



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TRABAJO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE ENTRENAMIENTO BASADO EN DISPOSITIVOS DE AUTOMATIZACIÓN E INTERNET DE LAS COSAS”

Autor:

LUIS ANDRÉS AGUIRRE PARRA

Tutor:

ING. VÍCTOR MANUEL HUILCAPI SUBÍA, PhD.

GUAYAQUIL-ECUADOR

JUNIO 2021

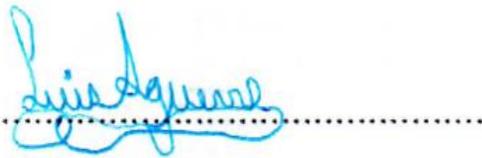
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUDITORÍA DEL TRABAJO DE TITULACION

Yo, Aguirre Parra Luis Andrés con documento de identificación N°.0941477317, manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, octubre del 2021

Atentamente,



Nombre: Luis Andrés Aguirre Parra

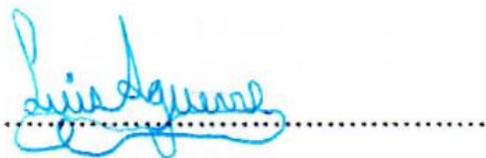
Cédula: 0941477317

Fecha: 29-09-2021

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo Luis Andrés Aguirre Parra, con documento de identificación N° 0941477317, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado intitulado: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE ENTRENAMIENTO BASADO EN DISPOSITIVOS DE AUTOMATIZACIÓN E INTERNET DE LAS COSAS”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Nombre: Luis Andrés Aguirre Parra

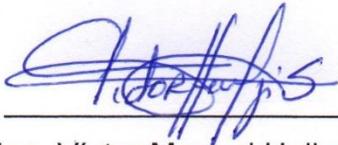
Cédula: 0941477317

Fecha: 29-09-2021

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Huilcapi Subia Víctor Manuel, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE ENTRENAMIENTO BASADO EN DISPOSITIVOS DE AUTOMATIZACIÓN E INTERNET DE LAS COSAS, realizado por Aguirre Parra Luis Andrés con documento de identificación N° 0941477317, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de trabajo de titulación que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, octubre del 2021.



Ing. Víctor Manuel Huilcapi Subia, Ph.D

Tutor

Dedicatoria

Dedico el presente proyecto de titulación a mis padres quienes me han apoyado incondicionalmente, a mis abuelitos, a mis hermanos, quienes me apoyaron durante todo el proceso, gracias por todo.

Agradecimiento

Ante todo, a Dios y a la Virgen Santísima, a quienes puse mi Fe y encomendé el presente proyecto, a mi tutor Ing. Víctor Manuel Huilcapi Subía, PhD quien supo guiarme durante el desarrollo del proyecto con paciencia y sabiduría, a mis familiares que también me apoyaron con su tiempo, recursos y apoyo incondicional.

Resumen

La necesidad de que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica cuenten con módulos didácticos que les permitan practicar lo aprendido en las aulas, y que lo realicen en condiciones simuladas seguras, permitiendo de esta manera adquirir experticia con los equipos que encontraran en la industria y en su vida profesional en cuento a la automatización, motivó a que se realice el DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE ENTRENAMIENTO BASADO EN DISPOSITIVOS DE AUTOMATIZACIÓN E INTERNET DE LAS COSAS. El presente proyecto se utilizará para prácticas en el Laboratorio de Automatización Industrial, el cual se lo realizó utilizando componentes de automatización actualizados e innovadores, como utilizar elementos de marcas nuevas y que son completamente compatibles con elementos de marcas tradicionales o posicionadas como SIEMENS, se utilizó como estructura base un maletín metálico, en el cual se colocaron un variador de frecuencia INVT, un controlador lógico programable INVT, un motor eléctrico de $\frac{3}{4}$, SIEMENS, un HMI de 4.3" INVT, un LOGO SIEMENS 8.3, un módulo de ampliación SIEMENS LOGO, los cuales se los programo de tal manera para que se puedan realizar prácticas acorde al uso industrial de estos y su utilización mediante IOT. Se realizaron cinco prácticas las cuales demostraron que pueden ser perfectamente compatibles los elementos utilizados y estas también se pudieron realizar de manera remota utilizando el IOT o Internet de las cosas, inclusive se demostró que pueden llegar mensajes del status o resultado de los equipos al celular mediante el uso de la aplicación de WhatsApp. Es de suma importancia que los próximos graduados sigan aportando con módulos de este tipo para permitir la actualización y conocimiento de estas tecnologías en beneficio de los futuros ingenieros electrónicos.

Palabras clave: IOT, PLC, Variador, Módulo de Entrenamiento, HMI, Automatización.

Abstract

The need for students of the Electronic Engineering career to have didactic modules that allow them to practice what they have learned in the classroom, and to do it in safe simulated conditions, thus allowing them to acquire expertise with the equipment they will find in the industry and in their professional life regarding automation, he motivated the DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A TRAINING MODULE BASED ON AUTOMATION DEVICES AND THE INTERNET OF THINGS. This project will be used for practices in the Industrial Automation Laboratory, which was carried out using updated and innovative automation components, such as elements of new brands that are completely compatible with elements of traditional or positioned brands such as SIEMENS. Five practices were carried out which showed that the elements used can be perfectly compatible and these could also be conducted remotely using the IOT or Internet of things, it was even demonstrated that messages of the status or result of the equipment can reach the cell phone through the use of the WhatsApp application. It is of utmost importance that future graduates continue to contribute with modules of this type to allow the updating and knowledge of these technologies for the benefit of future electronic engineers.

Keywords: IOT, PLC, Drive, Training Module, HMI, Automation.

Tabla de contenido

CAPÍTULO I	14
1 Marco Referencial.....	14
1.1 Planteamiento del problema.....	14
1.2 Delimitación del problema.....	14
1.2.1 Espacial.....	14
1.2.2 Temporal.....	15
1.2.3 Académica.....	15
1.3 Objetivos	15
1.3.1 Objetivo General.....	15
1.4 Justificación.....	16
1.5 Descripción de la propuesta	16
1.5.1 Prácticas que podrán ser realizadas con el módulo.....	18
1.6 Beneficiarios de la propuesta	19
1.7 Métodos.....	19
CAPÍTULO II.....	20
2 Marco Teórico.....	20
2.1 Variador de Frecuencia GD10.....	20
2.2 Controlador lógico programable serie IVC1L	21
2.3 Motor eléctrico de ¾ HP	22
2.4 HMI INVT 4.3” serie VK	23
2.5 Logo 8.3 Siemens.....	24
2.6 Módulo de Ampliación Siemens LOGO!.....	26
2.7 Fuente de Alimentación	27
2.8 Breaker de 10 Amperios.....	28
2.9 Switch Ethernet de 5 puertos.....	29
2.10 Conectores tipo banana macho y hembra.....	30
2.11 Botonera Paro de Emergencia	30
2.12 Internet de las cosas IOT	32
2.13 Módulo de entrenamiento.....	33
2.14 INVT Studio	34

2.15	Software de Programación AutoStation	35
2.16	Programa Node Red.....	37
2.17	Programa Wincc	38
2.18	LOGO!Soft Comfort V8.3.....	39
2.19	Industria 4.0	40
CAPÍTULO III.....		41
3	Desarrollo del proyecto.....	41
3.1	Diseño y análisis de la propuesta técnica del proyecto	41
3.1.1	Diseño del panel de conexiones.....	42
3.1.2	Diseño de la estructura del módulo.....	45
3.2	Implementación de los controladores y actuadores.....	46
3.3	Programas que fueron elegidos para el presente proyecto	49
3.4	Elaboración de los terminales de prueba.....	62
CAPÍTULO IV.....		63
4	Desarrollo de las prácticas propuestas	63
4.1	Práctica # 1 Programación de PLC INVT y control de movimiento intermitente con variador de frecuencia por señales digitales.	63
4.2	Práctica # 2 Comunicación Modbus RTU entre PLC - variador INVT y arranque en movimiento continuo e intermitente.	64
4.3	Práctica # 3 Detección de equipos y recolección de datos por sistema IOT industrial INVT.65	
4.4	Práctica # 4 Control de movimiento intermitente, comunicación de variador de frecuencia con PLC y operación desde panel HMI. Dispositivos comunicados por RS 485. ..	66
4.5	Práctica # 5 Identificar mediante Modbus RTU los principales indicadores o KPI del motor en funcionamiento y su visualización a través de la pantalla del HMI, establecer control de par variable mediante comunicación con SCADA.	68
Conclusiones.....		69
Recomendaciones		70
Bibliografía		71
Anexos		74
Anexo 1: Programación de PLC INVT y control de movimiento intermitente con variador de frecuencia por señales digitales.....		74
Anexo 2: Comunicación Modbus RTU entre PLC - variador INVT y arranque en movimiento continuo e intermitente.....		80

Anexo 3: Detección de equipos y recolección de datos por sistema IOT industrial INVT.....	87
Anexo 4: Control de movimiento intermitente, comunicación de variador de frecuencia con PLC y operación desde panel HMI. Dispositivos comunicados por RS 485.....	90
Anexo 5: Identificar mediante Modbus RTU los principales indicadores o KPI del motor en funcionamiento y su visualización a través de la pantalla del HMI, establecer control de par variable mediante comunicación con SCADA.	101
Anexo 6: Plano Eléctrico	106
Anexo 7: Diseño de la serigrafía del tablero	107

Índice de Figuras

Figura 1 Propuesta visualizada en diagrama de bloques	17
Figura 2 Maleta didáctica INVT	18
Figura 3 Variador de Frecuencia GD10.....	21
Figura 4 Controlador Lógico Programable PLC IVC1L	22
Figura 5 Motor Eléctrico.....	23
Figura 6 HMI INVT serie VK	24
Figura 7 Logo 8.3 Siemens	25
Figura 8 Módulo de Ampliación Siemens LOGO	26
Figura 9 Fuente de alimentación 24Vdc	27
Figura 10 Breaker de 10 Amperios.....	28
Figura 11 Switch TP-link de 5 puertos	29
Figura 12 Conector tipo banana.....	30
Figura 13 Botón Paro de Emergencia	31
Figura 14 Internet de las cosas IOT	32
Figura 15 Módulo de Entrenamiento	33
Figura 16 INVT Studio software	34
Figura 17 Software de Programación AutoStation	36
Figura 18 Representación gráfica del programa Node-RED	37
Figura 19 Representación gráfica del programa Wincc.....	38
Figura 20 Representación gráfica del programa 2.18 LOGO!Soft Comfort V8.3	39
Figura 21 Industria 4.0.....	40
Figura 22 Diagrama de bloques de la propuesta técnica.	42
Figura 23 Esquema diseñado del panel de conexiones.....	44
Figura 24 Ilustración gráfica del tablero metálico base para el módulo didáctico.	45
Figura 25 Ilustración gráfica de la colocación de los elementos dentro del módulo didáctico. ..	49
Figura 26 Ilustración gráfica de la elaboración de los terminales de prueba tipo banana.	62
Figura 27 Selección de PLC por medio de Auto Station.....	74
Figura 28 Conexión vía serial con el PLC por medio de Auto Station.	76
Figura 29 Arranque con un pulso mediante la entrada X0.	77
Figura 30 Rotación del motor hacia adelante y desconexión.	77
Figura 31 Pausa temporizada, giro hacia atrás y desconexión.	78
Figura 32 Pausa temporizada y repite giro hacia adelante.....	78
Figura 33 Cambios de giro, esta secuencia se va a repetir hasta pulsar X1.....	79
Figura 34 Creación de un nuevo proyecto seleccionando el PLC.	80
Figura 35 Configuración del puerto 1.....	80
Figura 36 Registros de comunicación MODBUS con el PLC Serie 2000H.	83
Figura 37 Registros de comunicación MODBUS con el PLC Serie 3000H.	84
Figura 38 Utilización de registro para dar marcha al motor.	84
Figura 39 Consigna de velocidad en el registro 2001.....	85
Figura 40 Detención del motor aplicando valor en el registro 2000.	85

Figura 41	Rotación inversa del motor.....	86
Figura 42	Creación del control analógico.....	87
Figura 43	Creación de modos de accionamiento.	87
Figura 44	Conexión entre NODE RED y SOFT CONFORT.....	88
Figura 45	Conexión en NODE RED de los elementos.....	88
Figura 46	Nodos y elementos de visualización4 del DASHBOARD.....	89
Figura 47	DASHBOARD.	89
Figura 48	Rotación inversa del motor.....	90
Figura 49	Configuración del puerto 0 con protocolo MODBUS.	90
Figura 50	Configuración del puerto 1con protocolo MODBUS.....	91
Figura 51	Registros MODBUS para comunicación con el PLC serie 2000H.....	94
Figura 52	Registros MODBUS para comunicación con el PLC serie 3000H.....	95
Figura 53	Registro de palabra de mando para dar marcha al motor.	95
Figura 54	Registro de la consigna de velocidad.	96
Figura 55	Registro del valor para detener el motor.	96
Figura 56	Registro del valor para hacer una rotación inversa.	97
Figura 57	Configuración del HMI a través del programa VT Designer.....	97
Figura 58	Configuración del puerto de comunicación.....	98
Figura 59	Validación de parámetros de comunicación de HMI y PLC.....	99
Figura 60	Ingreso de los objetos de la pantalla.....	99
Figura 61	Ingreso de las variables del variador.	100
Figura 62	Creación de programa para simulación de presión constante.	101
Figura 63	Creación de conexión S7.....	102
Figura 64	Configuración de PC.....	102
Figura 65	Selección de tarjeta de red.....	103
Figura 66	Conexión entre PC y LOGO SIEMENS.	103
Figura 67	Mapeo de señales analógicas.....	104
Figura 68	Configuración de variables HMI.....	104
Figura 69	Creación de CONTROL PI.	105
Figura 70	Diagrama Eléctrico.....	106
Figura 71	Diagrama Eléctrico.....	107

CAPÍTULO I

1 Marco Referencial

1.1 Planteamiento del problema

Uno de los inconvenientes que ha repercutido en la formación de profesionales de la rama de Ingeniería Electrónica, ha sido la deficiencia de módulos de práctica en el área de automatización industrial, los mismos que permiten desarrollar destrezas en el futuro profesional, acorde a la especialidad que está cursando.

Es por este motivo que se requiere de módulos que permitan las prácticas correspondientes, mismos que permitirán que el estudiante y futuro profesional pueda realizar pruebas de manera simulada y segura, basada en componentes que se usan actualmente en la industria en el Ecuador.

1.2 Delimitación del problema

El presente proyecto tiene como finalidad, aportar técnicamente para que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica con mención en automatización, cuenten con un módulo de entrenamiento basado en dispositivos de automatización e internet de las cosas, por lo que se basara en solucionar la necesidad de contar con un equipo para realizar las prácticas en la materia de automatización industrial.

1.2.1 Espacial

El módulo será usado en el laboratorio de automatización de la Universidad Politécnica Salesiana en la ciudad de Guayaquil, Campus Centenario.

1.2.2 Temporal

La implementación del proyecto está prevista para realizarse desde mayo 2021 hasta octubre 2021.

1.2.3 Académica

El proyecto de investigación que se plantea, cumplirá con lo que exige la Universidad Politécnica Salesiana en torno al grado investigativo, técnico y al esquema de presentación para proyectos de tesis. Lo antes mencionado se sustentará con la correspondiente bibliografía, y pruebas con el módulo que permitirán visualizar y confirmar la implementación planteada.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar e implementar una maleta didáctica que consta de un módulo INVT con PLC, variador de frecuencia y recolector de datos IOT, para prácticas en el Laboratorio de Automatización Industrial

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar los planos de conexiones eléctricas del PLC y actuadores presentes en el sistema.
- Implementar e instalar el panel de control principal.
- Establecer la comunicación entre los componentes mediante Modbus RTU RS485.
- Establecer la comunicación entre el Modbus RTU RS485 y el IOT mediante Ethernet.
- Realizar 5 prácticas para comprobar el correcto funcionamiento del módulo de pruebas.
- Mostrar de manera práctica las ventajas del IOT en la Automatización Industrial.

1.4 Justificación

El desarrollo de la industria nacional merece tener un relevante espacio dentro del proceso de investigación, más aún cuando dentro de este proceso de desarrollo de nueva tecnología el aporte del contingente profesional joven universitario debe ser clave y contundente, este trabajo tiene como puntos importantes el aporte al avance tecnológico y la capacidad de desarrollar soluciones aplicando los conocimientos y nuevas tecnologías existentes en el mercado.

Es por esto que el estudiante y el futuro profesional de ingeniería electrónica debe estar al tanto del uso y el manejo de los diferentes componentes y accesorios en la automatización industrial, debido a que en las diferentes industrias hacen uso de diferentes marcas y tipos de accesorios de automatización, y es importante que el futuro ingeniero pueda desarrollar el conocimiento y las destrezas necesarias para poder combinar y usar diferentes elementos y brindar la solución acorde a la necesidad de dicha empresa o proceso, lo cual se logra mediante el uso de módulos de prueba que le permitan en un ambiente seguro realizar las prácticas estableciendo diferentes escenarios y situaciones simuladas, la propuesta comprende en desarrollar un módulo de prueba, que permitirá realizar diferentes simulaciones en automatización industrial.

1.5 Descripción de la propuesta

La propuesta de solución se basa en el diseño e implementación de una maleta compuesta por un módulo Demo para control y movimiento con PLC modelo IVC1, Variador de frecuencia modelo GD10, contiene luces piloto, elementos de control como pulsadores y selectores, de esta manera el estudiante podrá desarrollar prácticas que facilitarán conocer el software de programación para PLC, así como realizar la configuración básica de un variador de frecuencia permitiendo conocer de manera y de esta manera llegar a conocer a nivel macro las características

y funcionalidad de los equipos en cuestión, logrando consolidar y mejorar los conocimientos de los estudiantes para así mejorar sus habilidades en el campo laboral.

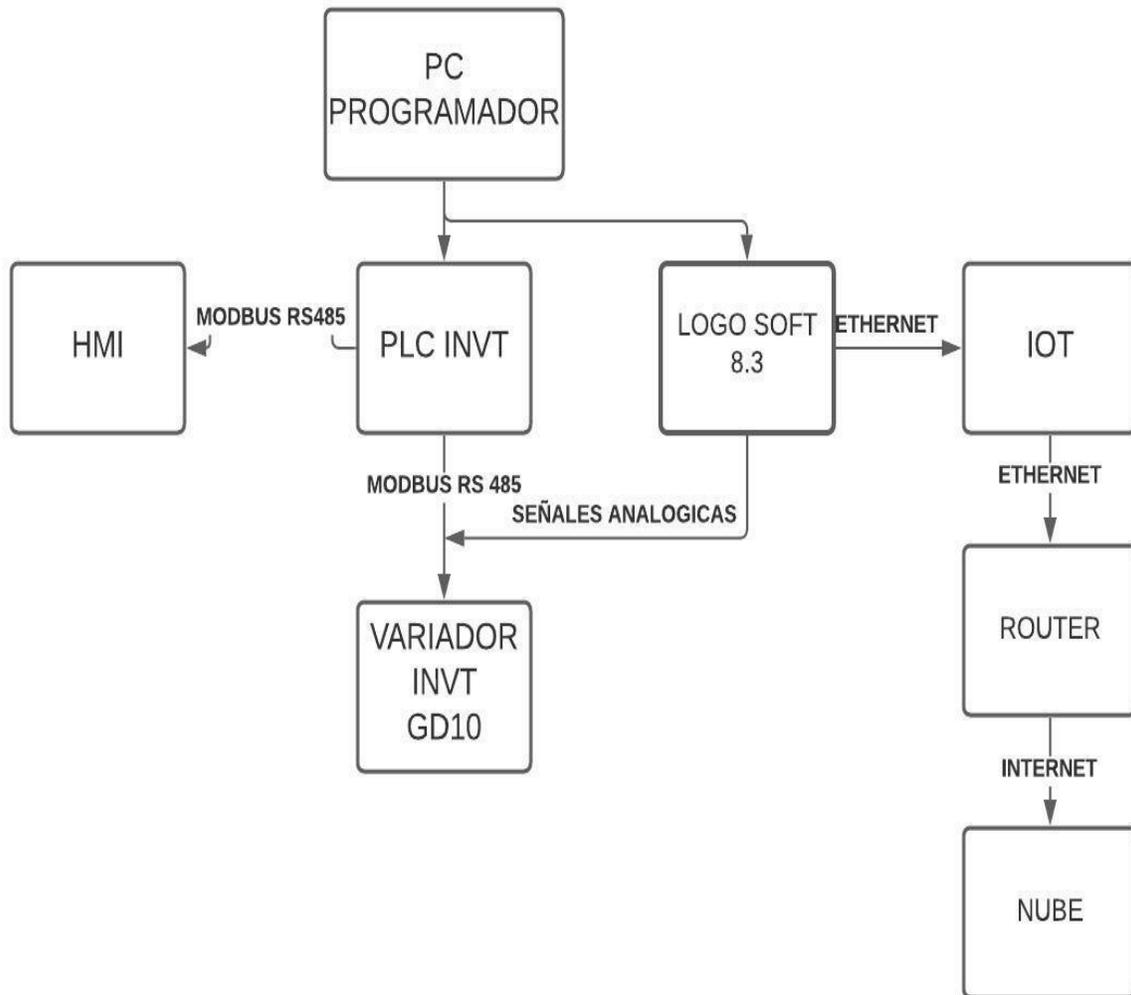


Figura 1 Propuesta visualizada en diagrama de bloques
Fuente: El Autor

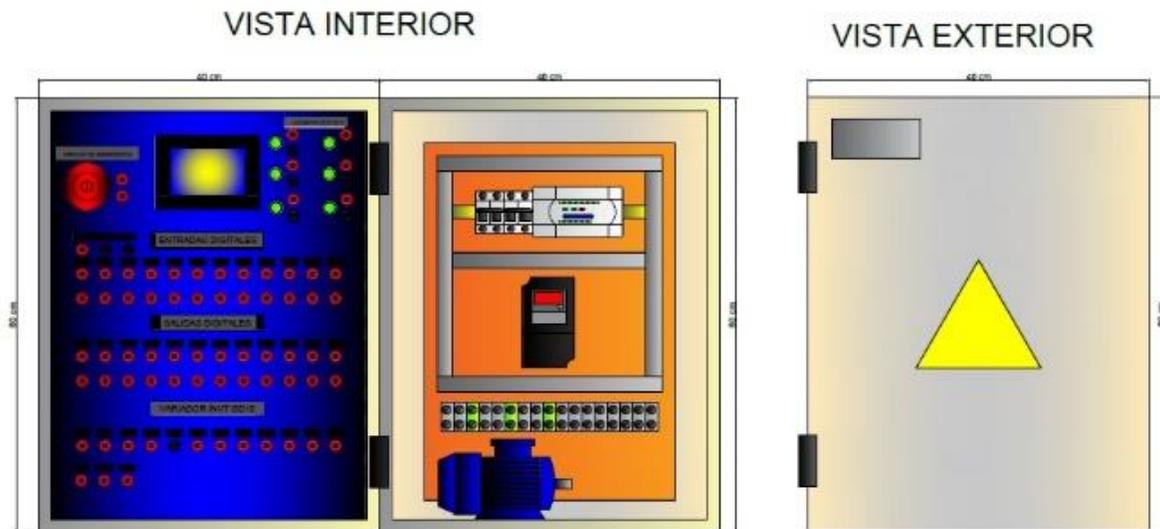


Figura 2 Maleta didáctica INVT
Fuente: El Autor

1.5.1 Prácticas que podrán ser realizadas con el módulo

1. Programación de PLC INVT y control de movimiento intermitente con variador de frecuencia por señales digitales.
2. Comunicación Modbus RTU entre PLC - variador INVT y arranque en movimiento continuo e intermitente.
3. Detección de equipos y recolección de datos por sistema IOT industrial INVT.
4. Control de movimiento intermitente, comunicación de variador de frecuencia con PLC y operación desde panel HMI. Dispositivos comunicados por RS 485.

5. Identificar mediante Modbus RTU los principales indicadores o KPI del motor en funcionamiento y su visualización a través de la pantalla del HMI, establecer control de par variable mediante comunicación con SCADA.

1.6 Beneficiarios de la propuesta

El principal grupo objetivo son los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica de Universidad Politécnica Salesiana que deseen hacer prácticas de automatización para ganar conocimientos acerca de la materia y así ganar experiencia práctica que les permita demostrar sus conocimientos en el campo laboral de manera técnica y eficiente.

1.7 Métodos

La metodología de investigación utilizada en el presente trabajo es una metodología experimental, pues se utilizara elementos y componentes de uso industrial que cuentan con certificaciones que aportan seguridad para su empleo en las prácticas a ser realizadas con el módulo de pruebas que será elaborado, también se usa una metodología netamente aplicada, pues se basa en demostrar la practicidad en el uso de diferentes marcas de componentes y elementos permitiendo utilizar componentes y elementos de diferentes marcas, mientras sean estas compatibles tecnológicamente, logrando poner en marcha, comunicación y transmisión de datos entre y desde los diferentes elementos.

CAPÍTULO II

2 Marco Teórico

2.1 Variador de Frecuencia GD10

Los variadores de frecuencia GD10 mini económicos están diseñados para aplicaciones comunes del mercado OEM (Original Equipment Manufacturer) de pequeña potencia, con varias funciones de PID, velocidad multietapa, frenado de corriente continua DC, comunicación Modbus y otras. Su tamaño más pequeño puede reducir aún más el espacio de instalación (el tamaño es aproximadamente un 15% más pequeño que el de productos similares) (INVT, 2020).

Características:

1. Control SVPWM
2. Diseño compacto, menos espacio de instalación
3. PID incorporado con control de velocidad de 16 pasos
4. Potenciómetro estándar y teclado LED externo
5. Filtros C3 opcionales y filtros C2
6. Enfriamiento natural (monofásico o trifásico 220V 0.2-0.75kW)
7. Requisitos CE certificados



Figura 3 Variador de Frecuencia GD10
Fuente: (INVT, 2020)

2.2 Controlador lógico programable serie IVC1L

INVT IVC1 PLC es un micro PLC de alto rendimiento con estructura compacta y función potente.

Características principales

- MAX. Puntos IO: 128
- Estándar 3 puertos seriales aislados: 1 RS232 / 2 RS485, Admite 6 entradas de pulsos de alta velocidad Admite salida de pulsos de alta velocidad 3x100kHz
- Capacidad del programa: 16K pasos

Este equipo cuenta con Apagado del programa, Almacenamiento permanente, equipado con batería de litio recargable, reloj en tiempo real guardado para 3 años. Puede tener una extensión máxima de 7 módulos, el módulo principal se divide en dos tipos: fuente de alimentación de corriente continua CC (19-30 V CC) y fuente de alimentación de corriente alterna CA (85-264 V CA) (INVT, 2021).



Figura 4 Controlador Lógico Programable PLC IVC1L
Fuente: (INVT, 2021)

2.3 Motor eléctrico de $\frac{3}{4}$ HP

Un motor eléctrico es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos que generan sus bobinas. Normalmente, están compuestos por un rotor y un estator (Sitasa, 2020).



Figura 5 Motor Eléctrico
Fuente: (Sitasa, 2020)

2.4 HMI INVT 4.3” serie VK

La HMI de la serie VK es una simple interfaz hombre-máquina operativa con una pantalla rica, gran memoria y una potente función de configuración, que puede lograr fácilmente la función de interacción humano-computadora en varios campos de la automatización industrial.

- Controles de pantalla enriquecidos.
- La pantalla de visualización admite varios idiomas.
- Se soportan múltiples enlaces de comunicación y conexiones secundarias.
- Se pueden establecer áreas de recetas de datos máximas de 16.

- Múltiples métodos de operación de archivos, acceso conveniente a los datos de la aplicación (INVT, 2021).



Figura 6 HMI INVT serie VK
Fuente: (INVT, 2021)

2.5 Logo 8.3 Siemens

Logo! Soft Comfort ha realizado una actualización a su LOGO, con la versión 8.3 el cual se conecta directamente a la nube y puede ser activado desde la misma, los usuarios pueden diseñar diferentes modelos y diseños de proyectos de automatización, dándoles la opción de poder operarlo directamente desde la nube utilizando tabletas, teléfonos inteligentes y computadores personales, los usuarios de LOGO 8 tienen la opción de armar tableros de control, maquinarias y aparatos de una manera remota, pues podrá hacerlo desde cualquier lugar, ya que el servidor web se aloja directamente en la nube de ser necesario.

Se utiliza una conexión encriptada desde la nube a Logo! 8.3 mediante protocolo TLS, el cual realiza una transferencia de datos segura en ambas direcciones, es decir escritura y lectura.

Maneja también múltiples opciones de interfaz como Modbus TCP / IP, Konnex bus (KNX) y Ethernet, Logo! 8.3 también se puede utilizar como puerta de enlace en la nube para los sistemas existentes.

Los datos del proyecto se pueden manejar o enviar a la nube a través de plataformas como Amazon Web Services (AWS) o también se lo puede bajar a Excel y grabar en el mismo logo por medio de una tarjeta Micro SD (Info PLC, 2020).



Figura 7 Logo 8.3 Siemens
Fuente: (INVT, 2021)

2.6 Módulo de Ampliación Siemens LOGO!

Una de las ventajas que poseen los equipos Siemens como el LOGO 8, es que se le pueden acoplar módulos de expansión los mismos que permiten ampliar el número de entradas y salidas con los que cuenta el PLC, si la capacidad del PLC no cumple con los parámetros o requerimientos de una aplicación de automatización. Entre las características técnicas de los módulos de expansión son: Entradas y salidas digitales (SiemensLogo, 2021).



Figura 8 Módulo de Ampliación Siemens LOGO
Fuente: (Soluciones y Servicios, 2021)

2.7 Fuente de Alimentación

Una fuente de alimentación, es un aparato que sirve para poder dotar de energía a un dispositivo electrónico, es decir convierte la corriente alterna (CA) con la que es suministrada o alimentada, en una o más corrientes continuas que necesite cada uno de los elementos o componentes del equipo al que está conectada (ExportersIndia, 2021).



Figura 9 Fuente de alimentación 24Vdc
Fuente: (Weschler Instruments, 2021)

2.8 Breaker de 10 Amperios

Un breaker es también llamado disyuntor, es mismo que es un interruptor automático que corta el paso de la corriente eléctrica si se presentan determinadas condiciones o circunstancias, en especial los altibajos de tensión.

