modbus espera la respuesta a una

solicitud) debe ajustarse al mismo valor en maestro y esclavo (p2024[0] en el convertidor).

Tiempo de vigilancia de datos de proceso (tiempo excedido de consigna), p2040: Modbus emite la alarma "Tiempo excedido de consigna" (F1910) cuando, con  $p2040 > 0$  ms, no se produce durante el tiempo indicado ningún acceso a los datos de proceso.

La alarma "Tiempo excedido de consigna" solo es válida para el acceso a datos de proceso (40100, 40101, 40110, 40111). La alarma "Tiempo excedido de consigna" no se genera para datos de parámetros (40200 ... 40522).

Este tiempo debe ajustarse en función del número de esclavos y de la velocidad de transferencia ajustada en el bus (ajuste de fábrica = 100 ms).

## **CAPÍTULO 4**

### **INSTALACIÓN, APLICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ DE COMUNICACIÓN EN EL SOFTWARE LABVIEW NI.**

#### **4.1 Instalación del software LabView NI.**

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

En cuanto al click del ratón, salvo que se diga lo contrario, se supone que éste se realiza con el botón izquierdo del mismo. Colocar el DVD en la

Unidad del DVD de su sistema y esperar que aparezca la pantalla de auto-ejecución.



Figura 4.1 Paso 1 para la instalación de LabVIEW

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

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

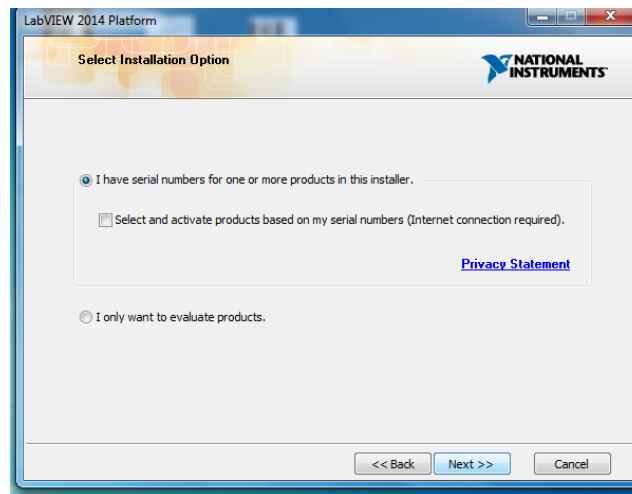


Figura 4.2. Paso 2 para la instalación de LabView

Es necesario proporcionar los números de serie para el sistema de desarrollo de LabVIEW que ha comprado y revisar la lista de productos autorizados, la cual incluye el entorno de LabVIEW, módulos y juegos de herramientas que tienen licencias válidas, además de controladores de dispositivos. Después hacer clic en next, ver figura 4.3.

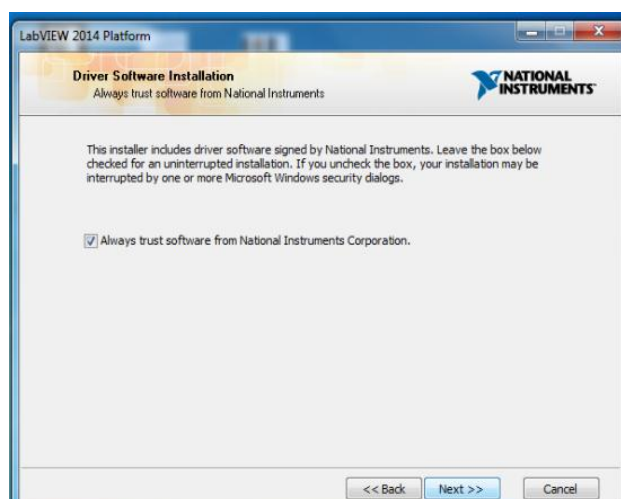


Figura 4.3. Paso 3 para la instalación de LabView

Escoger el directorio de instalación para el software de National Instruments, acepte los acuerdos de licencia y haga clic en next. Proporcione su nombre completo y empresa. Esta información será usada para completar el registro de su software. Los productos enlistados requieren interacción del usuario para finalizar. De lo contrario, puede dejar la instalación desatendida (figura 4.4).



Figura 4.4. Muestra el inicio de la instalación.

## 4.2 Establecer la comunicación entre la unidad de control del variador

### Sinamics G120 y el software Labview Ni.

Para establecer la Comunicación Labview – Variador, tenemos que configurar al maestro y al esclavo, empezaremos con el maestro en este caso LabView, Creamos un programa nuevo en Labview al cual le llamaremos proyecto Modbus. En el cual crearemos todas las variables que permite la asignación de los registros Modbus a los parámetros de la unidad de control del variador. El cual encontraremos en la tabla 3.



1. En *My Computer*, damos clic en *New* donde escogeremos la opción *I/O Server*, donde elegiremos que tipo de *I/O server* queremos usar, para nuestro caso escogemos *Modbus*.

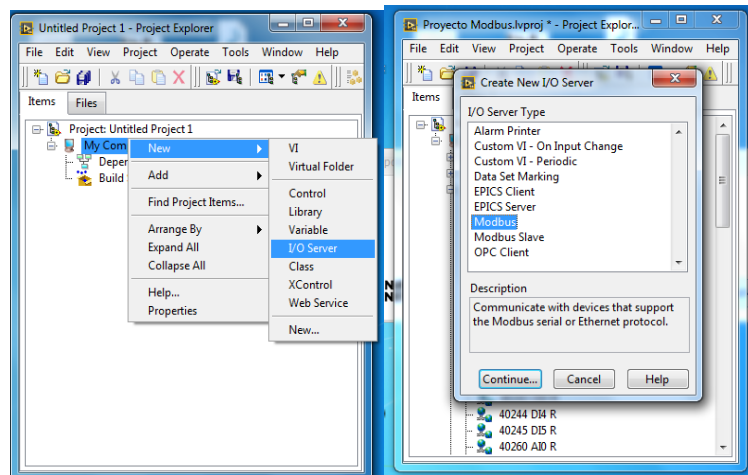


Figura 4.5. Crear un Nuevo I/O server.

2. Configurar *Modbus I/O Server*, es importante escoger el puerto serial adecuado, eso dependerá del puerto serial de la cada PC.

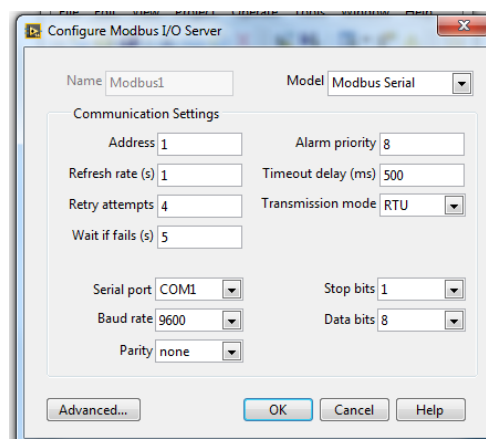


Figura 4.6. Configuración Modbus I/O Server

3. Luego de crear el servidor Modbus, damos clic y aparecerá una opción que dice *Create Bound Variables*, en donde crearemos todas las variables que permitirán la asignación de registros de Modbus a los parámetros de la unidad de control del variador.

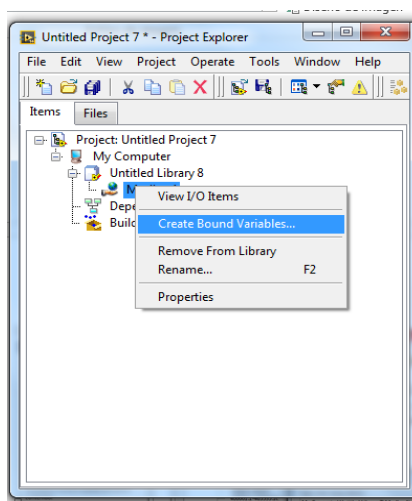


Figura 4.7. Creación de variables

4. Al escoger la opción de la que hablamos en el paso 3, aparece la siguiente pantalla mostrada en la figura 4.7, donde damos clic en *Project/ My computer/ library/ Modbus* donde luego aparece las direcciones asignadas de la tabla de datos de referencia de Modbus. En la cual escogeremos los registros de retención sin signo de 16 bits enteros, de lectura o escritura representados por 400001–465535. Luego escogemos la opción *Add range* y donde dice *Numbers of ítems*, escribimos el número de variables que queremos crear.

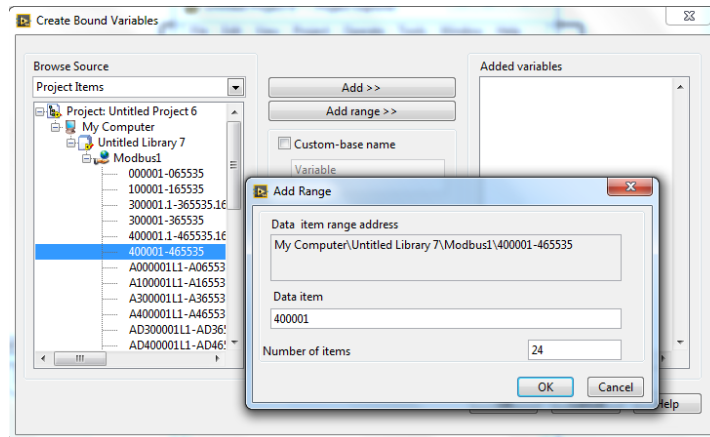


Figura 4.8. Creación de las variables de Modbus

5. Después de dar *ok*, a la configuración explicada en el paso 4, se abrirá inmediatamente después la pantalla que se muestra en la figura 4.2 (e), en la cual podemos observar. Las variables que se han creado, el tipo de variable, tipo de datos, tipo de acceso, en donde vamos a proceder a escribir y escoger todas las variables que necesitamos según tabla 3.

Path	Name	Var Type	Data Type	Network-Publish Buffering	Network-Publish Offer Size	Network-Publish Bind to Source	Network-Publish Access Type	Network-Publish Binding Type	Network-Publish Project Path	Network-Publish Writers	Logging Enable	Alarm Enable
...titled Library 7/	40340 Speed Setpoint R	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read only	Project	...us1400001-465535	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...titled Library 7/	40341 Real Speed	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read only	Project	...us1400001-465535	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...titled Library 7/	40342 output frequency	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read only	Project	...Modbus1400001	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...titled Library 7/	40324 reference speed	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write	Project	...Modbus1400002	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...titled Library 7/	400003	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write	Project	...Modbus1400003	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...titled Library 7/	400004	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write	Project	...Modbus1400004	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...titled Library 7/	400005	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write	Project	...Modbus1400005	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...titled Library 7/	400006	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write	Project	...Modbus1400006	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...titled Library 7/	400007	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write	Project	...Modbus1400007	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...titled Library 7/	400008	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write	Project	...Modbus1400008	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...titled Library 7/	400009	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write	Project	...Modbus1400009	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...titled Library 7/	400010	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write	Project	...Modbus1400010	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...titled Library 7/	400011	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write	Project	...Modbus1400011	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...titled Library 7/	400012	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write	Project	...Modbus1400012	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...titled Library 7/	400013	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write	Project	...Modbus1400013	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...titled Library 7/	400014	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write	Project	...Modbus1400014	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...titled Library 7/	400015	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write	Project	...Modbus1400015	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...titled Library 7/	400016	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write	Project	...Modbus1400016	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...titled Library 7/	400017	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write	Project	...Modbus1400017	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...titled Library 7/	400018	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write	Project	...Modbus1400018	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...titled Library 7/	400019	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write	Project	...Modbus1400019	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...titled Library 7/	400020	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write	Project	...Modbus1400020	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...titled Library 7/	400021	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write	Project	...Modbus1400021	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...titled Library 7/	400022	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write	Project	...Modbus1400022	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...titled Library 7/	400023	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write	Project	...Modbus1400023	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...titled Library 7/	400024	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write	Project	...Modbus1400024	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...titled Library 7/	400025	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write	Project	...Modbus1400025	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...titled Library 7/	400026	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write	Project	...Modbus1400026	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...titled Library 7/	400027	Network-Pub...	Ushort16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write	Project	...Modbus1400027	Multiple Writers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 4.9. Editor de múltiples variables.

