



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**DESARROLLO DE UNA RED DE COMUNICACIÓN RS 485 ENTRE DOS  
AUTÓMATAS PROGRAMABLES DE MARCA INVT Y S7-1200 PARA EL  
MONITOREO Y CONTROL DE MOTORES PASO A PASO**

Propuesta Tecnológica presentada previo a la obtención del Título  
de Ingeniero en Electromecánica

**AUTORES:**

Anibal Isaac Veloz Alvarez  
Melinton Alexander Aguaisa Cayo

**TUTOR:**

Ing. Luigi Orlando Freire Martínez M.Sc.

**LATACUNGA – ECUADOR  
AGOSTO – 2024**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotros, Aguaisa Cayo Melinton Alexander con cédula de ciudadanía No. 050481392-4 y Veloz Alvarez Anibal Isaac con cédula de ciudadanía No. 1805795687, declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica **“DESARROLLO DE UNA RED DE COMUNICACIÓN RS 485 ENTRE DOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES DE MARCA INVT Y S7-1200 PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE MOTORES PASO A PASO”**, siendo Ing. Freire Martínez Luigi Orlando M.Sc. Tutor del presente trabajo; eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posible reclamos o acciones legales.

Además, Certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en la presente propuesta tecnológica son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, agosto de 2024.



.....  
Anibal Isaac Veloz Alvarez

C.C: 180579568-7



.....  
Melinton Alexander Aguaisa Cayo


C.C: 050481392-4

## AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica sobre el título:

"DESARROLLO DE UNA RED DE COMUNICACIÓN RS 485 ENTRE DOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES DE MARCA INVT Y S7-1200 PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE MOTORES PASO A PASO", de Aguaisa Cayo Melinton Alexander y Veloz Alvarez Anibal Isaac, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyectos que el Consejo Directivo de la Facultad de CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto de 2024



.....  
Ing. Luigi Orlando Freire Martínez Msc.  
C.C: 050252958-9  
**TUTOR**

## AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto los postulantes Aguaisa Cayo Melinton Alexander y Veloz Alvarez Anibal Isaac con el Proyecto de Titulación **“DESARROLLO DE UNA RED DE COMUNICACIÓN RS 485 ENTRE DOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES DE MARCA INVT Y S7-1200 PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE MOTORES PASO A PASO”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto 2024

Para constancia firman:

Lector 1 (presidente)  
Ing. Alban Andrade Efrén Damián  
C.C. 050252951-4

Lector 2  
Ing. Carlos Francisco Pacheco Mena  
C.C. 050307290-2

Lector 3  
Ing. Jefferson Alberto Porras Reyes  
C.C. 070440044-9

**AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios por haberme cuidado y guiado a lo largo de mi vida, por ser mi fortaleza, en mis mejores y peores momentos, por darme la fuerza y el conocimiento para hacer su voluntad, a mi familia quien ha creído y depositado su confianza en mí.*

*A mis queridos hermanos Daisy y Byron por ser parte importante de mi vida, al llenar mis días de alegría, por siempre haberme comprendido e incentivado a nunca rendirme. Mis amigos Anibal, Marlon y David gracias por su apoyo y por haberme acompañado en mis momentos de duda y celebración*

*Doy gracias a los docentes de la carrera de Ingeniería Electromecánica por su dedicación, paciencia y compromiso, han sido fundamentales para mi desarrollo personal y profesional.*

**Melinton Aguaisa**

**DEDICATORIA**

*A mis amados padres, Luis Aguaisa y Nelly Cayo, por ser el pilar fundamental de mi vida, por su amor incondicional, apoyo y sacrificio sobre el cual he forjado cada uno de mis logros desde mis primeros pasos hasta este momento, gracias por ser mi inspiración y la razón de cada esfuerzo. En memoria a mi querida abuelita Juana Caiza quien siempre se preocupó por mi bienestar y mis logros.*

**Melinton Aguaisa**

**AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar, agradezco a Dios por darme las fuerzas para atravesar las adversidades y salir adelante, con todo el corazón quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi familia por su incondicional apoyo y comprensión durante la realización de esta tesis. Su amor y paciencia fueron fundamentales para mantenerme motivado y enfocado en la consecución de este gran sueño*

*También agradezco a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Electromecánica por compartir todos sus valiosos conocimientos y formarme como un profesional. Su experiencia y orientación fueron clave para el desarrollo y conclusión de este trabajo.*

***Anibal Veloz***

**DEDICATORIA**

*A mi amada madre, Blanca Alvarez, a mi amado padre Fausto Veloz, a mis queridos hermanos quienes han sido mi roca, mi inspiración y mi mayor apoyo. Gracias por su inquebrantable amor, sus palabras de aliento. Han sido mi luz en los momentos más oscuros y mis fuerzas en los desafíos más grandes. Sin ustedes, este logro no habría sido posible.*

**Anibal Veloz**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS.

**TÍTULO:** “DESARROLLO DE UNA RED DE COMUNICACIÓN RS 485 ENTRE DOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES DE MARCA INVT Y S7-1200 PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE MOTORES PASO A PASO”

**Autores:**

Aguaisa Cayo Melinton Alexander  
Veloz Alvarez Anibal Isaac

### RESUMEN

La investigación desarrollada en la presente propuesta tecnológica se centra en el objetivo de desarrollar una red de comunicación modbus RS 485 para el monitoreo y control de un motor paso a paso industrial, aplicando el método empírico se ha observado el comportamiento de la red Modbus junto con el método inductivo se ha desarrollado un análisis para su posterior selección de los equipos adecuados para la comunicación, de esta manera, se aborda la problemática planteada en la deficiencia del control y monitoreo de posicionamiento del motor, se describe que un sistema RS 485 el cual está centrado en una interconexión de diferentes equipos como actuadores y sensores los mismos que interactúan entre sí en los sistemas de control industrial. Antes de entrar en operación el sistema se ha basado en la norma ISO 8482 que abarca la comunicación de dispositivos por la interfaz RS 485 y la norma ISA 101, diseñada para entornos de HMI, de tal manera, se ingresa un valor de pulsos a través del HMI KTP400 de la familia Siemens transmitiendo los datos al autómata maestro PLC Siemens S7-1200, el mismo equipo es el encargado de enviar por medio de su módulo de comunicación los datos ingresados al esclavo PLC de la marca INVT IVC1L y pone en funcionamiento los elementos a controlar, se ha realizado la monitorización con una velocidad de transmisión de datos de 19200 baudios entre los dispositivos, por medio del equipo HMI WECON validando la confiabilidad del sistema y mejorando su eficiencia en el control, concluyendo que una red de comunicación entre equipos de diferente marca demuestran un sistema robusto y confiable en el envío y recepción de datos.

**Palabras clave:** Interfaz RS 485, Comunicación modbus, Monitoreo, Control, Motor paso a paso.

## **TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**

### **FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES.**

**THEME:** “DEVELOPMENT OF A RS 485 COMMUNICATION NETWORK BETWEEN TWO INVT AND S7-1200 PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS FOR THE MONITORING AND CONTROL OF STEPPER MOTORS.”

**Authors:**

Aguaisa Cayo Melinton Alexander  
Veloz Alvarez Anibal Isaac

### **ABSTRACT**

The research developed in this technological proposal focuses on the objective of developing a RS 485 Modbus communication network for the monitoring and control of an industrial stepper motor; applying the empirical method has observed the behavior of the Modbus network along with the inductive method has developed an analysis for subsequent selection of appropriate equipment for communication, In this way, the problem posed in the deficiency of the control and monitoring of motor positioning is addressed, it is described that a RS 485 system is focused on interconnection of different equipment such as actuators and sensors which interact with each other in industrial control systems. Before going into operation, the system was based on the ISO 8482 standard that covers the communication of devices through the RS 485 interface and the ISA 101 standard designed for HMI environments in such a way that a pulse value is entered through the HMI KTP400 of the Siemens family transmitting the data to the PLC master automaton Siemens S7-1200, the same equipment is responsible for sending through its communication module the data entered to the PLC slave of the INVT IVC1L brand and puts into operation the elements to be controlled, the monitoring has been carried out with a data transmission speed of 19200 baud between the devices using the HMI WECON equipment, validating the reliability of the system and improving its efficiency in the control, concluding that a communication network between equipment of different brands demonstrates a robust and reliable system in the sending and receiving of data.

**Keywords:** RS 485 Interface, Modbus Communication, Monitoring, Control, Stepper Motor.

## *AVAL DE TRADUCCIÓN*

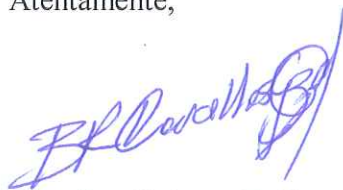
En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que:

La traducción del resumen al idioma Inglés de la Propuesta Tecnológica cuyo título versa: **“DESARROLLO DE UNA RED DE COMUNICACIÓN RS 485 ENTRE DOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES DE MARCA INVT Y S7-1200 PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE MOTORES PASO A PASO”** presentado por: **Aguaisa Cayo Melinton Alexander y Veloz Alvarez Anibal Isaac**, egresados de la Carrera de: **Ingeniería en Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, agosto de 2024

Atentamente,



**Cevallos Galarza Bolívar Maximiliano**  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**  
**CI: 091082166-9**



**CENTRO  
DE IDIOMAS**

## ÍNDICE GENERAL

|   |    |
|---|----|
| 1. INFORMACIÓN GENERAL.....   | 1  |
| 2. INTRODUCCIÓN.....  | 2  |
| 2.1. Situación problemática.....                                    | 3  |
| 2.2.1. Formulación del problema.....                                | 4  |
| 2.3. Beneficiarios.....   | 5  |
| 2.3.1. Beneficiarios directos.....                                  | 5  |
| 2.3.2. Beneficiarios indirectos.....                                | 5  |
| 2.4. Justificación.....   | 5  |
| 2.5. Objetivos.....   | 6  |
| 2.5.1. Objetivo general.....  | 6  |
| 2.5.2. Objetivos específicos.....                                   | 6  |
| 2.6. Tareas por objetivos.....                                      | 7  |
| 3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....                                      | 7  |
| 3.1. Antecedentes.....  | 7  |
| 3.1. Cuarta Revolución Industrial.....                              | 10 |
| 3.2. Automatización Industrial.....                                 | 10 |
| 3.2.1. Redes de comunicación industrial.....                        | 10 |
| 3.2.2. Pirámide de comunicación industrial.....                     | 11 |
| 3.3. Sistemas de comunicación.....                                  | 12 |
| 3.3.1. Protocolos de comunicación.....                              | 12 |
| 3.3.3. Descripción del Estándar RS485.....                          | 15 |
| 3.3.4. Cableado Modbus RS 485.....                                  | 16 |
| 3.4. Autómatas programables (PLC).....                              | 17 |
| 3.4.1. Concepto de PLC (Controlador Lógico Programable).....        | 18 |
| 3.4.2. Autómata INVT (IVC1L).....                                   | 18 |
| 3.4.3. Autómata Siemens S7-1200.....                                | 19 |
| 3.5. Concepto de motores paso a paso.....                           | 20 |
| 3.5.1. Descripción y funcionamiento de los motores paso a paso..... | 20 |
| 3.5.2. Tipos de motores paso a paso.....                            | 21 |
| 3.6. Driver para motor paso a paso (TB6600).....                    | 24 |
| 3.7. Especificaciones eléctricas del driver TB6600.....             | 25 |
| 3.8. Pantalla HMI (Interfaz Hombre-Máquina).....                    | 26 |