A diferencia de los fusibles, que tienen una sola vida útil o un solo uso, un breaker o disyuntor eléctrico se puede reconectar siempre que las causas que lo activaron, se hayan resuelto, de esta manera vuelve a proveer de protección contra las variaciones de tensión.

Para decidir sobre que componentes adquirir se debe tener en cuenta algunas características, como: la tensión a la cual va a trabajar el equipo, el poder de corte, el número de polos, el poder de cierre y la intensidad nominal (Jdelectricos.com, 2020)



Figura 10 Breaker de 10 Amperios
Fuente: (AliBaba.com, 2021)

2.9 Switch Ethernet de 5 puertos

Un switch es un dispositivo de interconexión utilizado para conectar elementos o equipos en red, de esta manera forma lo que se conoce como una red de área local (LAN) y que obedece a especificaciones técnicas bajo el estándar conocido como Ethernet, la función básica que cumple un switch es la de conectar o unir dispositivos en red. Es importante considerar que un switch no proporciona por si solo conectividad con otras redes, y obviamente, tampoco proporciona conectividad con Internet. Para poder conectarse con internet es necesario un router.

Características:

- 5 puertos RJ45 a 10/100 Mbps con detección automática de velocidad, soporte para MDI/MDIX automático
- Tecnología de ahorro de energía para Ethernet que reduce el consumo hasta un 60%
- El control de flujo IEEE 802.3x permite una transmisión fiable de datos
- Carcasa de plástico, diseño de sobremesa
- Plug and Play, sin ninguna configuración adicional (Universidad Nacional de la Plata, 2019)



Figura 11 Switch TP-link de 5 puertos
Fuente: (tp-link, 2021)

2.10 Conectores tipo banana macho y hembra

EL conector tipo banana permite un acople rápido del cable con su respectivo conector en el panel de pruebas, también se le puede conectar directamente otra banana de 4mm, es aislada y con funda retráctil de seguridad para garantizar un aislamiento de alta seguridad y muy práctico dentro de la operación (farnell, 2021)

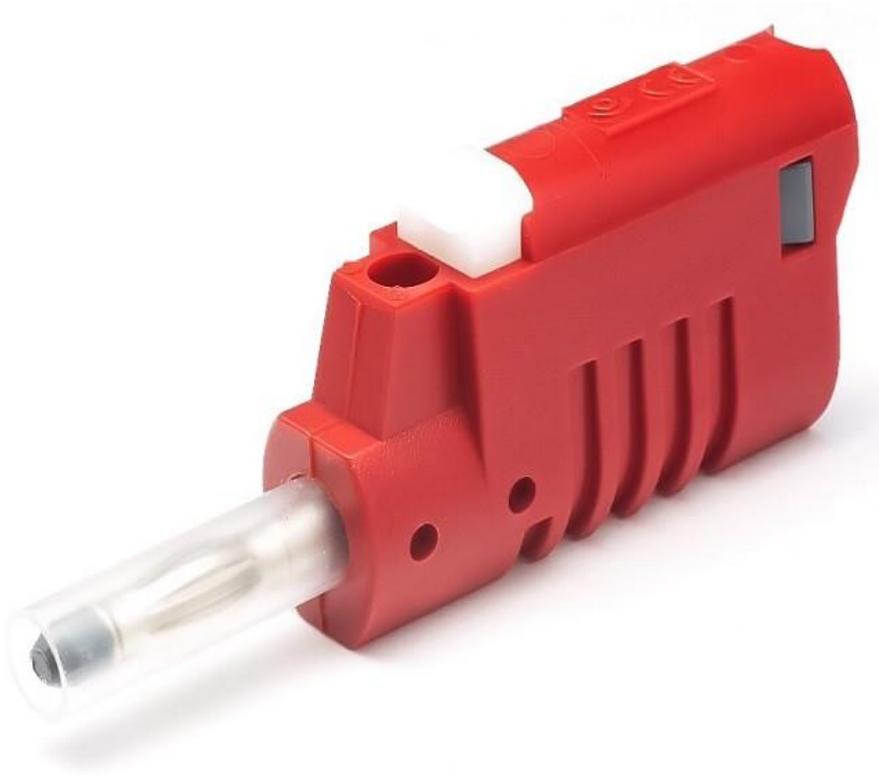


Figura 12 Conector tipo banana
Fuente: (CETRONIC, 2021)

2.11 Botonera Paro de Emergencia

Un botón o pulsador de parada de emergencia es un interruptor de control a prueba de fallos que proporciona seguridad para la maquinaria y para la persona que maneja o utiliza la maquinaria,

el propósito del botón pulsador de emergencia es detener la maquinaria rápidamente cuando hay un riesgo de lesiones o cuando es necesario detener el flujo de trabajo.

Se recomienda que toda la maquinaria debería tener un botón de parada de emergencia, salvo que esta no represente peligro para el operador o que su riesgo sea reducido, o que la máquina sea de accionamiento manual. Los botones siempre son de color rojo como estándar, y puede tener un fondo amarillo.

Las tres paradas de emergencia más comunes son:

- Empuje-Tracción: el botón se pulsa para detener y se suelta tirando del botón hacia atrás.
- Liberación por giro: el botón se pulsa para detener y se suelta girando el botón.
- Liberación con llave: el botón se pulsa para detener y solo se libera con una llave (ABB, 2021)



Figura 13 Botón Paro de Emergencia

Fuente: (RS, 2020)

2.12 Internet de las cosas IOT

A raíz de la evolución de la tecnología y la necesidad de las personas de estar conectadas al internet, promoviendo de esta manera estar interconectadas con otras personas o equipos o dispositivos, surge la interconexión mediante el internet de manera digital, esto permite que se pueda obtener información clave sobre el rendimiento de dichos equipos para poder detectar parámetros que permiten medir su rendimiento y eficiencia, para de esta manera se puedan generar mejoras.

Por lo tanto, el internet de las cosas se puede definir como la conexión o relación que hay con el smartphone que posee una persona y los dispositivos Smart que este tenga, como por ejemplo los tomacorrientes programables, la aspiradora robot, los equipos de automatismo en las industrias etc., etc. (Alonso, 2020).

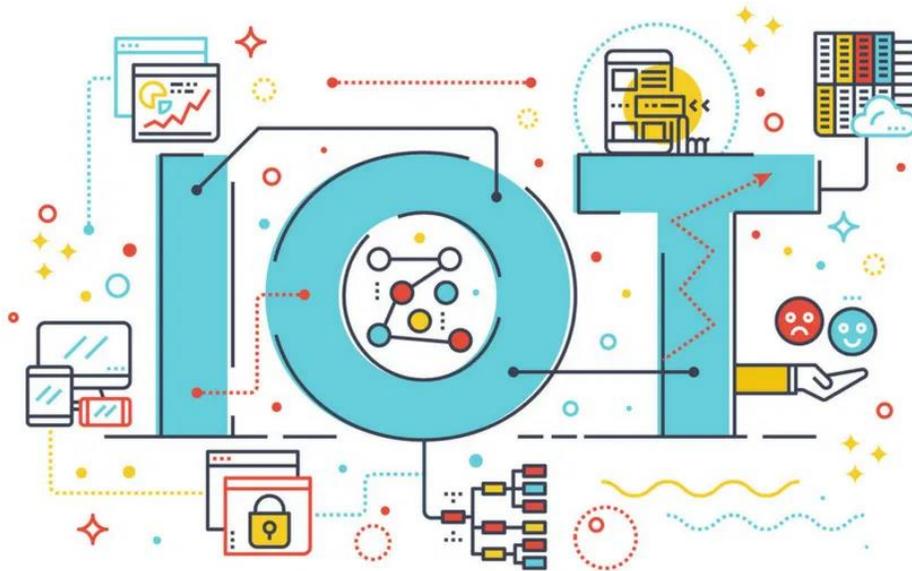


Figura 14 Internet de las cosas IOT
Fuente: (Alonso, 2020)

2.13 Módulo de entrenamiento

Los cambios constantes en la industria de la automatización, demandan que los profesionales o futuros profesionales, tengan acceso a capacitarse sobre el uso y aplicación de diferentes componentes, equipos y dispositivos que se utilizan en la industria, es por este motivo que se han creado con fines educativos o de capacitación, los módulos de entrenamiento o prácticas, los cuales dependiendo de su configuración o componentes que lo integren, permitirán a las personas que requieran entrenamiento o capacitación sean estudiantes o profesionales, pudiendo realizar prácticas de un modo seguro y controlado.

El módulo de entrenamiento consta de dos partes elementales, el maletín o cubierta y los elementos o componentes, siendo estos empotrados o adaptados y sostenidos por una base interior que permitirá trabajar con ellos de manera segura y ordenada (FESTO, 2021).

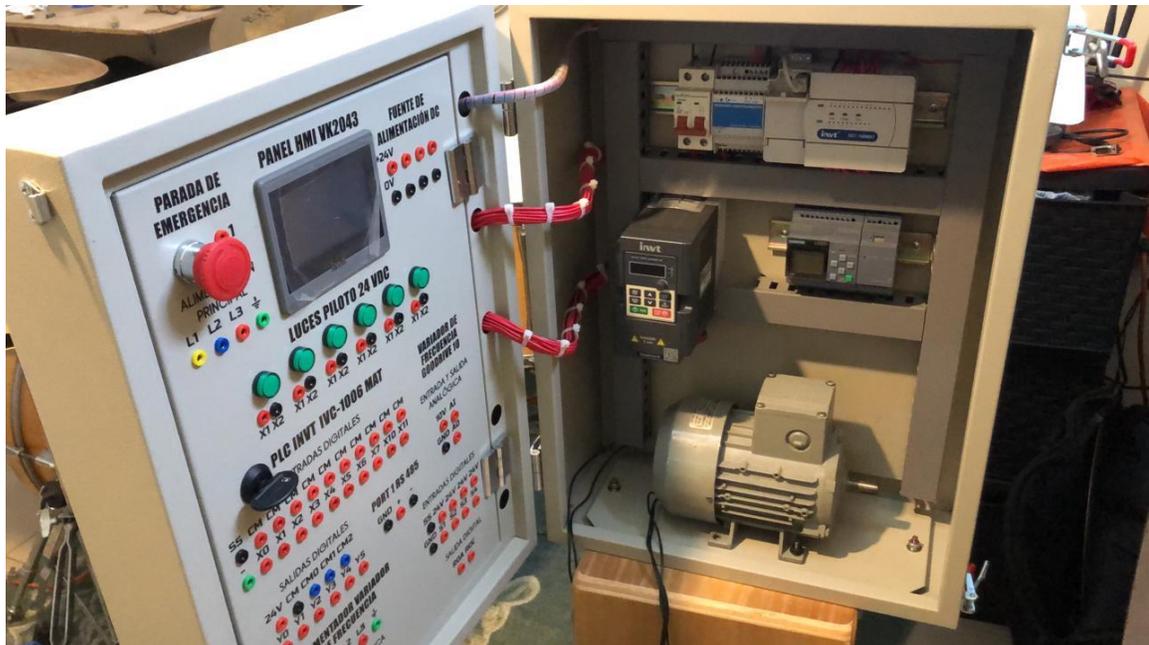


Figura 15 Módulo de Entrenamiento
Fuente: (FESTO, 2021)

2.14 INVT Studio

Es un software desarrollado para permitir las comunicaciones de ordenadores con el sistema Windows ® y los convertidores de frecuencia INVT quienes son uno de los principales fabricantes de variadores de frecuencia en China.

El software de comunicaciones INVT Studio le permitirá entre otras cosas:

- Monitorea múltiples convertidores con un solo PC de manera simultánea.
- Diagnóstico de fallos y sus respectivas causas.
- Editar los parámetros que se requieran.
- La carga y descarga de parámetros, exportando e importando ficheros de parámetros.
- Permite comunicación Serie y Ethernet.
- Otras necesidades o requerimientos que tenga de acuerdo al proyecto o proceso.
- Solicitar ayuda Online (INVTEK, 2021).

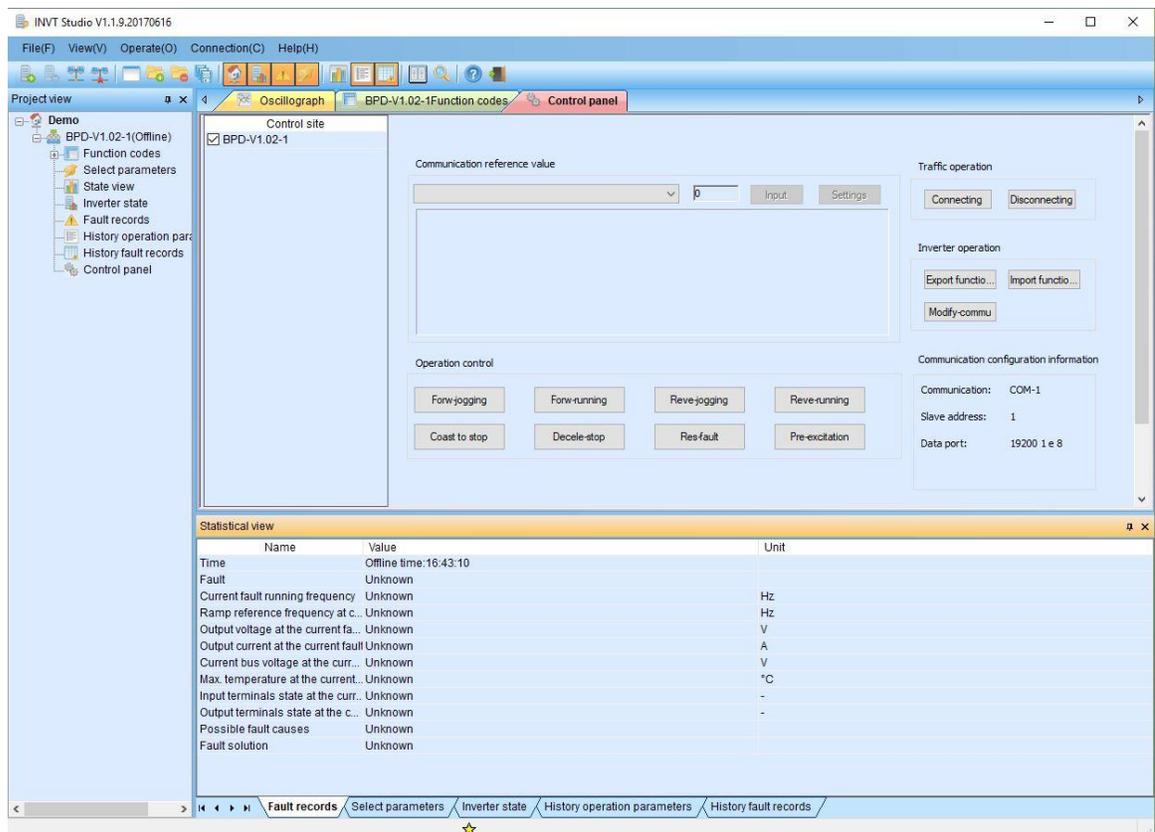


Figura 16 INVT Studio software
Fuente: (INVTEK, 2021)

2.15 Software de Programación AutoStation

AutoStation es un software de programación especializado para los PLC de las series IVC1 y IVC2, el proveedor lo permite descargar de un link de su marca, de hecho, puede ser descargado de www.invt.com.cn.

El software AutoStation es una herramienta de programación de diagramas, basada en la plataforma Windows que es operada a través del teclado y el mouse. Hay tres lenguajes de programación disponibles:

- Lista de instrucciones (IL)
- Diagrama de funciones secuenciales (SFC)
- Diagrama de contactos (KOP).

El fabricante también facilita un manual del usuario del software de programación AutoStation para la programación Modbus y el monitoreo remoto.

El fabricante también facilita un manual del usuario del software de programación AutoStation para la programación Modbus y el monitoreo remoto.

Para conectar la plataforma de programación AutoStation a un PLC, se puede utilizar directamente el cable de programación del puerto serie, o la red Modbus a través de la conversión de puerto serie, o Internet a través de un módem (INVT, 2020)

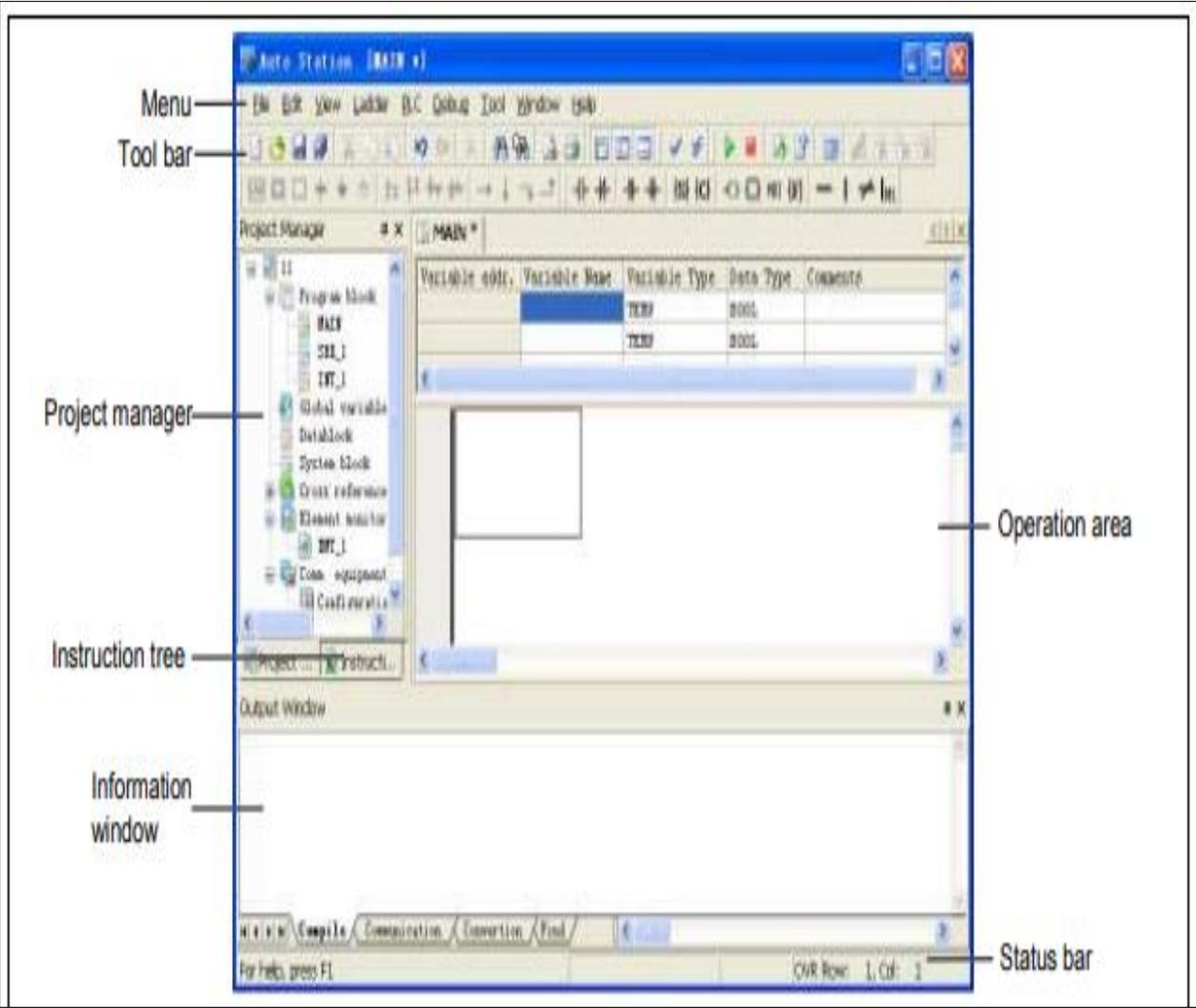


Figura 17 Software de Programación AutoStation
Fuente: (INVT, 2020)

2.16 Programa Node Red

Node-RED es una herramienta de programación visual, pues muestra visualmente las funciones y relaciones, y permite que el usuario pueda programar sin necesidad de escribir una sola línea. Node-RED es un editor de flujo basado en el navegador donde se puede eliminar o añadir nodos y que estos puedan conectarse entre sí con el fin de hacer que se comuniquen entre ellos.

Node-Red es tan practico que hace que el conectar los dispositivos de hardware, servicios y APIs en línea, pueda realizarse de la manera más fácil y sencilla, sin necesidad de entrar en engorrosos procesos de programación o codificación.

Los nodos son la estructura mínima, se arrastran a través de la interfaz gráfica y permiten hacer una tarea concreta como recibir una llamada HTTP, la activación de un pulsador. O recibir un mensaje MQTT (Arduino, 2020)

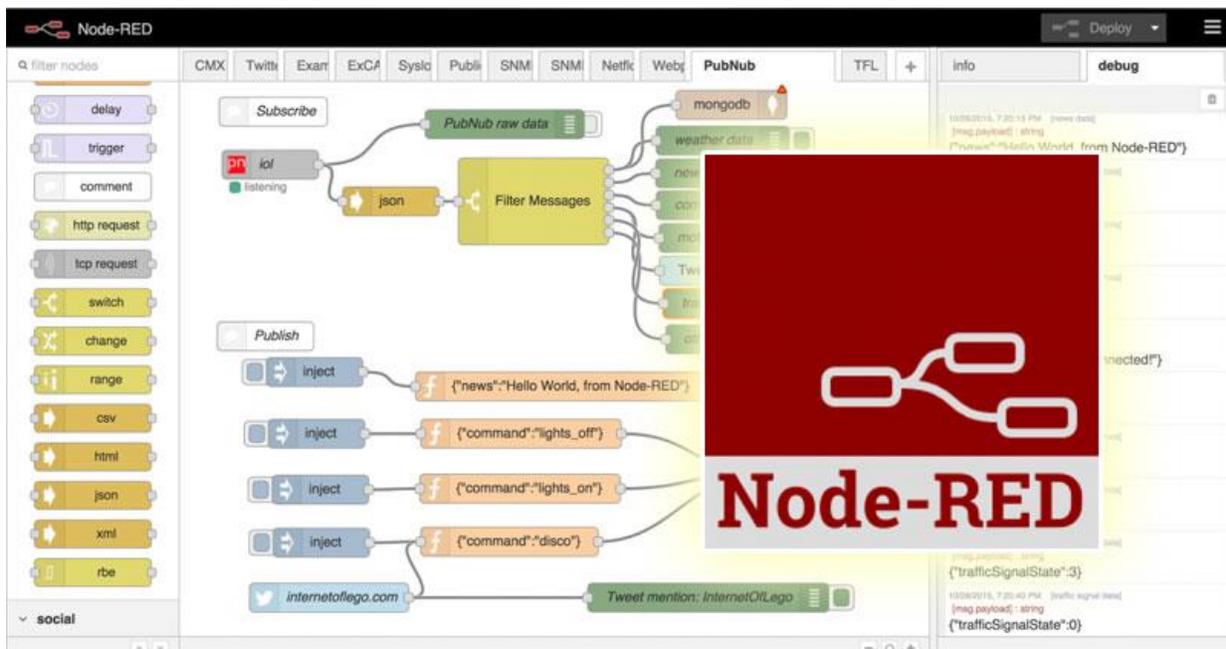


Figura 18 Representación gráfica del programa Node-RED
Fuente: (Gonzales, 2017)

2.17 Programa Wincc

Wincc (Windows Control Center) por sus siglas en inglés, es un método de supervisión para PC que se ejecuta bajo el ambiente de Microsoft Windows y se centra en el manejo de instalaciones, máquinas, procesos y líneas de fabricación.

Este programa es una herramienta de tipo IHMI (Integrated Human Machine Interface) la misma que se integra armónicamente al software del PLC para la automatización efectiva de casi cualquier planta. Con este sistema se puede innovar aplicaciones o desarrollar las que ya existen a nivel de programación. El operador tiene la ventaja de interactuar con la aplicación desde la máquina o desde el controlador.

La seguridad que este programa posee para resguardar los archivos de datos, lo convierte en un aliado perfecto para manejar y mejorar los procesos automatizados de alto nivel en las industrias (Muñoz, 2021)



Figura 19 Representación gráfica del programa Wincc
Fuente: (Siemens, 2021)

2.18 LOGO!Soft Comfort V8.3

Los nano-PLCs Logo! 8 de Siemens son módulos lógicos inteligentes para proyectos de automatización a pequeña escala.

El LOGO! 8 incluye una pantalla más grande, un servidor web integrado y salidas adicionales en los módulos digitales y analógicos completas opciones de comunicación a través de Ethernet. La pantalla de 6 líneas con 16 caracteres por línea, admite el doble de caracteres en cada mensaje de texto ofreciendo mensajes de texto más detallados.

La interfaz Ethernet y el servidor web integrados son características excepcionales en esta clase de dispositivos. La interfaz Ethernet amplía las capacidades de comunicación, al tiempo que simplifica la instalación al eliminar la necesidad de cables adicionales de programación o los cables del display de texto Logo! TDE (Interempresas, 2021)



Figura 20 Representación gráfica del programa 2.18 LOGO!Soft Comfort V8.3
Fuente: (Educatia, 2021)

2.19 Industria 4.0

La industria 4.0 surge en Alemania como un concepto, haciendo referencia a los populares términos como pueden ser cuarta revolución industrial, ciber industria, industria inteligente etc. La industria 4.0 simplemente consiste en interconectar todas las partes de una empresa dando lugar a una automatización efectiva y una empresa inteligente. Todo empresario busca que su empresa sea mucho más inteligente y eficiente, debe procurar organizar todos los medios productivos y toda la empresa en sí para conseguir una mayor eficiencia.

Es decir, intentar que la empresa sea capaz de adaptarse a los medios de producción y a los recursos de los que dispone para intentar aprovecharlos al máximo. Por lo tanto, podemos decir que, la industria 4.0, consiste en la digitalización de la industria y todos los servicios relacionados con la empresa. Cuando se busca este concepto de industria se produce una unión entre el mundo virtual y el real, es decir, se utilizan las nuevas tecnologías en todas las partes de la empresa, incluyendo los procesos productivos. De esta forma, las instalaciones son capaces de autogestionarse de forma más autónoma adaptándose a los requisitos del mercado, utilizando tecnología de punta y de fácil actualización (ISOTools, 2018).

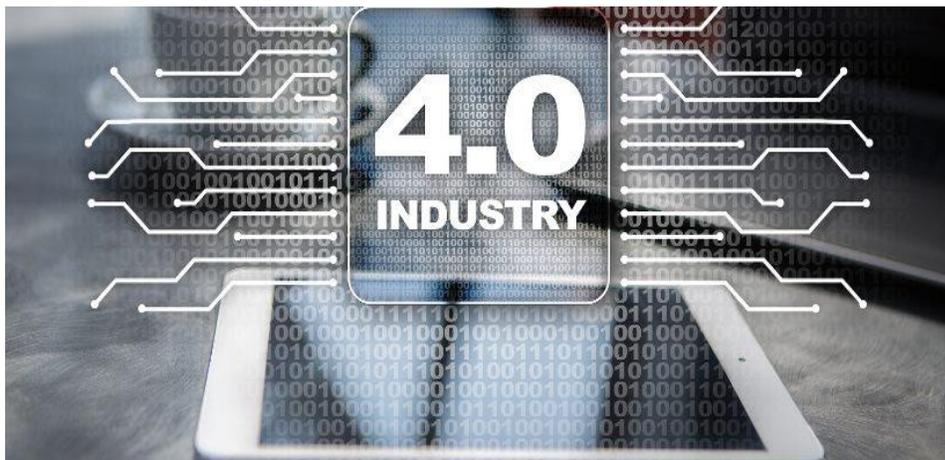


Figura 21 Industria 4.0
Fuente: (ISOTools, 2018)

CAPÍTULO III

3 Desarrollo del proyecto

3.1 Diseño y análisis de la propuesta técnica del proyecto

El proyecto propone la implementación de un módulo didáctico, la propuesta de solución se basa en el diseño e implementación de una maleta compuesta por un módulo Demo para control y movimiento con PLC modelo IVC1, Variador de frecuencia modelo GD10, contiene luces piloto, elementos de control como pulsadores y selectores.

De esta manera el estudiante podrá desarrollar prácticas que facilitarán conocer el software de programación para PLC, así como realizar la configuración básica de un variador de frecuencia permitiendo conocer de esta manera a nivel macro las características y funcionalidad de los equipos en cuestión, logrando consolidar y mejorar los conocimientos de los estudiantes para así mejorar sus habilidades en el campo laboral.

En las prácticas se simularán diferentes situaciones que se presentan en la vida laboral diaria, y también permitirán que se use y combine los diferentes elementos que componen el maletín didáctico, adicional con la ayuda de los diferentes programas que se usan en el desarrollo de las prácticas, se demuestra la ventaja del IOT de las cosas, es decir la comunicación en tiempo real, el almacenamiento remoto de información y el envío de señales a plataformas como WhatsApp que permitirán conocer al responsable cual es el estatus de los equipos o si se presenta alguna variación en su funcionamiento frente a lo programado.

En la figura 14 se puede observar el diagrama de bloques de la propuesta técnica, en el mismo se puede observar los elementos electrónicos, como el HMI, PLC, el variador de frecuencia.