- Después de crear todas las variables necesarias para establecer correctamente la comunicación, agregamos un *Vi*, en donde creamos un lazo de monitoreo en el cual vamos a llamar a todas las variables de lectura que creamos anteriormente desde una *shared variable*.

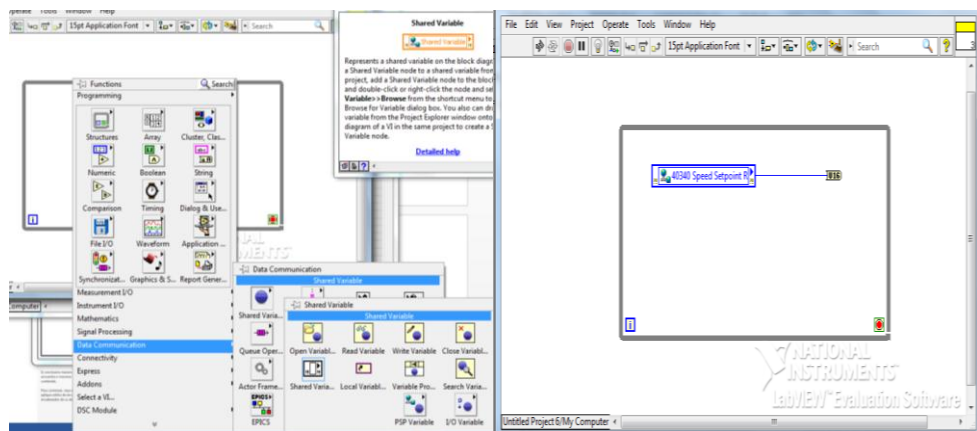


Figura 4.10. Creación de las Shared Variables.

7. Hemos creado el lazo de monitoreo con todas las variables necesarias, en la figura 4.11 podemos observar la prueba inicial de lectura, y en la figura 4.12, podemos observar la prueba de lectura con valores escalables los cuales están dado por el fabricante del convertidor observar tabla 3.

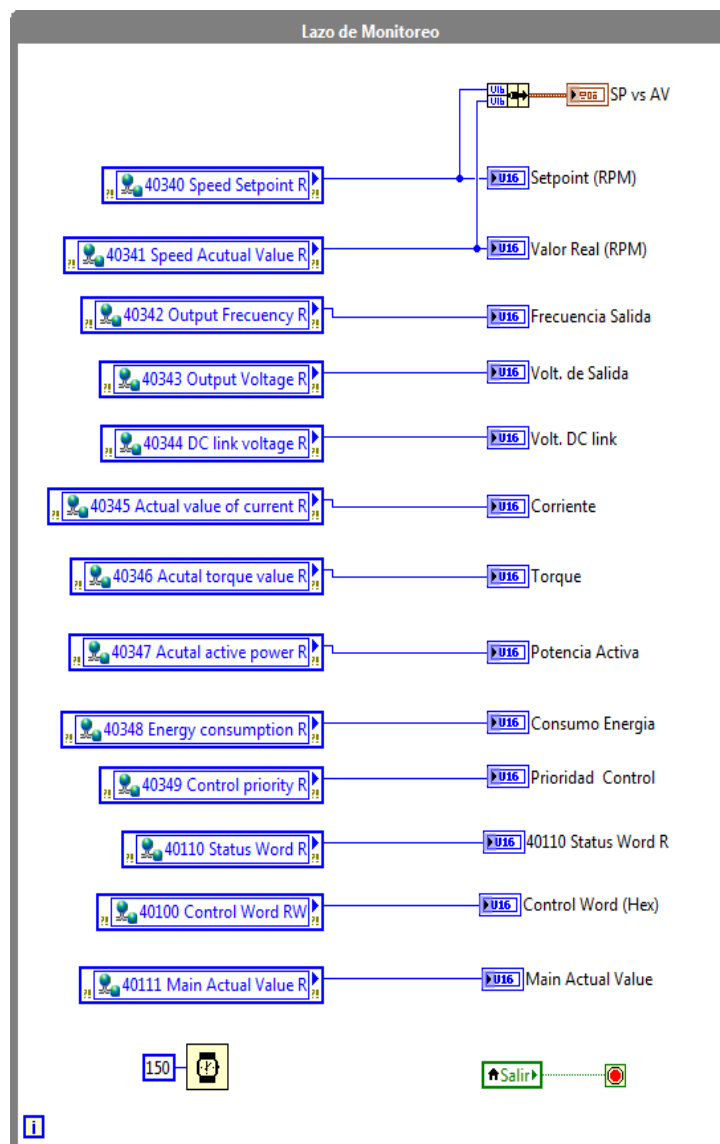


Figura 4.11. Prueba de lectura inicial

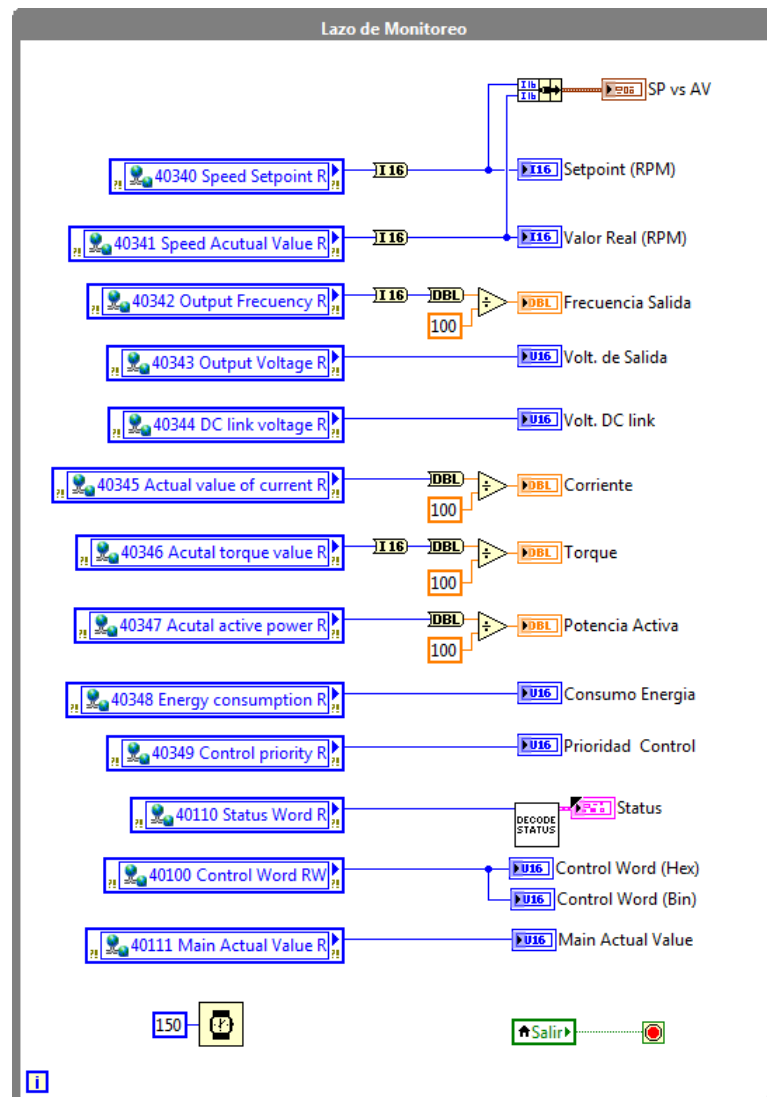


Figura 4.12. Lectura de variables con valores escalados.

Después de haber creado los lazos de monitoreo y para poder confirmar que hemos logrado establecer la comunicación Variador – Labview se deben seguir los siguientes pasos en la pc, en la conexión de los cables y en los conectores seriales para conseguir el correcto funcionamiento del programa.

1. Con el computador apagado, conectamos el cable conversor de USB a RS-485, y luego encendemos el computador. Es muy importante conectar el cable antes de encender el computador, caso contrario el cable podría no ser reconocido adecuadamente. Adicionalmente trabajamos con el conector serial DB 9 hembra el cual conectamos por un lado al conector RS-485 y al Variador de Velocidad que tiene una regleta de bornes asignadas.

El conector serial DB-9 con terminales tipo HEMBRA consta de 9 pines y cada uno de los pines cumple una función específica, ver figura 4.

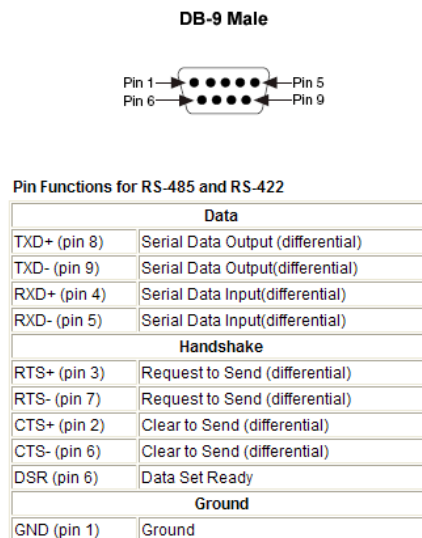


Figura 4.13. Funciones de los pines del DB-9.

Para conectar el DB-9 a la unidad de control del variador la cual posee comunicación Modbus se debe seguir las especificaciones dadas en las

características del mismo observar figura 3.10, Donde encontramos el conector y los pines correspondientes para la conexión.

En el pin 1 conectamos el cable correspondiente al pin 1 (GND) del conector DB-9, para el pin 2 conectamos los cables correspondientes a la recepción y envío de datos con referencia positiva, para este caso unimos los 2 cables correspondientes al pin 3 y pin 8 del conector DB-9 y los conectamos al pin 2 del módulo del variador. Para el pin 3 conectamos los cables correspondientes a la recepción y envío de datos con referencia negativa, para este caso unimos los cables 2 cables correspondientes al pin 5 y pin 9 del conector DB-9 y los conectamos al pin 3 del módulo del variador. Tener en cuenta que más adelante debemos explicarle al computador la clase de conexión que hemos realizado.

2. A continuación se debe configurar el puerto en Windows, para ello hacemos abrimos el Administrador de Equipos de Windows (clic derecho en Equipo>>Administrar...)