|   |    |
|---|----|
| 3.8.1. Empleos frecuentes de una pantalla HMI .....                               | 26 |
| 3.9. Fuente externa de alimentación AC/DC 24V marca Delta .....                   | 27 |
| 4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS. ....   | 27 |
| 4.1. Metodología.....   | 27 |
| 4.2. Variables.....   | 28 |
| 4.2.1. Variable dependiente.....  | 28 |
| 4.2.2. Variable independiente.....  | 28 |
| 4.3. Esquema de comunicación RS 485 entre los equipos .....                       | 28 |
| 4.4. Equipos de control y automatización .....                                    | 28 |
| 4.4.1. Comparación técnica entre PLCs de distinta marca.....                      | 28 |
| 4.4.2. Asimilación técnica entre HMIs multi marca .....                           | 32 |
| 4.4.3. Balance técnico entre motores paso a paso Nema 23 .....                    | 32 |
| 4.4.4. Comparación técnica entre drivers de motores paso a paso.....              | 33 |
| 4.4.5. Cotejo técnico entre fuentes de alimentación AC/DC 24V Delta.....          | 35 |
| 4.4.6. Comparación técnica entre protocolos de comunicación RS 485 .....          | 35 |
| 4.5. Normas para la comunicación RS 485 .....                                     | 36 |
| 4.5.1. Norma ISO/IEC 8482 para interfaz de comunicación .....                     | 36 |
| 4.5.2. Norma ISA 101 para entornos de HMIs .....                                  | 36 |
| 4.6. Softwares de programación y simulación .....                                 | 36 |
| 4.6.1. Software TIA portal V16 .....  | 37 |
| 4.6.2. Software Auto Station V1.50 .....  | 40 |
| 4.6.3. Software PIStudio V8.2.95 .....  | 43 |
| 5. ANALISIS DE RESULTADOS .....   | 45 |
| 5.1. Síntesis de la elección de los elementos de trabajo .....                    | 45 |
| 5.1.1. Autómata programable INVT IVC1L-1410MAT.....                               | 45 |
| 5.1.2. HMI WECON modelo PI3070ig-0 .....  | 46 |
| 5.1.3. Motor Nema 23 Modelo 0K57H18112A .....                                     | 46 |
| 5.1.4. Driver TB6600 .....  | 46 |
| 5.1.5. Fuente de voltaje AC/DC 24V Delta Model DRL-120-24 .....                   | 46 |
| 5.2. Protocolo de comunicación y su topología.....                                | 46 |
| 5.3. Sistemas de configuración.....   | 48 |
| 5.3.1. Configuración del driver paso a paso.....                                  | 48 |
| 5.4. Configuración del software TIA PORTAL V16 del PLC Siemens (MÁSTER).....      | 48 |
| 5.5. Configuración del software Auto Station para el PLC INVT IVC1L (SLAVE) ..... | 57 |

|   |    |
|---|----|
| 5.6. Resultados de monitoreo .....      | 66 |
| 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... | 70 |
| 6.1. Conclusiones .....                 | 70 |
| 6.2. Recomendaciones .....              | 70 |
| 7. REFERENCIAS.....                     | 72 |
| 8. ANEXOS .....                         | 76 |

**Índice de figuras:**

|  |    |
|--|----|
| Figura 2.1. Diagrama de Ishikawa.....  | 4  |
| Figura 3.2. Pirámide de comunicación industrial.....                                   | 11 |
| Figura 3.3. Esquema del protocolo Modbus.....  | 13 |
| Figura 3.4. Diagrama de conexión del protocolo de comunicación Modbus [26].....        | 17 |
| Figura 3.5. Partes de un PLC INVT IVC1L.....   | 19 |
| Figura 3.6. Partes de un PLC Siemens S7-1200.....                                      | 20 |
| Figura 3.7. Estructura interna de un motor paso a paso.....                            | 21 |
| Figura 3.8. Disposición de un motor paso a paso de reluctancia variable.....           | 22 |
| Figura 3.9. Estructura interna de un motor de imanes permanentes.....                  | 23 |
| Figura 3.10. Arreglo interno de un motor a pasos híbrido.....                          | 23 |
| Figura 3.11. Ranuras de un motor paso a paso híbrido.....                              | 24 |
| Figura 3.12. Driver paso a paso TB6600.....  | 24 |
| Figura 3.13. Proceso industrial controlado con HMI.....                                | 26 |
| Figura 3.14. Fuente AC/DC 24 V Delta.....  | 27 |
| Figura 3.15. Esquema de conexión de los puertos de comunicación.....                   | 28 |
| Figura 4.16. Puertos de comunicación del PLC INVT IVC1L.....                           | 29 |
| Figura 4.17. Módulo de comunicación RS 485 del PLC Siemens.....                        | 31 |
| Figura 4.18. Sistema de automatización simple.....                                     | 37 |
| Figura 4.19. Entorno TIA Portal V16.....   | 38 |
| Figura 4.20. Enlace del PLC Siemens con TIA Portal V16.....                            | 39 |
| Figura 4.21. Conexión del módulo de comunicación RS 485.....                           | 39 |
| Figura 4.22. Parámetros de enlace para comunicación en TIA Portal V16.....             | 40 |
| Figura 4.23. Selección de puertos en Serial Port en el Auto Station.....               | 41 |
| Figura 4.24. Configuración puerto 1 del esclavo en Auto Station.....                   | 42 |
| Figura 4.25. Configuración puerto 2 en Auto Station.....                               | 43 |
| Figura 4.26. Configuración de comunicación del HMI Wecon con el PLC INVT.....          | 44 |
| Figura 4.27. Configuración de puerto RS485_2 del HMI Wecon.....                        | 45 |
| Figura 5.28. Diagrama topológico de la comunicación RS 485.....                        | 47 |
| Figura 5.29. Puertos de comunicación entre dispositivos.....                           | 47 |
| Figura 5.30. Bloque COMM_LOAD para el envío de datos.....                              | 48 |
| Figura 5.31. Asignación del bloque de datos.....                                       | 49 |
| Figura 5.32. Datos de transmisión.....   | 50 |
| Figura 5.33. Bloque de programación MB_MÁSTER de velocidad.....                        | 51 |
| Figura 5.34. Bloque de codificación MOVE.....  | 51 |
| Figura 5.35. Diagrama MB_MASTER y MOVE para ingresar vueltas en posición absoluta..... | 52 |
| Figura 5.36. Esquema MB_MASTER y MOVE para ingresar vueltas en posición relativa.....  | 53 |
| Figura 5.37. Esquema MB_MASTER y MOVE para el cambio del sentido de giro.....          | 54 |
| Figura 5.38. MB_MASTER y un MOVE para el control de grados.....                        | 56 |
| Figura 5.39. Función de multiplicación.....  | 59 |
| Figura 5.40. Función de lectura doble entero.....                                      | 59 |
| Figura 5.41. Función de operación para control de posición absoluta.....               | 60 |
| Figura 5.42. Variable de multiplicación para control de posición relativa.....         | 62 |
| Figura 5.43. Función de lectura de doble entero para control de posición relativa..... | 62 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 5.44. Instrucción de control de posición relativa. ....              | 63 |
| Figura 5.45. Variable de multiplicación para control de grados. ....        | 64 |
| Figura 5.46. Función de lectura de doble entero para control de grados..... | 65 |
| Figura 5.47. Instrucción de control de posición relativa. ....              | 65 |
| Figura 5.48. Pantalla programada en HMI Siemens.....                        | 66 |
| Figura 5.49. Pantalla programada en HMI Wecon.....                          | 66 |
| Figura 5.50. Pantalla HMI Siemens en posición relativa .....                | 67 |
| Figura 5.51. Pantalla HMI Wecon en posición relativa .....                  | 67 |
| Figura 5.52. Pantalla HMI Siemens en posición de grados.....                | 68 |
| Figura 5.53. Pantalla HMI Wecon en posición de grados .....                 | 68 |
| Figura 5.54. Datos ingresados en Pantalla HMI Siemens .....                 | 69 |
| Figura 5.55. Datos ingresados en Pantalla HMI Wecon .....                   | 69 |

**Índice de tablas**

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1.1. Campos de la ciencia y tecnología UNESCO .....                          | 2  |
| Tabla 2.2. Tareas por objetivo. ....   | 7  |
| Tabla 3.3. Niveles de la pirámide de comunicación industrial.....                  | 12 |
| Tabla 3.4. Especificaciones eléctricas del driver TB6600.....                      | 25 |
| Tabla 3.5. Entradas y salidas del TB6600. ....                                     | 25 |
| Tabla 3.6. Conexión de bobinas TB6600. ....  | 25 |
| Tabla 3.7. Voltaje de alimentación del driver. ....                                | 25 |
| Tabla 4.8. Análisis comparativo de PLCs .....                                      | 29 |
| Tabla 4.9. Análisis del interruptor DIP del PLC INVT.....                          | 30 |
| Tabla 4.10. Tipos de Datos.....  | 31 |
| Tabla 4.11. Datos constantes .....   | 32 |
| Tabla 4.12. Análisis comparativo entre HMIs.....                                   | 32 |
| Tabla 4.13. Análisis comparativo de motores paso a paso.....                       | 33 |
| Tabla 4.14. Estudio comparativo de Drivers .....                                   | 33 |
| Tabla 4.15. Configuración de pasos en el Driver TB6600 .....                       | 34 |
| Tabla 4.16. Configuración del parámetro de corriente en el driver.....             | 34 |
| Tabla 4.17. Análisis comparativo de fuentes de voltaje AC/DC 24V .....             | 35 |
| Tabla 4.18. Tipos de redes de comunicación.....                                    | 35 |
| Tabla 5.19. Configuración de pulsos y corriente del driver .....                   | 48 |
| Tabla 5.20. Direcciones para el control de velocidad.....                          | 49 |
| Tabla 5.21. Datos de salida del programa TIA Portal .....                          | 50 |
| Tabla 5.22. Parámetros para el envío de datos .....                                | 51 |
| Tabla 5.23. Datos para el control de velocidad .....                               | 51 |
| Tabla 5.24. Variables para la inserción de datos en posición absoluta .....        | 52 |
| Tabla 5.25. Datos para la transmisión de vueltas en posición relativa.....         | 53 |
| Tabla 5.26. Direcciones para el cambio de giro en posición relativa y grados ..... | 55 |
| Tabla 5.27. Datos para el control por grados del motor paso a paso.....            | 56 |
| Tabla 5.28. Variables de recepción y envío.....                                    | 57 |
| Tabla 5.29. Variables de salida del PLC INVT .....                                 | 58 |
| Tabla 5.30. Variables para control de posición absoluta.....                       | 58 |
| Tabla 5.31. Variables para control de posición relativa. ....                      | 61 |
| Tabla 5.32. Variables para control de posición en grados.....                      | 63 |

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título del proyecto:**

Desarrollo de una red de comunicación RS 485 entre dos autómatas programables de marca INVT y S7-1200 para el monitoreo y control de motores paso a paso

**Fecha de inicio:** Abril de 2024

**Fecha de finalización:** Agosto de 2024

**Lugar de ejecución:** Talleres de la Universidad Técnica de Cotopaxi

**Facultad:** Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

**Carrera:** Ingeniería Electromecánica

### **Equipo de Trabajo**

#### **TUTOR DE TITULACIÓN**

Ing. Luigi Orlando Freire Martínez. M.Sc.

**E-mail:** [luigi.freire@utc.edu.ec](mailto:luigi.freire@utc.edu.ec)

#### **Coordinador 1**

**Nombre y Apellidos:** Melinton Alexander Aguaisa Cayo

**Domicilio:** Latacunga, Cruz Loma

**Cédula de Ciudadanía:** 050481392-4

**E-mail:** [melinton.aguaisa3924@utc.edu.ec](mailto:melinton.aguaisa3924@utc.edu.ec)

#### **Coordinador 2**

**Nombre y Apellidos:** Anibal Isaac Veloz Alvarez

**Domicilio:** Latacunga, Iberoamericana y México

**Cédula de Ciudadanía:** 180579568-7

**E-mail:** [anibal.veloz5687@utc.edu.ec](mailto:anibal.veloz5687@utc.edu.ec)

**Área de Conocimiento:** En la presente propuesta tecnológica se trabajará dentro del área 07 que pertenece al sector de Ingeniería, Industria y Construcción, dentro del cual se encuentra el sub área 071 que corresponde a Ingeniería y Profesionales Afines, finalmente con los campos detallados tales como el 0713 que abarca el sector de electricidad y energía; el campo detallado 0714 trabaja con el sector de Electrónica y automatización; estos campos de ciencia y tecnología se pueden observar en la Tabla 1.1.