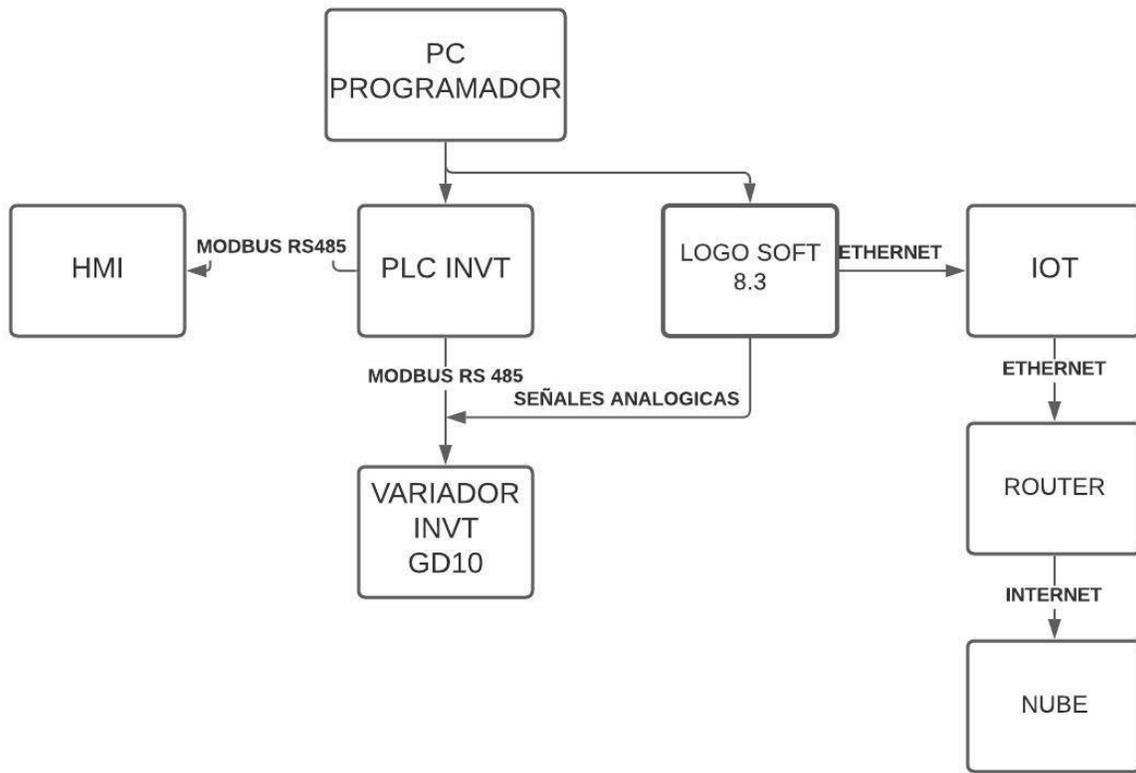


Figura 22 Diagrama de bloques de la propuesta técnica.
Elaborado por: El Autor

3.1.1 Diseño del panel de conexiones

El diseño del panel de conexiones fue realizado utilizando la herramienta de diseño AutoCAD, pues permite plantear la distribución de manera práctica y con las medidas reales de todos los elementos que en este se encontrarán.

Este panel también se rotula de acuerdo a la funcionalidad que tendrán cada uno de los grupos de conectores y demás elementos como luces piloto, botón de paro de emergencia, fue elaborado el lamina metálica de 1.44 mm pintado al horno con pintura electrostática del tipo RAL7032 y fue serigrafiado para efectos de señalización.

Se opto por utilizar conectores de tipo banana, para realizar diferentes conexiones con cables tipo plug aislados. Esto le agrega al módulo versatilidad y la posibilidad al estudiante de realizar sus propias conexiones según la necesidad de la práctica o aplicación de laboratorio.

Los cables tipo plug banana utilizados en el proyecto son de tipo especial, pues tienen un sistema retráctil de protección en la punta, adicional que pueden ser interconectados varios de ellos debido a su diseño.

Se diseño y elaboró el número se cables suficientes como para que no haya la necesidad de esperar que haya disponibilidad cables desocupados, sino que cada una de las practicas cuenta con los cables suficientes para las mismas, de esta manera también se prolonga la vida útil de los cables de conexión tipo banana.

Las conexiones se encuentran en el contra fondo interior de la puerta del módulo, juntamente con la pantalla HMI, para de esa manera al momento de reubicarlo en otro lugar, estos elementos no estén expuestos y son menos propensos a sufrir golpes.

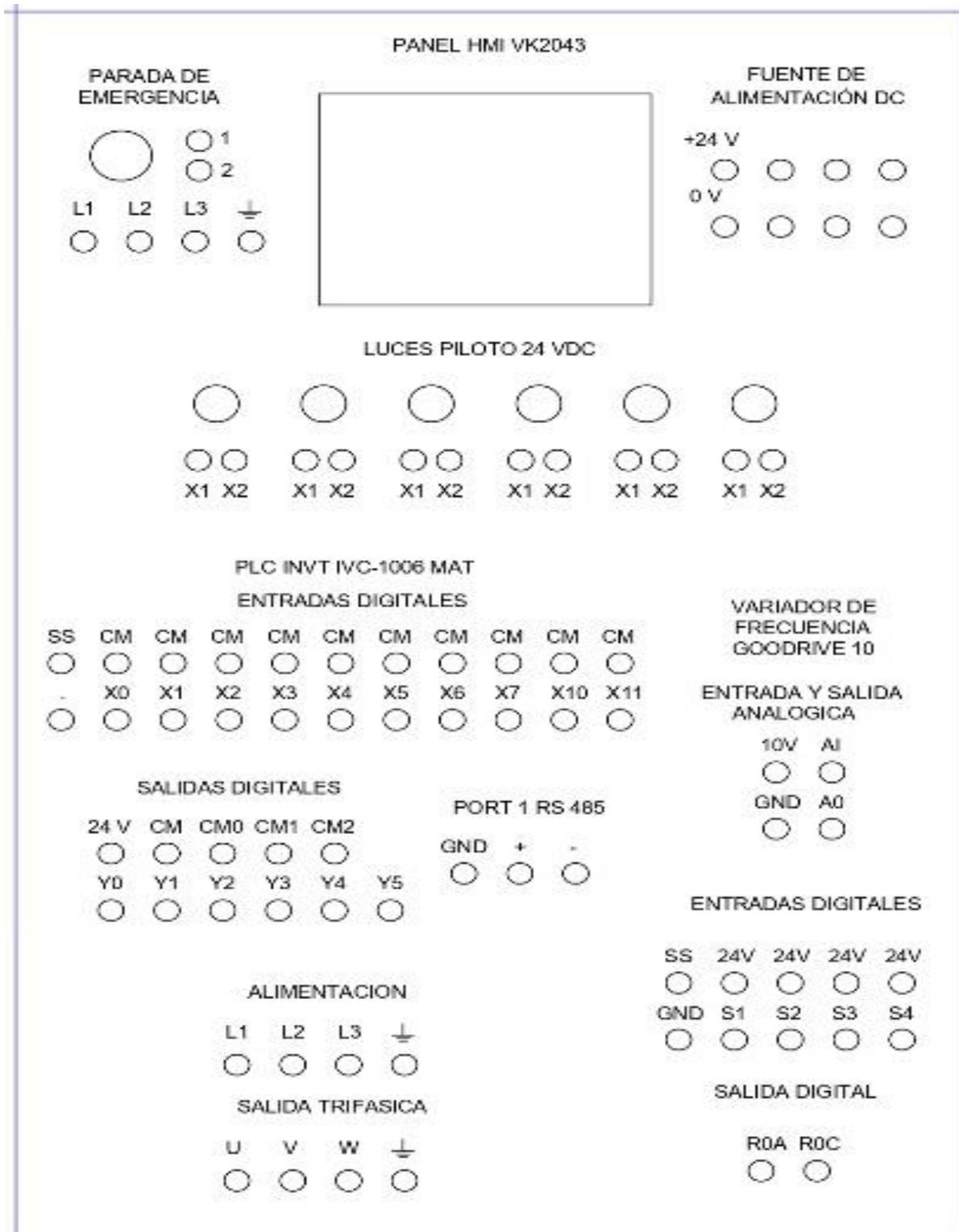


Figura 23 Esquema diseñado del panel de conexiones.

Elaborado por: El Autor

3.1.2 Diseño de la estructura del módulo

Se diseño un módulo con estructura metálica, Tablero tipo caja, medidas: (Alto: 60cm. X Ancho: 40cm. X Profundidad: 30cm.) elaborado en plancha galvanizada 1.4mm de espesor, tratamiento químico de limpieza por inmersión en caliente (fosfatizado y desengrasado) aplicación de pintura electrostática epoxi-poliéster horneable color RAL7032 (BEIGE), y cerradura con llave, fabricado bajo el proceso de certificación ISO 9001-2015.

Se incluyo en el diseño:

- Doble fondo
- Soporte para ubicar el motor
- Rotulado frontal de la caja con el nombre de la tesis



Figura 24 Ilustración gráfica del tablero metálico base para el módulo didáctico.

Elaborado por: El Autor

3.2 Implementación de los controladores y actuadores

Una vez elaborada la caja metálica y la contratapa con la respectiva serigrafía, se procede a implementar dentro de esta, los elementos que conformaran el módulo didáctico, es necesario tener en consideración que para colocar los diferentes elementos deben ir estos en el siguiente orden:

1. Alimentación
2. Protección
3. Control
4. Actuadores

Los mismos que serán colocados sobre riel metálica DIN, la misma que facilita ir agregando componentes a medida que se requiera, también se utilizó canaleta DEXON de 40x40 plástica, que servirá para alojar los cables de los diferentes elementos a través del módulo.

El calibre de cable seleccionado para el circuito de control fue 18 AWG, con dos colores diferentes, para poder establecer una diferencia de polaridad.

Para cada conexión se seleccionó un tipo de terminal:

- Tipo puntera para bornes del PLC INVT y LOGO Siemens garantizando un buen contacto eléctrico, ya que el calibre utilizado es 18 AWG.
- Tipo ojo para las conexiones de los conectores de tipo banana y así evitar que estos puedan desconectarse internamente.

Cada conexión cuenta con una identificación, con números seleccionados, estas marquillas son de tipo anillo, para evitar que estas puedan soltarse del conductor.

El controlador seleccionado fue el INVT IVC1, PLC fácil de instalar y de programación bastante amigable, este cuenta con dos puertos de programación: un RS232 el cual será configurado como esclavo para que se comuniquen vía Modbus con el dispositivo HMI y un RS

485, el cual será configurado como maestro para comunicarse con el variador de frecuencia. El mismo puerto RS 232 se utiliza como puerto de programación.

El PLC INVT IVC1 es un PLC de tipo compacto, que cuenta con entradas y salidas de tipo transistor, para poder utilizar controles con señales de alta frecuencia, aplicaciones de tipo PWM.

Esto último le da mucha versatilidad al dispositivo PLC y no lo limita como a otros dispositivos de otros fabricantes que al utilizar salidas de tipo relé, no pueden tener disponibles salidas rápidas de alta frecuencia.

Existen varias versiones de este PLC: El IVC1 y el IVC1L, la diferencia entre estos es el número de puertos de comunicación serial con los que cuentan.

Al crear las diferentes conexiones seriales, se puede tener como resultante diferentes conexiones de red, en cascada como maestro – esclavo. El intercambio de datos se realiza mediante registros Modbus con la instrucción MODRW donde se debe definir si estos son de lectura o de escritura.

El PLC INVT maneja un hardware muy robusto con un rango de voltaje de alimentación desde 100 hasta 250 VAC, esto lo hace completamente funcional en lugares donde las variaciones de voltaje son constantes, siempre y cuando, no se encuentre fuera de los límites mencionados.

En el módulo se incorporó un equipo que permite conexión con un sistema IOT y con la nube, este equipo es LOGO Siemens versión 8.3. Esta versión de LOGO es reciente, lanzada el 21 de julio del año 2021. LOGO es el equipo más robusto dentro de su gama con rango de temperatura ampliado hasta 55 grados Celsius, permite 8 conexiones ethernet de cualquier fabricante, dentro de este puerto ethernet se incorporó el protocolo de comunicación Modbus TCP IP.

LOGO hasta su versión 8.2 contaba con un servidor web personalizado, el cual era creado en el software Logo Web Editor, en la versión seleccionada para el módulo didáctico se cuenta con conexión directa con la nube y registro de datos, es decir se convierte en una pasarela incorporando tecnologías de industria 4.0, abriendo otra puerta de aplicaciones.

Otro punto importante de la utilización de LOGO en el módulo didáctico, fue poder crear un DASHBOARD para que este pueda controlar un variador de frecuencia desde un navegador web y visualizar datos de velocidad y de estado de funcionamiento en tiempo real.

El panel HMI INVT VK2043 fue el dispositivo de visualización ideal, este cuenta con varios puertos de comunicación:

- RS232
- RS485
- Ethernet

Esto permite al panel HMI, crear diferentes conexiones completamente independientes una de la otra y en protocolos de comunicación distintos.

El panel HMI INVT puede configurarse como maestro y controlar directamente un variador de frecuencia sin necesidad de tener un PLC, es decir puede acceder directamente a los registros de lectura y escritura.

Esto nos permite simplificar las cosas, en un proyecto donde comúnmente usaríamos un HMI conectado con un PLC y este por medio de otro puerto con el variador de frecuencia. En lugar de aquello tendremos solo un HMI y un variador de frecuencia comunicados por el protocolo Modbus RTU.

En el cual la arquitectura es maestro – esclavo, donde el panel HMI se convierte en el maestro del variador de frecuencia.



Figura 25 Ilustración gráfica de la colocación de los elementos dentro del módulo didáctico.
Elaborado por: El Autor

3.3 Programas que fueron elegidos para el presente proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto, fue necesario elegir entre las diferentes opciones de software que existen en el mercado, de las cuales fueron elegidos los siguientes:

- **Auto Station**

INVT nos ofrece una interfaz de programación simple y ligera, es decir que sus programas no van a consumir muchos recursos de disco y de memoria RAM durante su ejecución.

El Software de programación Auto Station permitió realizar programación en lenguaje Ladder, con instrucciones que ya vienen de cierta manera simplificada, comparando otras marcas de la misma gama, con esto último se hace referencia a la comunicación Modbus RTU.

Para comunicar varios dispositivos en red serial Modbus RTU, basta con crear la conexión y utilizar una instrucción que sirve para lectura y escritura de registros. Auto Station, permite programar toda la familia de dispositivos autómatas de la marca INVT. Los drivers disponibles para carga de programa pueden ser USB, Ethernet, dependiendo del dispositivo físico con el que se cuente.

Las instrucciones con las que cuenta este programa son:

- Instrucciones básicas
- Instrucciones de control de programa
- Instrucciones SFC
- Instrucciones de transmisión de datos
- Instrucciones matemáticas
- Instrucciones de acumulación
- Instrucciones lógicas WORD
- Instrucciones de rotación
- Instrucciones de bit mejoradas
- Instrucciones I/O de alta velocidad

- Instrucciones de cálculo de control
- Instrucciones de equipamiento externo
- Instrucciones de reloj y tiempo real
- Instrucciones de comparación
- Instrucciones de conversión de datos
- Instrucciones de comunicación
- Instrucciones MDI
- Instrucciones de verificación de datos
- Instrucciones de localización

- **VT Designer**

VT designer es el software de programación de paneles HMI de la marca INVT, cuenta con una amplia librería de herramientas que permite realizar gráficos de alto nivel. Al contar físicamente con HMI, con varios puertos de comunicación, se tiene a disposición diferentes drivers de distintos fabricantes ya instalados para realizar directamente la comunicación sin necesidad de archivos GSD. Estos drivers de dispositivos son:

- Adde
- Aigo
- Allen Bradley
- Arico
- Asea Brown
- Astraada HMI
- Automation Technology CO Ltda

- Banner engineering
- Cangnan instrument factor
- Capac
- Chino Corporation
- CMZ Sistemi
- Crouzet Ltd
- CTB Technologies Corporation
- Danfoss
- DCBOx
- Deif A/S
- Delta
- Dirise Electric
- Emerson Network
- Epson Corporate
- Epson
- Eura
- Festo
- Frecon
- Fuji
- FVK Automation
- GE Corporation
- Gigarise Technology
- GOFAST Corporation

- GTAKE
- Haiwell
- Hanbell
- Hitachi
- Hitech
- HOLIP Electronic
- Holly Sys
- Honeywell
- Hunjoen Electronic
- HUST Automation
- Idec Corporation
- IECCO
- IMO
- Inovance Control technology
- Integrated Flow Systems
- **INVT**
- JETTER
- Joint Peer
- Keyence
- Kinco
- Klockner
- Koyo Electric
- Lenze

- LG
- LiteON Industry Automation
- Liyan Electric
- LSIS
- Lust Antriebstechnik GmbH
- Matsushita
- Maxtech
- Macthermo
- Mean Well Enterprise
- Megmeet
- Micro Trend Corporation
- MIKOM Electrical
- Minimotor
- Mirle Automation
- Mitsubishi
- Mitutoyo
- Modicon Corp
- MOTEC
- MTC
- Muscle Corporation
- Myiter Control
- My Tech
- Newtop Co. Ltd

- Omrom
- Panasonic
- Panel Master
- Pan-Globe- Corp
- Parker
- PORIS
- POWTECH
- Raytek Corporation
- Resson Technologies CO. Ltd
- RICH Electric CO. Ltd
- RVC Instrument Inc.
- Saia Burgess
- Samwon Technology
- Schneider Electric
- Sharp Corporation
- Shenzhen Sine
- Shenzhen Servo
- Shenzhen V&T
- Shenzhen Xilin
- Shihilin Electric
- Shimax CO. LTD
- Shinko
- **Siemens AG**

- Taian Automation
- Taiwan Instrument & Control
- Teco Electric
- TESHOW Electronic
- Texas Instrument
- Thinget Electronic CO. Ltd
- Tieon Electronics
- TOHO Electronics
- TOKY Electrical
- Tokyo Keiso
- Toshiba
- Unitronics
- USAT Technologies
- Vertex Technology
- Vigor Corporation
- VIPA
- Vware

Como se puede apreciar, en este software se cuenta con una amplia posibilidad de conexiones hacia el dispositivo HMI, lo cual lo hace muy fiable tanto desde el punto de vista técnico, como desde el punto de vista económico.

VT Designer a pesar de ser un software que trabaja con gráficos no requiere de un computador de una gama tan alta, esto permite a personas que trabajen con ordenadores de gama

intermedia, puedan contar con este programa de manera gratuita y sin tener que perder rendimiento en dicho computador.

De esta manera también se reduce el tiempo de ingeniería ya que otros programas de automatización al ser pesados, hacen que el tiempo de ejecución y programación sea mucho más extendido.

La idea es siempre agilizar este tiempo y de ofrecer al mercado una solución económica y accesible, pero sobre todo segura y funcional.

- **Node-Red**

Node red es una aplicación gratuita creada en el año 2013 por la empresa IBM, es un editor de flujo basado en el navegador donde se puede agregar o eliminar nodos he de aquí su nombre Node-Red; y conectarlos de tal manera entre si a fin de que haya una comunicación entre ellos. La idea de Node-Red es que esto sea un "low-code" es decir crear software de aplicación a través de una interfaz gráfica.

El principal objetivo de Node-Red es ser una herramienta de programación para hacer de enlace entre hardware, APIs y servicio de internet. Se usa principalmente para los equipos dedicados al internet de las cosas (IOT) ya que en su mayoría son compatibles con las bibliotecas de dicho software y posibilitan realizar un programa de control con la herramienta Node-Red.

Según el dispositivo que se esté usando para la conexión IOT son diferentes tipos de herramientas de solución que este ofrece, según la biblioteca de la marca como por ejemplo Siemens, Raspberry-pi, ABB, Arduino y muchas más. (Crespo, 2020)

Node RED en el proyecto de tesis fue elegido luego realizar investigación y pruebas con diferentes plataformas de sistemas IOT, este cuenta con mayor cantidad de nodos o herramientas, para crear accionamientos y elementos de visualización de una manera muy sencilla.

Node Red dispone de una librería llamada “*node-red-contrib-s7*” la cual permite agregar cada una de las variables de un controlador Siemens con el mismo formato de direcciones que se utilizan en Logo Soft Comfort y en TIA Portal, solo creando la conexión S7 entre Node Red y el dispositivo PLC.

El accionamiento de marcas y salidas se puede realizar directamente en Node Red como si se hiciera desde un HMI. Adicionalmente se puede hacer uso de una librería de “*WhatsApp*” para que cada vez que se realice un accionamiento del motor, el dispositivo LOGO envíe un mensaje a un número celular configurado dentro de dicho nodo agregado.

El mundo IOT ya no es opcional, es una necesidad para incorporar los sistemas de automatización que se manejen a nivel de industria 4.0. Node Red es completamente gratuito y luego de las pruebas realizadas, se llegó a la conclusión de que este es muy estable y seguro.

Node red también dispone de herramientas de DASHBOARD o interfaz gráfica como:

- Botones
- Switch
- Visor de curvas
- Medidor gauge
- Cuadro numérico de visualización
- Cuadro numérico de ingreso de datos
- Cuadro de texto

- Imágenes
- Barras

Las herramientas de programación utilizadas también son importantes de mencionar tales como:

- Conexión entre el elemento de DASHBOARD y la variable del PLC
- Funciones matemáticas
- Escalado de visualizadores de DASHBOARD
- Crear notificaciones según el evento de accionamiento generado para que el DASHBOARD sea más informativo
- Habilitar y deshabilitar elementos de accionamiento de DASHBOARD si se requiere
- Crear mensajes predeterminados de WhatsApp
- Editor de interfaz gráfica, para darle una apariencia y distribución de los diferentes elementos, para que este tenga un alto nivel de representación gráfica. Podemos seleccionar dos temas predeterminados o crear uno con los colores que consideremos ideales.

Node red es un sistema liviano que no satura la memoria RAM, disco y procesador, esto lo hace mucho más ideal para sistemas PC que no cuentan con características de una gama muy alta.

Node Red también puede funcionar sin internet hasta cierto punto, ya que hay herramientas que requieren de la conexión a internet como por ejemplo el nodo de WhatsApp utilizado, ya que este sin internet no es capaz de transportar mensajes a un número celular.

- **WinCC V16 Professional**

En la industria 4.0 los usuarios pueden encontrarse con algo nuevo para comprender de mejor manera los medios de producción. La automatización es un punto clave para la industria actual por lo cual Siemens presenta a esta industria siempre cambiante, el sistema SCADA WinCC, que va evolucionando cada día de la mano de la industria y con ello ofrece unas características muy competitivas para la industria.

Un sistema de tipo SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de datos) se dedica al control y a la supervisión procesos, secuencia de fabricación de máquinas y plantas en todos los sectores disponibles, toda aplicación que recopile datos operativos de un sistema con el objetivo de controlar y optimizar ese sistema, es una aplicación SCADA.

Características principales de SCADA WinCC:

- **Funciones HMI**

El HMI es donde el hombre toma el control de la máquina y en ella presenta varias funciones de la máquina como la visualización del proceso, alarmas, historial, informes de producción, entre otros.

- **Standares abiertos**

SCADA WinCC tiene agregado un cliente estándar OPC UA el cual le permite poder intercambiar datos fácilmente con sistemas tipo MES (Manufacturing Execution System) o con sistemas SAP, también puede ser incluso con una interfaz basada en archivos XML.

- **IOT (Internet de las cosas)**

En los nuevos rumbos que está tomando la industria, los procesos de producción industrial trabajan unos con otros y así optimizan los tiempos de producción. Para esto presenta la opción WinCC WebUX esta es la opción que Siemens presenta para poder manejar y

visualizar vía web el sistema de automatización, perfecta para dispositivos móviles y tabletas, ya que utiliza HTML5.

- Escalabilidad

La escalabilidad es una de las propiedades importantes de un sistema SCADA la cual puede ampliarse sin perder la calidad en los servicios que son ofrecidos.

- Ciberseguridad

La ciberseguridad cubre todos los conceptos que rigen la seguridad a través del internet y cubre la mayor parte de posibilidades de protección a nivel del acceso, seguridad IT y seguridad de planta. WinCC incorpora usuarios locales, donde se registran todas las acciones del usuario, también encriptación SSL para la comunicación entre servidor y cliente. (Berdin, 2017)

A través de WinCC se realizó un sistema SCADA simulando un proceso de sistema de presión constante, un control de tipo proporcional integral (PI).

Las herramientas gráficas de WinCC poseen una apariencia de un nivel bastante alto, que permiten apreciar el proceso de una manera mucho más real, incorporando animaciones, faceplate, scripts, etc.

WinCC posee el driver de comunicación para conectarse en red ethernet con LOGO Siemens y así poder intercambiar datos en tiempo real y a una gran velocidad. En este caso se hace referencia a una conexión de cliente – servidor.

3.4 Elaboración de los terminales de prueba

Los terminales de prueba fueron realizados con cable # 18 en color negro y rojo, se adquirió componentes para elaborar cables comprobadores con conectores tipo banana, el tipo de conector adquirido tiene la ventaja de que es un conector tipo banana retráctil con funda protectora y también posee la característica de poder unir dos o más terminales entre sí en caso de requerirse.

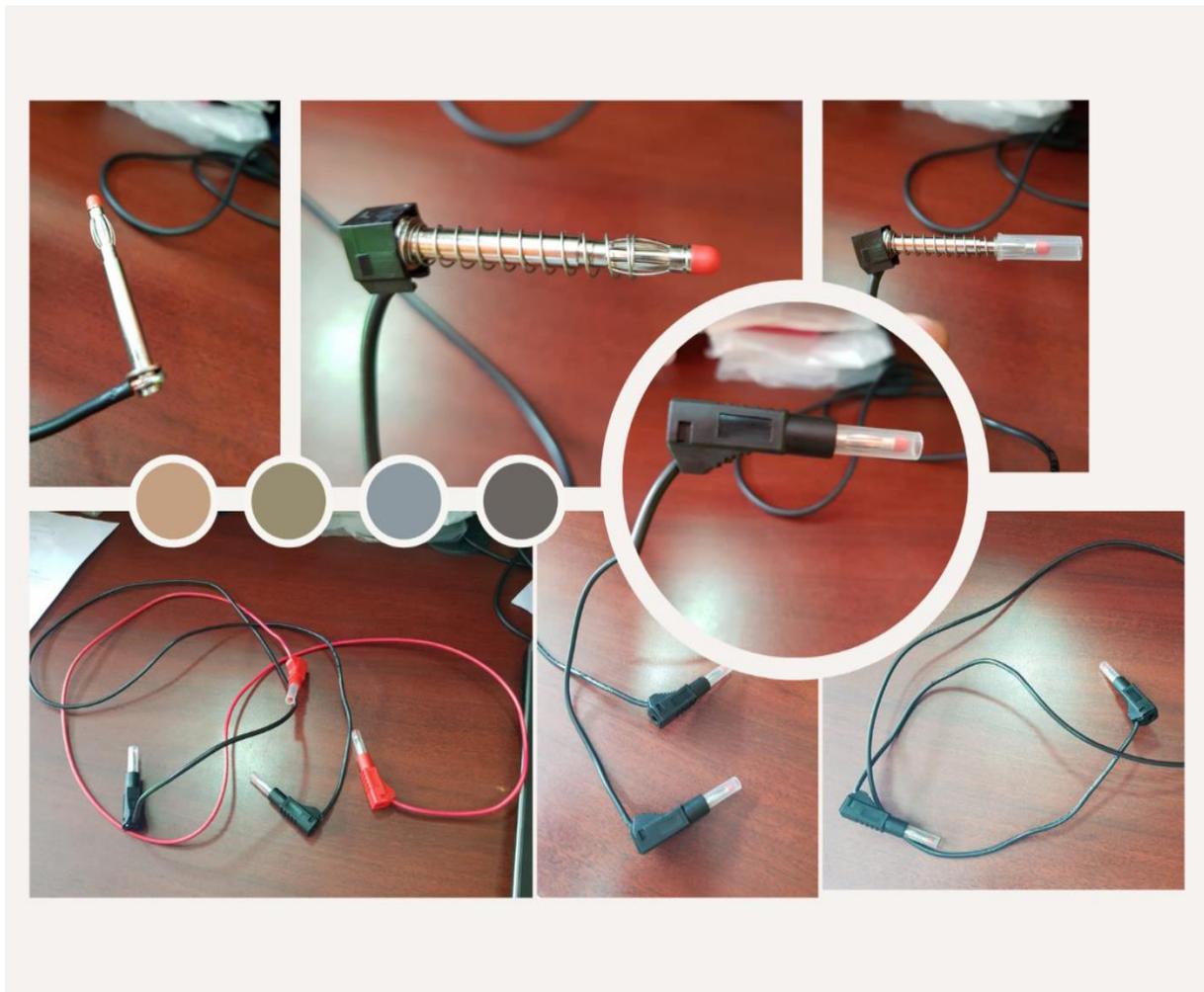


Figura 26 Ilustración gráfica de la elaboración de los terminales de prueba tipo banana.
Elaborado por: El Autor

CAPÍTULO IV

4 Desarrollo de las prácticas propuestas

4.1 Práctica # 1 Programación de PLC INVT y control de movimiento intermitente con variador de frecuencia por señales digitales.

		GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO
CARRERA: Ingeniería Electrónica.		ASIGNATURA: Automatización Industrial
N° DE PRÁCTICA:	1	TÍTULO PRÁCTICA: Programación de PLC INVT y control de movimiento intermitente con variador de frecuencia por señales digitales.
OBJETIVOS: OBJETIVO GENERAL. Simular aplicación de movimiento intermitente para poder parametrizar interrupciones cíclicas entre cada cambio de sentido de giro. OBJETIVOS ESPECÍFICOS: <ul style="list-style-type: none">• Comprobar la dinámica de movimiento rotativo y verificar que no existan contra torques cuando se hace el cambio de sentido de giro.• Definir el tiempo de espera entre cada cambio de giro, considerando la velocidad.• Seleccionar el método de parada, ya sea parada por rampa de desaceleración o parada rápida.		
INSTRUCCIONES:	1 Alimentar el variador de frecuencia y PLC con 220V	
	2 Realizar conexiones del circuito de control.	
	3 Configurar parámetros de variador de frecuencia y programación de PLC.	
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR		
1 Parametrización y puesta en marcha del variador de frecuencia INVT para control por señales digitales.		
2 Realizar diagrama Ladder y configurar los tiempos de interrupción según la dinámica de movimiento observada físicamente a una velocidad determinada.		
RESULTADO(S) OBTENIDO(S): Verificación de funcionamiento, prueba a varias velocidades, en las cuales se determinó que la rampa de aceleración no puede ser menor a 5 segundos al igual que la rampa de desaceleración.		
CONCLUSIONES: Los variadores de frecuencia de la marca INVT básicos, permiten realizar control de movimiento continuo, movimiento intermitente, par constante y par variable.		
RECOMENDACIONES: <ul style="list-style-type: none">• Si el variador de frecuencia va a ser alimentado con una red de 220V monofásica se debe considerar un factor de seguridad de 1.5 de la potencia del motor.• La protección del variador de frecuencia debe ser un elemento fusible o un interruptor termomagnético de tipo C, ya que el variador de frecuencia protege al motor.		