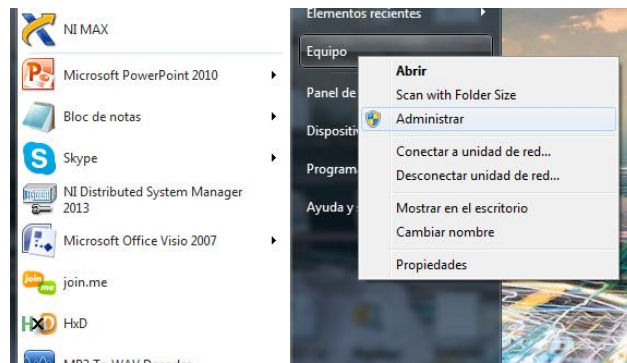


Figura 4.14. Pasos de configuración para la comunicación

3. En el Administrador de Equipos seleccionamos Administrador de Dispositivos y navegamos hasta Puertos (COM y LPT) y hacemos doble clic en el dispositivo NI USB485/1

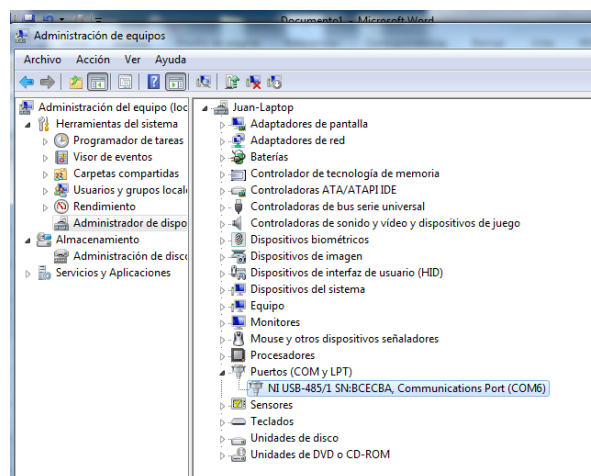


Figura 4.15. Pasos de configuración para la comunicación

4. En la pestaña de Port Settings nos aseguramos que la configuración sea la siguiente.

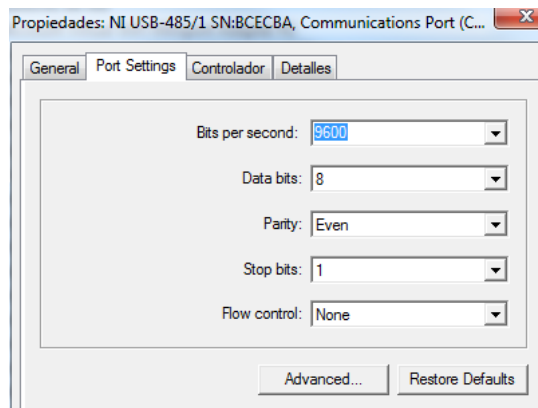


Figura 4.16. Pasos de configuración para la comunicación

5. Hacemos clic en *Advanced...* y configuramos de la siguiente manera:

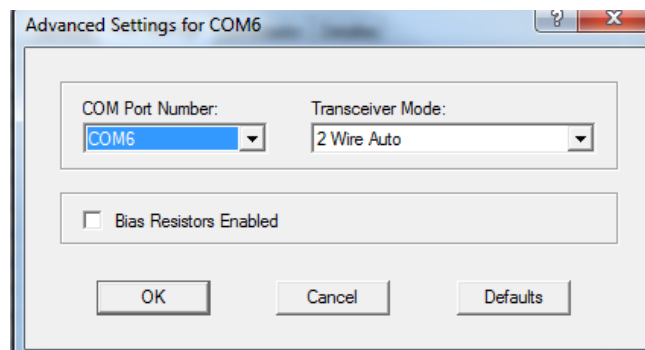


Figura 4.17. Pasos de configuración para la comunicación

Es importante que el puerto en el que se configure sea el *COM6*. Si por alguna razón este puerto no está disponible, seleccionar otro puerto y se debe cambiar el puerto por defecto usado en el programa como se indica más adelante. En el modo de transmisión debemos escoger *2 Wire Auto* ya que esta representa la conexión que hemos realizado en los pines de los conectores involucrados. Hacemos clic en aceptar para cerrar todas las ventanas abiertas.

6. Abrimos el proyecto Proyecto Modbus.lvproj. Si en el paso anterior configuramos el puerto como COM6, continuamos con el paso 8. De lo contrario, pasamos al paso 7.
7. En el proyecto, expandimos Librería IO y damos clic derecho en Modbus.

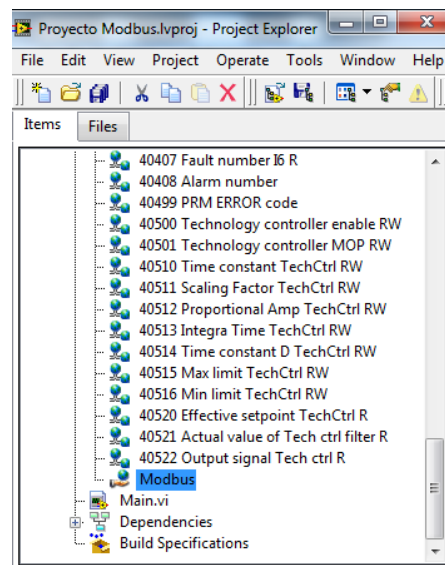


Figura 4.18. Pasos de configuración en LabView

En propiedades nos aseguramos que la configuración esté como se indica a continuación, y en la configuración de Serial Port seleccionamos el puerto configurado en el paso 5. Luego damos clic en OK para cerrar esa ventana.

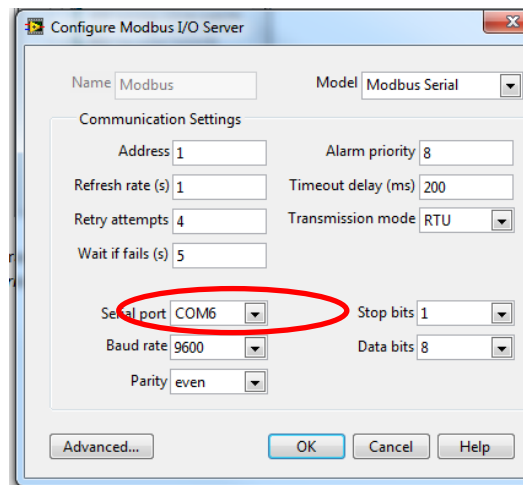


Figura 4.19. Configuración Modbus

8. Damos doble clic en Main.vi para abrir el programa principal corremos el programa y verificamos si existe la comunicación.

Para la configuración del esclavo es necesario, ingresar a los parámetros del variador, para realizar los siguientes ajustes, necesarios para lograr la configuración Modbus, ingresamos a los parámetros del variador, a la opción de *especial parameters* y buscamos los siguientes parámetros, de los cuales se puede observar su descripción en la tabla 3. , el primero es el p2021[1], luego el p0015[21], p2030[2], p2020[7], p2024[1], p2040[0], después de configurar todos estos parámetros, la unidad de control (esclavo) se encuentra lista para la comunicación.

Luego procedemos a conectar todos los equipos involucrados para la implementación necesaria, del cual hacemos una breve descripción:

- Motor trifásico Siemens 0.5 hp a 220/440 V.
- Transformador de Voltaje de 1.5 KV de 440/220-220/110V.
- Variador de velocidad Sinamics G120: el cual consta de tres partes, módulo de potencia (1hp), unidad de control (CU240B-2), y panel operador.
- PC con software Labview.
- Cable interfaz RS-485 a Usb.
- Conector DB-9.

De esta manera al tener todos los equipos conectados, según el diagrama de conexiones de la figura 4.2 podemos proceder con la comunicación y probar el correcto funcionamiento de todos los parámetros que queremos observar.

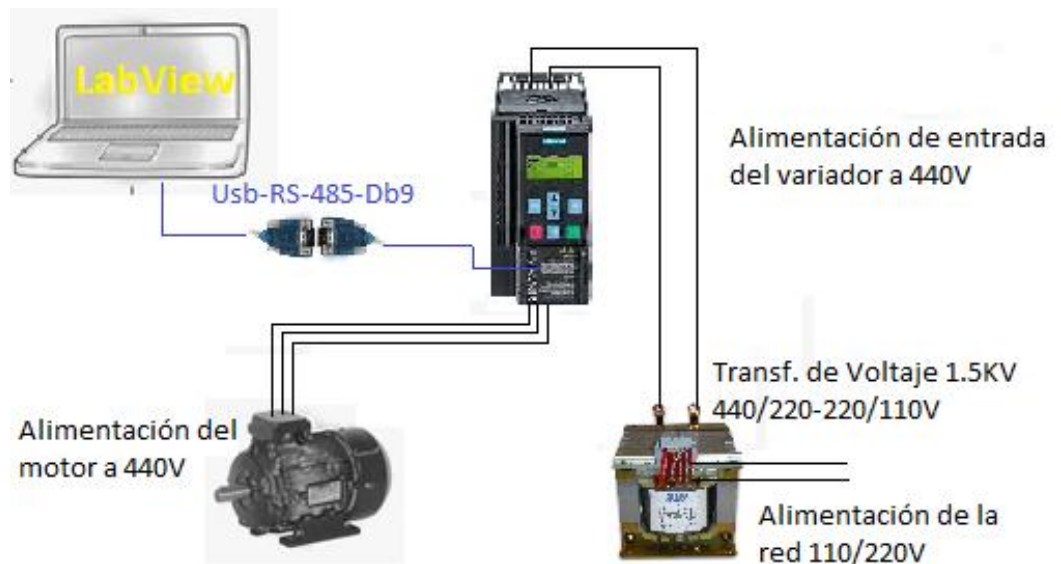


Figura 4.20. Diagrama general de conexiones y equipos usados en el proyecto.

### 4.3 Desarrollo e implementación de la aplicación.

Al iniciar el programa tenemos el siguiente panel frontal: el cual describiremos a continuación.

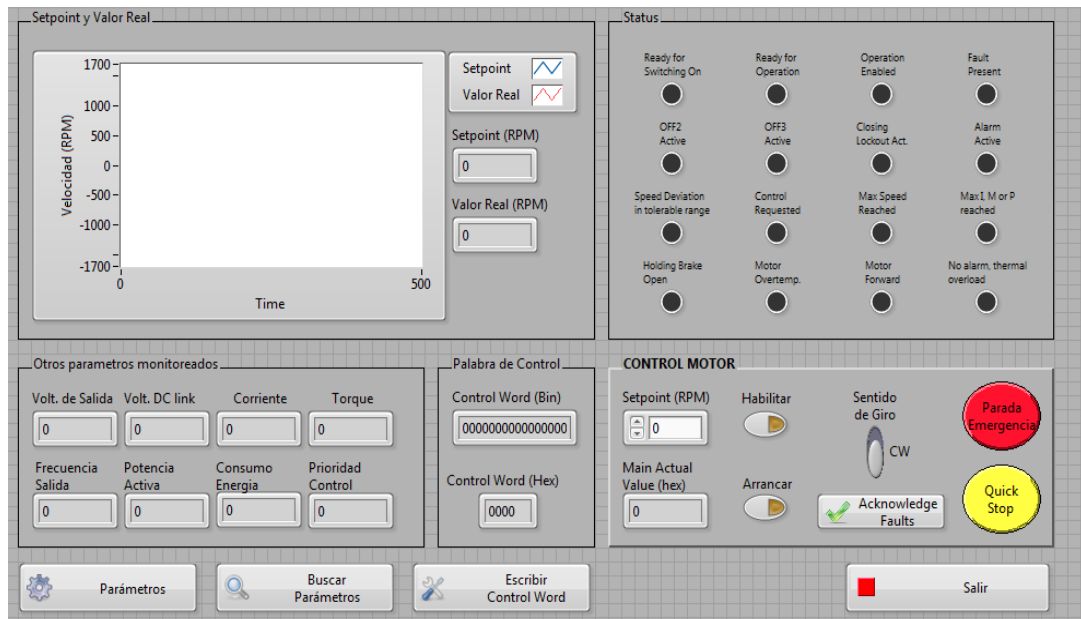


Figura 4.21. Interfaz Gráfica del programa.