*Tabla 1.1. Campos de la ciencia y tecnología UNESCO[1]*

|   |                                     |                                   |
|---|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 07 ingeniería, industria y construcción | 071 ingeniería y profesiones afines | 0713 electricidad y energía       |
|   |                                     | 0714 electrónica y automatización |

**Línea de Investigación:** Procesos industriales[2].

**Sub líneas de investigación:** Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos [2].

## 2. INTRODUCCIÓN

En el ámbito industrial el manejo de motores paso a paso ha mostrado gran complejidad al momento de desarrollar tareas precisas de operación, por ese motivo nace la iniciativa de mantener una tecnología de comunicación que permita realizar técnicas de operación y control interactuando con los dispositivos de una manera remota, brindando resultados confiables de operación en el posicionamiento y supervisión de estos elementos. [3].

Estos dispositivos son de gran aplicación en el entorno industrial, pues realizan operaciones de posicionamiento preciso en máquinas CNC, en el control de los movimientos en los robots, incluso interactúan en el accionar de válvulas, bombas, en sistemas de automatización para líneas de ensamblaje, en procesos industriales, pero para llegar a todo lo mencionado y buscando satisfacer la demanda de control en dichos dispositivos se han desarrollado protocolos de comunicación herramientas muy aplicadas en el área industrial para realizar un monitoreo confiable de los parámetros en ejecución.

En el entorno de la automatización industrial lo que se busca es un medio de comunicación e intercambio de información confiable y a largas distancias, para tal fin la red de comunicación RTU RS 485 en su función principal de transportar señales por medio de un par de cables está limitada a transmitir y no recibir señales al mismo tiempo ya que esto generará conflictos en la red. [4].

## 2.1. Situación problemática

La presente propuesta tecnológica nace de la escasez de controlar los procesos industriales en tiempo real usando los artilugios de comunicación de las que se disponen. Hoy en día en la industria es de gran importancia poder visualizar el proceso de productividad y reducir las fallas en diferentes tipos de sistemas manejados por controladores lógicos programables. En la industria el uso de comunicaciones permite el intercambio de información del controlador a los diferentes actuadores que componen el procesos de producción como: motores, sensores, actuadores y detectores

Las comunicaciones industriales son aquellas que permiten el flujo de información del controlador a los diferentes dispositivos a lo largo del proceso de producción: motores, detectores, actuadores y sensores. [5].

El control en la automatización se divide en dos grupos, el primero centrado en el control de procesos, el segundo grupo centrado en el control de máquinas. Se hace hincapié en el último grupo por su ejecución en tiempo real, debido a que el controlador debe reaccionar a las acciones de entrada. Uno de estos controladores es un PLC, que cuenta con protocolos de comunicación como profibus DP o modbus, y reaccionan mediante salidas digitales y analógicas a eventos recibidos [6].

Esta investigación se enfoca en abordar los desafíos de desarrollar una red de comunicación Modbus RS 485 entre dos autómatas programables (PLCs) de diferentes marcas para el uso de motores paso a paso industriales fijándose en asegurar la fiabilidad de la comunicación permitiendo incrementar la precisión en el posicionamiento y asegurar la confiabilidad operativa en diversas aplicaciones industriales [7].

La elección común de implementar la comunicación modbus RTU a través de la interfaz RS 485 en la industria se debe a su robustez y capacidad para transmitir datos a largas distancias, características altamente valoradas en el sector industrial pues contribuye a la mejora de la comunicación en sistemas de control de motores, además de permitir un impacto significativo en la optimización de procesos, resultando en la economización de precios operativos y una elevación de la productividad [8].

El funcionamiento del protocolo Modbus es principalmente una estructura maestro-esclavo, en la cual el maestro controla la comunicación al enviar y recibir mensajes. La comunicación

Modbus RTU surge de la necesidad de realizar comunicaciones con estaciones remotas, de ahí su denominación RTU (Unidad Terminal Remota). Esta comunicación ofrece ventajas como la sencilla implementación, la reducción en el tiempo de transmisión y recepción de datos[9].

## 2.2. Diagrama de Ishikawa

En la figura 2.1. se analiza el diagrama de Ishikawa para establecer las causas y de misma manera los efectos a encontrarse en la presente propuesta.

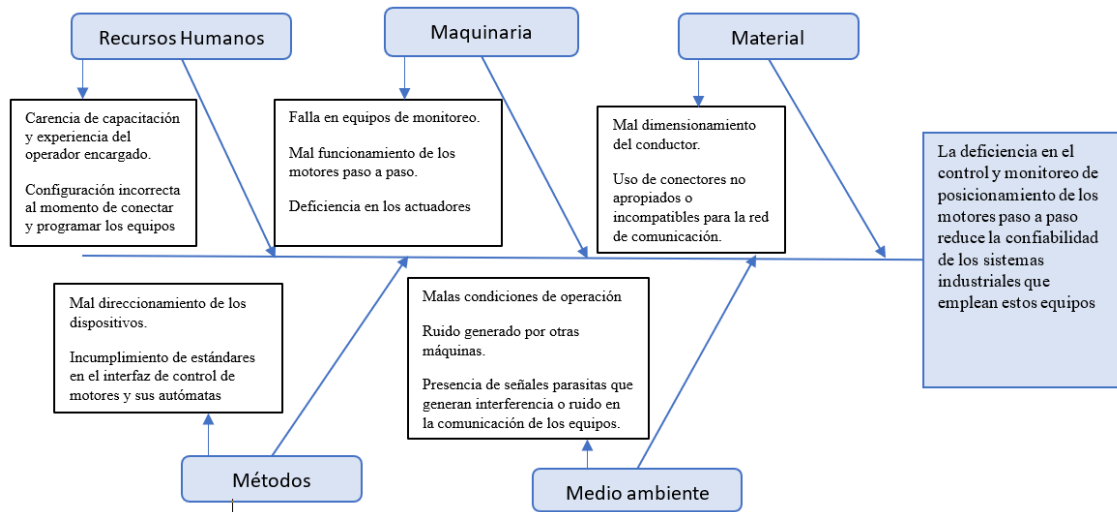


Figura 2.1. Diagrama causa efecto.

### 2.2.1. Formulación del problema

En la industrial en el área de la automatización, la cuestión a resolverse es el desarrollo de una red de comunicación RS 485 en la manipulación de variables de posición en los motores a paso, al ser dispositivos de gran aplicación y que requieren confiabilidad en el momento de su operación en la industria en los procesos de automatización y robótica. Los motores paso a paso han sido de gran importancia en aplicaciones industriales tales como maquinas impresoras 3D, robótica industrial, sistemas de posicionamiento y elevación, maquinaria CNC, áreas en las cuales exigen protocolos robustos de comunicación como el RS 485.

Para monitorear dichas aplicaciones industriales es necesario tener una confiable y eficiente comunicación entre controladores lógicos programables (PLCs). Frecuentemente se han usado comunicaciones entre PLCs de un mismo fabricante o marca. El desafío planteado es el desarrollo de la red de comunicación entre los autómatas programables INVT IVC1L y Siemens S7-1200, esto puede generar inconvenientes significativos debido a sus diferencias de incompatibilidad.

Aunque el protocolo Modbus RTU, que utiliza la interfaz RS485, es ampliamente reconocido por su robustez y capacidad para transmitir datos a largas distancias, asegurar una comunicación fiable entre estos dispositivos heterogéneos sigue siendo un desafío. La falta de una red de comunicación estandarizada y eficiente puede llevar a errores en el posicionamiento, fallas en la sincronización, una disminución en la productividad e ineficiencia operativa. Por lo tanto, se hace necesario el desarrollo de la red RS 485 que permita la interoperabilidad efectiva entre los PLCs INVT y Siemens S7-1200, asegurando la fiabilidad y precisión en el control de motores en diversas aplicaciones industriales.

## **2.3. Beneficiarios**

### **2.3.1. Beneficiarios directos**

Docentes y alumnos de las carreras de Ingeniería de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

### **2.3.2. Beneficiarios indirectos**

Personas interesadas en adquirir información sobre el desarrollo de una red modbus.

Profesionales que trabajan en el sector de automatización industrial.

## **2.4. Justificación**

La cuarta revolución industrial en busca de avances tecnológicos en diferentes ámbitos abarca procesos industriales con la implementación de tecnologías digitales elevando la productividad. Con el desarrollo de una red de comunicación RS 485 se busca mejorar la asignación y control de variables de rotación, (número de pasos, vueltas, dirección y ángulo de rotación), en el ámbito de la instrumentación. La aplicación de esta tecnología permitirá una gestión más eficiente y confiables de los activos, ofreciendo a los usuarios un entorno de aprendizaje más avanzado y alineado con las tendencias actuales en procesos de comunicación industrial.

Además, el desarrollo de la comunicación Modbus entre dos autómatas programables de diferentes marcas contribuirá a la integración de sistemas y a la mejora en la transmisión de datos, facilitando la vigilancia en tiempo real de los dispositivos a controlar, con sus variables mencionadas. Esta integración proporcionará a los usuarios una experiencia práctica más completa y alineada con las demandas de la industria, mejorando su preparación para enfrentar los retos tecnológicos presentes y futuros en el campo de la comunicación y la automatización industrial.

Hoy en día con el avance de la tecnología se puede desarrollar mejoras de cualquier proceso en toda área, en la actualidad la implementación de una red Modbus ayuda a conectar tecnologías en centros industriales como enlazar dos controladores programables, convertidores de frecuencia y con esto generar la fijación de parámetros en el accionamiento de elementos industriales como el control de motores, elevadores, bandas y transportadoras.

## **2.5. Objetivos**

### **2.5.1. Objetivo general**

Desarrollar una red de comunicación RS 485 mediante la interfaz RTU entre los autómatas programables INVT IVC1L y SIEMENS S7-1200 para el monitoreo y control de variables del motor paso a paso.

### **2.5.2. Objetivos específicos**

- Investigar las características, capacidades, requisitos de hardware y software para el establecimiento de comunicación RS 485 entre los dos autómatas.
- Establecer el protocolo de comunicación Modbus RS 485 entre, PLCs, Driver paso a paso y HMIs para el monitoreo y control de las variables rotativas en el motor paso a paso.
- Evaluar la correcta transmisión de datos en la red de comunicación RS 485 mediante la configuración de parámetros de lectura y escritura.

## 2.6. Tareas por objetivos

Para la realización de la propuesta se determinó las tareas que se van a aplicar en cada uno de los objetivos específicos y a su vez determinar qué resultados se esperan de dichas tareas como se puede observar en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Tareas por objetivo.

| Objetivos específicos  | Actividades  | Resultados a obtener.   | Técnicas, medios e instrumentos  |
|--|--|---|--|
| Investigar las características, capacidades, requisitos de hardware y software para el establecimiento de comunicación RS 485 entre los dos autómatas.                       | Búsqueda de información en documentos sobre el funcionamiento de una red modbus de comunicación RS485 entre autómatas programables                         | Conocimiento detallado del protocolo de la red de comunicación, y cómo funcionan los motores paso a paso  | Registro de bibliografías que proporcionan información clara sobre el desarrollo de una red Modbus |
|  | Recolección de datos e información a través de manuales para el correcto establecimiento de parámetros en el funcionamiento de una red modbus              | Compilación de documentación específica sobre el desarrollo de una red modbus RS485 para la conexión de dos PLCs de diferente marca   | Análisis de información, comparación de datos y selección software y hardware                      |
| Establecer el protocolo de comunicación Modbus RS 485 entre, PLCs, Driver paso a paso y HMIs para el monitoreo y control de las variables rotativas en el motor paso a paso. | Instalación de los softwares (TIA PORTAL V16, AUTO STATION y PISTudio) para realizar la programación, monitoreo y control de la red de comunicación modbus | Elaboración y establecimiento de una red de comunicación modbus RS 485 para el control de variables de velocidad en motores paso a paso   | Software de simulación para la programación de PLCs, de diferente marca y HMIs                     |
|  | Análisis de compatibilidad entre los dispositivos, softwares de programación para su correcta conexión y adecuado sistema de control RS485                 | Evaluación de la compatibilidad de los dispositivos que garantice la conexión y efectividad de la red de comunicación RS485   | Catálogos o datasheet de dispositivos, pruebas de simulación entre dispositivos.                   |
| Evaluar la correcta transmisión de datos en la red de comunicación RS 485 mediante la configuración de parámetros de lectura y escritura.                                    | Aplicación de pruebas operativas para asegurar la correcta comunicación entre los dispositivos programados detectando posibles fallos o limitaciones       | Registro de pruebas realizadas para la identificar posibles fallos y poder realizar cambios y mejoras en la comunicación de los dispositivos utilizados para el control de motores a paso | Recopilación de datos y programaciones realizadas en los softwares                                 |
|  | Supervisión y análisis del intercambio de datos en la red de comunicación RS 485 para poder configurar sus parámetros si se requieren.                     | Asegurarse que los dispositivos (PLCs, HMIs) reciben datos sin errores y sean interpretados adecuadamente   | Compilación de datos en los softwares de simulación.   |