4.2 Práctica # 2 Comunicación Modbus RTU entre PLC - variador INVT y arranque en movimiento continuo e intermitente.

		GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO
CARRERA: Ingeniería Electrónica.		ASIGNATURA: Automatización Industrial
N° DE PRÁCTICA:	2	TÍTULO PRÁCTICA: Comunicación Modbus RTU entre PLC - variador INVT y arranque en movimiento continuo e intermitente.
OBJETIVOS: OBJETIVO GENERAL. Utilizar el PLC INVT con un sistema maestro del variador de frecuencia por medio del protocolo de comunicación RS-485 MODBUS RTU. OBJETIVOS ESPECÍFICOS: <ul style="list-style-type: none"> • Controlar el accionamiento y dirección del motor por medio del registro de la palabra de mando. • Establecer la consigna de velocidad por medio de registro. 		
INSTRUCCIONES:	1 Alimentar el variador de frecuencia y PLC con 220V	
	2 Realizar conexiones del circuito de control y conexión de red MODBUS RTU de dos hilos entre el puerto 1 del PLC y el puerto del variador de frecuencia	
	3 Configurar parámetros de variador de frecuencia y programación de PLC.	
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR		
1 Configurar el puerto de comunicación 1 del PLC como protocolo MODBUS RTU considerando que la velocidad y la paridad deben ser iguales que las del variador de frecuencia, configurar direcciones MODBUS en ambos dispositivos.		
2 Escribir en los registros de palabra de mando y consigna de velocidad los valores para definir el sentido de giro del motor y su frecuencia de funcionamiento (Se puede utilizar registros de lectura para confirmar el correcto funcionamiento).		
RESULTADO(S) OBTENIDO(S): Control por medio de MODBUS RTU reduce el cableado físico ya que todo el sistema de control y mando se realiza por medio de la red y además se puede obtener las diferentes magnitudes eléctricas del motor durante su funcionamiento para que el control sea más seguro y robusto, en caso de fallas reconocer específicamente cual es la falla (sobrecarga, cortocircuito, falla de puesta a tierra, rotor bloqueado, pérdida de fase, alta temperatura.		
CONCLUSIONES: La comunicación MODBUS RTU se realiza de una manera sencilla sin necesidad de usar telegramas ni archivos GSD, aun si los dispositivos son de distintos fabricantes.		
RECOMENDACIONES: <ul style="list-style-type: none"> • Para evitar pérdidas y problemas en la red, se debe utilizar cable apantallado. • Si el variador de frecuencia va a ser alimentado con una red de 220V monofásica se debe considerar un factor de seguridad de 1.5 de la potencia del motor. • La protección del variador de frecuencia debe ser un elemento fusible o un interruptor termomagnético de tipo C, ya que el variador de frecuencia protege al motor. 		

4.3 Práctica # 3 Detección de equipos y recolección de datos por sistema IOT industrial INVT.

		GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO
CARRERA: Ingeniería Electrónica.		ASIGNATURA: Automatización Industrial
N° DE PRÁCTICA:	3	TÍTULO PRÁCTICA: Detección de equipos y recolección de datos por sistema IOT industrial INVT.
OBJETIVOS: OBJETIVO GENERAL. Realizar control analógico por medio de LOGO SIEMENS, estableciendo conexión con la herramienta de flujo IOT NODE RED de la empresa IBM. OBJETIVOS ESPECÍFICOS: <ul style="list-style-type: none"> • Configuración de NODOS para leer y escribir variables desde un DASHBOARD ejecutado en Google Chrome. • Desarrollar elementos gráficos de control y visualización. 		
INSTRUCCIONES:	1 Alimentar variador de frecuencia con 220V y logo siemens con 24V DC	
	2 Conectar y realizar cableado de control entre variador y dispositivo LOGO.	
	3 Conectar el dispositivo LOGO a internet.	
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR		
1 Instalar NODE.JS en el computador del operador o usuario para poder ejecutar el sistema IOT en un navegador.		
2 Controlar y monitorear el variador de frecuencia utilizando al LOGO SIEMENS como controlador y GATE WAY.		
3 Configurar NODOS de escritura y lectura S7 (Nodos especiales de la marca SIEMENS).		
4 Crear conexión de cliente-servidor entre el LOGO SIEMENS y NODE RED.		
RESULTADO(S) OBTENIDO(S): Se logro realizar el control analógico del variador de frecuencia por medio de la herramienta de flujo IOT NODE RED.		
CONCLUSIONES: NODE RED es una herramienta de flujo IOT multiplataforma y gratuita que cuenta con una librería muy amplia de NODOS que se pueden agregar según la necesidad de la aplicación.		
RECOMENDACIONES: Instalar NODE.JS versión 14.17.5 LTS ya que la versión actual esta aun en periodo de prueba.		

4.4 Práctica # 4 Control de movimiento intermitente, comunicación de variador de frecuencia con PLC y operación desde panel HMI. Dispositivos comunicados por RS 485.

		GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO
CARRERA: Ingeniería Electrónica.		ASIGNATURA: Automatización Industrial
N° DE PRÁCTICA:	4	TÍTULO PRÁCTICA: Control de movimiento intermitente, comunicación de variador de frecuencia con PLC y operación desde panel HMI. Dispositivos comunicados por RS 485.
OBJETIVOS: OBJETIVO GENERAL. Simular y controlar desde el panel táctil la aplicación de movimiento intermitente para poder parametrizar interrupciones cíclicas entre cada cambio de sentido de giro. OBJETIVOS ESPECÍFICOS: <ul style="list-style-type: none"> • Utilizar el panel HMI como un sistema maestro del dispositivo PLC. • Comprobar la dinámica de movimiento rotativo y verificar que no existan contra torques cuando se hace el cambio de sentido de giro. • Definir el tiempo de espera entre cada cambio de giro, considerando la velocidad. • Seleccionar el método de parada, ya sea parada por rampa de desaceleración o parada rápida. • Visualizar parámetros de funcionamiento del motor en panel HMI 		
INSTRUCCIONES:	1	Alimentar el variador de frecuencia y PLC con 220V.
	2	Alimentar panel HMI con 24V DC
	3	Armar conector DB9 identificando los pines para protocolo de comunicación RS-232
	3	Programación de PLC y HMI, parametrización de variador de frecuencia.
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR		
1 Crear imágenes para visualizar los parámetros de funcionamiento del motor.		
2 Crear conexión MODBUS ESCLAVO para el puerto 0 del PLC y conexión MODBUSMAESTRO para el puerto 1 del PLC.		
3 Configurar registros de lectura y escritura para control desde el panel HMI		
RESULTADO(S) OBTENIDO(S): Establecer conexión MODBUS entre el HMI y PLC, entre el PLC y el variador, para realizar un control por medio de este protocolo de comunicación.		
CONCLUSIONES: Los practicantes al utilizar un panel HMI tienen la posibilidad de visualizar el estado del funcionamiento y crear algunos avisos de alarma como canal de diagnóstico.		

RECOMENDACIONES:

Utilizar fuente de tipo switching para alimentación del panel HMI.

La conexión rs232 debe ser de 3 hilos para poder aterrizar el conector db9 y evitar ruidos en la red.

Utilizar el tamaño adecuado para cada uno de los botones en las imágenes y que su accionamiento no se dificulte por ser muy pequeños.

4.5 Práctica # 5 Identificar mediante Modbus RTU los principales indicadores o KPI del motor en funcionamiento y su visualización a través de la pantalla del HMI, establecer control de par variable mediante comunicación con SCADA.

		GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO
CARRERA: Ingeniería Electrónica.		ASIGNATURA: Automatización Industrial
N° DE PRÁCTICA:	5	TÍTULO PRÁCTICA: Identificar mediante Modbus RTU los principales indicadores o KPI del motor en funcionamiento y su visualización a través de la pantalla del HMI, establecer control de par variable mediante comunicación con SCADA.
OBJETIVOS: OBJETIVO GENERAL. Visualización de parámetros de motor o KPI en HMI INVT y control desde WinCC SCADA OBJETIVOS ESPECÍFICOS: <ul style="list-style-type: none"> • Realizar control de par variable desde la aplicación en WinCC SCADA de SIEMENS • Visualización de los parámetros de motor en HMI INVT. 		
INSTRUCCIONES:	1	Alimentar el variador de frecuencia y PLC con 220V.
	2	Alimentar panel HMI y LOGO SIEMENS con 24V DC.
	3	Programación de PLC y HMI, parametrización de variador de frecuencia.
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR		
1 Conectar en red ETHERNET el LOGO SIEMENS y el Computador.		
2 Conectar en red MODBUS RTU el variador de frecuencia y el panel HMI.		
3 Visualizar registros de funcionamiento del motor en panel HMI creando elementos gráficos		
4 Desarrollar pantalla de control de par variable en sistema SCADA		
RESULTADO(S) OBTENIDO(S): Se utilizo el panel HMI como interfaz de visualización y el SCADA para realizar el control del PAR variable.		
CONCLUSIONES: En aplicaciones puntuales se puede realizar una conexión entre el HMI y el variador de frecuencia sin un PLC de por medio.		
RECOMENDACIONES: <ul style="list-style-type: none"> • La distancia del cable de red ETHERNET no debe ser mayor a 100 metros. • Tanto para red ETEHRNET como para red MODBUS se recomienda utilizar cables apantallados y el caso de MODBUS puede ser hasta 1200 metros la distancia del cable. 		

Conclusiones

La conclusión del presente proyecto, es que se pudo cumplir con los objetivos establecidos, en este proyecto el objetivo general se cumplió diseñando e implementando una maleta didáctica que consta de un módulo INVT con PLC, variador de frecuencia y recolector de datos IOT, para prácticas en el Laboratorio de Automatización Industrial de la carrera de Ingeniería Electrónica,

Referente a los objetivos específicos que se plantearon se puede indicar lo siguiente:

- Se pudo realizar los planos de las conexiones eléctricas del PLC y actuadores presentes en el sistema, los mismos que fueron realizados en AutoCAD Electrical.
- Se implementó e instaló el panel de control principal para cada una de las prácticas que fueron desarrolladas, para esto fueron utilizados programas como el software Auto Station, SIMATIC WinCC, NODE RED, LOGO! Soft Comfort V8.3, VT Designer.
- Se pudo establecer la comunicación entre los componentes mediante Modbus RTU RS485 y también mediante el IOT por medio de Ethernet, para reforzar la comunicación se colocó en el maletín didáctico un switch de 5 puertos, con lo cual permite tener capacidad para colocar más elementos a futuro a fin de poder utilizar IOT.
- Fueron realizadas las 5 prácticas propuestas para comprobar el correcto funcionamiento del módulo de pruebas, cabe mencionar que deberá ser configurado el mismo, en cada una de las prácticas.
- Mediante las prácticas #3 y #5 se pudo mostrar las ventajas del IOT en la Automatización Industrial, pues mediante el DASBOARD creado permitió evidenciar la comunicación mediante IOT, la ventaja de poder almacenar la información, e inclusive se puede recibir notificaciones mediante la plataforma WhatsApp.

Recomendaciones

- Implementar en el futuro un router para que el módulo didáctico tenga la capacidad de conectarse sin necesidad de una computadora a la nube.
- Se recomienda que en el futuro se compre un módulo de IOT en la marca INVT que utiliza comunicación Modbus RTU RS485 y permite la comunicación con los otros componentes del módulo, y se comunica con la computadora por medio de Ethernet.
- Es aconsejable que para los módulos didácticos deben ser instalados motores con carcasa de aluminio para que así sea más liviano y fácil de transportar.
- Si el variador de frecuencia es de alimentación trifásica y se va a alimentar solo con dos fases, habría que aumentar $\frac{1}{3}$ de potencia.

Bibliografía

- ABB. (2021). *Paros de emergencia*. Obtenido de <https://new.abb.com/low-voltage/es/productos/dispositivos-de-seguridad/paros-de-emergencia-y-pulsadores>
- AliBaba.com. (2021). Obtenido de https://www.alibaba.com/product-detail/EBS6BN-electric-breaker-220V-mcb_60766803246.html
- Alonso, R. (01 de diciembre de 2020). *¿Qué es el Internet de las cosas (IoT) y por qué se le llama así?* Obtenido de <https://hardzone.es/reportajes/que-es/internet-cosas-iot/>
- Arduino. (2020). *Qué es Node-RED*. Obtenido de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2020/03/05/que-es-node-red/>
- Berdin. (25 de Octubre de 2017). *Berdin*. Obtenido de Berdin: <http://www.berdin.com/noticias/el-sistema-scada-en-la-industria-4-0/>
- CETRONIC. (2021). *1089R BANANA MACHO QUICK AISLADA ROJA 4mm 36A 70V*. Obtenido de <https://www.cetronic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/DetalleProducto.jsp?idIdioma=&idTienda=93&codProducto=999208116&cPath=1305>
- Crespo, E. (5 de Marzo de 2020). *Aprendiendo arduino*. Obtenido de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2020/03/05/que-es-node-red/>
- Educatia. (mayo de 2021). *Instalación LOGO SOFT V8.3*. Obtenido de <https://educatia.com.co/instalacion-logo-soft-v8-3/>
- ExportersIndia. (2021). *Instrumentos Rish Flex e 6024A Rishabh*. Obtenido de <https://www.exportersindia.com/product-detail/rish-flex-e-6024a-rishabh-instruments-3237338.htm>
- farnell. (2021). *Conectores de tipo banana*. Obtenido de <https://es.farnell.com/c/prueba-medida/conectores-de-prueba-clips-para-circuitos-integrados/conectores-de-tipo-banana>
- FESTO. (2021). *Sistema de aprendizaje PLC avanzado: Rockwell Automation*. Obtenido de <https://www.festo-didactic.com/int-es/learning-systems/equipos-de-practicas/tecnica-de-automatizacion-plc/plc-suitcase-solution/sistema-de-aprendizaje-plc-avanzado-rockwell-automation.htm?fbid=aW50LmVzLjU1Ny4xNC4xOC4xMzU3LjgzMDU>
- FESTO. (2021). *Sistema de aprendizaje PLC avanzado: Rockwell Automation*. Obtenido de <https://www.festo-didactic.com/int-es/learning-systems/equipos-de-practicas/tecnica-de-automatizacion-plc/plc-suitcase-solution/sistema-de-aprendizaje-plc-avanzado-rockwell-automation.htm?fbid=aW50LmVzLjU1Ny4xNC4xOC4xMzU3LjgzMDU>
- Gonzales, O. (2017). *Tutorial de Node-RED con Raspberry Pi y ESP8266*. Obtenido de <https://blog.bricogeek.com/noticias/raspberry-pi/tutorial-de-node-red-con-raspberry-pi-y-esp8266/>

- Info PLC. (marzo de 2020). *Nuevo Logo! 8.3 de Siemens conecta directamente con la Nube*. Obtenido de <https://www.infopl.net/noticias/item/107569-siemens-logo-8-3-conecta-directamente-con-la-nube>
- Interempresas. (2021). *Controladores lógicos inteligentes: para proyectos de automatización a pequeña escala*. Obtenido de <https://www.interempresas.net/Electronica/FeriaVirtual/Producto-Controladores-logicos-inteligentes-Siemens-LOGO-8-129784.html>
- INVT. (2020). *Mini variadores de frecuencia de frecuencia variable de la serie GD10*. Obtenido de https://www.invt.com/products/gd10-series-vfd-drive-13?gclid=CjwKCAjwj6SEBhAOEiwAvFRuKEzlPrGlXbmL_Ln1h0t_4uoo0tHsu-u12Ebr3H-Gv568VCO3HnDt6RoCI7IQAvD_BwE
- INVT. (noviembre de 2020). *Software de programación AutoStation*. Obtenido de <https://www.invt.su/assets/files/IVC-Series-Small-PLC-Programming-Manual.pdf>
- INVT. (2021). *Controlador Micro Programable IVC1L*. Obtenido de <https://www.invt.com/es/products/ivc1-micro-plc-73>
- INVT. (2021). *HMI de la serie VK*. Obtenido de <https://www.invt.com/es/products/vk-series-hmi-68>
- INVTEK. (2021). *INVT Studio*. Madrid, España. Obtenido de <https://invtek.es/producto/invt-studio/>
- ISOTools. (12 de julio de 2018). *Industria 4.0*. Obtenido de <https://www.isotools.org/2018/07/12/industria-4-0-que-debemos-saber/>
- Jdelectricos.com. (2020). *¿QUÉ ES Y CÓMO FUNCIONA UN BREAKER ELÉCTRICO O DISYUNTOR?* Obtenido de <https://jdelectricos.com.co/como-funciona-un-breaker-electrico/>
- Muñoz, L. (junio de 2021). *Wincc*. Obtenido de <https://www.industriasgsl.com/blog/post/wincc-siemens>
- RS. (2020). *Botones Pulsadores de Parada de Emergencia*. Obtenido de <https://es.rs-online.com/web/c/interruptores/pulsadores-pilotos-luminosos-y-botoneras-industriales/botones-pulsadores-de-parada-de-emergencia/>
- Siemens. (2021). *Software de ingeniería SIMATIC WinCC (TIA Portal)*. Obtenido de <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/Products/10360572>
- SiemensLogo. (2021). *Ampliación Siemens LOGO! AM2 AQ - 6ED1055-1MM00-0BA2*. Obtenido de <https://siemenslogo.com/modulos-de-expansion-siemens-logo-8-entradas-salidas/42-ampliacion-siemens-logo-am2-aq-6ed1055-1mm00-0ba2-4034106029531.html#description>

- Sitasa. (2020). *Motores Electricos*. Obtenido de http://www.catalogo.sitasa.com/familias/motores_reductores/02_1.pdf
- Soluciones y Servicios. (2021). *Sistemas de Control SIMATIC - Relé programable - Logo 8 LOGO! AM2 AQ*. Obtenido de https://www.solucionesyservicios.biz/epages/64466233.sf/es_ES/?ObjectPath=/Shops/64466233/Products/6ED1055-1MM00-0BA2
- tp-link. (2021). *TL-SF1005D Switch de sobremesa con 5 puertos a 10/100 Mbps*. Obtenido de <https://www.tp-link.com/ec/home-networking/soho-switch/tl-sf1005d/>
- Universidad Nacional de la Plata. (2019). *Switch, Routers y Acces Point*. Obtenido de http://www.trabajosocial.unlp.edu.ar/uploads/docs/switch__routers_y_acces_point__conceptos_generales.pdf
- Weschler Instruments. (2021). *FUENTES DE ALIMENTACIÓN SIFAM TINSLEY*. Obtenido de <https://www.weschler.com/product/sifam-tinsley-power-supplies/>

Anexos

Anexo 1: Programación de PLC INVT y control de movimiento intermitente con variador de frecuencia por señales digitales.

Se procede a abrir el software Auto Station y crear un nuevo Proyecto, seleccionando el PLC que se encuentra en el maletín físicamente, en este caso el IVC1.

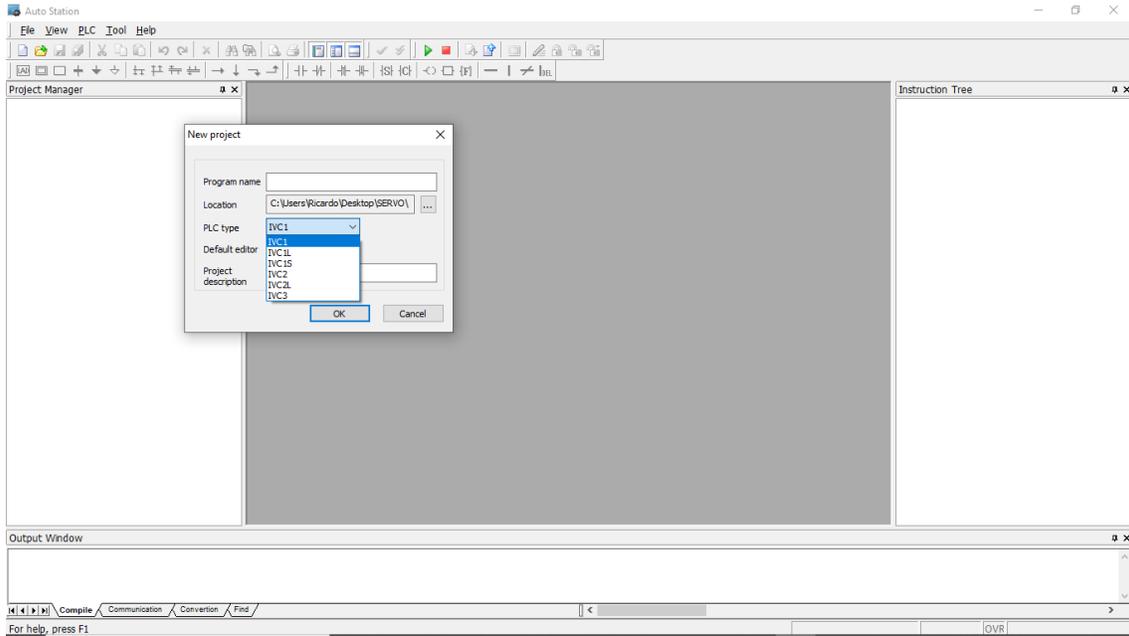


Figura 27 Selección de PLC por medio de Auto Station.

Elaborado por: El Autor

Se procede a configurar parámetros en el variador de frecuencia, para arranque por medio de sus terminales de control (modo remoto).

Datos del motor:
Voltaje: 220 v (Conexión YY)
Corriente: 2,9 A
Potencia: 0,75 HP
Frecuencia: 60 Hz
Velocidad: 1650 rpm

Parámetro	Valor	Especificación
P00.00 Modo de control de velocidad	2	Control SVPWM (adecuado para motores asíncronos). Adecuado en casos donde no se necesita un control de alta precisión, como las cargas tipo ventilador o bombas.

P00.02 Canal de comando de operación (modo RUN/STOP)	1	1: Canal de comando de operación mediante terminal de control (“LOCAL/REMOT” parpadeando) Llevar a cabo el control de comando de operación mediante los terminales multifunción: comando de marcha con rotación adelante, con rotación inversa, con velocidad JOG adelante y con velocidad JOG inversa
P00.03 Frecuencia máxima de salida	60	Este parámetro se utiliza para ajustar la frecuencia máxima de salida del variador. Los usuarios deben prestar atención a este parámetro porque es la base del ajuste de frecuencia y de la velocidad de la aceleración y la desaceleración. Rango de ajuste: P00.04~400.00Hz
P00.04 Límite superior de frecuencia	60	El límite superior de la frecuencia de operación es el límite superior de la frecuencia de salida del variador, que es menor o igual a la frecuencia máxima.
P00.05 Límite inferior de frecuencia	0	El límite inferior de la frecuencia de operación es la frecuencia mínima de salida del variador. El variador opera a la frecuencia límite si la frecuencia ajustada es menor que la del límite inferior.
P00.06 Modo de frecuencia A	0	Ajuste mediante consola (20 Hz)
P00.11 Tiempo de Aceleración	10	El tiempo de aceleración es el tiempo requerido en el caso de que el variador acelere de 0Hz hasta la Frecuencia máxima de salida
P00.12 Tiempo de Desaceleración	10	El tiempo de desaceleración es el tiempo requerido en el caso de que el variador desacelere desde la Frecuencia máxima de salida (P00.03) hasta 0Hz.
P02.01 Potencia nominal del motor (kw)	0,55	Según datos de placa
P02.02 Frecuencia nominal del motor (Hz)	60	Según datos de placa
P02.03 Velocidad nominal del motor (rpm)	1650	Según datos de placa
P02.04 Tensión nominal del motor (V)	220	Según datos de placa
P02.05 Intensidad nominal del motor (A)	2,9	Según datos de placa
P04.00 Selección de curva V/F	0	Curva V/F lineal, generalmente aplicada a cargas de par constante

P05.01 Selección de función del terminal S1	1	Rotación hacia adelante
P05.02 Selección de función del terminal S2	2	Rotación hacia atrás

Programación de PLC

Se inicia con un pulso mediante la entrada x0, el motor gira hacia adelante, cuenta un tiempo, se desconecta, hace una pausa temporizada y gira hacia atrás, cuenta otro tiempo, se desconecta y hace otra pausa temporizada, las pausas se realizan entre cambio de giro para evitar estrés mecánico en el motor, esta secuencia se va a repetir hasta pulsar X1.

Conectarse vía serial con el PLC

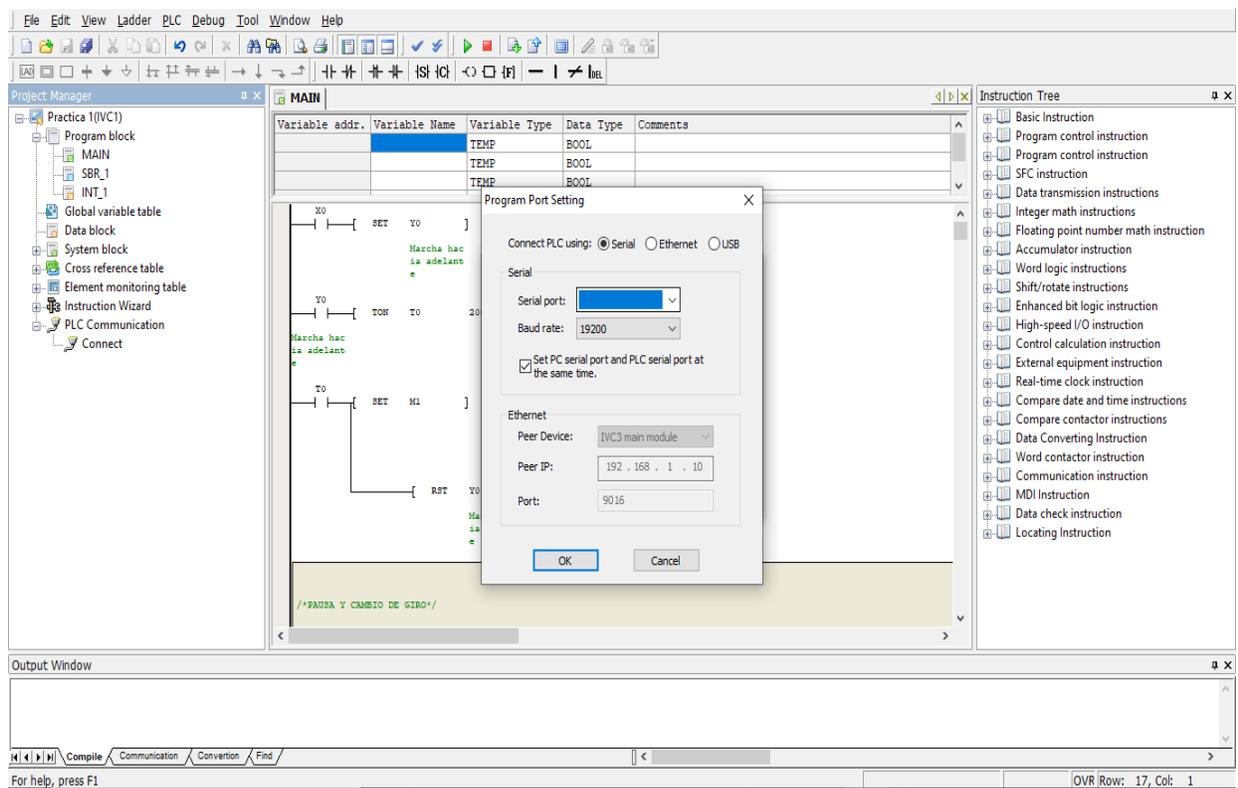


Figura 28 Conexión vía serial con el PLC por medio de Auto Station.
Elaborado por: El Autor

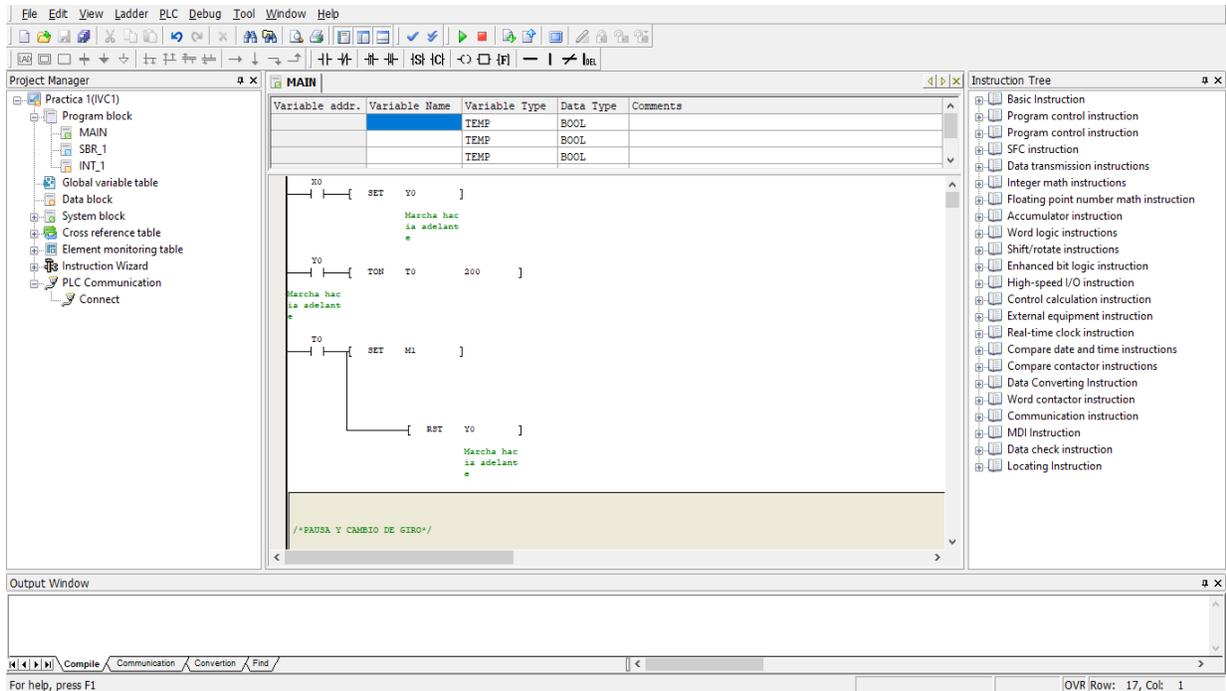


Figura 29 Arranque con un pulso mediante la entrada X0.
Elaborado por: El Autor

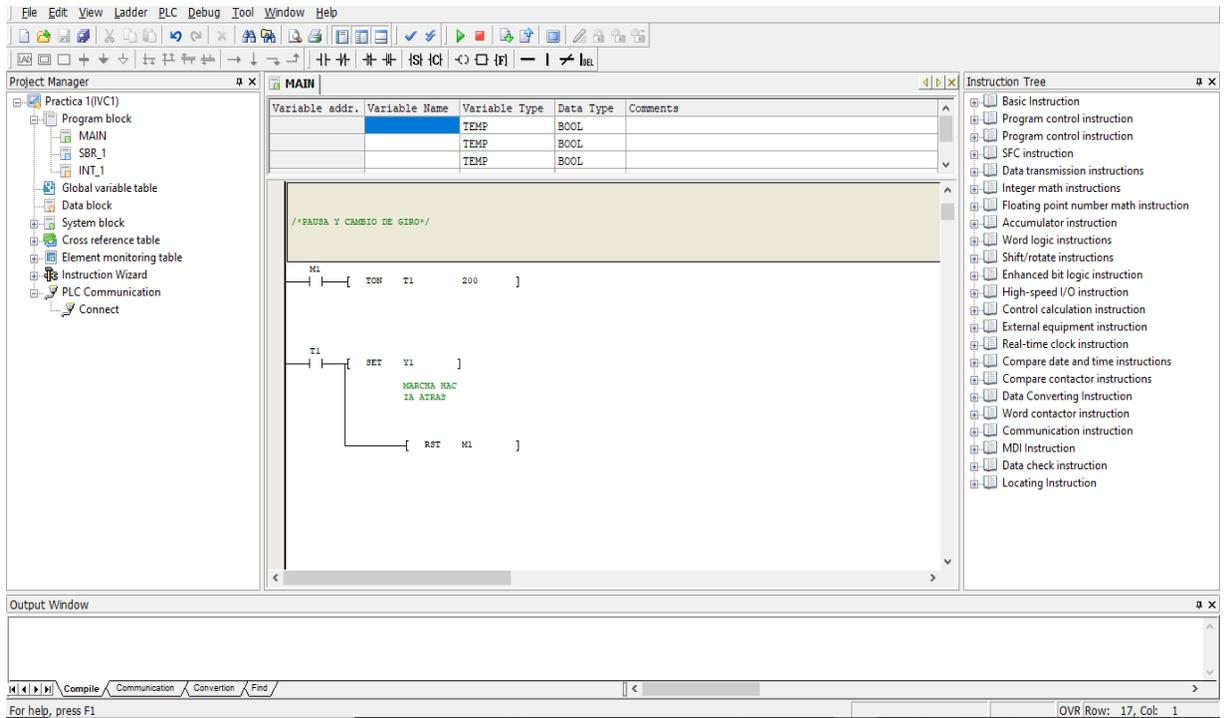


Figura 30 Rotación del motor hacia adelante y desconexión.
Elaborado por: El Autor