**Setpoint y Valor Real:** En este lugar se grafican el set point junto con el valor real enviado por el variador. Además se muestran los valores numéricos de dichos valores. El signo de la velocidad indica la dirección de giro.

**Status:** Se monitorea la palabra de control de Status del variador, que envía la información mostrada en el panel frontal. Referirse al anexo A para conocer más de la palabra Status.

**Otros parámetros monitoreados.** Se monitorea información enviada por el variador. Esta información está adecuadamente escalada según las unidades mostradas.

**Palabra de Control:** Se muestra el valor de la palabra de control

**Control Motor:** Desde los controles indicados se realiza el control del motor, como por ejemplo cambio de setpoint, arrancar el motor, parada de emergencia, invertir giro y demás.

Se tiene además botones que sirven para configurar el sistema:

**Parámetros:** Abre una ventana de configuración de los parámetros más comunes

**Buscar Parámetros:** Abre una ventana donde se pueden buscar y leer/escribir todos los parámetros asequibles a través de Modbus.

**Escribir Control Word (Avanzado):** Permite escribir directamente un valor en la palabra de control.

## 4.4 Monitoreo

Monitoreo de STATUS:

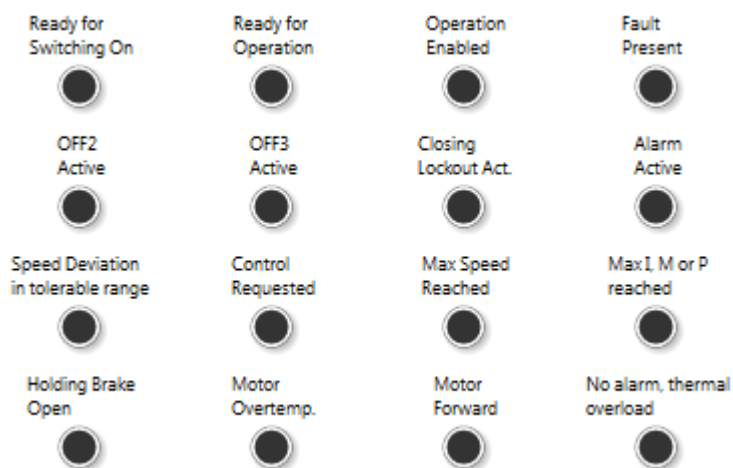


Figura 4.22. Gráfica del Status del programa

A continuación se presenta una explicación de las indicaciones recibidas a través de STATUS:

**Ready for Switching On:** La fuente de poder está encendida, la electrónica está inicializada.

**Ready for Operation:** El motor está encendido (el botón Arrancar está pulsado). No existen fallas activas, el motor puede arrancar tan pronto como se pulse Habilitar.



**Operation Enabled:** El motor sigue el Setpoint

**Fault Present:** El inversor tiene una falla

**OFF2 Active:** Parada de Emergencia Activada

**OFF3 Active:** Quick Stop Activada

**Closing Lockout Active:** El motor se enciende pulsando nuevamente Arrancar (desactivándolo y activándolo nuevamente de ser necesario)

**Alarm Active:** Alarma Activa

**Speed Deviation in tolerable range:** La velocidad real del motor en comparación al Setpoint está dentro de un rango tolerable

**Control Requested:** Se pide al sistema automático que asuma el control

**Max Speed Reached:** La velocidad es igual o mayor a la velocidad máxima (velocidad máxima configurada en parámetro p2141 y p2142 del variador)

**Max I, M or P reached:** Valores de corriente, torque o potencia han excedido valores máximos

**Holding Brake Open:** Señal de abrir o cerrar el freno de retención

**Motor Overtemperature:** Alarma de motor sobrecalentado

**Motor Forward:** Si se enciende significa que el motor se mueva hacia adelante, caso contrario se mueve hacia atrás.

**No alarm, thermal power unit:** Encendido significa que no existen alarmas adicionales.

#### 4.4.1 Set point.

Para poder visualizar el set point cada variable se conecta con el registro respectivo en el variador, en este caso para el set point usamos el registro 40340 y el 40341 que son la consigna de velocidad y la velocidad real respectivamente.

En el gráfico de forma de onda que es un tipo especial de indicador numérico nos muestra el set point y el valor real de la velocidad que son datos típicamente adquiridas a un ritmo constante. También podemos

observar el signo de la velocidad que indica la dirección del sentido de giro.

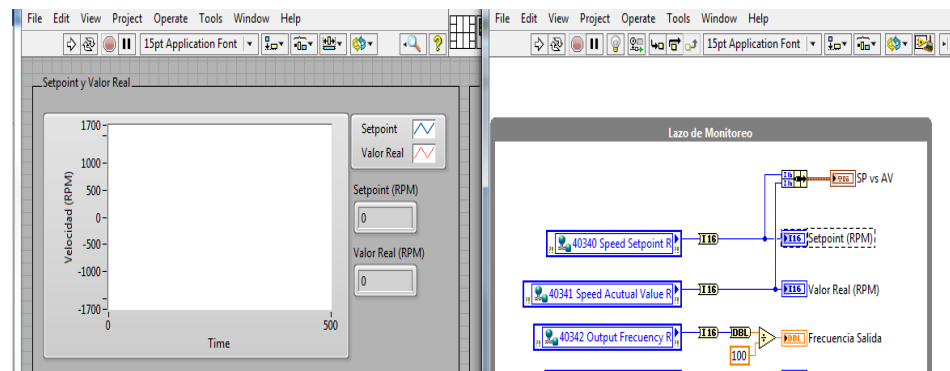


Figura 4.23. Muestra la construcción del lazo de monitoreo para la visualización del Set Point.

#### 4.4.2 Velocidad del motor.

Para el monitoreo de la velocidad del motor se conecta la variable con el registro respectivo del variador, para la velocidad del motor usamos el registro 40340 y el 40341 que son la consigna de velocidad y la velocidad real respectivamente.

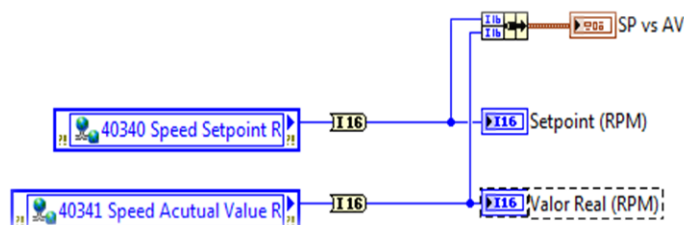


Figura 4.24. Lazo de monitoreo para el registro de la velocidad del motor.

#### 4.4.3 Voltaje de salida.

Con el registro 40343 conectada a la variable de controles numéricos e indicadores podemos visualizar los datos del voltaje de salida del motor.



Figura 4.25. Lazo de monitoreo para el registro del voltaje de salida.

#### 4.4.4 Corriente de salida.

La visualización de la corriente de salida podemos lograrla a través del lazo de monitoreo, la cual nos muestra al registro 40345 que es el valor de la corriente real conectado a una variable la misma que hemos escalado con un factor de normalización de 100 observar tabla 3.4. Donde se muestra los factores de normalización para cada registro.



Figura 4.26. Lazo de monitoreo para el registro de la corriente de salida.

#### 4.4.5 Frecuencia.

Para poder visualizar la frecuencia la variable asignada se conecta con el registro del variador, en este caso usamos el registro 40342, la variable debe estar escalada con un factor de normalización de 100 observar tabla 3.4.

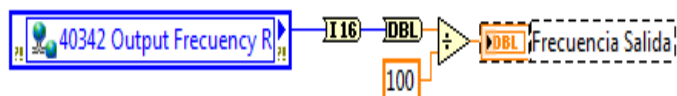


Figura 4.27. Lazo de monitoreo para el registro de frecuencia.

## 4.5 Control.

A través de la interface graficada en la parte de abajo se puede controlar el motor.

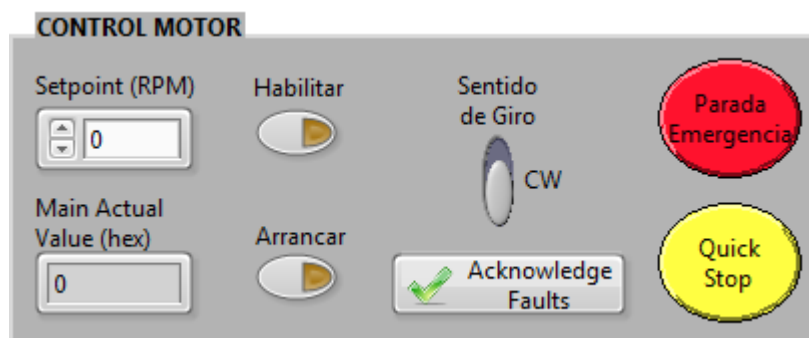


Figura 4.28. Control del motor en el Panel Frontal.

En *Setpoint (RPM)* se escribe la velocidad a la que se quiere que gire el motor. En *Main Actual Value (hex)* se tiene el valor no escalado del setpoint, que puede ser usado para comprobar el funcionamiento correcto del sistema. (El valor escalado se puede ver en el mismo panel frontal, en la sección de Setpoint y Valor Real).

Para arrancar el motor, activamos primero *Habilitar* y luego pulsamos *Arrancar*. El sentido de giro se puede cambiar usando el botón *Sentido de Giro*. En caso

de presentarse una falla, el motor se detiene y se enciende *Fault Present* en el panel de Status como se indicó anteriormente. Si la falla fue solucionada, podemos hacer reconocimiento de dicha falla pulsando *Acknowledge Faults*.

Para volver a arrancar el motor, debemos activar el botón de *Arrancar* nuevamente, (desactivándolo y activándolo de ser necesario). Pulsando *Parada de Emergencia* el motor se detiene inmediatamente (aunque puede continuar girando por la inercia). Pulsando *Quick Stop* el motor se detiene en el tiempo indicado en el parámetro p1135 del variador.

#### 4.5.1 Modifica velocidad del motor.

Se añade una estructura de eventos, esto hace que se envíe el valor al variador solamente cuando el usuario cambia el Setpoint.