## 3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 3.1. Antecedentes

Alvarez Gonzales Jimy Jack y Castro Chambi Rómulo Snyder en su tesis de investigación con el tema “Diseño e Implementación de un módulo didáctico de automatización por redes de comunicación industrial Profinet, Profibus, Modbus mediante PLC y periféricos maestro-

esclavo” de la Universidad Católica de Santa María del año 2021, Peru Arequipa, establece el desarrollo de un módulo de automatización por redes de comunicación industrial, para los alumnos de pregrado de ingeniería mecánica, mecánica eléctrica y mecatrónica de dicha institución en el uso de redes de enlace industrial más usadas en: Modbus TCP, Profinet, Profibus DP, implementando el uso de tecnologías que permitirán monitorear los datos de los procesos en línea y teleservicio a través de conexión VPN. Una vez alcanzado dicho objetivo realizaron la comunicación de los componentes mediante programación en el software TIA PORTAL V16, y llevar a cabo pruebas de funcionamiento y la cuales permitieron aprender de mejor manera las redes industriales, estas prácticas se desarrollaron en la automatización de la industria minera (faja transportadora con tripper car) y concluyeron que el módulo cuenta con la flexibilidad y versatilidad suficiente para ser usado en la simulación y el desarrollo de otras aplicaciones de automatización industrial [10].

A través del documento desarrollado por Acevedo Guillermo y Pinzón Omar con el título “Desarrollo de un sistema electrónico para comunicación remota en dispositivos industriales Modbus RTU a través de MQTT”, de la Universidad de Pamplona perteneciente al país de Colombia y publicado en el año 2024, el cual se llevó a cabo buscando satisfacer la necesidad de controlar remotamente los dispositivos que conforman un sistema, mejorar la ineficiencias de los mismos dentro de la industria, para lo cual esta investigación arrojó resultados óptimos puesto que el proceso de manejo de datos a través de conexiones entre dispositivos programables permitió la evaluación en detalle, de la comunicación entre los dispositivos y el PLC permitiendo la evaluación de las distintas funcionalidades que debe cumplir dichos sistemas[11].

Según Jairo Antonio Sancan Choez y Bryan Wladimir Puerto Del Salto autores de su tesis de investigación con el tema de “Diseño e implementación de una red MODBUS utilizando PLCs y VFDs” de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, del año 2018, Ecuador Guayaquil determina como problemática realizar el diseño e implementación de una red Modbus utilizando PLCs y VFDs de múltiples tecnologías, realizadas en Visual Studio para ser controladas por un web server. Para resolver dicha problemática se planteó el objetivo del envío de datos de comunicación a través del protocolo MODBUS RS485 y una vez programados los VFDs y los PLCs procedieron a aplicar OPC para poder asignar variables de control. Para el control de estas variables se utilizó el VISUAL STUDIO como software de diseño de un SCADA. Para realizar dicha comunicación usaron equipos como un PLC S7-1200, Micro 850, VFD Sinamics V\_20 y un ABB ACS 355. Y así concluyendo como resultados la comunicación

entre 4 equipos de diferente categoría y marca. Adicionalmente, se empleó el uso de softwares como TIA PORTAL. [12].

Según René Eduardo Zambrano Monserrate y Christian Patricio Caballero de la Torre en su tesis que lleva por título: “Diseño e implementación de una red MODBUS/RTU entre dos autómatas programables S7-1200 basado en el estándar RS485”, desarrollado dentro de la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador en el año 2018, el mismo que ha identificado como problema la escases de conocimientos en el control y automatización de las variables de los motores por parte de los estudiantes dentro de la institución al momento de desarrollar prácticas, para resolver dicha problemática se plantea el objetivo de crear una red de industrial maestro-esclavo vía MODBUS/RTU entre dos autómatas programables ayudando a los estudiantes en sus prácticas de control industrial, teniendo como resultados destrezas manuales ya que son ampliamente utilizados en el campo laboral [13].

Los autores del artículo científico Acosta Robert Arguello David, Robalino Rodney, Marrero Secundino con el tema de investigación “Caracterización de los motores paso a paso y su aplicación ” de la Universidad Técnica de Cotopaxi del año 2021, Ecuador Latacunga , donde determinan como problemática dar a conocerlos conceptos asociados con estos motores su operación dentro de la industria robótica su objetivo principal es dar a conocer la clasificación de los motores según su diseño interno [14].

La monografía desarrollada por Cachago Gómez Jonathan Javier con su título “Implementación de un sistema de comunicación modbus TCP entre el PLC S7-300 Y S7-1200”, de la Universidad de las Fuerzas Armadas del país de Ecuador y publicado en el año 2020, desarrollada en base al problema en el perfil de los estudiantes que provoca que se encuentren con inconvenientes en el ámbito laboral al manejar este tipo de PLCs ya sea por la inexperiencia y desconocimiento en el enlace entre autómatas programables de dos equipos de la familia de SIEMENS e INVT, buscando como objetivo la mejora de los niveles de aprendizajes técnicos de los estudiantes a fin de satisfacer la necesidad de controlar remotamente los dispositivos que conforman un sistema permitiendo la facilidad de conexiones y manejo de datos teniendo como resultados un óptimo desarrollo de comunicación entre los dispositivos en los cuales los estudiantes pueden llegar a facilitar su aprendizaje en este tipo de comunicaciones y estar preparados para el ámbito laboral [15].

### **3.1. Cuarta Revolución Industrial**

Este concepto apareció en el año 2011 y ha generado grandes impactos en los últimos años, conocida también como industria 4.0, transforma no solo las industrias, si no también nuestras vidas y el mundo por medio de la digitalización o la industria inteligente, esto a través de la inserción de herramientas tecnológicas y digitales a nuestro alcance. Está basada en la monitorización remota y virtual de los mismos para hacerlos más eficientes, predecibles y evitar errores y problemas. [16].

### **3.2. Automatización Industrial**

La función principal de una industria está basada en adquisición de materia prima que a través de un proceso de innovación lo transforma en productos, en el transcurso de la actividad se invierte tiempo y dinero, para tal motivo una herramienta fundamental en la optimización de procesos es la automatización industrial quien es un medio que se ocupa en el desarrollo de técnicas de producción donde se utiliza el progreso de la computación para controlar varios parámetros que se rigen bajo modelos de producción. Se engloba equipos, maquinarias, materiales y procesos controlados a través de softwares con objetivos bien centrados en la disminución de costos de operación buscando retribuir las necesidades de los usuarios en calidad. En las industrias lo que más impacto ha generado es la implementación de la tecnología, con la ayuda de estas herramientas junto a la innovación dan paso a los avances industriales permitiendo ser más competitivos en el mercado, implementar procesos de producción seguros contando con una gran efectividad y desarrollando funciones de diferentes niveles en un mismo sistema[17].

#### **3.2.1. Redes de comunicación industrial**

Herramientas que permite el envío de datos, se les conoce como redes de comunicación, esto permite transmitir entre los distintos ordenes de la pirámide de automatización la información para llevar a cabo las tareas establecidas en la parte de control y gestión de procesos, a través del protocolo que se entiende como el convenio que posibilita el intercambio de información entre los múltiples elementos que conforman la red industrial, como los sensores, actuadores, HMI, variadores motores, todos comprendiendo un mismo lenguaje de programación para cumplir las órdenes prescritas [18].

En la comunicación de redes industriales la automatización está dirigida mayormente a aumentar la eficiencia de las operaciones conseguir desarrollos industriales dentro de la

industria 4.0, por medio de tecnologías modernas de la electrónica, la informática y las telecomunicaciones, la aplicación de nuevos métodos de análisis de procesos en la teoría del control [19].

### 3.2.2. Pirámide de comunicación industrial

La definición de pirámide de automatización se originó en 1973 publicada en el libro de Joseph Harrington (*Computer Integrated Manufacturing*), no fue hasta 1984 que las industrias comenzaron a apreciar sus posibles beneficios. La pirámide de automatización tiene múltiples niveles los cuales las industrias necesitan para funcionar, de acuerdo con las nuevas tecnologías de comunicación en un contexto de Arquitectura Industrial 4.0.

Dichos niveles han estado presentes durante varios años, asegura la eficiencia de diversas organizaciones, incluidas las empresas multinacionales. Esta pirámide, se la conoce como pirámide CIM (*Computer Integrated Manufacturing*), se integra hoy en día en los conceptos de Industria 4.0 para optimizar la automatización de los procesos industriales.

Generalmente, la pirámide de automatización se compone de 5 niveles estructurados estratégicamente para su intercomunicación dentro del proceso productivo, dichos niveles se los pueden visualizar en la Figura 3.2., esta pirámide es esencial para la estructuración de la automatización en una planta industrial y, por lo tanto, es fundamental que la gerencia comprenda el objetivo de cada nivel [20].

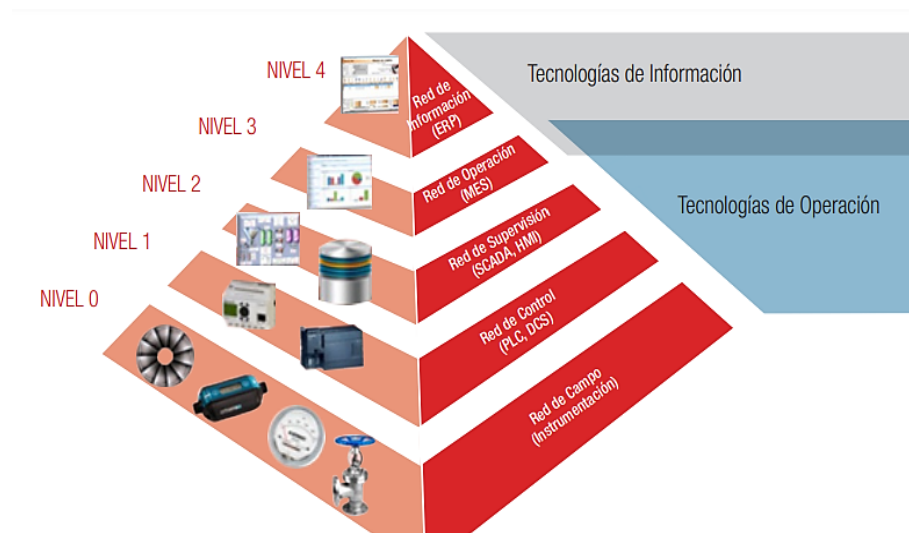


Figura 3.2. Pirámide de comunicación industrial [20]

La elección de estas redes depende del entorno de trabajo; la interconexión entre instrumentos industriales; la conexión de dispositivos como máquinas de control, robots que mejoran la gestión del tráfico de datos, entre otros factores.

En la Tabla 3.3., se aborda cada uno de los niveles que se muestra en la pirámide, iniciando desde la parte inferior donde se encuentra el nivel 0 acerca de la adquisición de datos de campo o instrumentos como sensores, actuadores, pasando por los niveles 1, 2, 3, que agrupa los controladores tanto locales como de secuencia de fabricación se llega al nivel máximo que trata de los niveles de gestión relacionadas con la organización industrial, comunicación y relación.