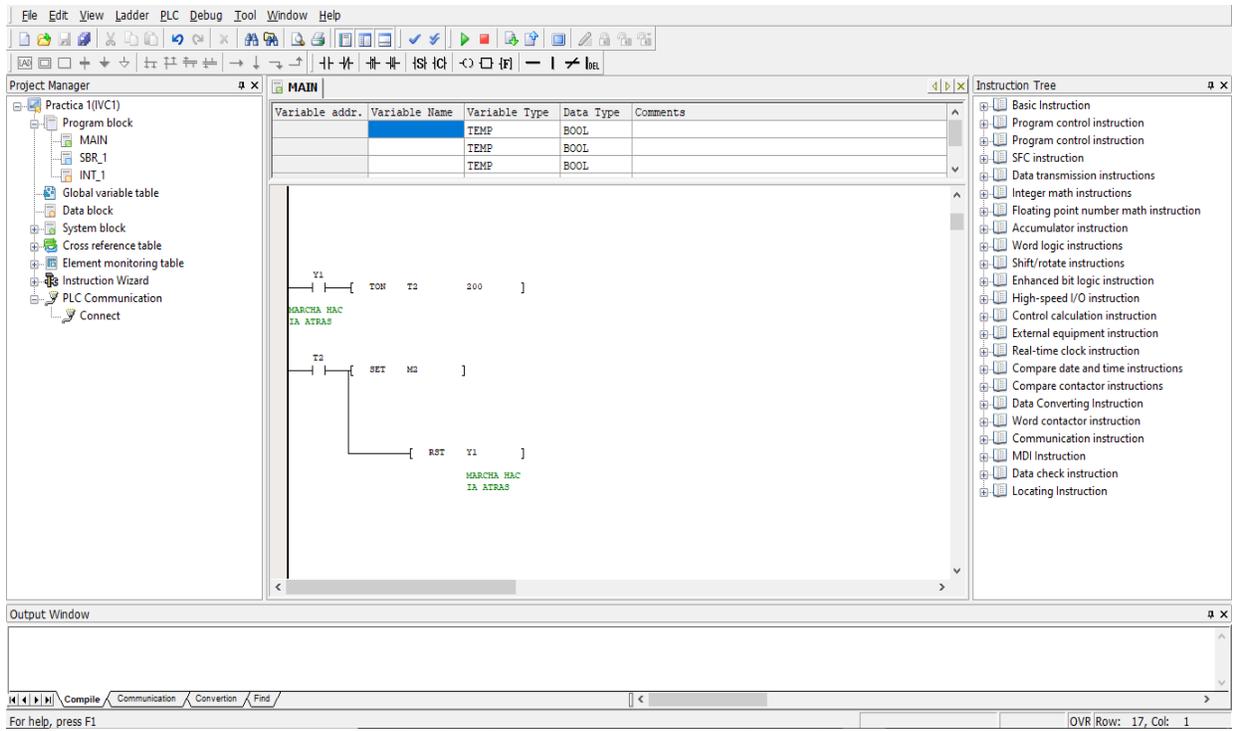


Figura 31 Pausa temporizada, giro hacia atrás y desconexión.
Elaborado por: El Autor

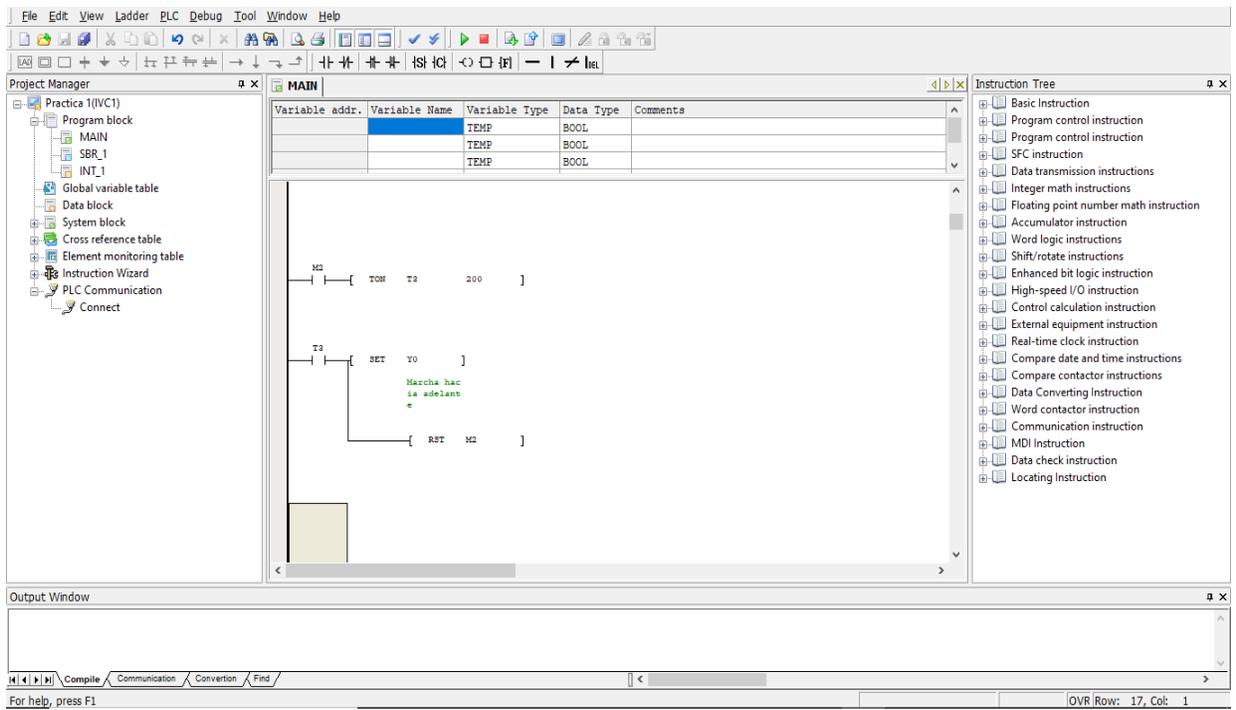


Figura 32 Pausa temporizada y repite giro hacia adelante.
Elaborado por: El Autor

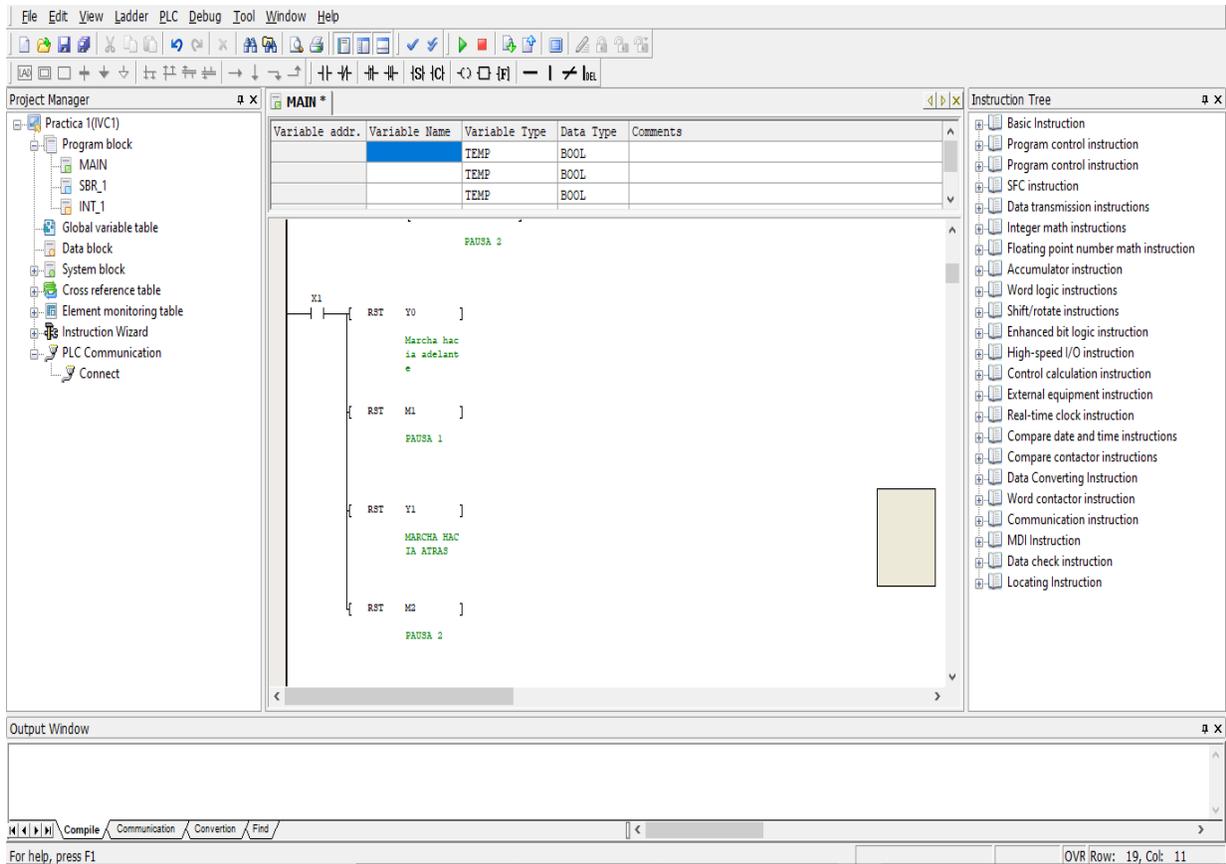


Figura 33 Cambios de giro, esta secuencia se va a repetir hasta pulsar X1.
Elaborado por: El Autor

Nota: Estos tiempos son variables según la frecuencia que se elija, en este caso 10 Hz, para trabajar a la frecuencia máxima se deben considerar los tiempos de rampa de aceleración y desaceleración, e incorporar una resistencia de frenado.

Anexo 2: Comunicación Modbus RTU entre PLC - variador INVT y arranque en movimiento continuo e intermitente.

Se procede a abrir el software Auto Station y crear un nuevo Proyecto, seleccionando el PLC que tenemos físicamente, en este caso el IVC1.

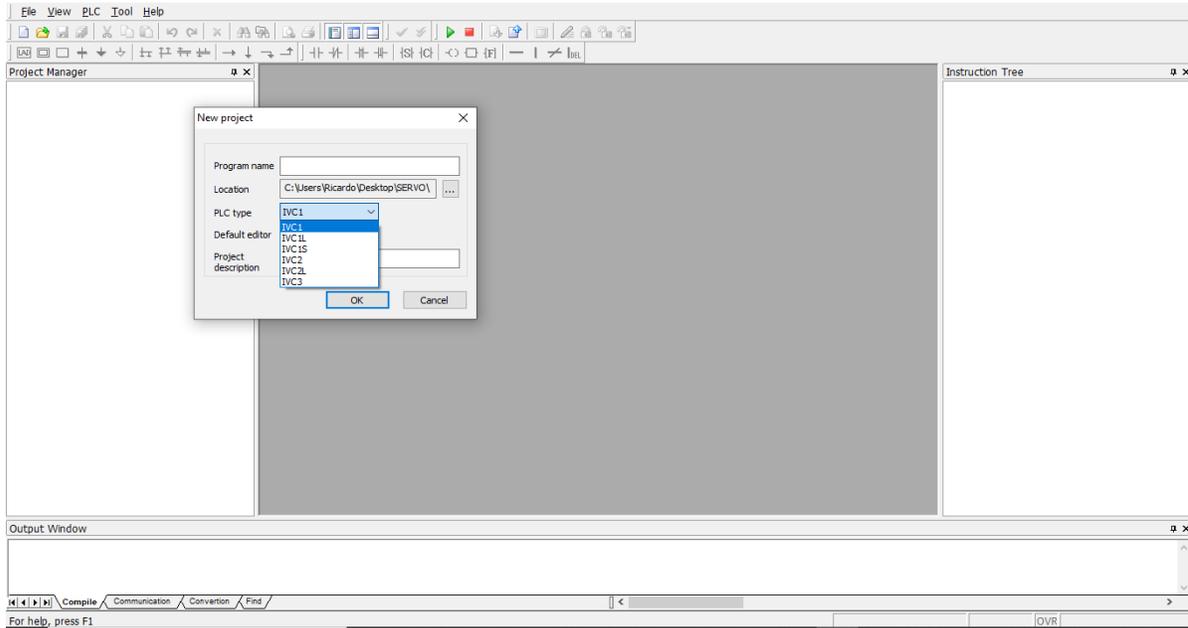


Figura 34 Creación de un nuevo proyecto seleccionando el PLC.

Elaborado por: El Autor

Configurar el puerto 1 con protocolo Modbus, este será el maestro del variador de frecuencia.

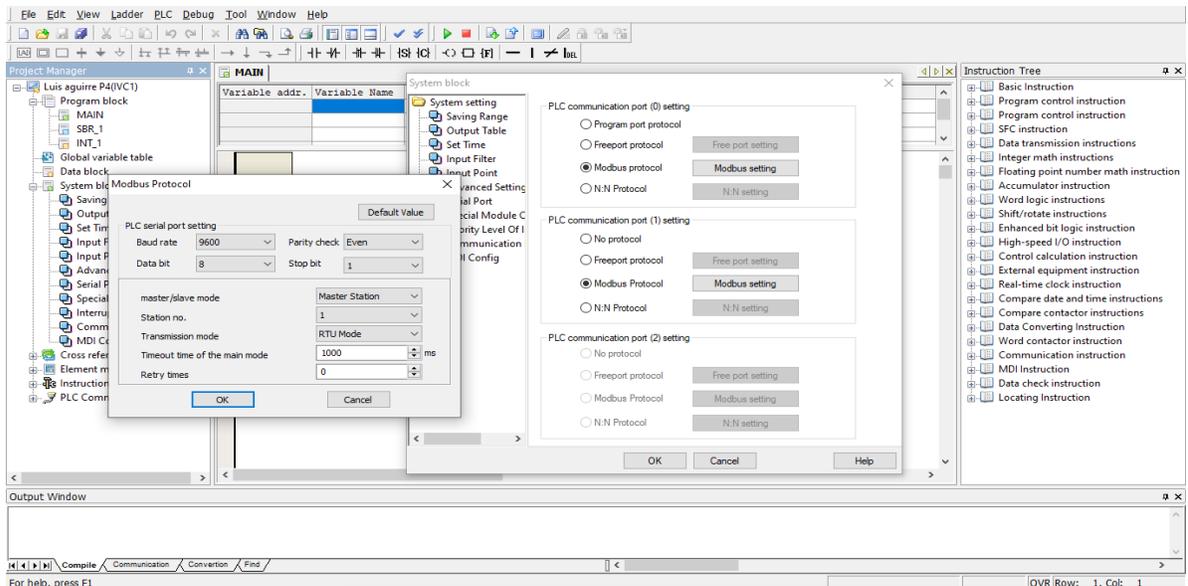


Figura 35 Configuración del puerto 1.

Elaborado por: El Autor

Configurar parámetros en el variador de frecuencia, para arranque por medio de comunicación Modbus RTU.

Datos del motor:
Voltaje: 220 v (Conexión YY)
Corriente: 2,9 A
Potencia: 0,75 HP
Frecuencia: 60 Hz
Velocidad: 1650 rpm

Parámetro	Valor	Especificación
P00.00 Modo de control de velocidad	2	Control SVPWM (adecuado para motores asíncronos). Adecuado en casos donde no se necesita un control de alta precisión, como las cargas tipo ventilador o bombas.
P00.01 Canal de comando de operación (modo RUN/STOP)	2	Canal de comando de operación mediante comunicación (“LOCAL/REMOT” encendido) ; El comando de operación es controlado por un elemento supervisor (PLC, sistema Scada, etc.) vía comunicación
P00.03 Frecuencia máxima de salida	60	Este parámetro se utiliza para ajustar la frecuencia máxima de salida del variador. Los usuarios deben prestar atención a este parámetro porque es la base del ajuste de frecuencia y de la velocidad de la aceleración y la desaceleración. Rango de ajuste: P00.04~400.00Hz
P00.04 Límite superior de frecuencia	60	El límite superior de la frecuencia de operación es el límite superior de la frecuencia de salida del variador, que es menor o igual a la frecuencia máxima.
P00.05 Límite inferior de frecuencia	0	El límite inferior de la frecuencia de operación es la frecuencia mínima de salida del variador. El variador opera a la frecuencia límite si la frecuencia ajustada es menor que la del límite inferior.
P00.06 Modo de frecuencia A	0	Ajuste mediante consola (20 Hz)
P00.11 Tiempo de Aceleración	10	El tiempo de aceleración es el tiempo requerido en el caso de que el variador acelere de 0Hz hasta la Frecuencia máxima de salida

P00.12 Tiempo de Desaceleración	10	El tiempo de desaceleración es el tiempo requerido en el caso de que el variador desacelere desde la Frecuencia máxima de salida (P00.03) hasta 0Hz.
P02.01 Potencia nominal del motor (kw)	0,55	Según datos de placa
P02.02 Frecuencia nominal del motor (Hz)	60	Según datos de placa
P02.03 Velocidad nominal del motor (rpm)	1650	Según datos de placa
P02.04 Tensión nominal del motor (V)	220	Según datos de placa
P02.05 Intensidad nominal del motor (A)	2,9	Según datos de placa
P04.00 Selección de curva V/F	0	Curva V/F lineal, generalmente aplicada a cargas de par constante
P05.01 Selección de función del terminal S1	1	Rotación hacia adelante
P05.02 Selección de función del terminal S2	2	Rotación hacia atrás
P14.00 Dirección Modbus	3	Dirección local de comunicación
P14.01 Velocidad de transmisión	3	Ajusta la velocidad de transmisión digital entre el supervisor y el variador. 0: 1200BPS 1: 2400BPS 2: 4800BPS 3: 9600BPS 4: 19200BPS 5: 38400BPS Nota: La velocidad de transmisión entre el supervisor y el variador debe ser la misma. De no ser así, la comunicación no se puede establecer. Cuanto mayor sea la velocidad de transmisión, mayor será la velocidad de la comunicación.

<p>P14.02 Ajuste de la comprobación de bit digital</p>	<p>1</p> <p>El formato de datos entre el supervisor y el variador debe ser el mismo. De no ser así, la comunicación no se puede establecer.</p> <p>0: Sin comprobación (N,8,1) para RTU 1: Comprobación par (E,8,1) para RTU 2: Comprobación impar (O,8,1) para RTU 3: Sin comprobación (N,8,2) para RTU 4: Comprobación par (E,8,2) para RTU 5: Comprobación impar (O,8,2) para RTU 6: Sin comprobación (N,7,1) para ASCII 7: Comprobación par (E,7,1) para ASCII 8: Comprobación impar (O,7,1) para ASCII 9: Sin comprobación (N,7,2) para ASCII 10: Comprobación par (E,7,2) para ASCII 11: Comprobación impar (O,7,2) para ASCII 12: Sin comprobación (N,8,1) para ASCII 13: Comprobación par (E,8,1) para ASCII 14: Comprobación impar (O,8,1) para ASCII 15: Sin comprobación (N,8,2) para ASCII 16: Comprobación par (E,8,2) para ASCII 17: Comprobación impar (O,8,2) para ASCII</p>
---	---

Registros Modbus para leer y escribir en el variador de frecuencia al comunicarse con el PLC.

Instrucción de función	Definición dirección	Significado de datos	Característica W/R
Comando de control de comunicación	2000H	0001H: Operación hacia adelante	W/R
		0002H: Operación en sentido inverso	
		0003H: Operación JOG hacia adelante	
		0004H: Operación JOG en sentido inverso	
		0005H: Detención	
		0006H: Detención por inercia (paro de emergencia)	
		0007H: Reinicio de fallos	
		0008H: Detención de velocidad JOG	
La dirección del valor de ajuste de comunicación	2001H	Consigna de frecuencia por comunicación (0~Fmax(unidad: 0.01Hz))	W/R
	2002H	Consigna PID (setpoint), rango (0~1000, 1000 corresponde a100.0%)	
	2003H	Retroalimentación PID, rango (0~1000, 1000 corresponde a100.0%)	W/R
	2004H	Consigna de par (-3000~3000), 1000 corresponde al 100% de la intensidad nominal del motor	W/R
	2005H	Ajuste del límite superior de frecuencia durante la rotación hacia adelante (0~Fmax). Unidad: 0.01Hz	W/R
	2006H	Ajuste del límite superior de frecuencia durante la rotación en sentido inverso (0~Fmax). Unidad: 0.01Hz	W/R
	2007H	El límite superior del par de electromoción (0~3000). 1000 corresponde al 100% de la intensidad nominal del motor	W/R
	2008H	El límite superior del par de frenado (0~3000). 1000 corresponde al 100% de la intensidad nominal del motor	W/R
	2009H	Palabra de comando del control especial	

Figura 36 Registros de comunicación MODBUS con el PLC Serie 2000H.

Elaborado por: El Autor

Instrucción de función	Definición dirección	Significado de datos	Característica W/R
identificación del variador			
Frecuencia de operación	3000H	Rango: 0.00Hz~P00.03	R
Consigna de frecuencia	3001H	Rango: 0.00Hz~P00.03	R
Tensión bus DC	3002H	Rango: 0~2000V	R
Tensión de salida	3003H	Rango: 0~1200V	R
Intensidad de salida	3004H	Rango: 0.0~3000.0 A	R
Velocidad de operación	3005H	Rango: 0~65535 RPM	R
Potencia de salida	3006H	Rango: -300.0~300.0%	R

Figura 37 Registros de comunicación MODBUS con el PLC Serie 3000H.

Elaborado por: El Autor

Se utiliza el registro 2000 que es la palabra de mando para dar marcha al motor enviando un valor de 1 para que gire hacia adelante.

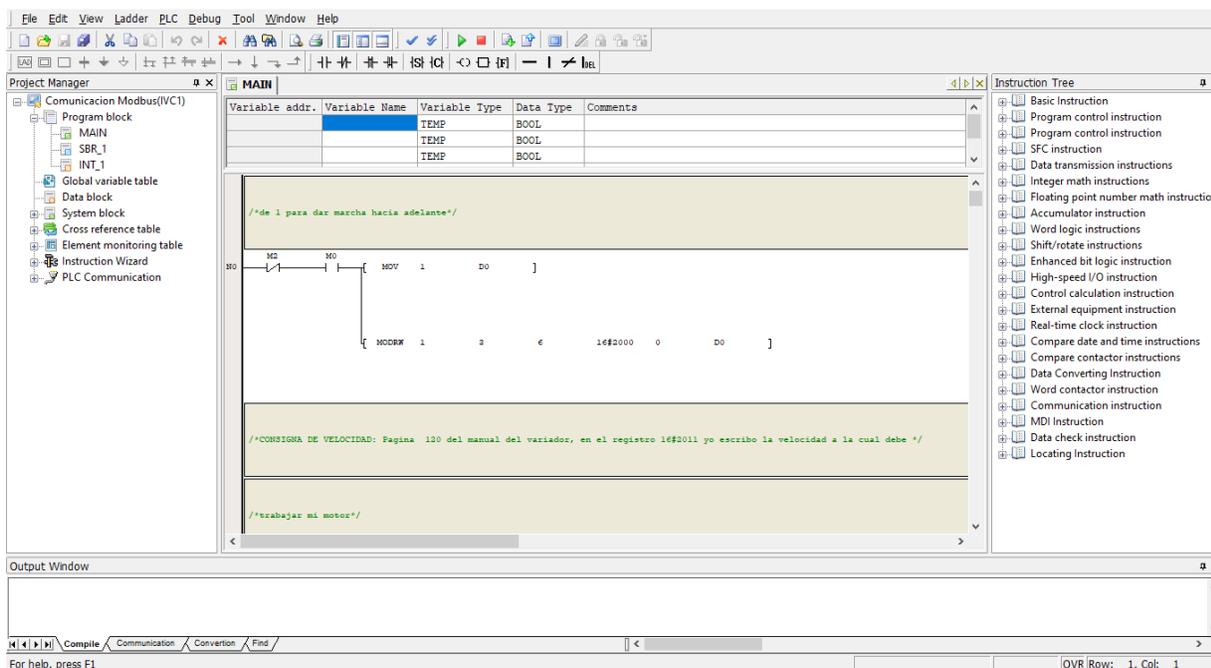


Figura 38 Utilización de registro para dar marcha al motor.

Elaborado por: El Autor

Se va a necesitar una consigna de velocidad que se la escribe en el registro 2001.

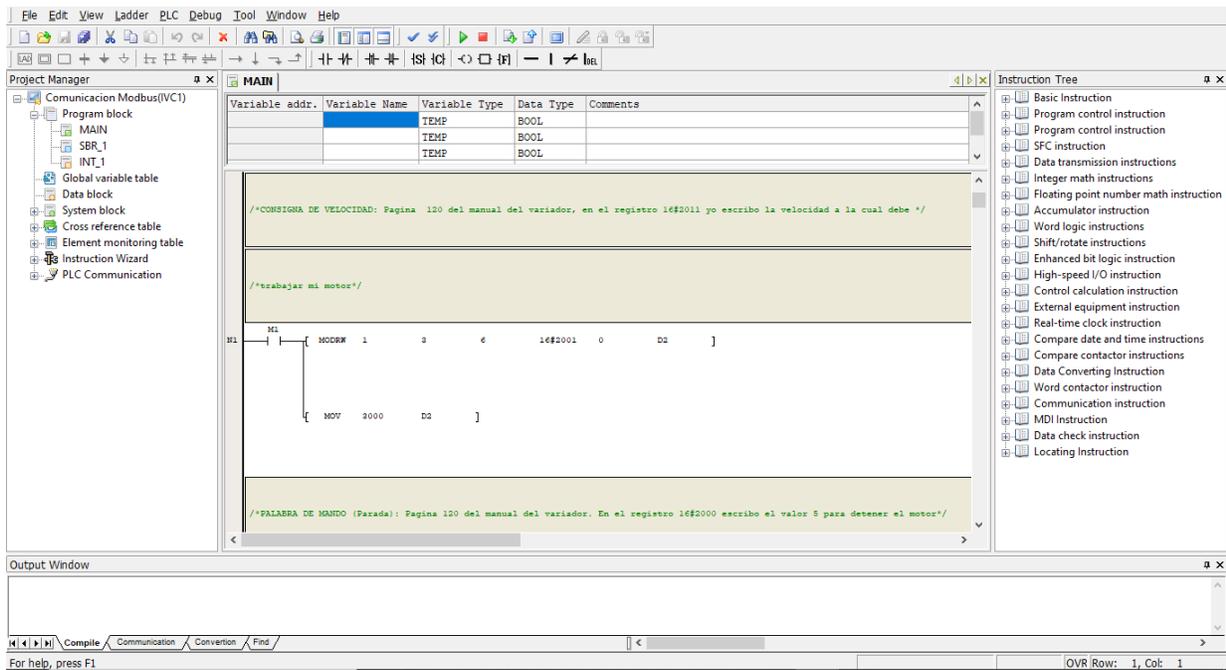


Figura 39 Consigna de velocidad en el registro 2001.

Elaborado por: El Autor

Para detener el motor se escribe el valor 5 en el registro 2000 de palabra de mando.