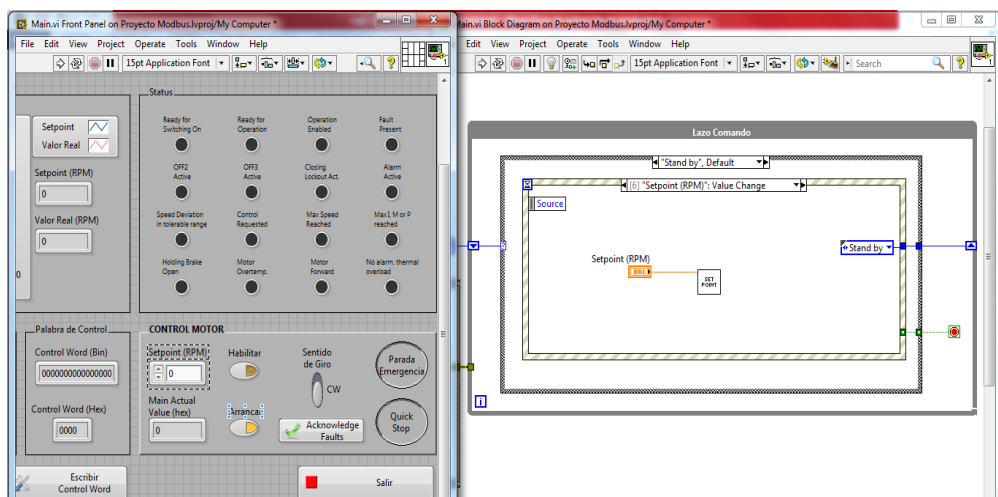


Figura 4.29. Muestra la construcción del lazo de comando para el cambio del valor del setpoint

## 4.5.2 Cambio del sentido de dirección del motor

El sentido de giro se puede cambiar usando el botón Sentido de Giro. Igualmente, se manda el comando de cambio de sentido de giro, solamente cuando el usuario oprime el botón correspondiente, por eso se usa una estructura de eventos.

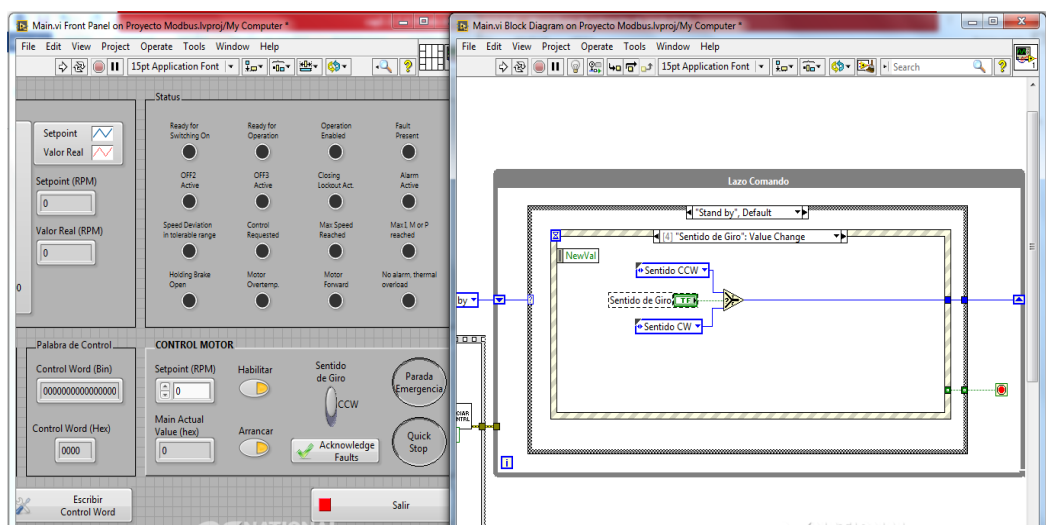


Figura 4.30. Indica la construcción del lazo de comando para el sentido de giro del motor.

## 4.6 Configuración de parámetros.

Al hacer clic en el botón Parámetros de la ventana principal se abrirá la siguiente ventana:



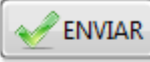




Parámetro	Valor Actual	Nuevo Valor	Enviar Nuevo
DO 0			
Límite Corriente	<input type="text" value="0 %"/>	<input type="text" value="0 %"/>	
Ramp Up Time	<input type="text" value="0 s"/>	<input type="text" value="0 s"/>	
Ramp Down Time	<input type="text" value="0 s"/>	<input type="text" value="0 s"/>	
Reference Speed	<input type="text" value="0 RPM"/>	<input type="text" value="0 RPM"/>	

Figura 4.31. Pantalla para configuración de parámetros.

En dicha ventana se pueden configurar los parámetros indicados. Para cambiar el valor se debe seleccionar el nuevo valor y hacer clic en el botón *Enviar* correspondiente.

**Nota:** Raramente el valor enviado no se escribe/lee correctamente, por lo que la columna de valor actual no se actualiza adecuadamente. En caso de ocurrir, volver a enviar el valor nuevamente.

#### 4.6.1 Acceso por medio de registros de parámetros.

**Buscar Parámetros:** Abre una ventana donde se pueden buscar y leer/escribir todos los parámetros asequibles a través de Modbus. A



continuación podemos observar todos los pasos que hemos realizado para la construcción de los diagramas de bloques necesarios para el acceso.

### SubVI Parámetros

1. Abre archivo *parámetros.txt* que se encuentra en la carpeta *Archivos*

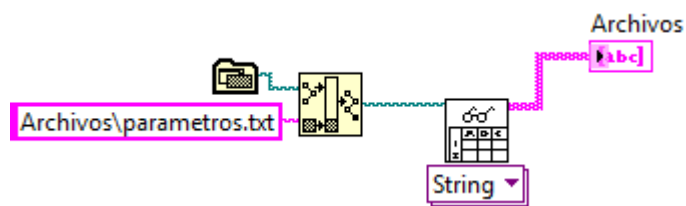


Figura 4.32. Arreglos usados dentro de los SubVi.

2. Del archivo *parámetros.txt* extrae la columna 8, 1, 2, y 3

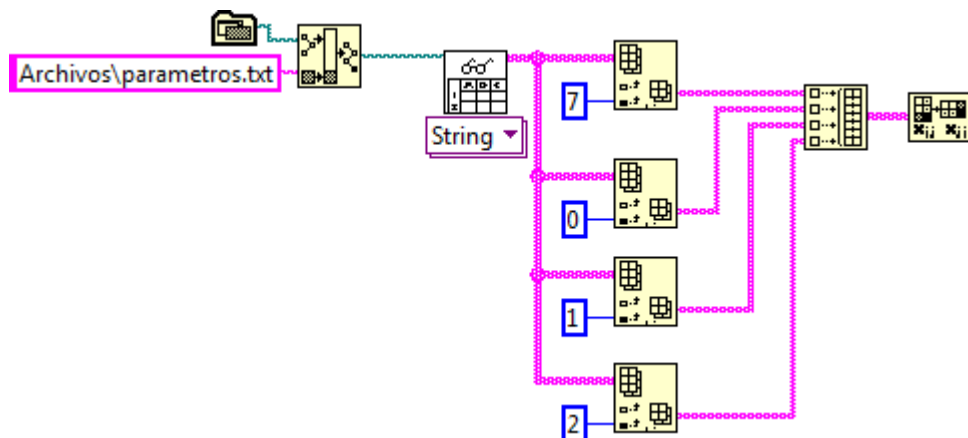


Figura 4.33. Arreglos usados dentro de los SubVi.

3. Se empezó poniendo una estructura de eventos. El primer evento que se maneja es un *Timeout* de 25 ms (es decir que lo que esté dentro corre cada 25ms).

Luego se agrega una estructura de caso para determinar si está seleccionado un ítem.

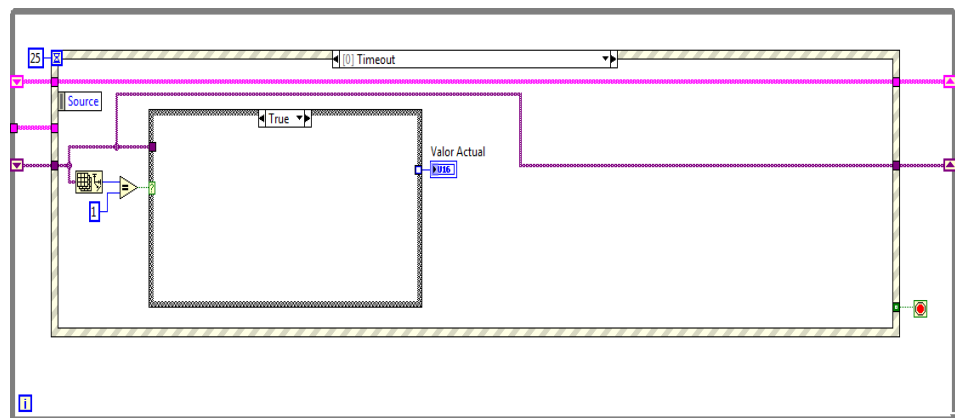


Figura 4.34. Construcción de eventos Timeout.

Si está seleccionado un solo ítem (caso True), se habilita la posibilidad de cambiar el valor (por eso la constante Enabled)

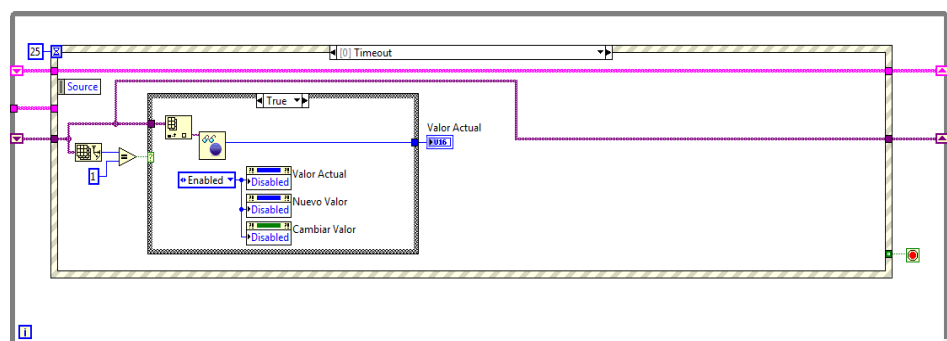


Figura 4.35. Construcción de eventos Timeout.

- Se agrega un nuevo evento, lo que está dentro de la estructura corre si se cambian los valores de los controles *Parámetro*, *Modbus* o *Descripción*.

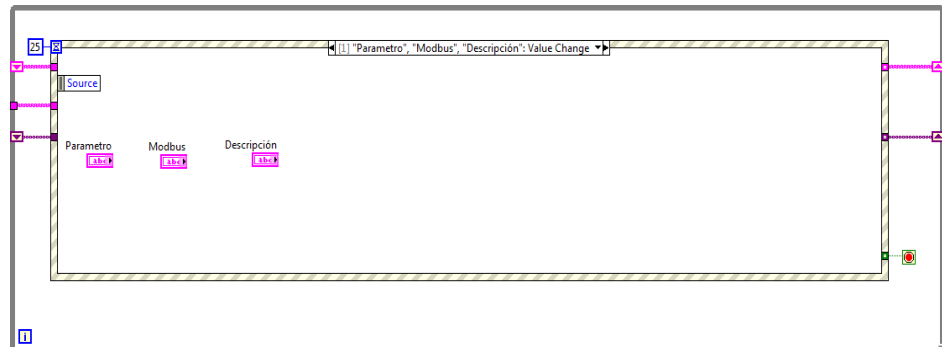


Figura 4.36. Construcción de eventos “Parámetros Modbus Value change”.