*Tabla 3.3. Niveles de la pirámide de comunicación industrial[20]*

| <b>Nivel</b> | <b>Descripción</b>  |
|--------------|---|
| Nivel 0      | Nivel basado en la adquisición de datos de campo, es el sector donde se ubican los sensores, actuadores quienes se encuentran activos en el proceso y por medio de ellos se tienen el control de las máquina y equipos involucrados en la producción  |
| Nivel 1      | Agrupa a los controladores locales, principalmente los PLCs ordenadores, quienes son equipos que recibirán los datos de la operación enviados por los instrumentos del nivel 0  |
| Nivel 2      | El nivel 2 abarca la supervisión de la producción por medio de equipos empleando sistemas de Scada, servidores de ingeniería o estaciones de operación  |
| Nivel 3      | Nivel especializado en la operación de fabricación mediante flujos de trabajos permitiendo optimizar los productos finales  |
| Nivel 4      | Nivel encargado de la gestión, se encuentra en la parte superior de la pirámide pues es donde se desarrolla toda la actividad relacionada con el negocio, necesaria para una buena organización industrial comunicando distintas plantas de mantenimiento, teniendo relación con los clientes y proveedores |

### **3.3. Sistemas de comunicación**

Los sistemas electrónicos de comunicación están diseñados para permitir la comunicación entre múltiples dispositivos industriales, con ello permiten el envío de datos entre los distintos componentes que se encuentran integrados en el sistema como sensores, actuadores y sistemas de control, estos sistemas son fiables y mayormente utilizados en la industria debido a su flexibilidad y confiabilidad.

#### **3.3.1. Protocolos de comunicación**

Es un conjunto de normas que facilitan el intercambio de datos entre varios dispositivos en una red. Con el avance de la tecnología, estos protocolos han evolucionado, y las comunicaciones a este nivel requieren características específicas para satisfacer las necesidades de intercomunicación en tiempo real. Los protocolos están constantemente adaptándose a las características existentes de los usuarios junto con las nuevas tecnologías [21].

### 3.3.1.1.MOVBUS

El protocolo Modbus es una comunicación serial centrado a la parte industrial en los sistemas de monitorización y telecontrol siendo la unión de información entre múltiples dispositivos electrónicos conectados a un mismo bus como se muestra en la Figura 3.3., existiendo en la misma red de datos un solo dispositivo llamado maestro (Master) y varios dispositivos con el nombre de esclavos (Slaves). [21].

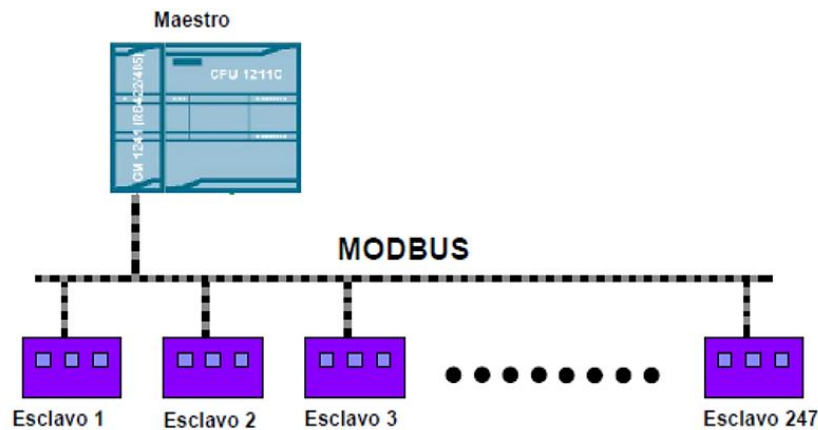


Figura 3.3. Esquema del protocolo Modbus[21].

En el área de la automatización industrial, el protocolo Modbus tiene una notable prevalencia debido a su robusto sistema de comunicación en la transmisión de señales, transmisión de datos desde los instrumentos de control hacia la unidad controladora (maestro) o también puede darse la transmisión hacia un sistema de adquisición de datos (SCADA), para tal fin existen varias versiones de protocolos Modbus para puertos seriales y Profinet, cada uno adaptado a los distintos medios y necesidades específicas entre los más mencionados se tiene [21].:

### 3.3.1.2.Protocolo modbus TCP

El protocolo de comunicación TCP (*Protocolo de Control de Transmisión*), aborda temas de transmisión sobre redes de Profinet, permitiendo un gran grado de conectividad debido a la transmisión de datos a través de paquetes TCP/IP. En el área industrial se ha convertido en un protocolo estándar debido a su simplicidad, su bajo costo debido a que se trata de un protocolo abierto [18].

### **3.3.1.3. Protocolo modbus RTU**

En la industria el protocolo RTU (*Remote Termini Unit*) es ampliamente utilizado debido a su simplicidad y confiabilidad en la aplicación, los mensajes emitidos utilizan un formato binario y se centra en la lectura y escritura de datos de registro. El protocolo permite la comunicación entre varios dispositivos conectados a una red serial, el dispositivo que inicia la comunicación se lo llama maestro, el cual envía una solicitud de operación (lectura, escritura) a realizarse a un dispositivo definido como esclavo junto con la dirección del dato [18].

### **3.3.1.4. Protocolo modbus ASCII**

(*American Standard Code for Information Interchange*) es un interfaz menos eficiente pero muy legible a un protocolo RTU su comunicación se desarrolla con caracteres ASCII entre dispositivos.

Este protocolo es un procedimiento de comunicación sencillo para una conexión punto a punto. Los parámetros de comunicación de la interfaz serie están ajustados de fábrica del siguiente modo:

- Trama de datos con 8 bits de parada,
- 1 bit de parada,
- Paridad par e impar,
- velocidad de transferencia 19200

Los datos netos se transfieren mediante los caracteres ASCII de '0' a '9' y de 'A' a 'F'. No se admiten otros caracteres. Como trama de telegramas se utilizan dos caracteres de control claramente identificables: "STX [02]" para el inicio del telegrama y "ETX [03]" para el fin del telegrama. El protocolo ASCII admite un tercer carácter de control opcional: "LF [0A] = nueva línea" (delante de ETX). El lector comprende este carácter de control, aunque no es necesaria una configuración en el lector.[22].

### **3.3.1.5. Comunicación Red ethernet**

La red ethernet es un sistema que cuenta con una arquitectura de interconexión y comunicación entre dispositivos que acepta la red, el equipo más común son los computadores, llegando a un límite de controladores conectados 18 físicamente con conductores de cobre, de fibra o inalámbrica, en donde se identifica al emisor y un receptor. Con la introducción de los switches

que envían los datos a un solo dispositivo se sustituye a los hubs, los cuales envían datos a todos los dispositivos conectados [23].

### **3.3.2. RS 485: Estándar de Comunicación**

Popularmente conocido como RS485, su forma correcta es estándar TIA/EIA-485 el cual define una interfaz mediante líneas de comunicación al igual que los otros sistemas, se caracteriza por ser una “unidad de carga” que transmite y recepta, a su vez permite la comunicación máxima de 32 dispositivos. Cada dispositivo actúa como emisor y receptor operando en el momento en que se necesita emitir, manteniéndolo en estado OFF por el resto del tiempo, de esta manera permite que haya transmisión de datos entre otros dispositivos. Una red RS 485 utiliza dos pares trenzados, en modo full-duplex, totalmente compatible con RS422 [24].

RS 485 es un estándar de comunicaciones de bajo costo de instalación ideal y muy sencillo.

Sus características estándar son:

- Cables: Utiliza cables de cobre par trenzado que admite una red para comunicación half-duplex.
- Velocidad de transmisión: Se puede alcanzar velocidades de transmisión desde 1.2 kbps hasta 10 Mbps. Llegando a transmitir hasta distancias máximas de 1200 metros dependiendo de la tasa de transmisión.
- Conectores: Utiliza conectores estándar sub-D de 9 pines (DB9), los cuales son diferentes de los Profibus y Modbus [25].

### **3.3.3. Descripción del Estándar RS485**

La tecnología RS-485 sigue siendo la base de muchas redes de comunicación. Sus principales ventajas son [25]:

- A través de un par de hilos trenzados se realiza el intercambio de datos en sentido bidireccional.
- Soporta múltiples transceptores conectados a la misma línea.
- Puede comunicar a largas distancias
- Alta velocidad de transmisión.

### **3.3.3.1. Transmisión de datos bidireccional semidúplex**

La transmisión bidireccional semi dúplex es una serie de bit a bit de datos los cuales se transmiten de forma secuencial a través de un transceptor conocido como controlador, quien es el que actúa como un puente para el envío y la recepción de datos a través de este [25].

### **3.3.3.2. Canal de comunicación simétrico**

En canal de comunicación simétrica es necesario un conductor simétrico para la transmisión de datos, para tal fin se emplea cable de hilos trenzados entre sí, de esta manera la recepción o transmisión de datos se da en ambas direcciones, la ventaja de usar el cable par trenzado es que reduce significativamente las interferencias electromagnéticas y mejorando la calidad de transmisión de los datos [25].

### **3.3.3.3. Canal de comunicación multipunto**

En la comunicación RS 485 la principal ventaja es que se pueden conectar múltiples dispositivos los cuales funcionan como receptores y transceptores, es decir en la misma línea de comunicación se puede encontrar un transmisor junto con varios receptores. La comunicación es unidireccional lo que limita a otros dispositivos a esperar su turno para la transmisión de datos [26].

### **3.3.4. Cableado Modbus RS 485**

En el desarrollo del protocolo Modbus una parte primordial en el transporte y transmisión de datos son los conductores, la topología del cableado de comunicación serial es un par trenzado de cables de forma half-duplex lo que hace que se reduzca el ruido eléctrico presente en el ambiente logrando transporta a largas distancias. Es más empleado este protocolo en el área industrial para la comunicación de sistemas automatizados que comparten la misma línea, además utiliza dos cables para transmitir la información (A y B), el sistema half-duplex, implica que los datos se transmitan en sentido bidireccional, pero no al mismo tiempo, esto se lo puede ver en la Figura 3.4[26].

Modbus es un interfaz de comunicaciones, basado en la conexión maestro/esclavo o cliente/servidor, diseñado en 1979 por Modicon para su gama de automatismos programables (PLCs). Su diseño es sencillo y abierto lo cual ha contribuido al desarrollo industrial, con el manejo bloques de datos sin suponer restricciones convirtiéndolo en un estándar en la industria.

Generando el protocolo de mayor disponibilidad para la conexión de múltiples dispositivos industriales [26].

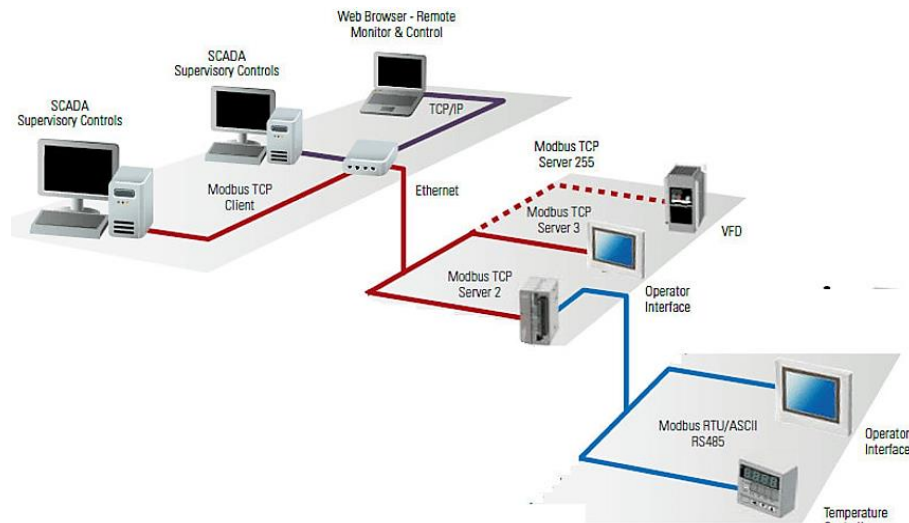


Figura 3.4. Diagrama de conexión del protocolo de comunicación Modbus [26]

La red de comunicación Modbus permite el control de dispositivos como: equipos de medición temperatura y humedad, los resultados pueden enviarse a una PC. Modbus puede ser utilizada para la conexión de un PC de supervisión con una unidad remota (RTU) en sistemas de adquisición de datos (SCADA). Existen varias versiones del protocolo para su en lace tanto en puerto serial y Profinet (Modbus/TCP)

### 3.4. Autómatas programables (PLC)

Los controladores lógicos programables son dispositivos empleados para automatizar procesos industriales, están diseñados para ejecutar programas de control lógicos y secuenciales, que pueden ser modificados fácilmente para adaptarse a diferentes aplicaciones sin necesidad de cambiar el hardware, estos dispositivos han remplazado a los antiguos sistemas de relés electromecánicos y sus funciones son [27]:

- **Automatización de procesos:** Controlan máquinas, equipos para realizar tareas repetitivas de manera eficiente y precisa.
- **Toma de decisiones:** Analizan señales de entrada (botones, sensores, etc.) y ejecutan acciones basadas en un programa predefinido.
- **Supervisión:** Monitorean el estado de los procesos y generan alarmas en caso de fallos o desviaciones.