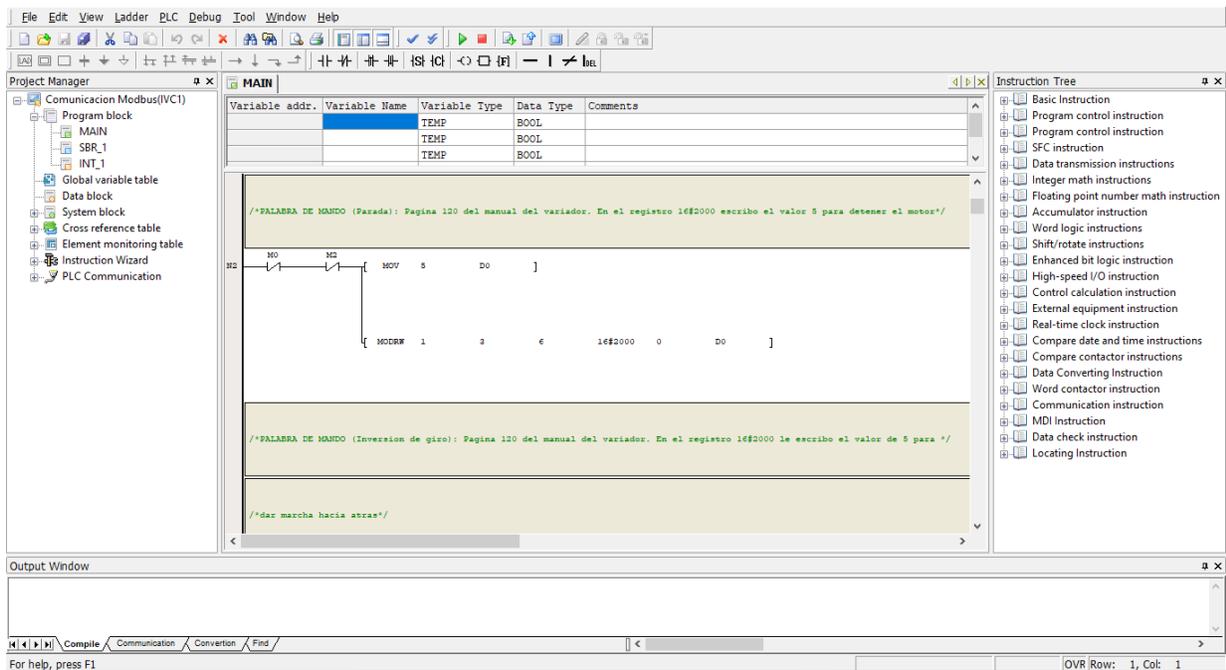


Figura 40 Detención del motor aplicando valor en el registro 2000.

Elaborado por: El Autor

Luego de esto haremos una rotación inversa escribiendo el valor 2 en el registro de palabra de mando.

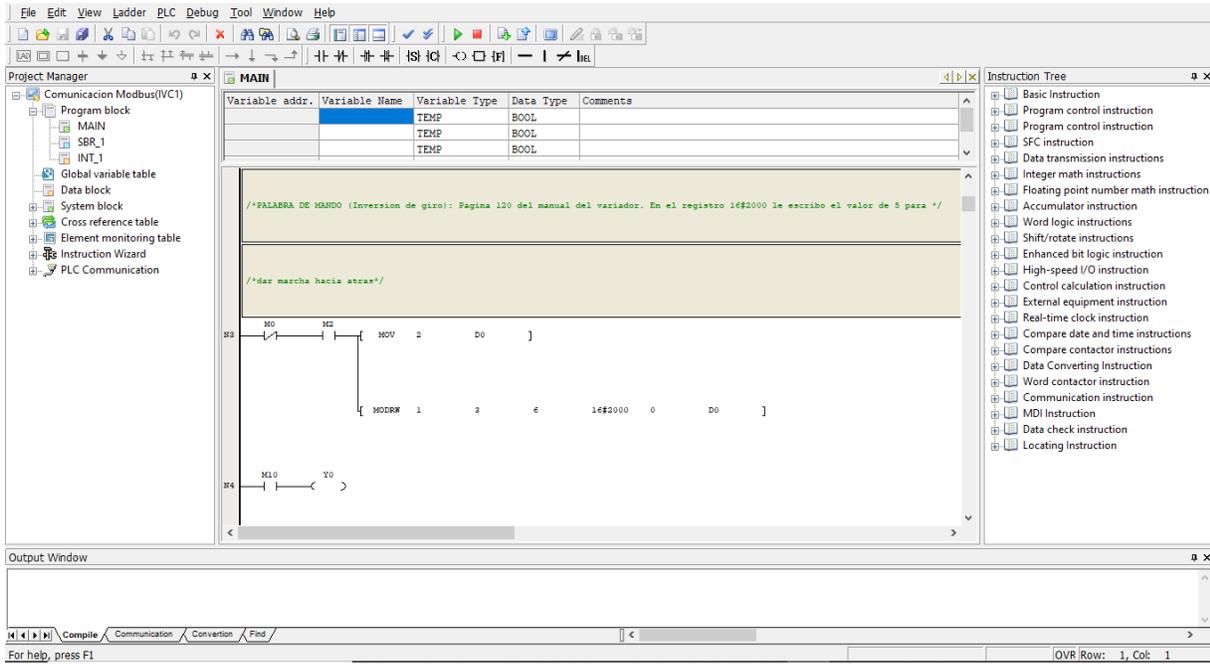


Figura 41 Rotación inversa del motor.
Elaborado por: El Autor

Anexo 3: Detección de equipos y recolección de datos por sistema IOT industrial INVT.

Se procede a crear el control analógico por medio de marcas digitales para poder realizar operaciones remotas desde NODE RED

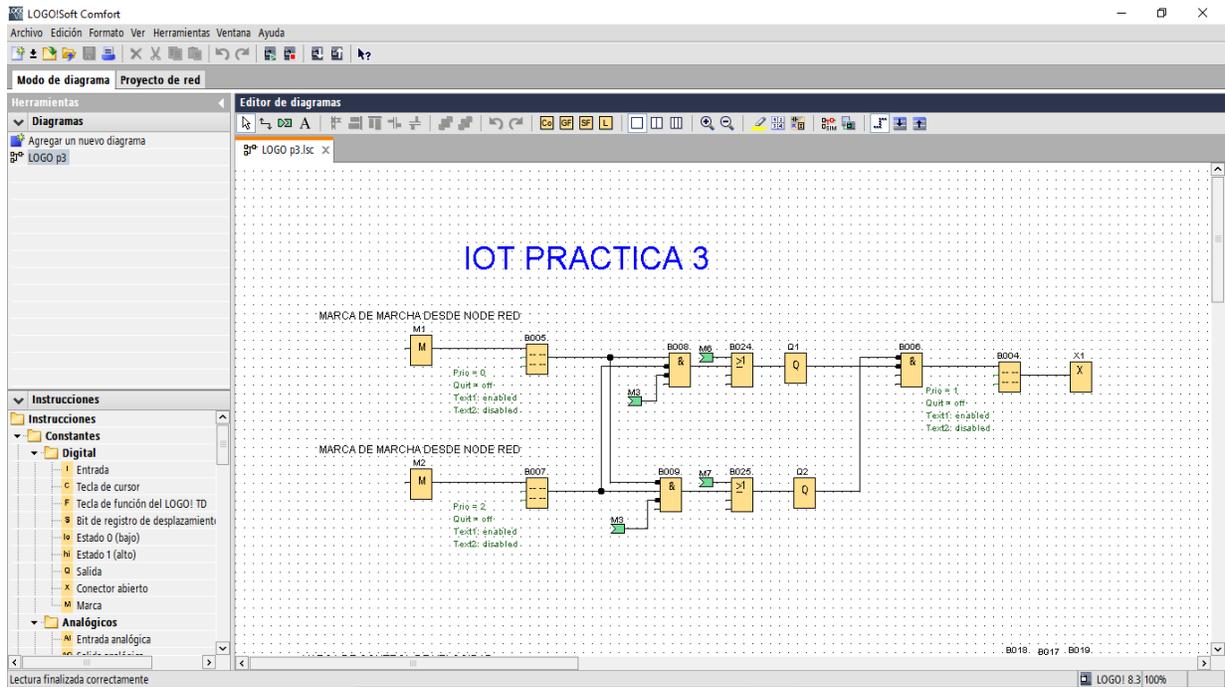


Figura 42 Creación del control analógico.
Elaborado por: El Autor

Se crean modos de accionamiento continuo e intermitente

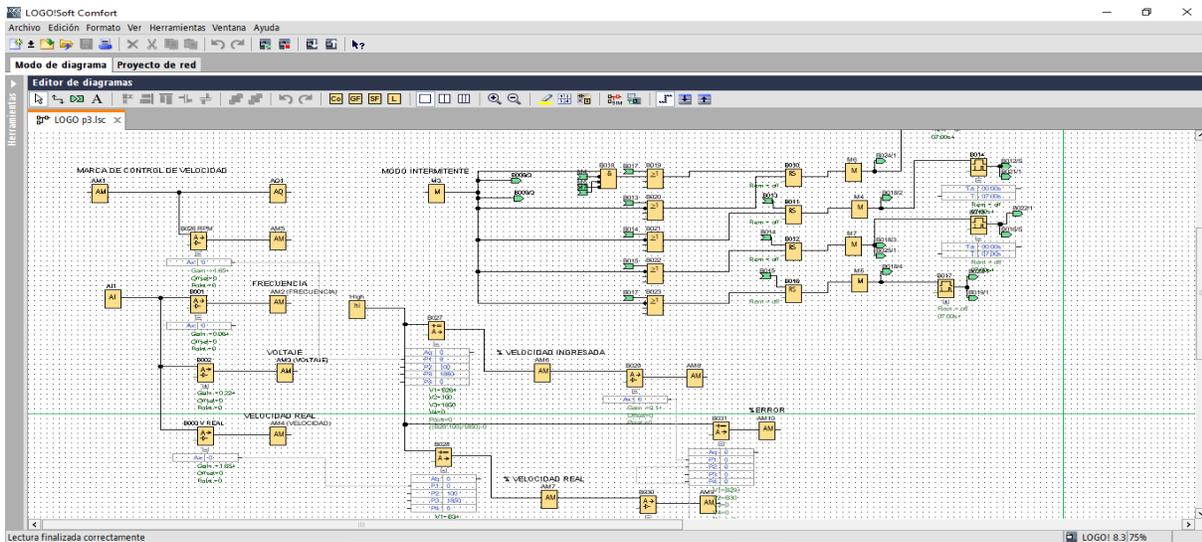


Figura 43 Creación de modos de accionamiento.
Elaborado por: El Autor

Debe crearse la conexión S7 para poderse comunicar con NODE RED, las direcciones deben coincidir tanto en logo SOFT COMFORT, como en NODE RED.

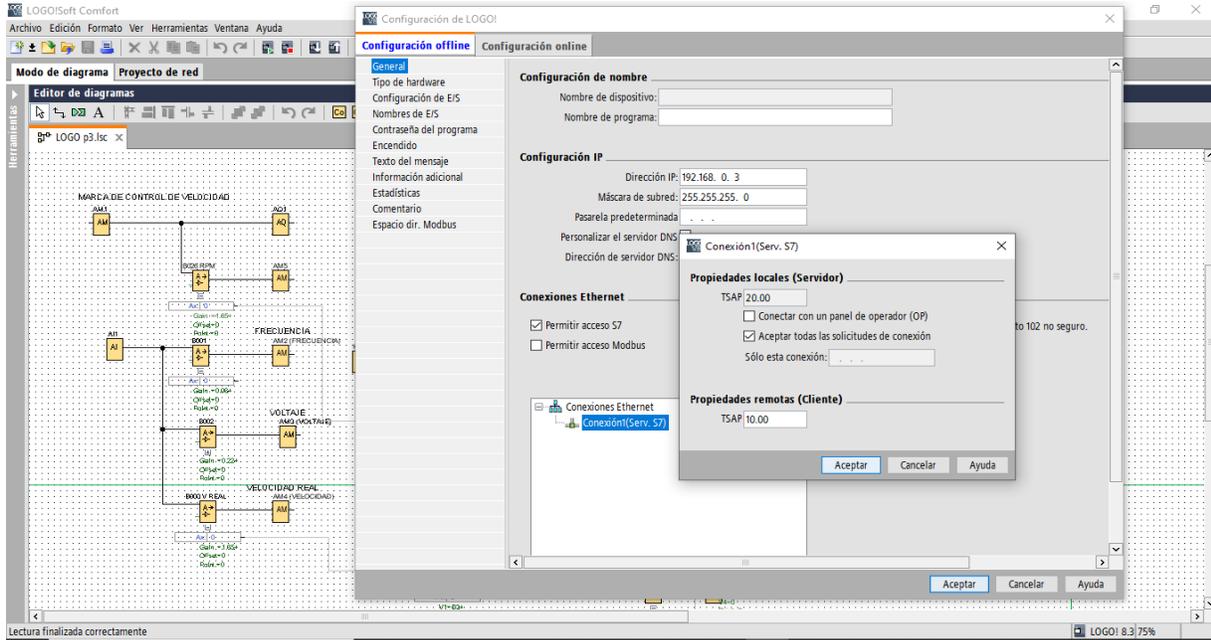


Figura 44 Conexión entre NODE RED y SOFT CONFORT.
Elaborado por: El Autor

Se crea la conexión en NODE RED para que puedan operar e interactuar los diferentes elementos

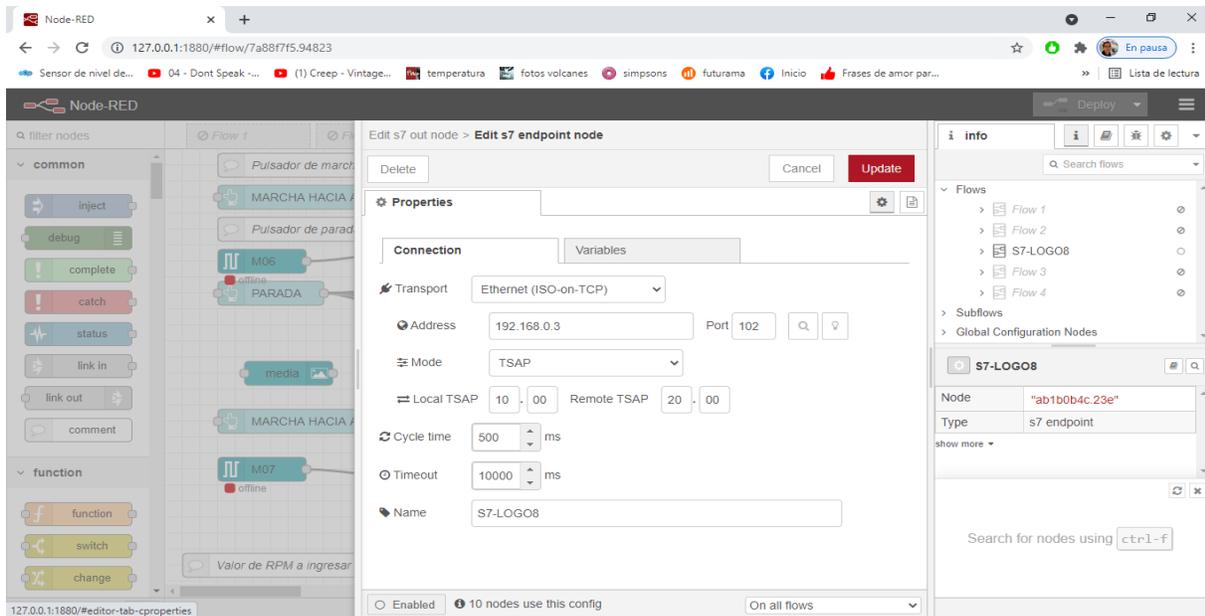


Figura 45 Conexión en NODE RED de los elementos.
Elaborado por: El Autor

Se crean los nodos y elementos de visualización en el DASHBOARD

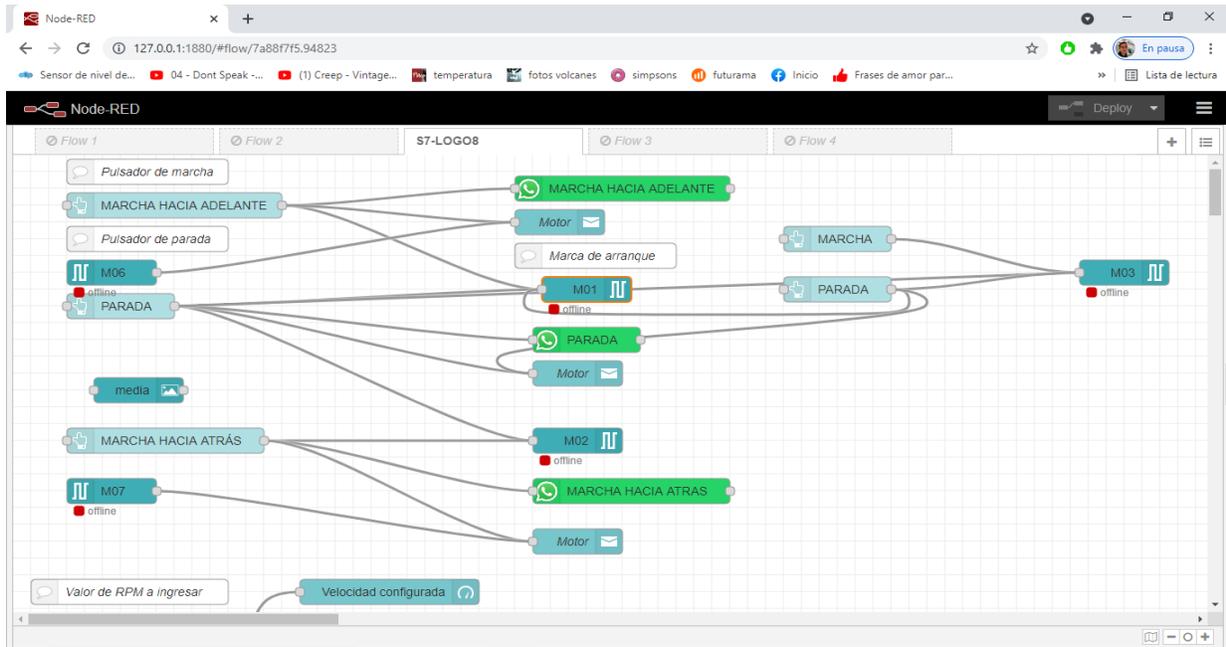


Figura 46 Nodos y elementos de visualización⁴ del DASHBOARD.

Elaborado por: El Autor

A través de Google Chrome se puede visualizar el DASHBOARD, el mismo que es el tablero de control y de visualización de las variaciones de velocidad del motor, cambios de sentido, frecuencia y voltaje.

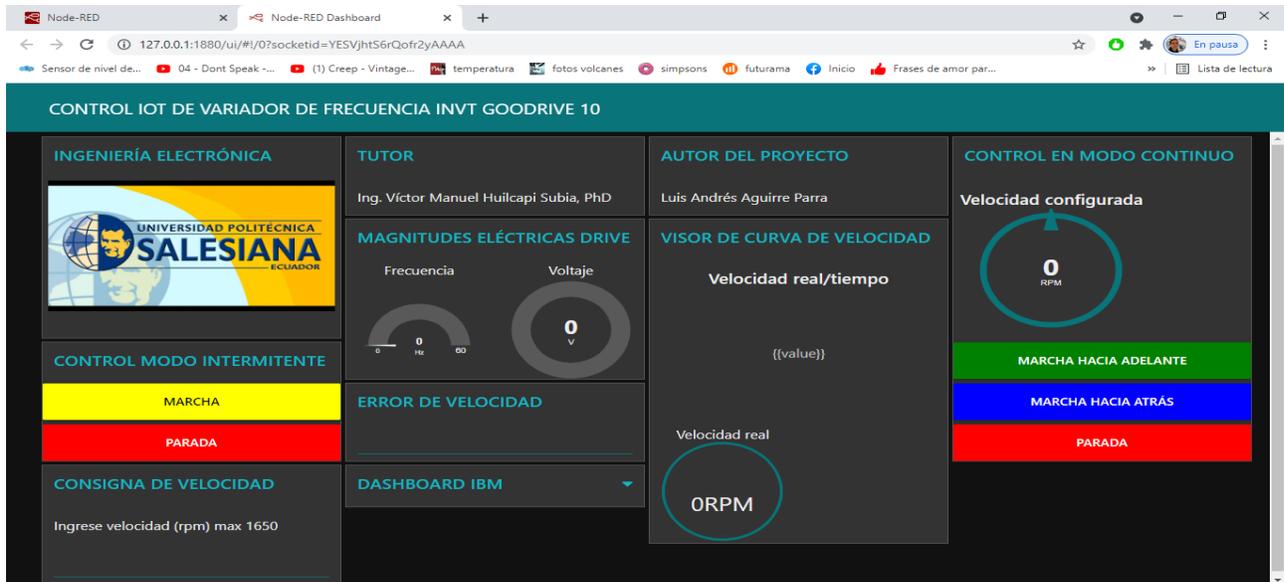


Figura 47 DASHBOARD.

Elaborado por: El Autor

Anexo 4: Control de movimiento intermitente, comunicación de variador de frecuencia con PLC y operación desde panel HMI. Dispositivos comunicados por RS 485.

Se procede a abrir el software Auto Station y crear un nuevo Proyecto, seleccionando el PLC que tenemos físicamente, en este caso el IVC1.

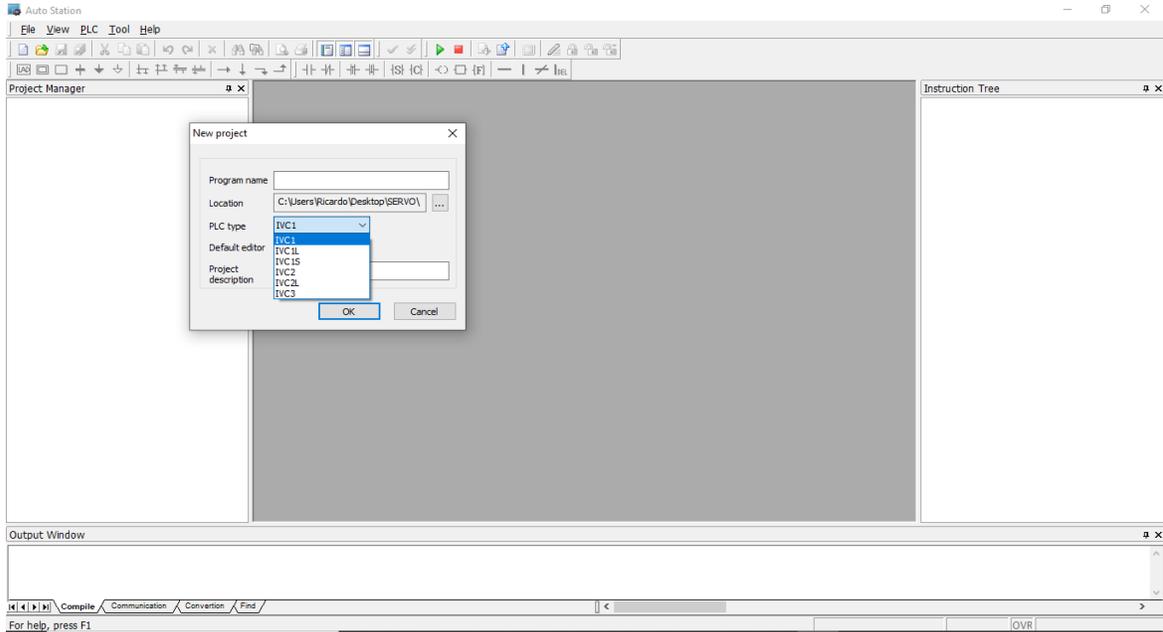


Figura 48 Rotación inversa del motor.

Elaborado por: El Autor

Configurar el puerto 0 con protocolo Modbus, este será esclavo del panel HMI.

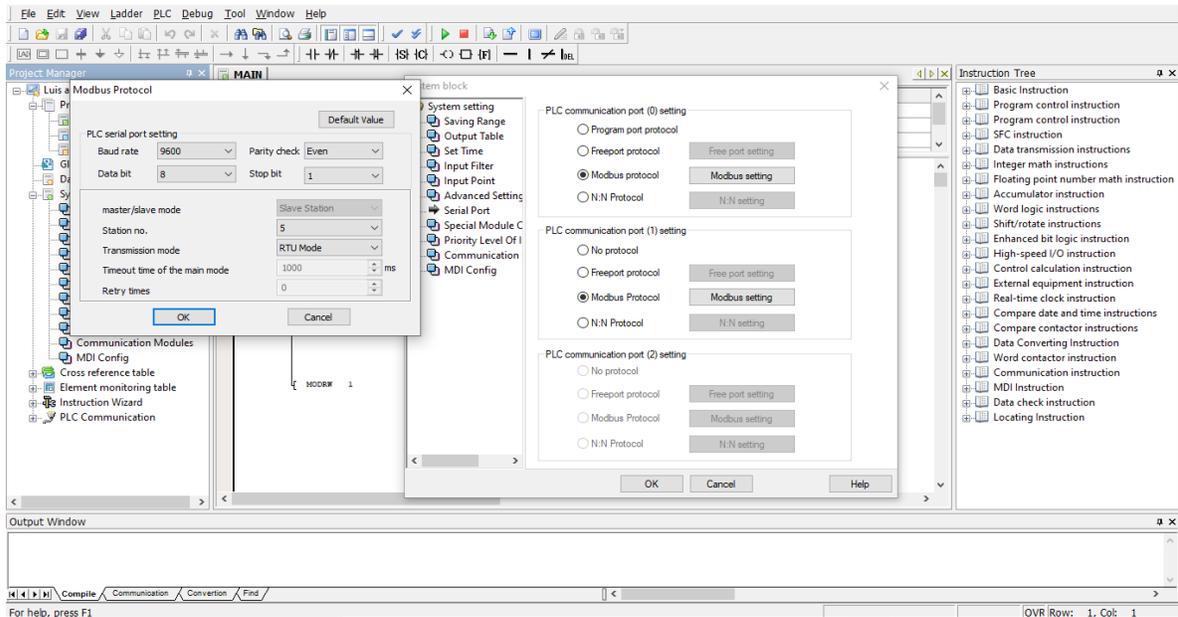


Figura 49 Configuración del puerto 0 con protocolo MODBUS.

Elaborado por: El Autor

Configurar el puerto 1 con protocolo Modbus, este será el maestro del variador de frecuencia.

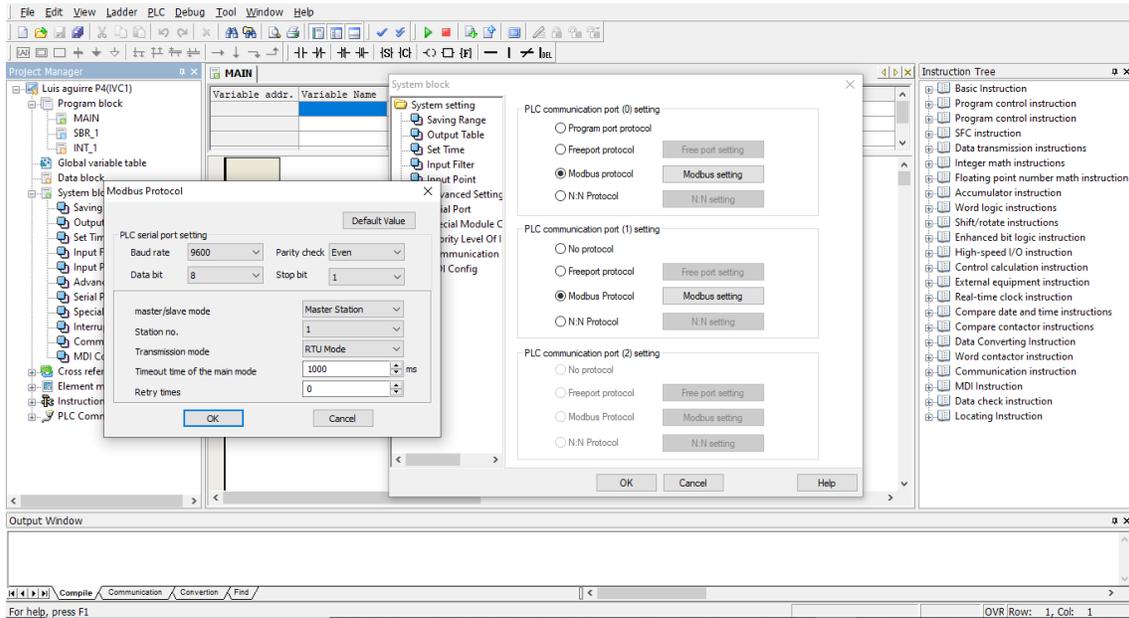


Figura 50 Configuración del puerto 1 con protocolo MODBUS.
Elaborado por: El Autor

Acto seguido se procede a configurar parámetros en el variador de frecuencia, para arranque por medio de comunicación Modbus RTU.