Se agregan las funciones *Filtrado Parámetros*, que filtran la información que se muestra según los valores en los controles *Parámetro*, *Modbus* y *Despcripción*.

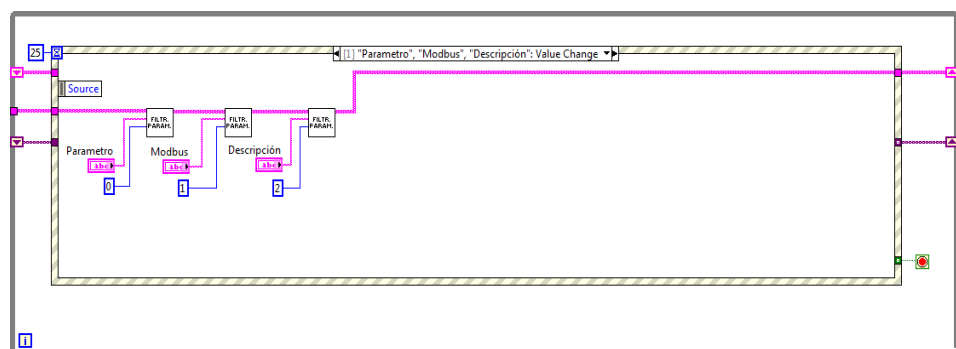


Figura 4.37. Construcción de eventos “Parámetros Modbus Value change”.

Se actualiza la **lista de parámetros** en el Panel Frontal.

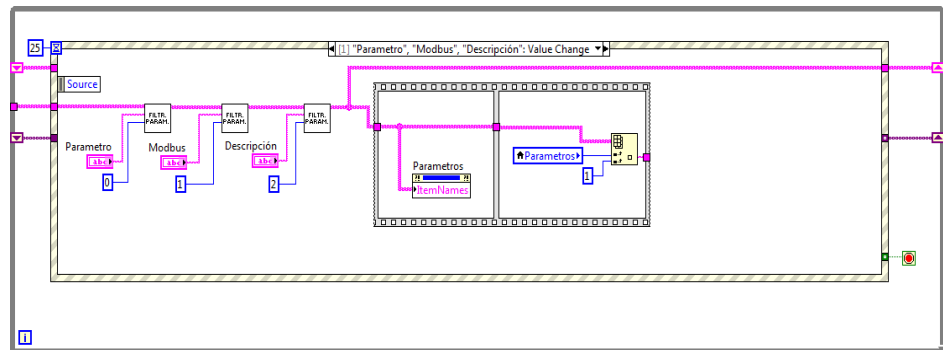


Figura 4.38. Construcción de eventos “Parámetros Modbus Value change”.

Finalmente el valor parámetro seleccionado de la lista es leído desde el variador

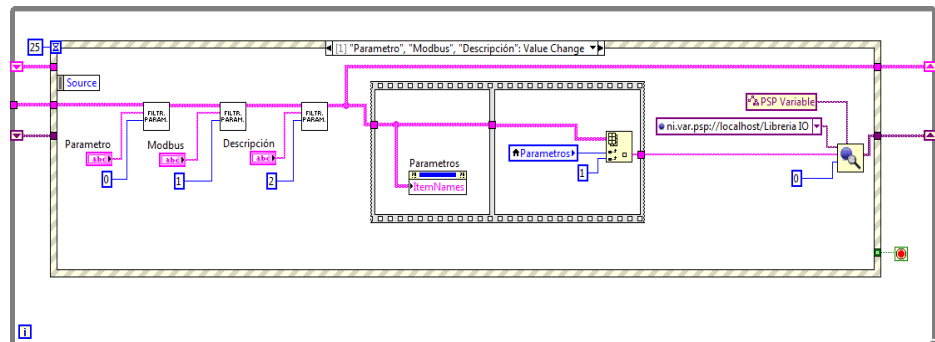


Figura 4.39. Construcción de eventos “Parámetros Modbus Value change”.

- Si se modifica la selección de la lista de parámetros, se ejecuta lo que está dentro de la estructura

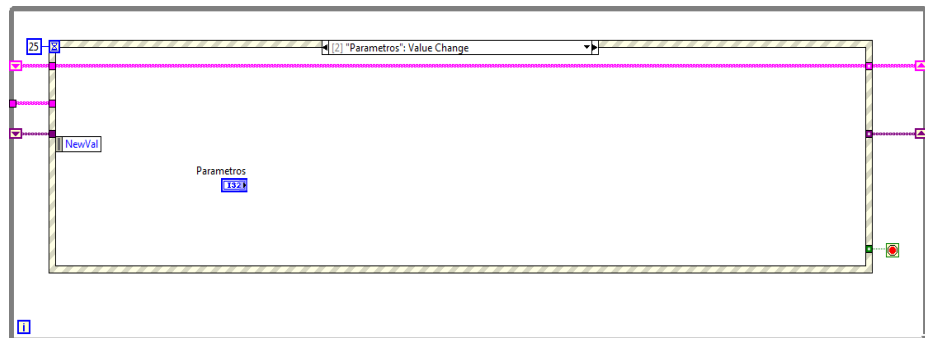


Figura 4.40. Construcción de eventos “Parámetros: Value change”.

6. El valor del parámetro seleccionado es leído desde el variador.

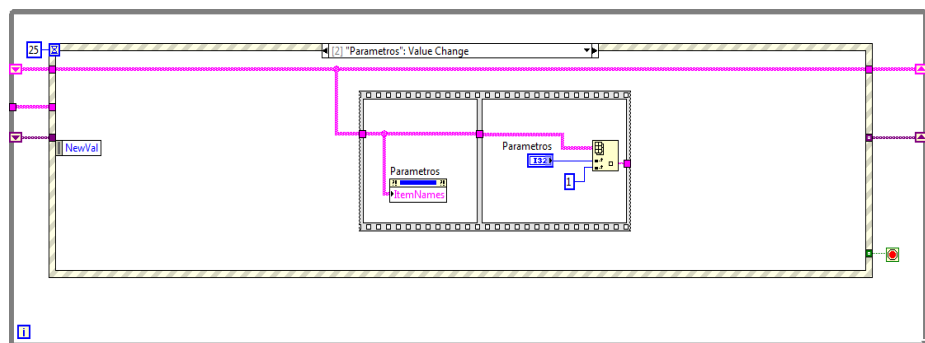


Figura 4.41. Construcción de eventos “Parámetros: Value change”.

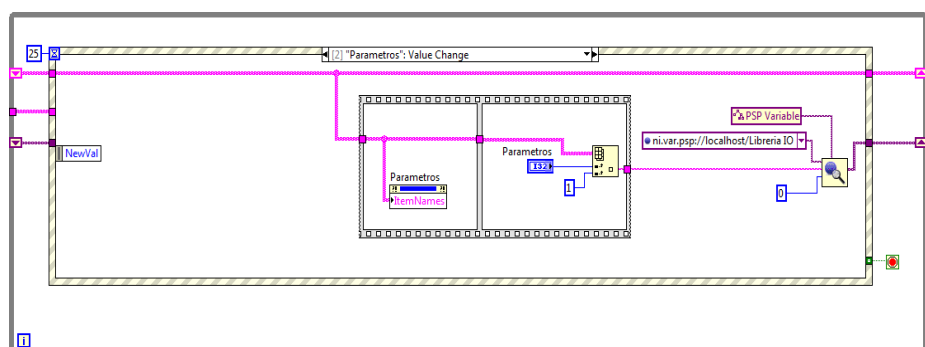


Figura 4.42. Construcción de eventos “Parámetros: Value change”.

7. Cuando se hace clic en cambiar valor se ejecuta lo que está dentro de la estructura.

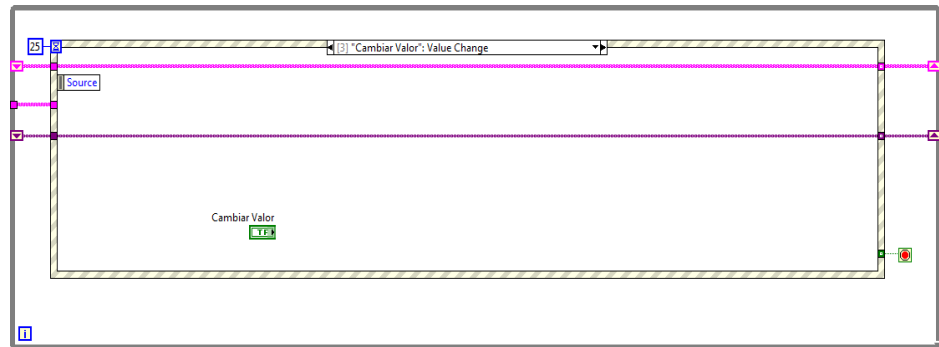


Figura 4.43. Construcción de eventos “Cambiar Valor: Value change”.

Si está un solo valor seleccionado, dicho valor es actualizado con Nuevo Valor.

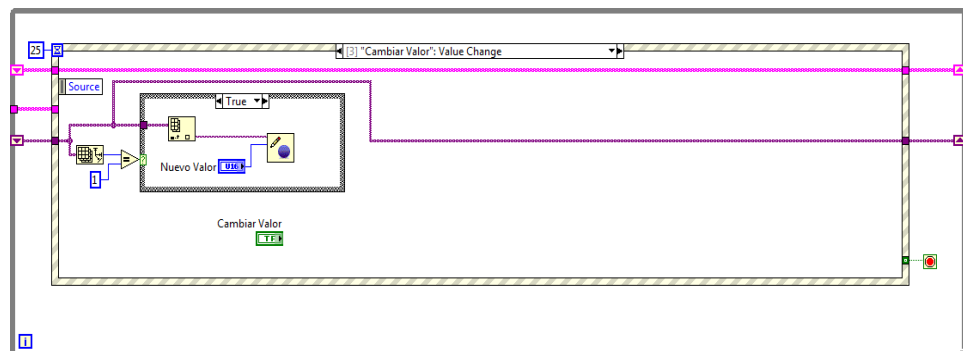


Figura 4.44. Construcción de eventos “Cambiar Valor: Value change”.