### **3.4.1. Concepto de PLC (Controlador Lógico Programable)**

En [28] menciona que, Según la IEC 61131: “Un autómata programable (AP) o PLC es una máquina de control lógico programable para ser usada en un ambiente hostil en la industria, que posee un almacenamiento interno para que el usuario pueda grabar ordenes específicas tales como funciones secuenciales, temporizadas, recuentos y funciones aritméticas lógicas, con el propósito de controlar máquinas o procesos industriales usando entradas y salidas analógicas y digitales.

El avance tecnológico en automatización ha permitido que los PLCs sustituyan la tradicional instrumentación dentro de la industria, son sistemas encargados de ejecutar los programas lógicos para lo cual fueron diseñados, al tratarse de un lenguaje sencillo permite al PLC ser utilizado varias aplicaciones industriales.

En el autómata pueden desarrollar entorno de programación personales de otras áreas indistintas a la automatización como personal electricista, electrónicos, personas con escasos conocimientos de informática, pues este elemento cumple con funciones especiales tales como lógicas, temporizaciones incluso se pueden realizar cálculo emisión de comandos, en el mismo dispositivo se puede encontrar facilidades de comunicación en los subsistemas de estos. [28].

### **3.4.2. Autómata INVT (IVC1L)**

El controlador lógico programable de marca INVT IVC1L se utilizan en pequeños y grandes procesos industriales, este dispositivo contiene en su interior memoria programable en donde se guardan las instrucciones.

Contiene varias configuraciones y una alta velocidad de procesamiento de datos e instrucciones, además cuenta con un alto rendimiento en las aplicaciones de diferentes redes de comunicación para un variado modelo de sistemas.

Este PLC funciona con una alimentación de 110 VAC a 240 VAC conectada en los puntos L1 y N en este caso para el control de motores paso a paso este será alimentado con 110 VAC.

Este autómata programable está compuesto de 14 terminales de entrada y 10 terminales de salida en donde Y1 y Y2 son conocidas como salidas rápidas y las que se usan dependiendo la necesidad de la programación subida previamente con el cable serial-USB al PLC además cuenta con 3 terminales de comunicación y son : PORT0, PORT1 y PORT2 [29].

PORT0 utiliza el modo RS 232 con conector Mini DIN8. PORT1 y PORT2 tienen doble RS485. El enchufe de la barra colectora es para conectar el módulo de extensión. El interruptor de selección de modo tiene tres posiciones: ON, TM y OFF como se puede observar en la siguiente Figura 3.5.

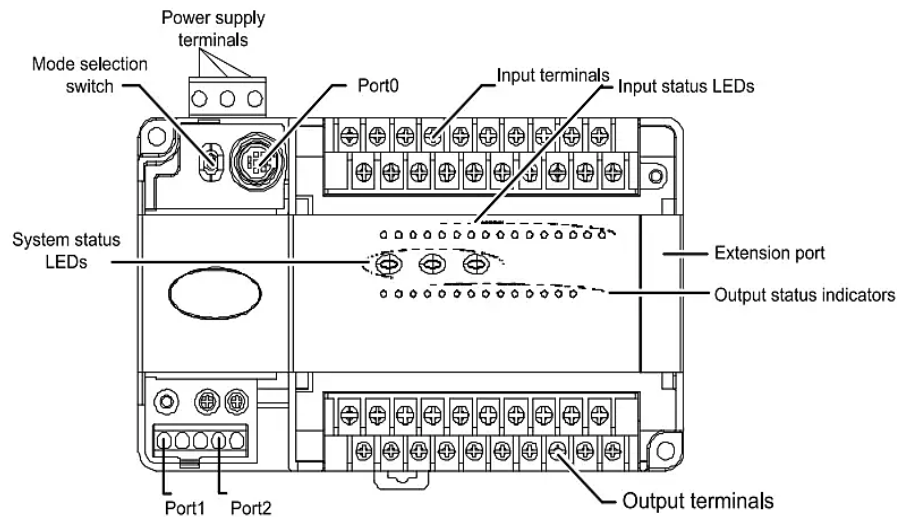


Figura 3.5. Partes de un PLC INVT IVCIL [29]

### 3.4.3. Autómata Siemens S7-1200

Una de las ventajas del controlador de marca Siemens S7-1200 es su flexibilidad, así como su potencia necesaria en el control de otros dispositivos adaptados a las necesidades de automatización.

Su configuración es flexible además cuenta con un diseño compacto en su gama de instrucciones. Viene incorporado un microprocesador en su CPU, conjuntamente con una fuente de alimentación, circuitos de salida al igual que cuenta con una entrada PROFINET de comunicación integrado y entradas analógicas de alta velocidad.

El autómata siemens en su estructura viene integrado 14 entradas digitales las cuales operan a 24 VDC, de las cuales 6 se emplean para el control de alta velocidad en funciones tecnológicas, así mismo cuenta con 10 salidas digitales con una estructura de tipo relé con carga resistiva que pueden soportar hasta 2 , tiene un nuero de 2 entradas analógicas de operación de voltaje en los rangos de 0-10 VDC y se lo puede evidenciar en la Figura 3.6 [30].

Una vez programado su CPU integrada internamente, vigila el estados de las entradas y cambia las salidas según la programación del usuario, la misma puede incluir lógica booleana, instrucciones de contaje y temporización además puede realizar funciones matemáticas complejas, así como la conexión entre otros dispositivos inteligentes de la misma marca o

diferentes. La CPU esta incorporada con un puerto Ethernet (Profinet) para la comunicación. Se le puede agregar módulos de expansión adicionales para la comunicación en redes PROFIBUS, RTU como RS485 o RS232, GPRS [31].

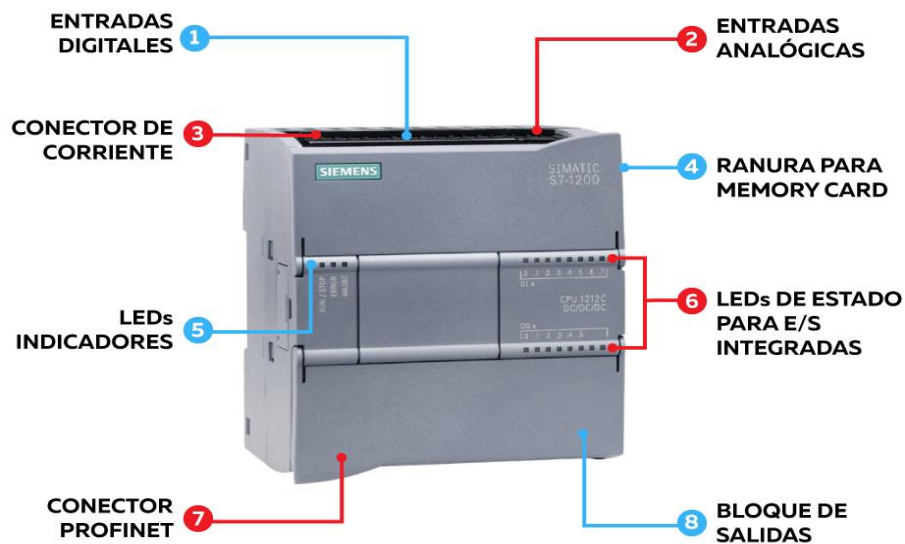


Figura 3.6. Partes de un PLC Siemens S7-1200[32]

### 3.5. Concepto de motores paso a paso

Un motor a pasos es un motor síncrono sin escobillas, este es un dispositivo electromecánico que convertir energía eléctrica en energía mecánica, además puede dividir sus revoluciones en una gran cantidad de pasos discretos esto permite que se realice un control exacto de su posición sin ayuda de ningún otro mecanismo de retroalimentación siempre y cuando este dimensionado adecuadamente para su aplicación [33].

#### 3.5.1. Descripción y funcionamiento de los motores paso a paso

El motor de pasos tiene en su interior un rotor y estator. El estator es la parte fija del motor y el rotor está sujeto a un eje con un cojinete que gira siguiendo el campo magnético que se genera alrededor del estator. El estator esta echo de acero u otra aleación de metal, está diseñado de un conjunto de electroimanes o bobinas montadas en ciertos lugares de este. El flujo de corriente que fluye a través de las bobinas el estator genera un campo magnético a su alrededor estos flujos creados tienen una intensidad y dirección que depende de la cantidad de intensidad de corriente que fluye a través de cada bobina.

Cuando las bobinas se energizan se forman un electroimán que atrae a un imán conocido como diente que está montado en el rotor. El rotor y el eje giran en el sentido en el que, su posición

se opone menos al flujo magnético inducido en las bobinas. Después de iniciar este desplazamiento se activa otro electroimán (bobina o bobinas) en el estator y se mueve el rotor a su nueva posición. Al activar sucesivamente varias bobinas, el motor puede aplicar múltiples movimientos en sentido horario y antihorario, además de completar o girar parcialmente el eje y el rotor del motor.

Un motor paso a paso se conforma de una serie de electroimanes que atraen el imán ubicado en el rotor. No obstante, la situación es considerablemente más compleja, ya que el imán es atraído por el campo generado alrededor del conjunto de electroimanes. esto permite al motor no solo operar en pasos completos, sino también en medio pasos o incluso en fracciones menores, lo que se conoce como operación de micro pasos todas las características descritas se observan en la Figura 3.7. [34].

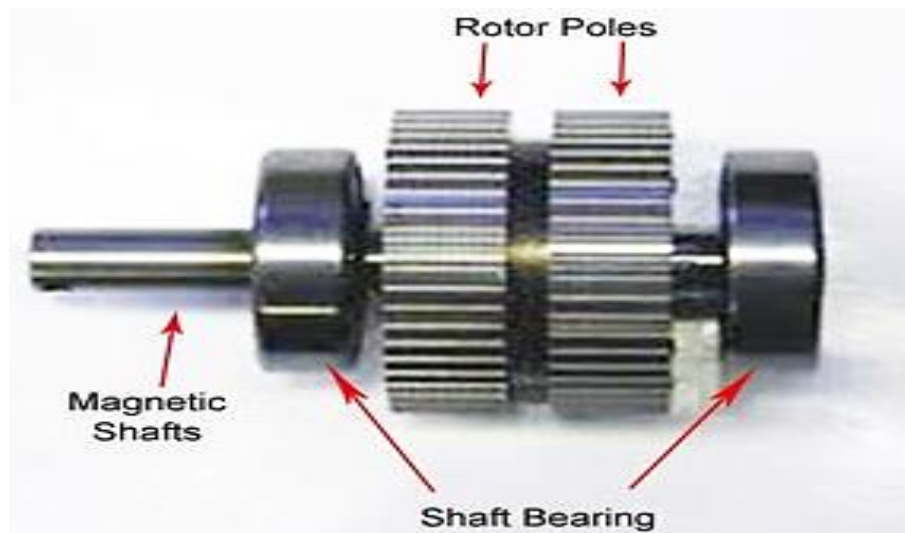


Figura 3.7. Estructura interna de un motor paso a paso [34]

### 3.5.2. Tipos de motores paso a paso

Los tipos de motores a pasos más básicos son: reluctancia variable (VR), rotor activo, imanes permanentes (PM), combinación de VR y PM y híbrido (HY).