Datos del motor:
Voltaje: 220 v (Conexión YY)
Corriente: 2,9 A
Potencia: 0,75 HP
Frecuencia: 60 Hz
Velocidad: 1650 rpm

Parámetro	Valor	Especificación
P00.00 Modo de control de velocidad	2	Control SVPWM (adecuado para motores asíncronos). Adecuado en casos donde no se necesita un control de alta precisión, como las cargas tipo ventilador o bombas.
P00.01 Canal de comando de operación (modo RUN/STOP)	2	Canal de comando de operación mediante comunicación (“LOCAL/REMOT” encendido) ; El comando de operación es controlado por un elemento

		supervisor (PLC, sistema Scada, etc.) vía comunicación
P00.03 Frecuencia máxima de salida	60	Este parámetro se utiliza para ajustar la frecuencia máxima de salida del variador. Los usuarios deben prestar atención a este parámetro porque es la base del ajuste de frecuencia y de la velocidad de la aceleración y la desaceleración. Rango de ajuste: P00.04~400.00Hz
P00.04 Límite superior de frecuencia	60	El límite superior de la frecuencia de operación es el límite superior de la frecuencia de salida del variador, que es menor o igual a la frecuencia máxima.
P00.05 Límite inferior de frecuencia	0	El límite inferior de la frecuencia de operación es la frecuencia mínima de salida del variador. El variador opera a la frecuencia límite si la frecuencia ajustada es menor que la del límite inferior.
P00.06 Modo de frecuencia A	0	Ajuste mediante consola (20 Hz)
P00.11 Tiempo de Aceleración	10	El tiempo de aceleración es el tiempo requerido en el caso de que el variador acelere de 0Hz hasta la Frecuencia máxima de salida
P00.12 Tiempo de Desaceleración	10	El tiempo de desaceleración es el tiempo requerido en el caso de que el variador desacelere desde la Frecuencia máxima de salida (P00.03) hasta 0Hz.
P02.01 Potencia nominal del motor (kw)	0,55	Según datos de placa
P02.02 Frecuencia nominal del motor (Hz)	60	Según datos de placa
P02.03 Velocidad nominal del motor (rpm)	1650	Según datos de placa
P02.04 Tensión nominal del motor (V)	220	Según datos de placa
P02.05 Intensidad nominal del motor (A)	2,9	Según datos de placa
P04.00 Selección de curva V/F	0	Curva V/F lineal, generalmente aplicada a cargas de par constante
P05.01 Selección de función del terminal S1	1	rotación hacia adelante

P05.02 Selección de función del terminal S2	2	rotación hacia atrás
P14.00 Dirección Modbus	3	Dirección local de comunicación
P14.01 Velocidad de transmisión	3	<p>Ajusta la velocidad de transmisión digital entre el supervisor y el variador.</p> <p>0: 1200BPS 1: 2400BPS 2: 4800BPS 3: 9600BPS 4: 19200BPS 5: 38400BPS</p> <p>Nota: La velocidad de transmisión entre el supervisor y el variador debe ser la misma. De no ser así, la comunicación no se puede establecer. Cuanto mayor sea la velocidad de transmisión, mayor será la velocidad de la comunicación.</p>
P14.02 Ajuste de la comprobación de bit digital	1	<p>El formato de datos entre el supervisor y el variador debe ser el mismo. De no ser así, la comunicación no se puede establecer.</p> <p>0: Sin comprobación (N,8,1) para RTU 1: Comprobación par (E,8,1) para RTU 2: Comprobación impar (O,8,1) para RTU 3: Sin comprobación (N,8,2) para RTU 4: Comprobación par (E,8,2) para RTU 5: Comprobación impar (O,8,2) para RTU 6: Sin comprobación (N,7,1) para ASCII 7: Comprobación par (E,7,1) para ASCII 8: Comprobación impar (O,7,1) para ASCII 9: Sin comprobación (N,7,2) para ASCII 10: Comprobación par (E,7,2) para ASCII 11: Comprobación impar (O,7,2) para ASCII 12: Sin comprobación (N,8,1) para ASCII 13: Comprobación par (E,8,1) para ASCII 14: Comprobación impar (O,8,1) para ASCII 15: Sin comprobación (N,8,2) para ASCII 16: Comprobación par (E,8,2) para ASCII 17: Comprobación impar (O,8,2) para ASCII</p>

Registros Modbus para leer y escribir en el variador de frecuencia al comunicarse con el PLC

Instrucción de función	Definición dirección	Significado de datos	Característica W/R
Comando de control de comunicación	2000H	0001H: Operación hacia adelante	W/R
		0002H: Operación en sentido inverso	
		0003H: Operación JOG hacia adelante	
		0004H: Operación JOG en sentido inverso	
		0005H: Detención	
		0006H: Detención por inercia (paro de emergencia)	
		0007H: Reinicio de fallos	
		0008H: Detención de velocidad JOG	
La dirección del valor de ajuste de comunicación	2001H	Consigna de frecuencia por comunicación (0~Fmax(unidad: 0.01Hz))	W/R
	2002H	Consigna PID (setpoint), rango (0~1000, 1000 corresponde a 100.0%)	
	2003H	Retroalimentación PID, rango (0~1000, 1000 corresponde a 100.0%)	W/R
	2004H	Consigna de par (-3000~3000), 1000 corresponde al 100% de la intensidad nominal del motor	W/R
	2005H	Ajuste del límite superior de frecuencia durante la rotación hacia adelante (0~Fmax). Unidad: 0.01Hz	W/R
	2006H	Ajuste del límite superior de frecuencia durante la rotación en sentido inverso (0~Fmax). Unidad: 0.01Hz	W/R
	2007H	El límite superior del par de electromoción (0~3000). 1000 corresponde al 100% de la intensidad nominal del motor	W/R
	2008H	El límite superior del par de frenado (0~3000). 1000 corresponde al 100% de la intensidad nominal del motor	W/R
	2009H	Palabra de comando del control especial	

Figura 51 Registros MODBUS para comunicación con el PLC serie 2000H.
Elaborado por: El Autor

Instrucción de función	Definición dirección	Significado de datos	Característica W/R
identificación del variador			
Frecuencia de operación	3000H	Rango: 0.00Hz~P00.03	R
Consigna de frecuencia	3001H	Rango: 0.00Hz~P00.03	R
Tensión bus DC	3002H	Rango: 0~2000V	R
Tensión de salida	3003H	Rango: 0~1200V	R
Intensidad de salida	3004H	Rango: 0.0~3000.0 A	R
Velocidad de operación	3005H	Rango: 0~65535 RPM	R
Potencia de salida	3006H	Rango: -300.0~300.0%	R

Figura 52 Registros MODBUS para comunicación con el PLC serie 3000H.
Elaborado por: El Autor

Se debe utilizar el registro 2000 que es la palabra de mando para dar marcha al motor enviándole un valor de 1 para que gire hacia adelante.

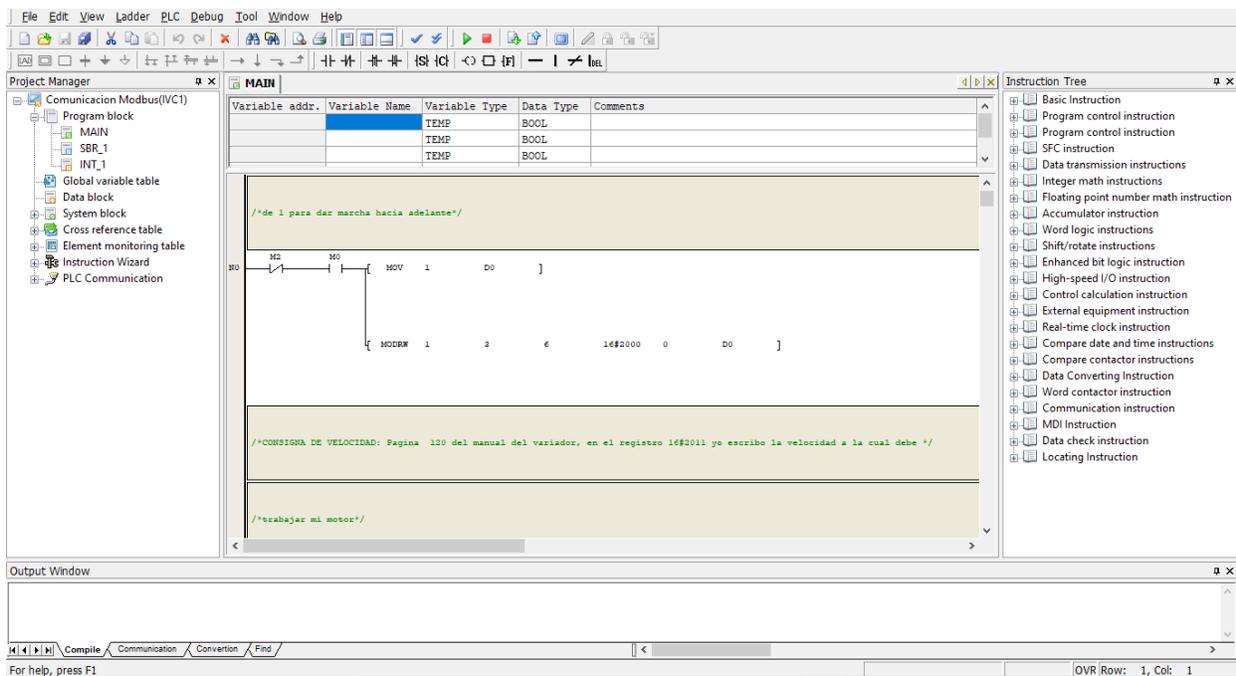


Figura 53 Registro de palabra de mando para dar marcha al motor.
Elaborado por: El Autor

Posteriormente se registra una consigna de velocidad que la escribe en el registro 2001

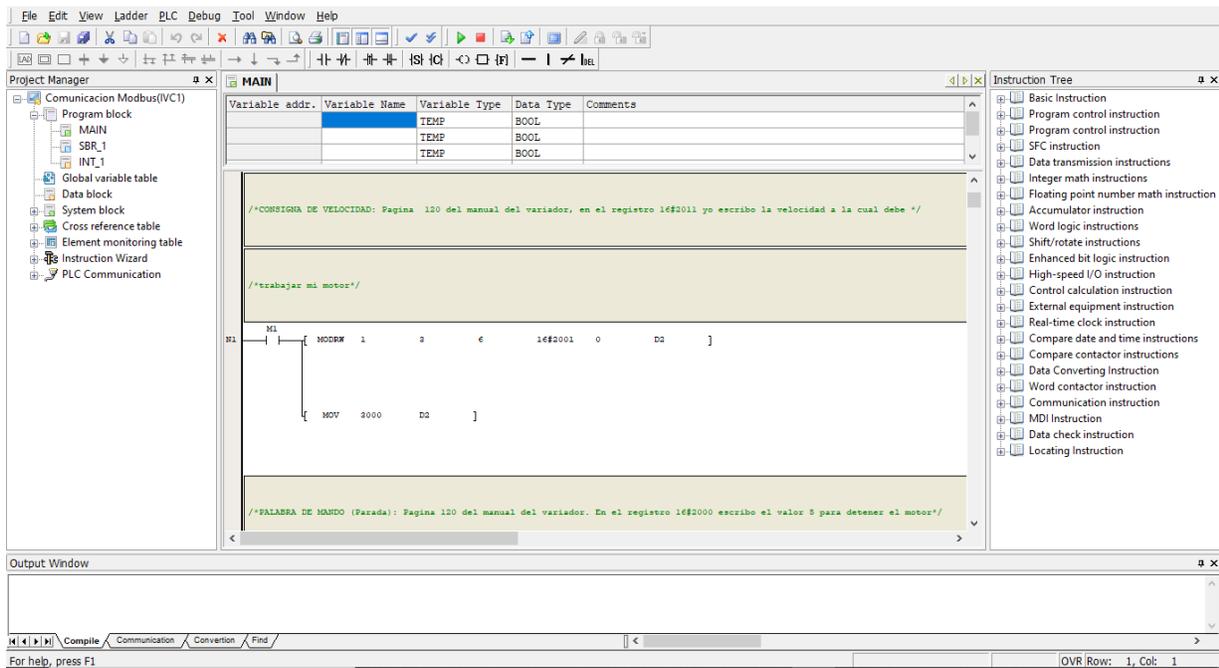


Figura 54 Registro de la consigna de velocidad.
Elaborado por: El Autor

Para detener el motor se escribe el valor 5 en el registro 2000 de palabra de mando.

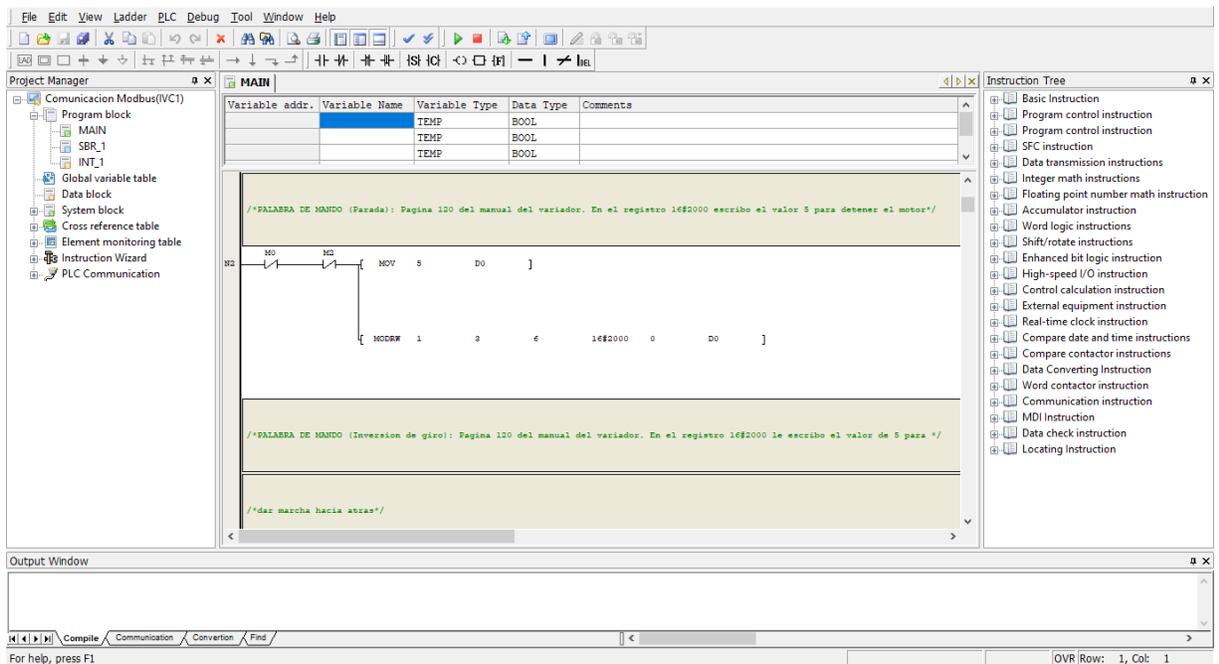


Figura 55 Registro del valor para detener el motor.
Elaborado por: El Autor

Luego de esto se hace una rotación inversa escribiendo el valor 2 en el registro de palabra de mando.

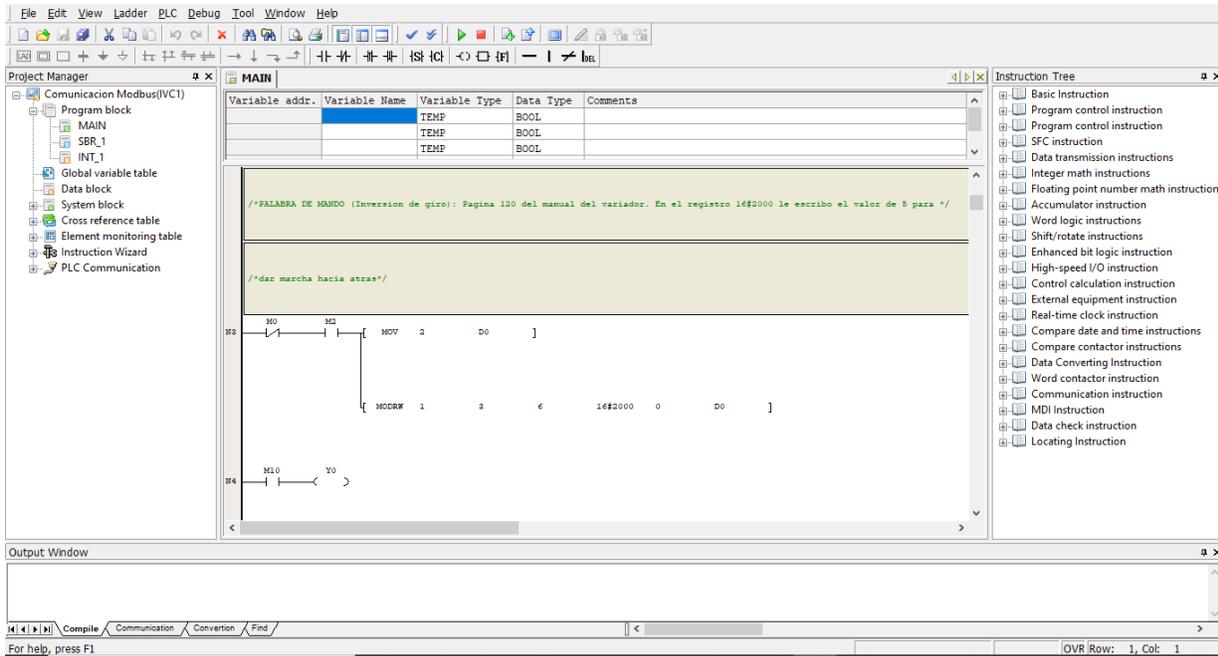


Figura 56 Registro del valor para hacer una rotación inversa.
Elaborado por: El Autor

Abrir el programa VT Designer para configurar el HMI

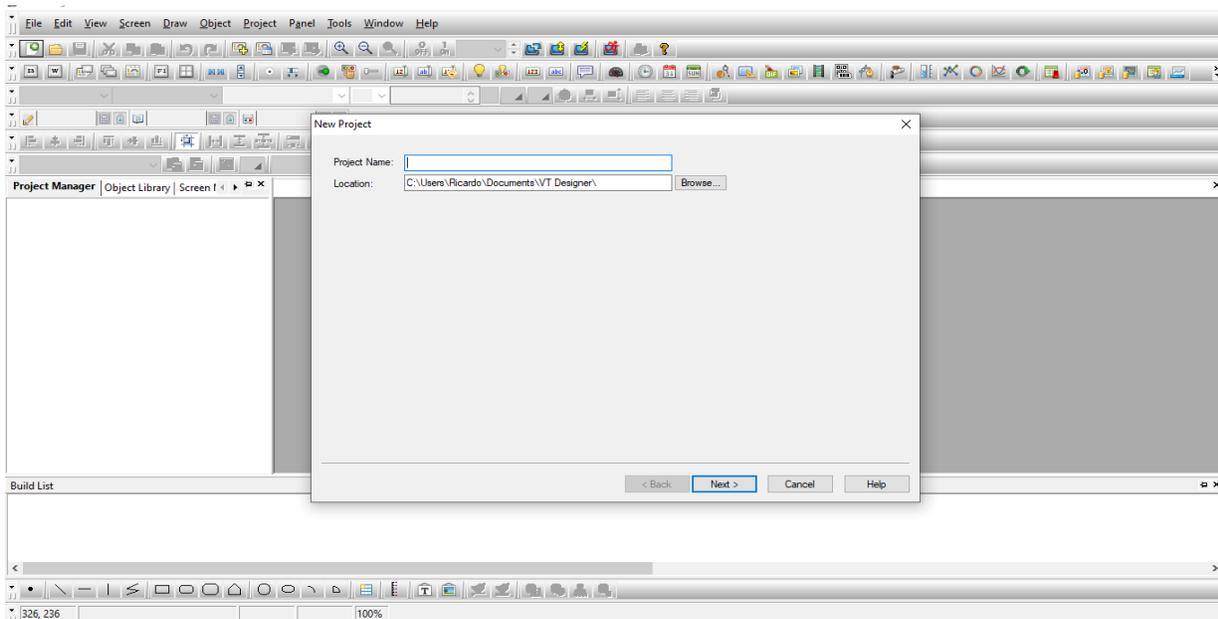


Figura 57 Configuración del HMI a través del programa VT Designer.
Elaborado por: El Autor

Configurar el puerto de comunicación a utilizar, este es RS-232 ya que el puerto serial del PLC al que se va a conectar es RS-232. Se debe tomar en cuenta que en la marca INVT el panel HMI es maestro y el PLC es esclavo del HMI.

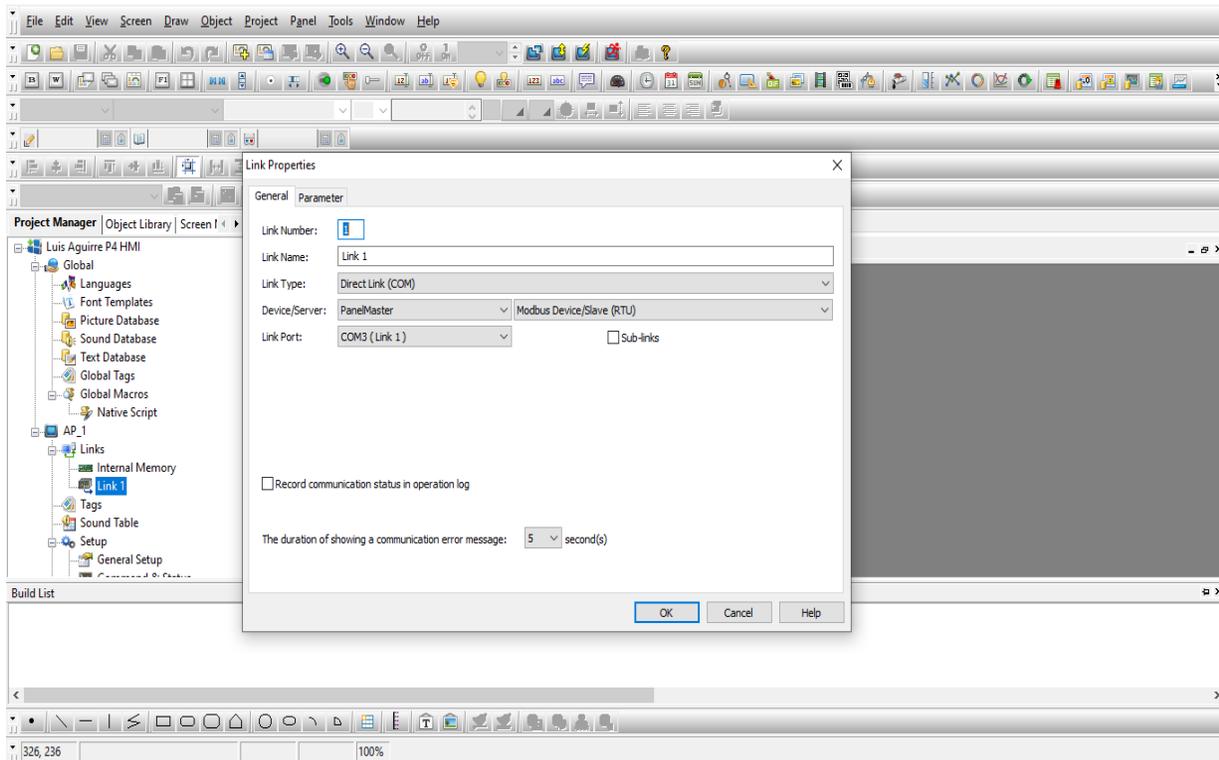


Figura 58 Configuración del puerto de comunicación.
Elaborado por: El Autor

Los parámetros de comunicación del HMI deben coincidir con los configurados en el dispositivo PLC

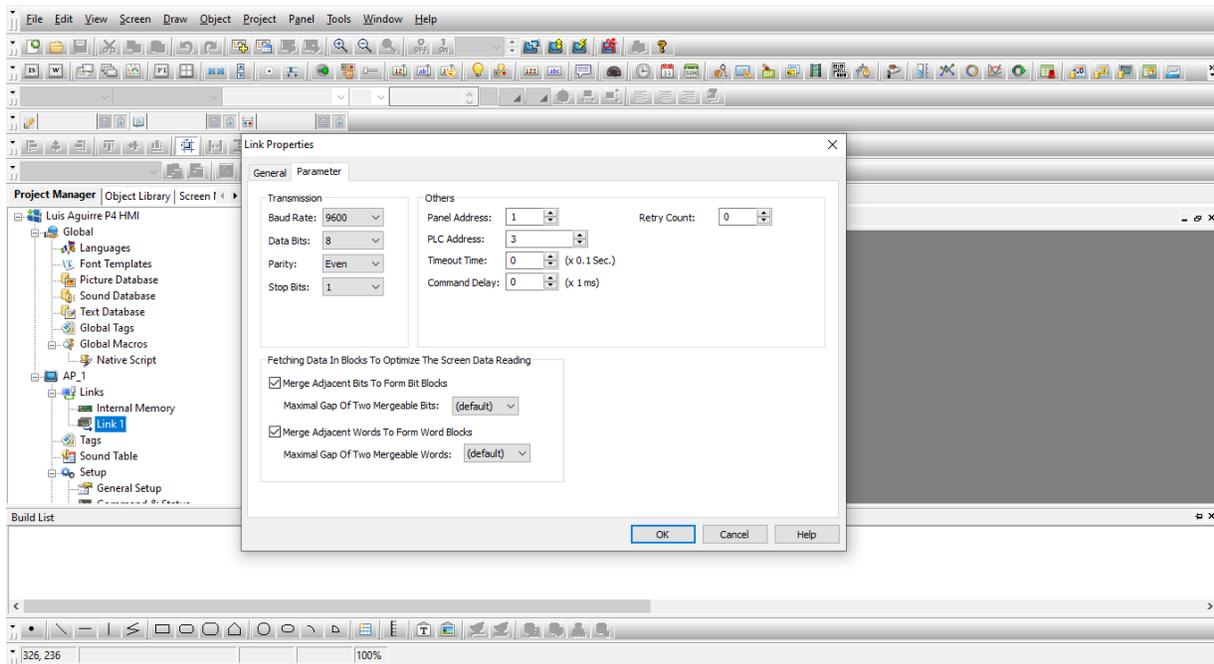


Figura 59 Validación de parámetros de comunicación de HMI y PLC.
Elaborado por: El Autor

Se agregan los diferentes objetos de la pantalla

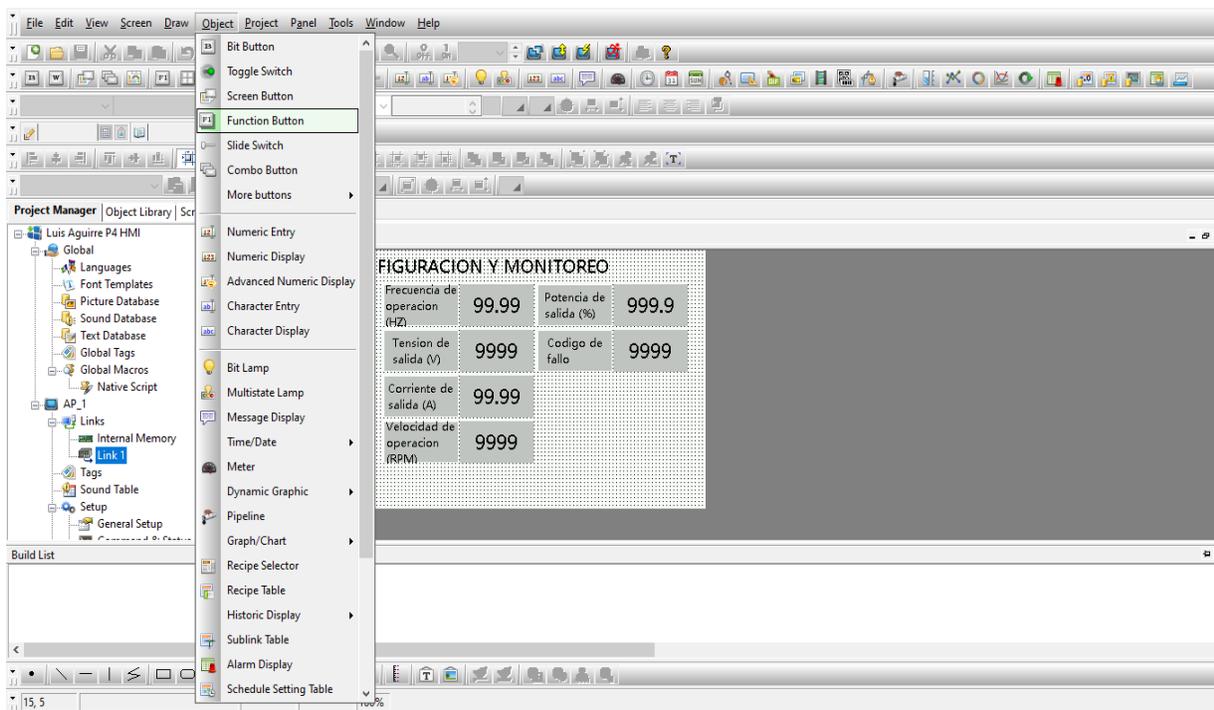


Figura 60 Ingreso de los objetos de la pantalla.
Elaborado por: El Autor

Se agregan cada una de las variables del variador de frecuencia que quieran visualizar

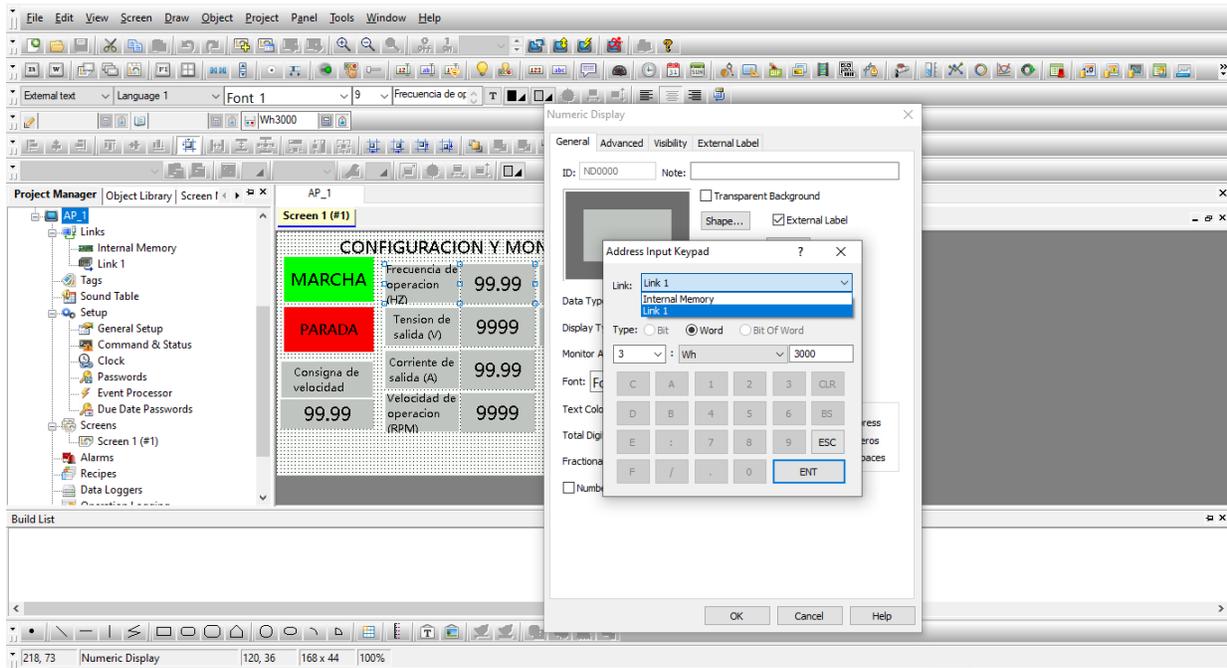


Figura 61 Ingreso de las variables del variador.
Elaborado por: El Autor

Anexo 5: Identificar mediante Modbus RTU los principales indicadores o KPI del motor en funcionamiento y su visualización a través de la pantalla del HMI, establecer control de par variable mediante comunicación con SCADA.