## 8. Imagen de todo el programa completo.

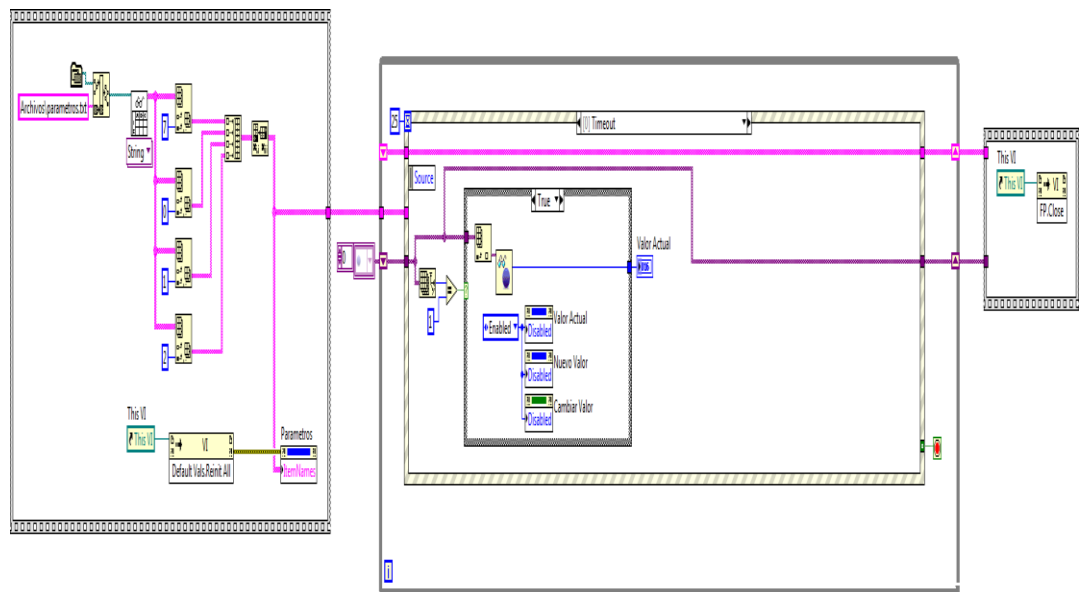


Figura 4.45. Imagen de todo el programa completo

**Filtrado de Parámetros:** Son las funciones de filtrado de parámetro



que se añadieron en el punto 4.

1. En *Parámetros* está toda la lista de parámetros, en *Índice* es el índice de la información que se quiere filtrar (0 *número de parámetro*, 1 *Registro Modbus*, 2 *Descripción*). En *Parámetro* está el nombre que se quiere filtrar.

- De la lista de parámetros extraemos el elemento del índice determinado



Figura 4.46. Lista de parámetros

- Ejecutamos la función filtrar nombres

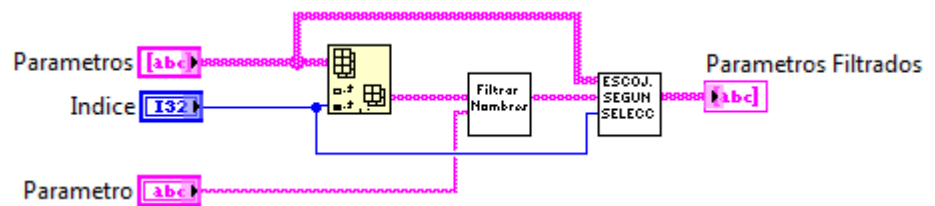



Figura 4.47. Filtrar nombres.

### Filtrar Nombres

- Esta función toma un arreglo *Array* y crea un nuevo arreglo con todos los elementos de *Array* que contengan los caracteres que tiene

*Filtro*. Para eso se utiliza 



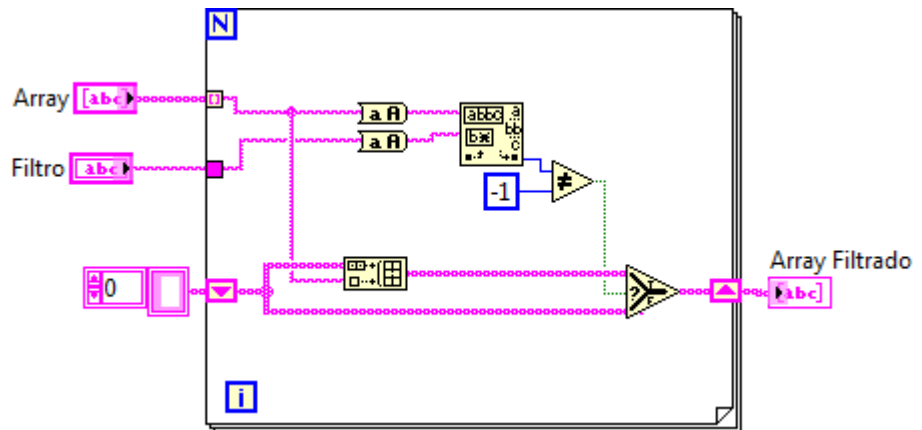


Figura 4.48. Arreglo - filtrar nombres

Escoger datos según selección: Según la lista de nombres filtrada creada con la función anterior, se escoge todas las listas correspondientes desde Datos. Es decir en el paso anterior solamente se escoge los nombres filtrados, en este paso usando esos nombres se escoge todos los valores correspondientes.

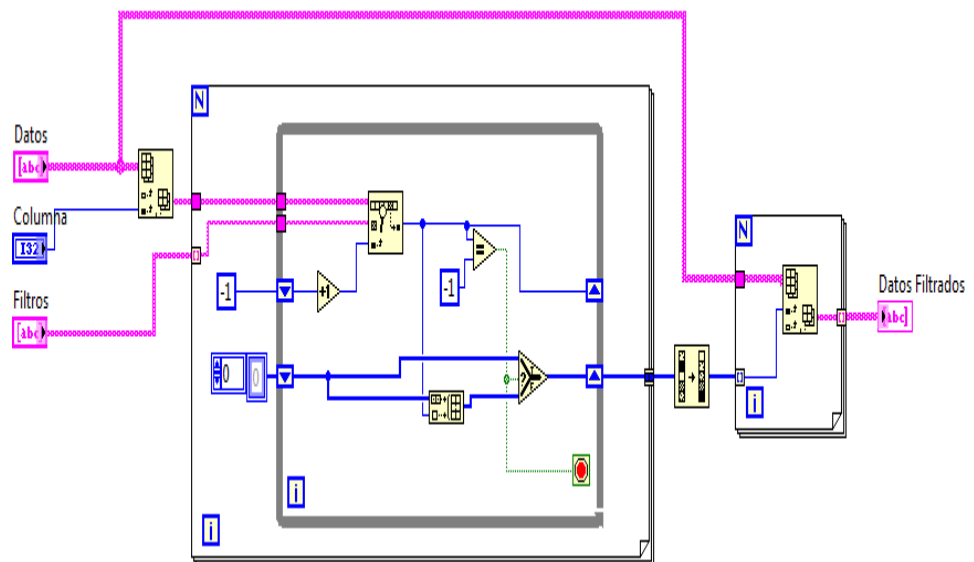


Figura 4.49. Arreglo – filtrar parámetros - filtrar nombres.

#### 4.6.2 Acceso a la configuración de parámetros .

**Parámetros:** Abre una ventana de configuración de los parámetros más comunes. En esta podemos escribir los nuevos datos que queremos que reciba el variador para los valores de corriente, rampa de tiempo de aceleración y de desaceleración y de la referencia de velocidad.

1. Se leen los parámetros y se los escala según la información del datasheet del variador.

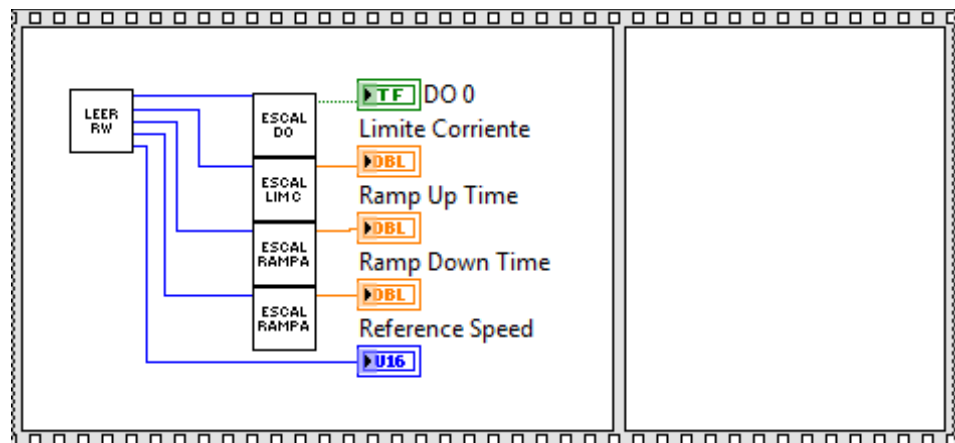


Figura 4.50. Diagrama de bloques configuración de parámetros paso 1.

2. Se agrega un lazo while para que el programa corra constantemente.



Figura 4.51. Diagrama de bloques configuración de parámetros paso 2

3. Se agrega una estructura de casos para manejar las acciones que realice el usuario.

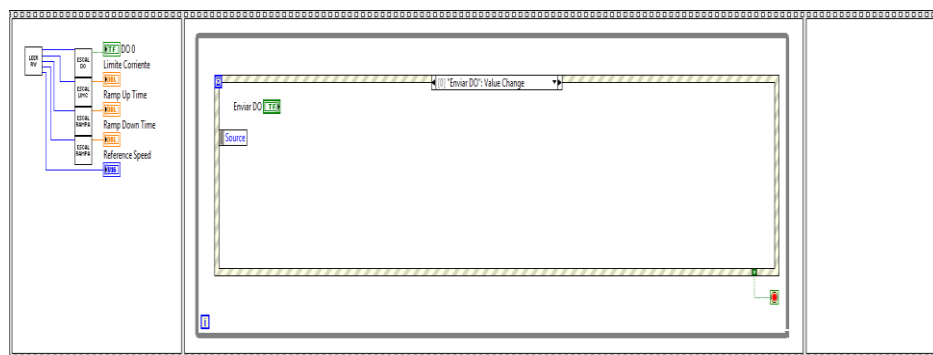


Figura 4.52. Diagrama de bloques configuración de parámetros paso 3

4. Si el usuario quiere encender o apagar la salida digital, se ejecuta este caso

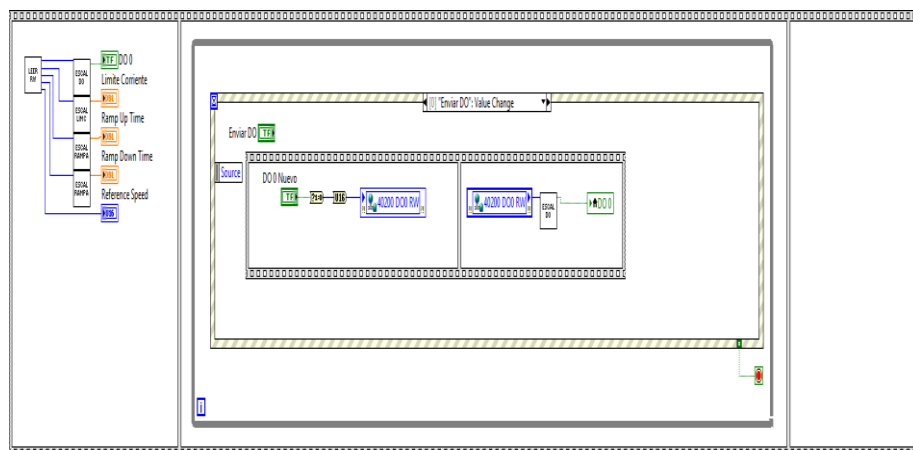


Figura 4.53. Diagrama de bloques configuración de parámetros paso 4.