#### 3.5.2.1. Motores paso a paso de reluctancia variable

Los tipos de motores paso a paso más simples son los de reluctancia variable, estos se componen de un estator bobinado y un rotor compuesto de dientes múltiples hechos de hierro dulce (blando), al inducir corriente continua al devanado del estator, ambos polos quedan magnetizados la descripción dada se puede visualizar en la Figura 3.8.

Los motores paso a paso de reluctancia variable tienen imanes más pequeños y ligeros lo que hace que sean más rápidos a diferencia de los motores paso a paso de imanes permanentes. Un motor paso a paso de reluctancia variable tiene una menor pérdida de fuerza magnética ya cuenta con un área menor entre los engranes del rotor y el estator. Al tener estos motores una estructura simple su control es más fácil, pero tienen una resolución baja y un par pequeño [34].

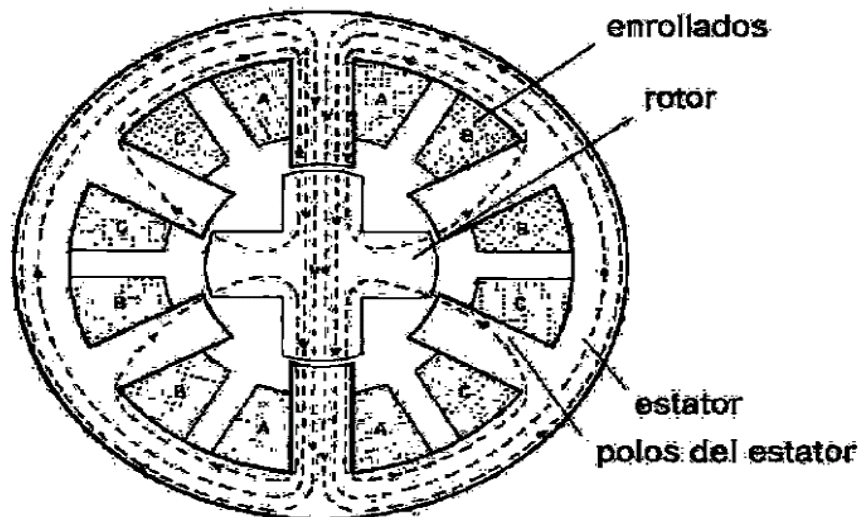


Figura 3.8. Disposición de un motor paso a paso de reluctancia variable [34]

### 3.5.2.2. Motores paso a paso de imanes permanentes

Al incorporar imanes permanentes a la estructura de un motor paso a paso hace que el cambio de posición del rotor sea causado según la dirección de la corriente inducida en las bobinas cambiando así los polos magnéticos. Este motor posee una mayor resolución y menor costo comparado con el de reluctancia variable. Su estructura interna está constituida por barras de imán permanente ubicadas paralelamente al eje del motor, cambiando sus polaridades como se muestra en la Figura 3.9.

En estos motores sus barras de imán permanente actúan como polos magnetizados elevando la intensidad del flujo magnético, así elevando su torque a comparación del motor de reluctancia variable.

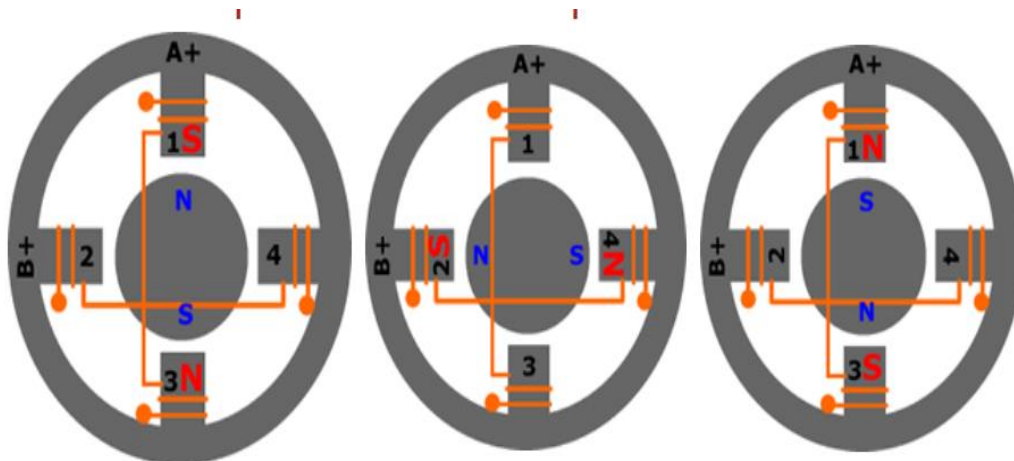


Figura 3.9. Estructura interna de un motor de imanes permanentes

### 3.5.2.3. Motores paso a paso híbridos

En el área industrial el elemento más utilizado son los activos paso a paso, en los cuales vienen integrados características mejoradas pues cuentan con imanes permanentes y de reluctancia variable, estas mejoras han hecho que su precio se más elevado, pero a cambio ofrece una ventaja en su rendimiento de la misma manera en su número de pasos, el par y la velocidad.

En la estructura interna del rotor del motor, se encuentran imanes permanentes, los cuales se encuentran magnetizados axialmente a diferencia de los montados radialmente, lo mencionado se puede visualizar en la Figura 3.10., el rotor del motor normalmente cuenta con 2 anillos magnetizados opuestos ubicados en el eje del motor, estos anillos cuentan con ranuras ranuradas formando los dientes del rotor, las características especificadas se aprecian en la Figura 3.11.[34].



Figura 3.10. Arreglo interno de un motor a pasos híbrido

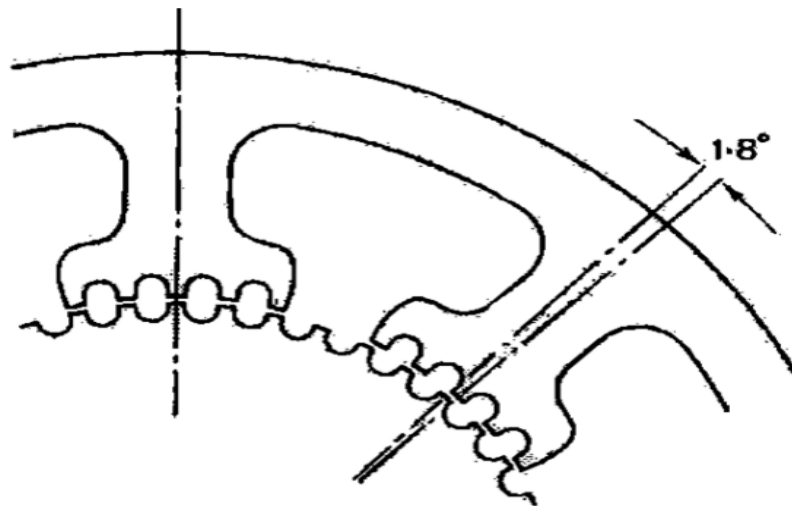


Figura 3.11. Ranuras de un motor paso a paso híbrido

### 3.6. Driver para motor paso a paso (TB6600)

TB6600 es un controlador de motores a pasos bipolar se basa en el circuito integrado Toshiba TB6600HG. Este módulo se implementa en una placa driver para el uso en proyectos de CNC de mediano tamaño, es capaz de proporcionar 4.5 amperios por fase lo que lo hace un excelente controlador de motores.

Admite en control de velocidad y dirección, puede configurar sus micro pasos de la misma forma su corriente de salida con la ayuda de sus 6 interruptores DIP como. Cuenta con 7 tipos de micro pasos (1, 2/A, 2/B, 4, 8, 16, 32) y 8 tipos de control de corriente (0.5 A, 1 A, 1.5 A, 2 A, 2.5 A, 2.8 A, 3.0 A, 3.5 A) en total estos datos se pueden observar en la Figura 3.12[35].

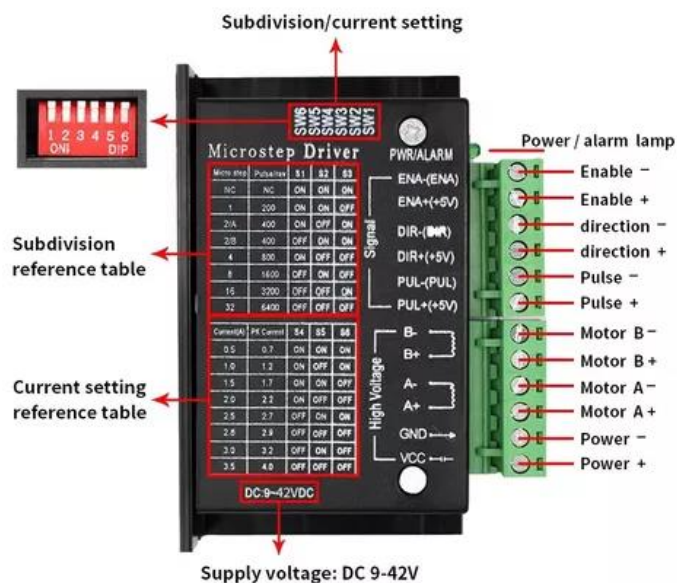


Figura 3.12. Driver paso a paso TB6600 [35].

### 3.7. Especificaciones eléctricas del driver TB6600

En la Tabla 3.4., se especifican las características eléctricas del driver paso a paso entre estas están la corriente de entrada y salida, así como su potencia y los tipos de pasos y micro pasos con los que puede controlar el motor paso a paso.

*Tabla 3.4. Especificaciones eléctricas del driver TB6600 [35].*

|                      |                           |
|----------------------|---------------------------|
| Corriente de entrada | 0 ~ 5.0A                  |
| Corriente de salida  | 0.5-4.0A                  |
| Potencia (MÁXIMA)    | 160W                      |
| Micro paso           | 1, 2/A, 2/B, 4, 8, 16, 32 |
| Temperatura          | -10 ~ 45 °C               |
| Humedad              | Sin condensación          |
| Peso                 | 0.2 kg                    |
| Dimensiones          | * 96 56 33 mm *           |

En la Tabla 3.5., se puede observar las entradas y salidas que ofrece el driver para el control de pulsos, dirección, habilitación de fuera de línea.

*Tabla 3.5. Entradas y salidas del TB6600 [35].*

|      |  |
|------|--|
| PUL+ | Pulso +                                  |
| PUL- | Pulso -                                  |
| DIR+ | Dirección +                              |
| DIR- | Dirección fuera de línea                 |
| ES + | Control habilitado +                     |
| Y-   | Habilitación de control fuera de línea - |

En la Tabla 3.6., se especifican la conexión con las bobinas del motor paso a paso.

*Tabla 3.6. Conexión de bobinas TB6600 [35].*

|    |                      |
|----|----------------------|
| A+ | Motor paso a paso A+ |
| A- | Motor paso a paso A- |
| B+ | Motor paso a paso B+ |
| B- | Motor paso a paso B- |

En la Tabla 3.7., se especifican el voltaje en corriente continua mínimo y máximo con el que puede ser encendido el DRIVER TB6600.

*Tabla 3.7. Voltaje de alimentación del driver [35].*

|     |               |
|-----|---------------|
| VCC | VCC (CC9-42V) |
| GND | GND           |

### 3.8. Pantalla HMI (Interfaz Hombre-Máquina)

El HMI o terminal interfaz de operador (OIT), es un panel de control que se conecta a una máquina, sistema o dispositivo. Este término puede aplicarse a cualquier pantalla de permita a su operador interactuar con un sistema o dispositivo, usualmente es usado en el contexto de los procesos industriales.

La interfaz hombre maquina consta de un hardware y software estas permiten que el usuario ingrese entradas y que estas se traduzcan como señales para maquinas cumpliendo las acciones o resultados requeridos. Esta tecnología HMI se ha usado en diferentes campos de la industria tales como la electrónica, el mantenimiento, el ejercicio y la medicina. De esta forma ayudando al humano a integrarse en los sistemas tecnológicos complejos[36].