Crear programa en LOGO! Soft Comfort con control PI a fin de ejecutar la simulación de presión constante, la salida analógica del variador se conecta físicamente a la entrada analógica del logo.

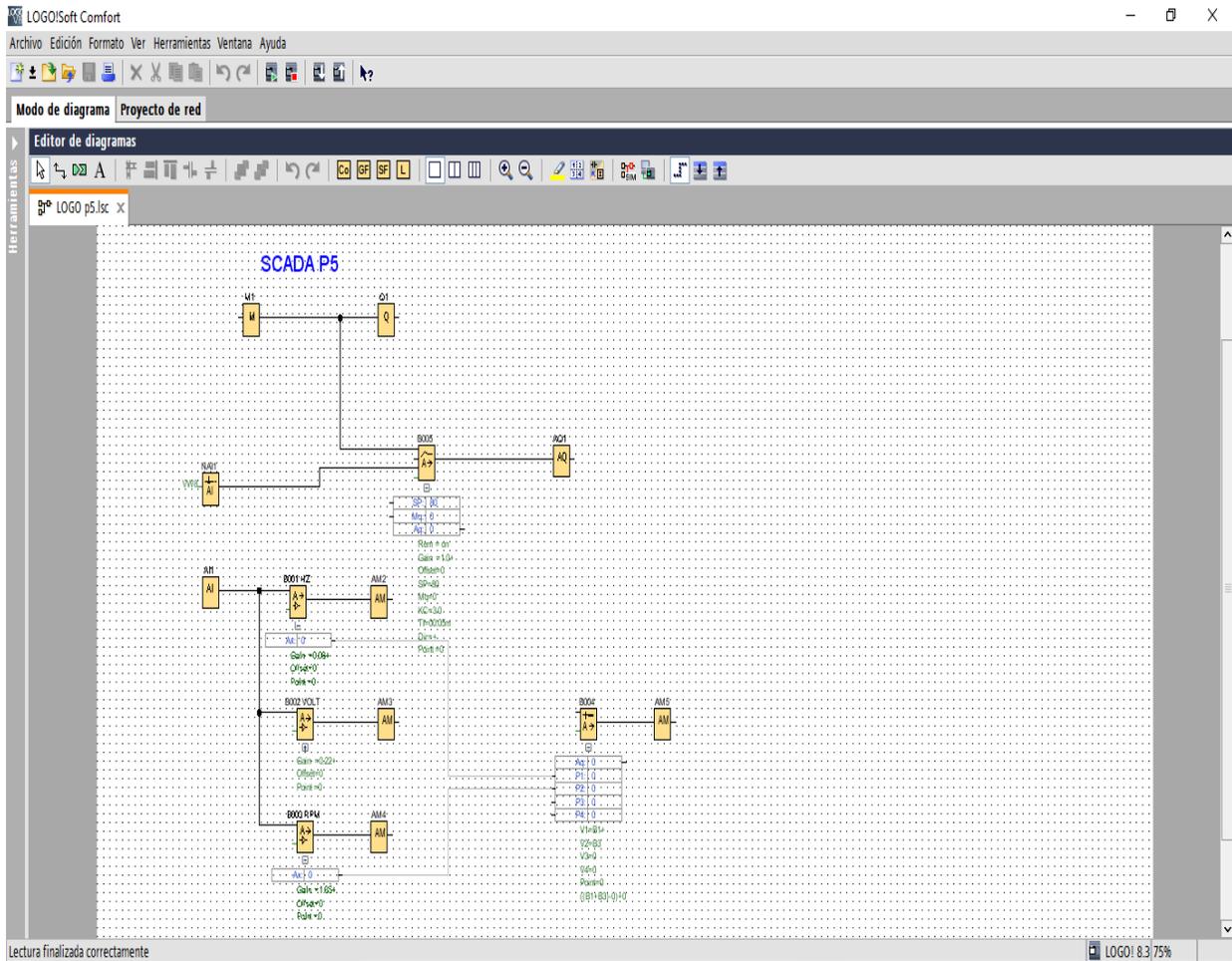


Figura 62 Creación de programa para simulación de presión constante.
Elaborado por: El Autor

Se crea la conexión S7 para comunicación con WinCC Advanced

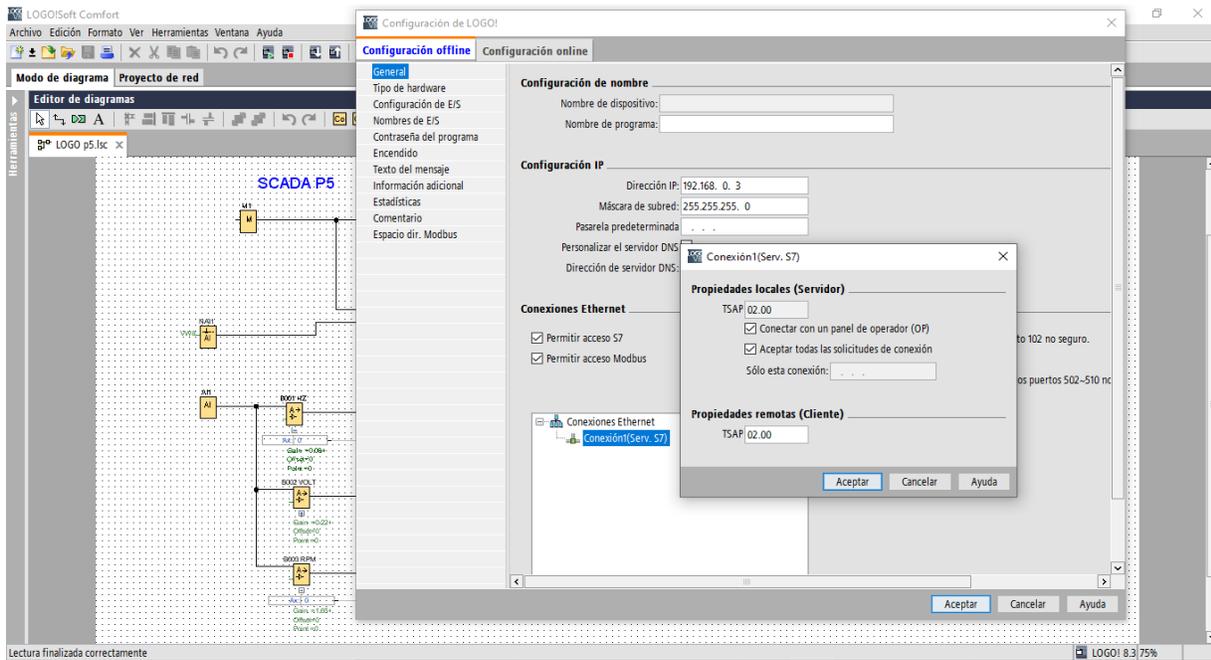


Figura 63 Creación de conexión S7.

Elaborado por: El Autor

Se agrega el tipo del sistema PC que se va a utilizar para poder manejar y visualizar la información.

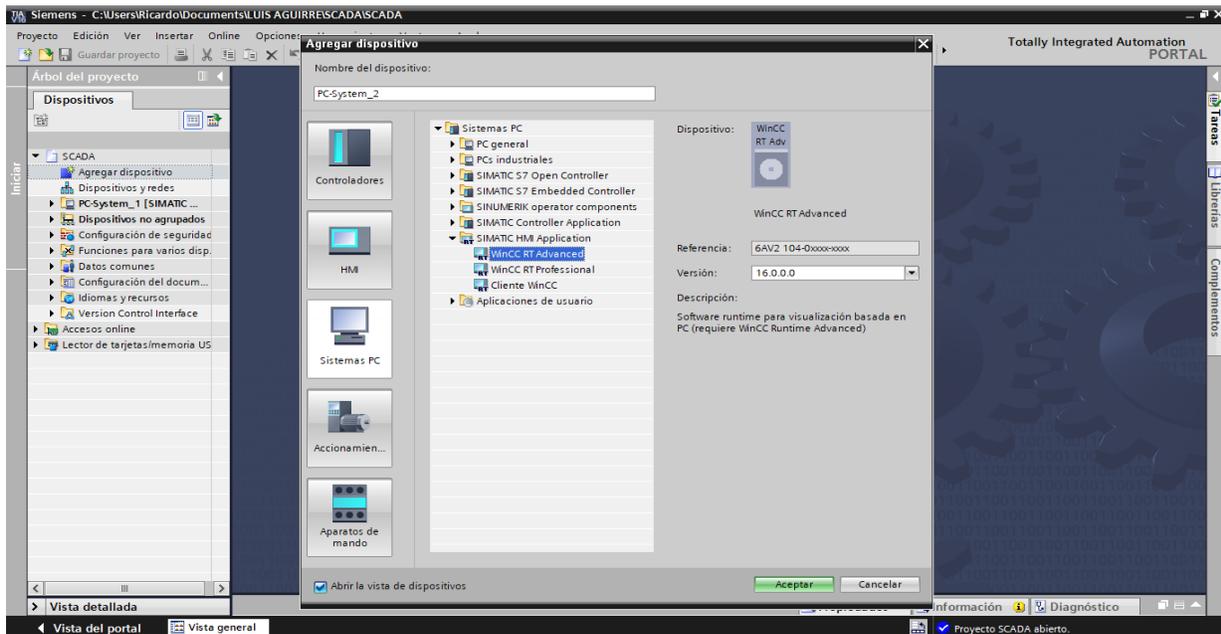


Figura 64 Configuración de PC.

Elaborado por: El Autor

Se procede a seleccionar la tarjeta de red del pc local

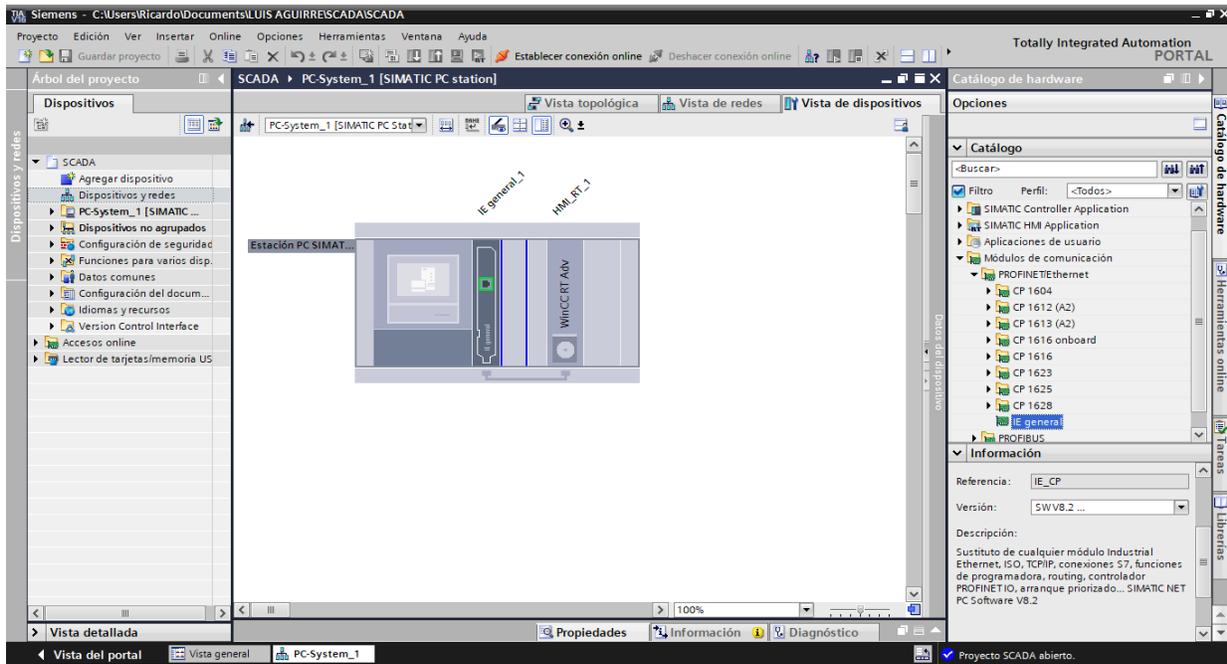


Figura 65 Selección de tarjeta de red.
Elaborado por: El Autor

Se crear conexión entre sistema PC y LOGO SIEMENS

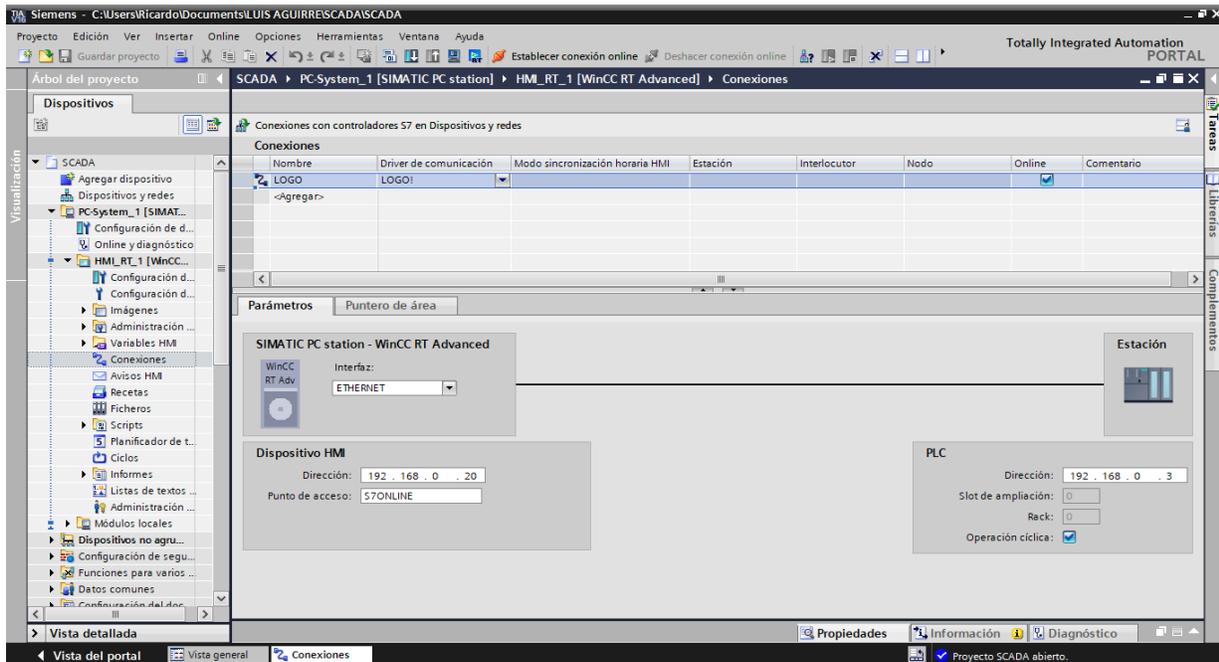


Figura 66 Conexión entre PC y LOGO SIEMENS.
Elaborado por: El Autor

Se procede a mapear las señales analógicas

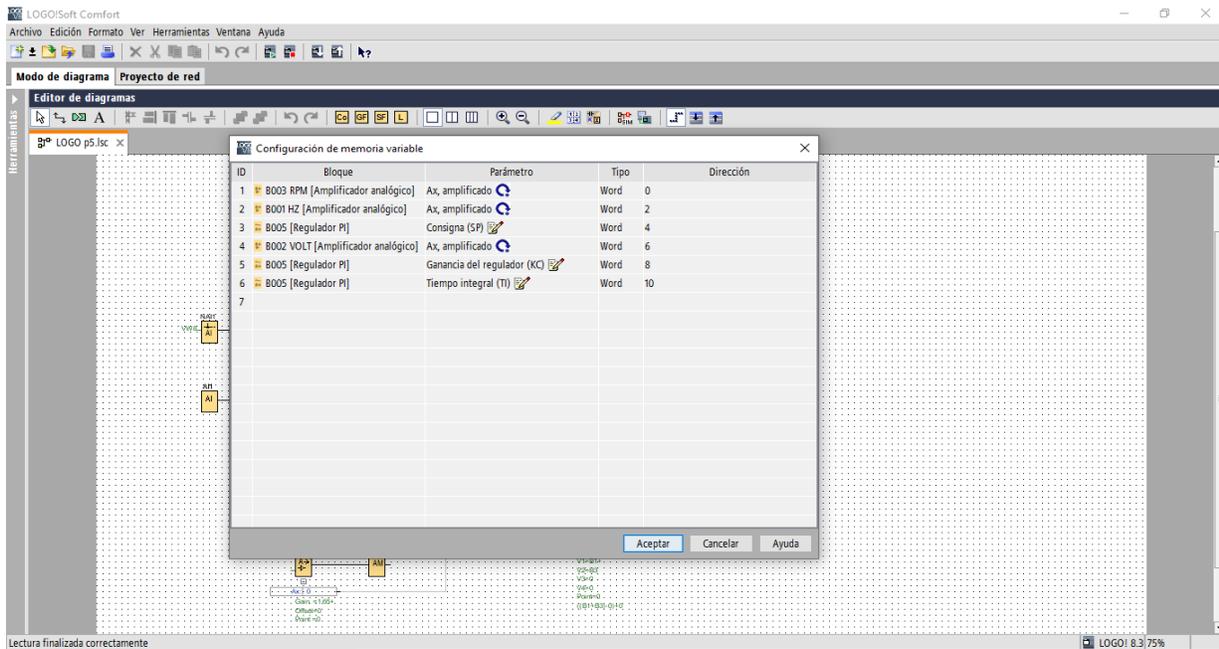


Figura 67 Mapeo de señales analógicas.
Elaborado por: El Autor

Posteriormente se procede a agregarlas en WINCC ADVANCED como variables HMI con las direcciones correspondientes.

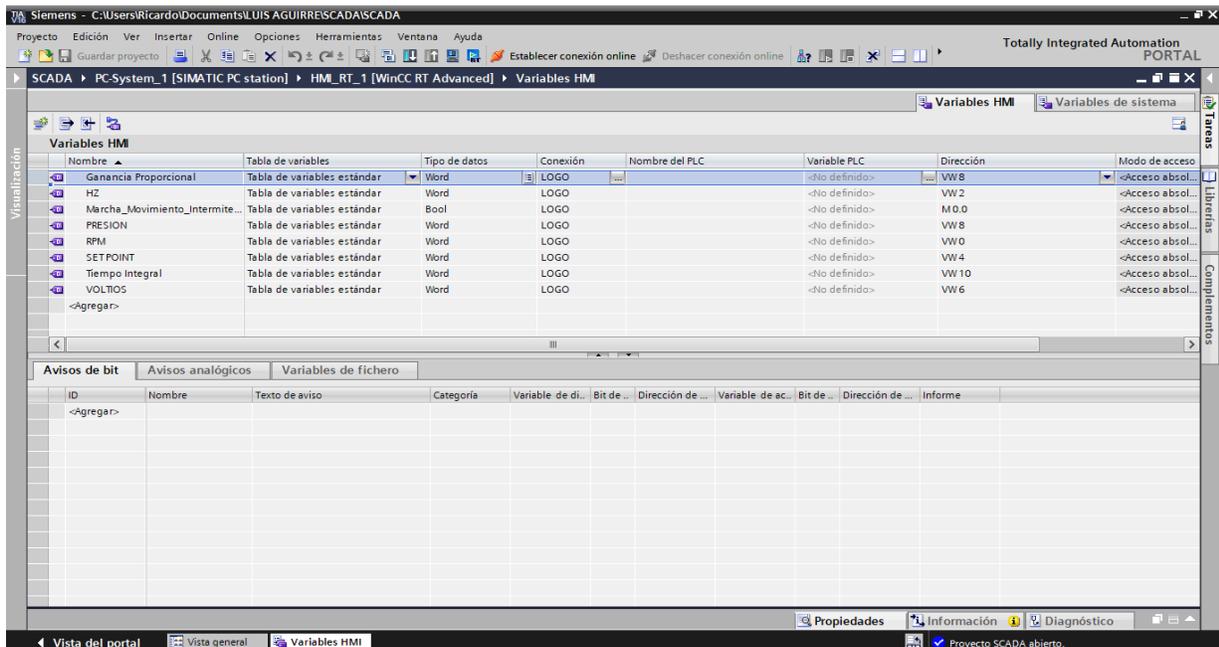


Figura 68 Configuración de variables HMI.
Elaborado por: El Autor

Crear imagen con todos los elementos de proceso, iniciar run time en PC y verificar el funcionamiento del CONTROL PI

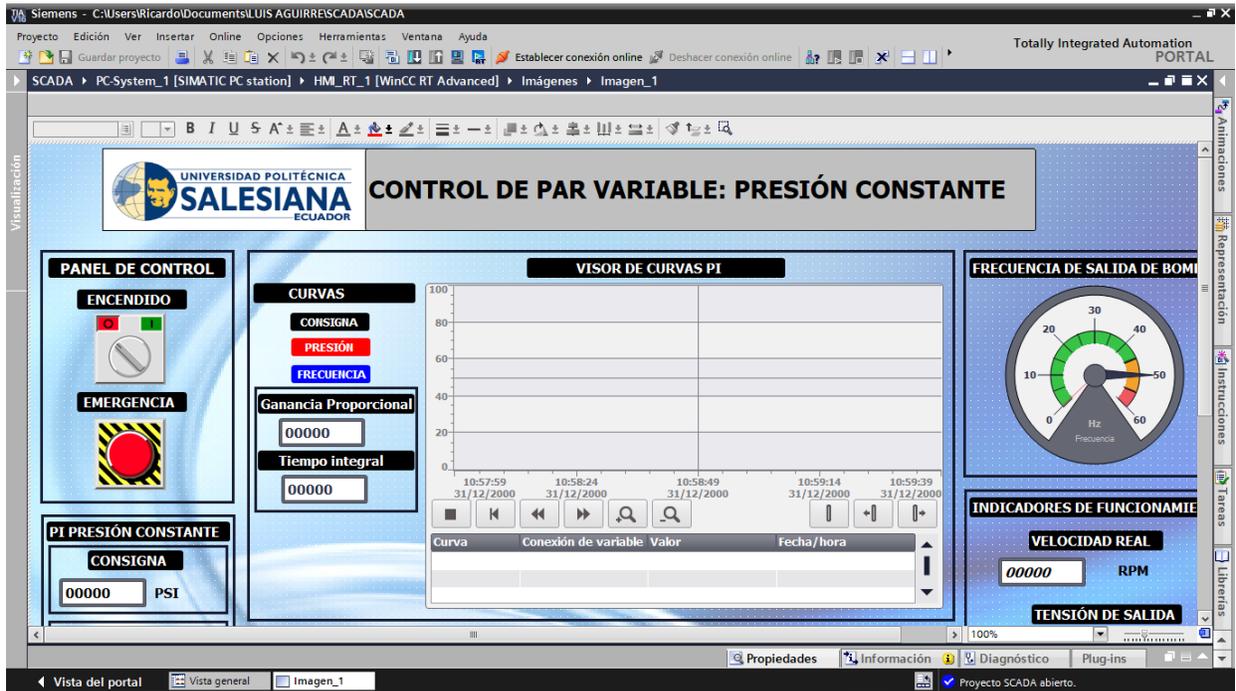


Figura 69 Creación de CONTROL PI.
Elaborado por: El Autor

DIAGRAMA ELECTRICO DE CONTROL Y POTENCIA

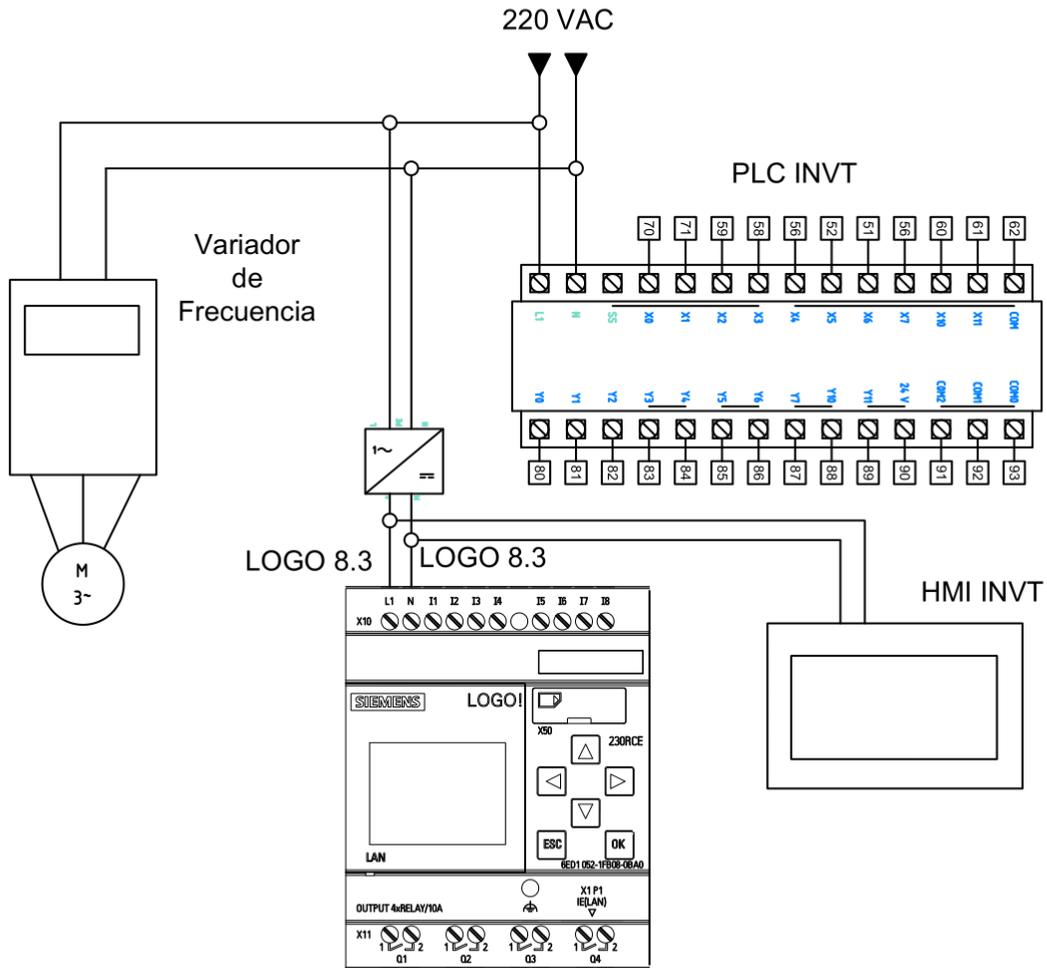


Figura 70 Diagrama Eléctrico.
Elaborado por: El Autor

Anexo 7: Diseño de la serigrafía del tablero

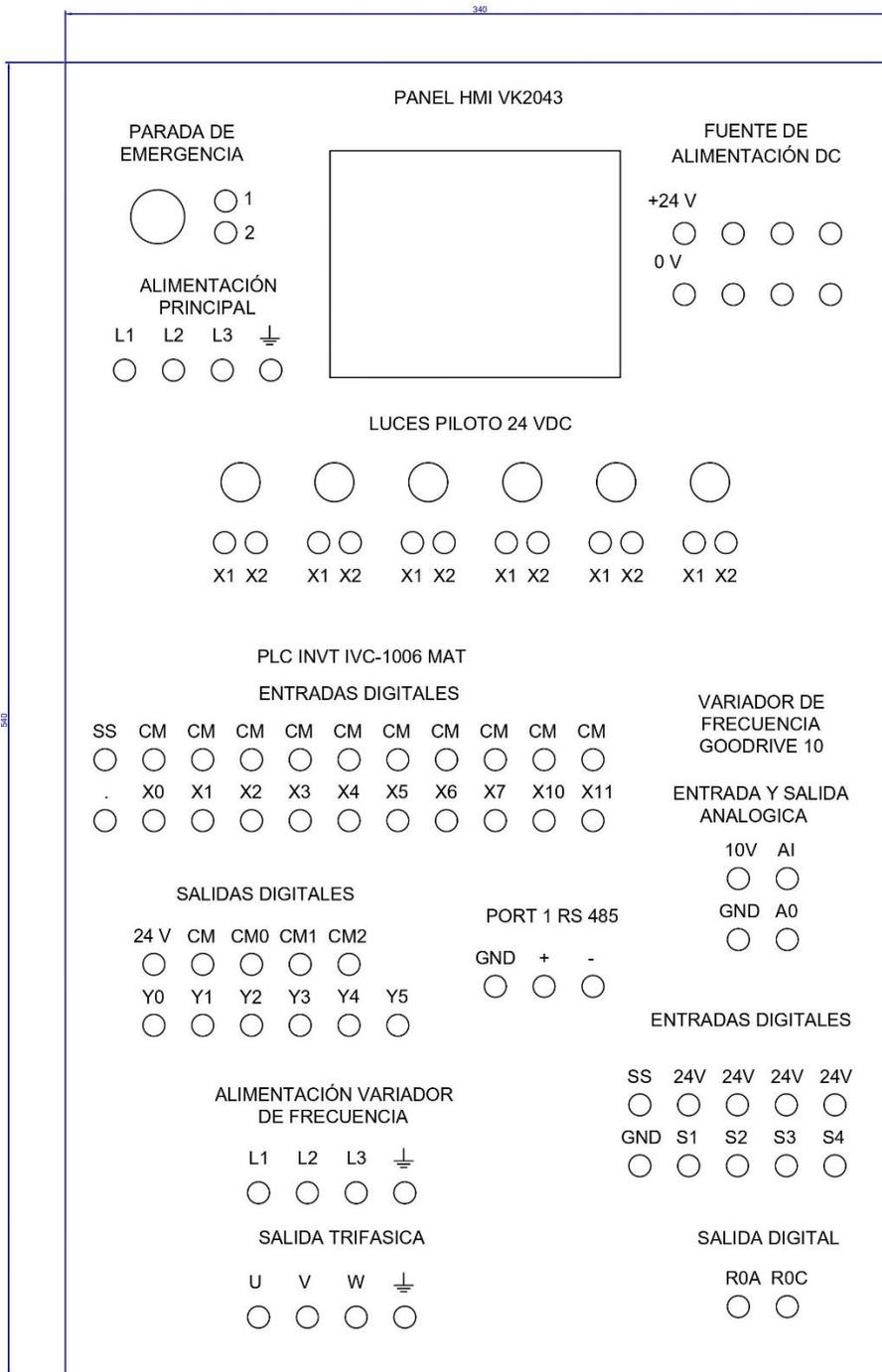


Figura 71 Diseño serigrafía del tablero
Elaborado por: El Autor