5. Cuando el usuario termine, se Cierra el programa (por eso se añade lo que está a la derecha en la figura 4.53)

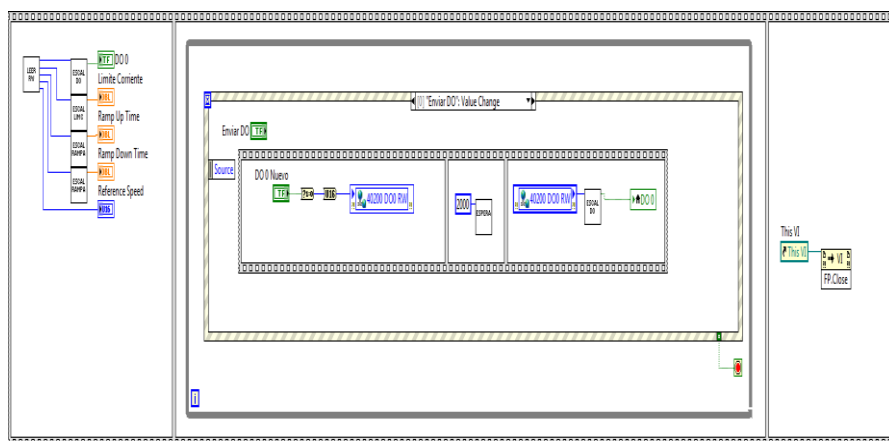


Figura 4.54. Diagrama de bloques configuración de parámetros paso 5.

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## Conclusiones

1. Se concluye que mediante el diseño de la interfaz propuesta, hemos conseguido tener acceso a los registros de control Modbus que existen en el Variador de Velocidad Sinamics G120, los cuales podemos monitorear y controlar desde la interfaz que hemos diseñado. La cual nos permite emular y de cierta forma mejorar al software de programación creado por el fabricante.
2. El diseño y la implementación de este interfaz fue desarrollado de manera práctica y didáctica para labores de enseñanza y capacitación de los estudiantes, dejando además conocer la diversidad de funciones y aplicaciones que poseen los dispositivos.

3. Fue de suma importancia la revisión y utilización de los manuales de instrucciones de servicio emitidos por el fabricante, ya que contienen la información necesaria y correcta sobre conexiones, comunicación, funcionamiento y parámetros bajo los cuales los Variadores Sinamics desarrollan de forma correcta su funcionamiento.
  
4. La utilización del software LabVIEW permitió una fácil programación y simulación de los diferentes aspectos necesarios para permitir la comunicación, control y monitoreo de los elementos y dispositivos necesarios para la puesta en marcha de los Variadores Sinamics G120.
  
5. Ya que las librerías que permiten la comunicación Modbus RTU son creadas según los registros de Modbus de la unidad de control de los variadores Sinamics, podemos concluir que al asignar las mismas librerías para otro tipo de variador ya sea de otra potencia, este seguirá teniendo la misma comunicación. De la misma forma para poder tener acceso a los registros Modbus de otros fabricantes, debemos cambiar las librerías existentes, por las que están dadas en los registros Modbus de otras marcas.

## **Recomendaciones**

1. Para lograr una buena conexión entre LabView y el Variador es necesario usar el cable Interfaz RS485 de un puerto para Usb de National Instrument ya que si usamos un convertidor de cualquier otro tipo, ya sea construidos por nosotros mismos o comprado de otros fabricantes, es muy difícil establecer la comunicación, claro está que es posible sin embargo se recomienda usar el cable del fabricante antes mencionado.
2. Es importante que antes de establecer la comunicación el cable RS-485 para Usb, esté conectado antes de encender el computador. Para que esta pueda reconocerlo y se pueda acceder a la configuración del puerto de comunicación.
3. Es de principal importancia investigar acerca de Modbus DSC de Labview, ya que este nos permitirá entender de gran forma lo que es la comunicación Modbus y todo lo que esta implica.
4. Esperar cinco minutos después de quitar la alimentación de los equipos ya que los condensadores que se encuentran al interior de los variadores mantienen su energía durante este tiempo y podrían ocasionar descargas.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Wikipedia, “Variadores de Velocidad”,  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Variador\\_de\\_velocidad](http://es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_velocidad), Fecha de consulta mayo 2014.
- [2] Desarrollo Web, “Protocolos de comunicación”,  
<http://www.desarrolloweb.com/articulos/1617.php>, Fecha de consulta mayo 2014.
- [3] Siemens, Motores trifásicos eléctricos de baja tensión.  
[http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/drive\\_tech/Documents/catalogo\\_abreviadoMotoresBajatension.pdf](http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/drive_tech/Documents/catalogo_abreviadoMotoresBajatension.pdf), Fecha de consulta junio 2014.
- [4] LabView 2014, “Módulo LabVIEW Datalogging and Supervisory Control (DSC)”,  
<http://www.ni.com/labview/labviewdsc/esa>, Fecha de consulta mayo 2014.
- [5] Siemens Sinamics, “Sinamics G120 Standart Inverters”  
<http://www.enelva.rs/siemens/katalog/Kontrola%20kretanja/Sinamics%20G120.pdf>,  
Fecha de consulta agosto 2014.
- [6] Siemens Automation, “Lista de Parámetros\_CU240B-E”  
[https://cache.automation.siemens.com/dnl/Tk0NTE5AAAA\\_23132008\\_HB/CU240S\\_23132008\\_COMP\\_es.pdf](https://cache.automation.siemens.com/dnl/Tk0NTE5AAAA_23132008_HB/CU240S_23132008_COMP_es.pdf), Fecha de consulta agosto 2014.



**Anexos**

## Anexo A: Palabra de estado 1 e interconexión con parámetros en el convertidor

Bit	Significado		Observaciones	Interconexión de señales en el convertidor
	Telegrama 20	Resto de telegramas		
0	1 = Listo para conexión		La alimentación está conectada, la electrónica inicializada y los impulsos bloqueados.	p2080[0] = r0899.0
1	1 = Listo para servicio		El motor está conectado (orden ON = 1), ningún fallo está activo. Con la orden "Habilitar servicio" (STW1.3), el convertidor conecta el motor.	p2080[1] = r0899.1
2	1 = Servicio habilitado		El motor sigue la consigna. Ver la palabra de mando 1, bit 3.	p2080[2] = r0899.2
3	1 = Fallo activo		Existe un fallo en el convertidor. Confirmar fallo mediante STW1.7.	p2080[3] = r2139.3
4	1 = OFF2 inactivo		La parada natural no está activada.	p2080[4] = r0899.4
5	1 = OFF3 inactivo		La parada rápida no está activada.	p2080[5] = r0899.5
6	1 = Bloqueo de conexión activo		Solamente se puede conectar el motor después de una orden OFF1 y una nueva orden ON.	p2080[6] = r0899.6
7	1 = Alarma activa		El motor permanece conectado; no se requiere confirmación.	p2080[7] = r2139.7
8	1 = Divergencia de la velocidad en el margen de tolerancia		Divergencia consigna-valor real en el margen de tolerancia.	p2080[8] = r2197.7
9	1 = Mando solicitado		Se solicita al sistema de automatización que asuma el mando del convertidor.	p2080[9] = r0899.9
10	1 = Velocidad de referencia alcanzada o superada		La velocidad es mayor o igual a la velocidad máxima correspondiente.	p2080[10] = r2199.1
11	0 = Límite de I, M o P alcanzado		Se ha alcanzado o superado el valor de comparación para la intensidad, el par o la potencia.	p2080[11] = r1407.7
12	... <sup>1)</sup>	1 = Freno de mantenimiento abierto	Señal para la apertura o cierre de un freno de mantenimiento del motor.	p2080[12] = r0899.12
13	0 = Alarma Exceso de temperatura Motor		--	p2080[13] = r2135.14
14	1 = Motor gira a derecha		Valor real interno del convertidor > 0.	p2080[14] = r2197.3
	0 = Motor gira a izquierda		Valor real interno del convertidor < 0.	
15	1 = Indicación CDS	0 = Alarma Sobrecarga térmica Convertidor		p2080[15] = r0836.0/r2135.15

<sup>1)</sup> Si se conmuta al telegrama 20 desde otro telegrama, se conserva la asignación del telegrama anterior.

## Anexo B. Palabra de mando 1 e interconexión en el convertidor

Bit	Significado		Explicación	Interconexión de señales en el convertidor
	Telegrama 20	Resto de telegramas		
0	0 = OFF1		El motor frena con el tiempo de deceleración p1121 del generador de rampa. El convertidor desconecta el motor durante la parada.	p0840[0] = r2090.0
	0 → 1 = ON		El convertidor pasa al estado "Listo para el servicio". Si además el bit 3 = 1, el convertidor conecta el motor.	
1	0 = OFF2		Desconectar inmediatamente el motor; a continuación se produce parada natural.	p0844[0] = r2090.1
	1 = Sin OFF2		Se puede encender el motor (orden ON).	
2	0 = Parada rápida (OFF3)		Parada rápida: el motor frena con el tiempo de deceleración OFF3 p1135 hasta la parada.	p0848[0] = r2090.2
	1 = Sin parada rápida (OFF3)		Se puede encender el motor (orden ON).	
3	0 = Bloquear servicio		Desconectar inmediatamente el motor (suprimir impulsos).	p0852[0] = r2090.3
	1 = Habilitar servicio		Conectar el motor (habilitación de impulsos posible).	
4	0 = Bloquear GdR		El convertidor ajusta inmediatamente a 0 su salida del generador de rampa.	p1140[0] = r2090.4
	1 = No bloquear GdR		Es posible la habilitación del generador de rampa.	
5	0 = Detener GdR		La salida del generador de rampa permanece en el valor actual.	p1141[0] = r2090.5
	1 = Habilitar GdR		La salida del generador de rampa sigue a la consigna.	
6	0 = Bloquear consigna		El convertidor frena el motor con el tiempo de deceleración p1121 del generador de rampa.	p1142[0] = r2090.6
	1 = Habilitar consigna		El motor acelera con el tiempo de aceleración p1120 hasta alcanzar la consigna.	
7	0 → 1 = Confirmar fallos		Confirmar el fallo. Si todavía está presente la orden ON, el convertidor conmuta al estado "Bloqueo conexión".	p2103[0] = r2090.7
8, 9	Reservado			
10	0 = Ningún mando por PLC		El convertidor ignora los datos de proceso del bus de campo.	p0854[0] = r2090.10
	1 = Mando por PLC		Mando a través del bus de campo; el convertidor adopta los datos de proceso desde el bus de campo.	
11	--- <sup>1)</sup>	0 = Inversión de sentido	Invertir la consigna en el convertidor.	p1113[0] = r2090.11
12	No utilizado			
13	--- <sup>1)</sup>	1 = Subir PMot	Aumentar la consigna almacenada en el potenciómetro motorizado.	p1035[0] = r2090.13
14	--- <sup>1)</sup>	1 = Bajar PMot	Reducir la consigna almacenada en el potenciómetro motorizado.	p1036[0] = r2090.14
15	CDS bit 0	Reservado	Conmutación entre ajustes para distintas interfaces de manejo (juegos de datos de mando).	p0810 = r2090.15

<sup>1)</sup> Si se conmuta al telegrama 20 desde otro telegrama, se conserva la asignación del telegrama anterior.