El HMI se puede utilizar en entornos industriales para:

- Mostrar datos visualmente de algún proceso industrial
- Realizar seguimiento de procesos en tiempo real de la producción y graficas de tendencia
- Monitoreo y control de máquinas a través de entradas y salidas.

#### 3.8.1. Empleos frecuentes de una pantalla HMI

La interfaz hombre-máquina frecuente mente se comunican con PLCs, PCs y sensores de entrada/salida, para obtener información y que esta se refleje en la pantalla para que el usuario de esta forma pueda realizar un monitoreo y seguimiento de procesos, a su vez pueden encender y apagar máquinas y optimizar el proceso industrial digitalizando datos para su visualización como se puede observar en la Figura 3.13 [36].

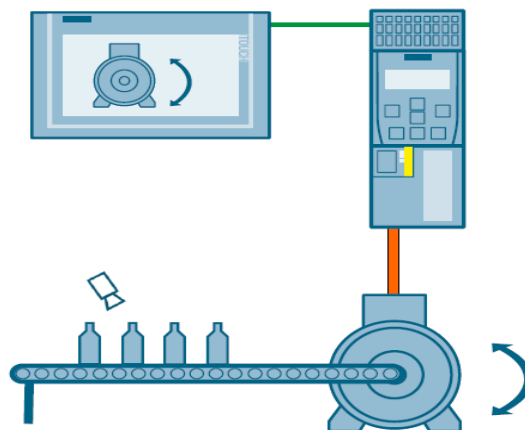


Figura 3.13. Proceso industrial controlado con HMI [36]

### 3.9. Fuente externa de alimentación AC/DC 24V marca Delta

La fuente de voltaje Delta-24VDC se caracteriza por entregar un voltaje de 24V con una capacidad de corriente continua de 5 amperios. Esta fuente tiene protección contra sobre corrientes, el integrado evita que se recaliente el circuito cuando se produce un corto cuenta con una potencia de 120W y 2 salidas de conexión de 24 V el diseño de la fuente de voltaje se puede observar en la Figura 3.14[29].



Figura 3.14. Fuente AC/DC 24 V Delta

## 4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.

### 4.1. Metodología

El presente capítulo detalla la planificación, la selección de equipos electrónicos para el diseño conciso del sistema de comunicación RS-485, y como este se aplica en el control del motor paso a paso industrial.

La elaboración de una red Modbus con la comunicación RS 485 abarca la investigación y revisión bibliografías de varios temas teóricos y aplicaciones de esta red , en donde se aplica los métodos de investigación tipo empírico e inductivo, el método empírico nos permite ver como una red Modbus RS 485 maneja la comunicación entre PLCs de diferente marca, HMIs de diferente marca y Driver paso a paso TB6600, y como estos intervienen en el control de velocidad, posición y sentido de giro en el motor paso a paso, el método inductivo permite procesar y analizar los datos obtenidos para así poder determinar los factores que influyen o intervienen en la transmisión de datos. Estos métodos permitirán identificar las alternativas óptimas para el funcionamiento, control adecuado para desarrollar una comunicación fija, segura en el monitoreo y control del motor paso a paso industrial.

## 4.2. Variables

### 4.2.1. Variable dependiente

Control y manejo de variables rotativas (número de pasos, vueltas y ángulo de posicionamiento)

### 4.2.2. Variable independiente

Interfaz de comunicación RS 485 para la automatización

## 4.3. Esquema de comunicación RS 485 entre los equipos

Se puede visualizar en la Figura 3.15., el esquema de conexión entre los distintos dispositivos que conforman la red de comunicación RS 485 iniciando con el servidor el cual tiene conexión profibus a través de un router hacia el PLC Siemens S7-1200 y la pantalla HMI Siemens, otra conexión con los equipos está conformada por el servidor mediante cable USB serial hacia el PLC INVT, y de este dispositivo se enlaza a través de comunicación RS 485 al PLC Siemens S7-1200 para la recepción de datos, del mismo autómata se conecta al HMI Wecon por medio del protocolo RS 485, llegando al control del motor junto con el driver por cableado RS 485.

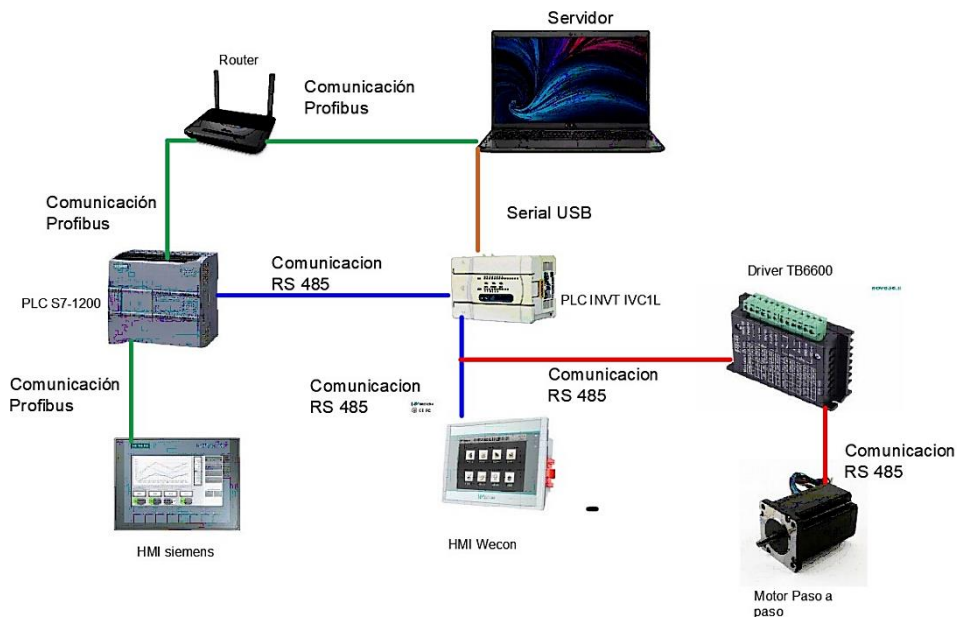


Figura 3.15. Esquema de conexionado de los puertos de comunicación

## 4.4. Equipos de control y automatización

### 4.4.1. Comparación técnica entre PLCs de distinta marca

Los controladores lógicos programables a través de los años han desempeñado un papel muy importante en el control industrial. Este análisis se centra en buscar dos autómatas programables

que puedan comunicarse entre sí y que tengan una velocidad de procesamiento rápida para realizar dicha comunicación Modbus, se utilizara un PLC de una marca muy reconocida y otro PLC que se ha venido integrando hace pocos años en la industria. En la Tabla 4.8., se puede observar las especificaciones de los dos autómatas programables[3].

Tabla 4.8. Análisis comparativo de PLCs [3]

| Características                        | SIEMENS S7-1200 CPU<br>1214C  | INVT INVC1L-1410MAT   | PLC DELTA<br>DVP20ES200RE  |
|--|---|---|--|
| I/O                                    | Digital: 14 entradas /<br>10 salidas<br>Analógicas: 2 entradas<br>Salida transistor | 14 entradas / 10 salidas<br>Salida transistor                                     | 14 entradas / 10<br>salidas<br>Analógicas 2<br>Salida transistor |
| Número máximo de<br>módulos especiales | 8   | 7   | 1 a 5  |
| Salida de pulso de<br>alta velocidad   | 4x100 kHz<br>4x20 kHz   | 2x100 kHz<br>2x10 kHz   | 100 KHz  |
| Memoria de usuario                     | 75 kB   | 32 kB   | 16 kB  |
| Comunicación                           | Ethernet<br>PROFINET<br>Modbus  | Red protocolo Modbus<br>Red protocolo N: N<br>Red de protocolo de<br>puerto libre | Modbus   |
| Alimentación                           | 24 VDC  | 100 – 240 VAC   | 28-40  |

#### 4.4.1.1. Puertos de comunicación del PLC INVT

El PLC IVC1L cuenta con 3 puertos de comunicación asíncronos estos son: PORT 0, PORT 1, PORT 2 como se observa en la Figura 4.16

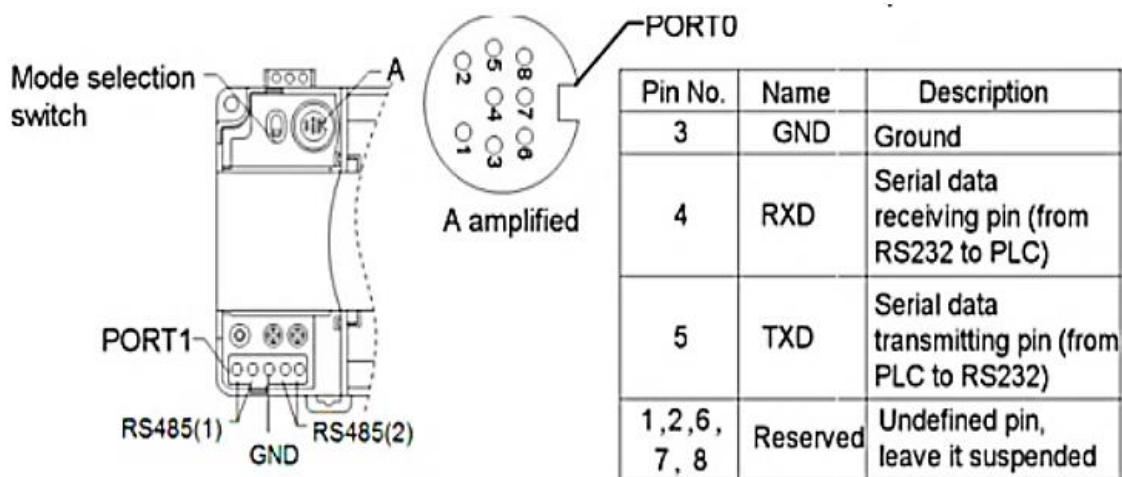


Figura 4.16. Puertos de comunicación del PLC INVT IVC1L[3]

El PORT 0 funciona como terminal para subir la programación realizada en el software de AUTO STATION, pero se puede convertir en puerto de comunicación RS-232 con ayuda del

interruptor de selección de modo el funcionamiento de este interruptor se detalla en la siguiente Tabla 4.9.

*Tabla 4.9. Análisis del interruptor DIP del PLC INVT [3]*

| <b>Interruptor de selección de modo de posición</b> | <b>Estado</b> | <b>Protocolo de operación PORT 0.</b>  |
|---|---------------|--|
| ON  | Correr        | Protocolo de programación, protocolo Modbus, protocolo de puerto libre, o protocolo de red N:N, según lo determine el programa de usuario y la configuración del sistema.  |
| ON - TM   | Correr        | Convertido al protocolo de programación.   |
| OFF - TM  | Detener       | Protocolo de programación.   |
| OFF   | Detener       | Si la configuración del sistema del programa de usuario es el protocolo de puerto libre, se convierte automáticamente al protocolo de programación después de la parada; o el protocolo del sistema se mantiene sin cambios. |

#### **4.4.1.2. Módulo de comunicación Siemens 1241 RS 422/485**

Para realizar la comunicación entre PLCs de diferente marca se utiliza el módulo de comunicación Siemens 1241 RS 422/485 este es un módulo de expansión que se coloca en el PLC Siemens ya que no cuenta con un módulo de comunicación integrado permite el intercambio de datos entre autómatas programables sean del mismo tipo de fabricante o diferente mediante un acoplamiento punto a punto[3].

**El módulo de comunicación CM 1214 RS 422/485 tiene las siguientes funcionalidades:**

- Interfaz RS 422/485.
- Velocidad de transferencia de datos: 300 a 19200 bits/s.
- Longitud máxima de telegrama: 1 Kbyte-
- Protocolos de transmisión: Freeport y 3964(R).
- A prueba de cortocircuitos.
- Aislada.
- Actualización de firmware.
- Datos identificativos I&M0.
- Repara metrización en RUN de la CPU (mediante instrucciones).
- Alarmas de diagnóstico.
- Protocolos: 3964(R), Freeport y USS mediante instrucciones.

#### **Indicadores LED del módulo de comunicación 1241 RS 422/485**

Se puede observar en la Figura 4.17., los indicadores led que detectan errores o avisos al momento de cargar las programaciones[37].

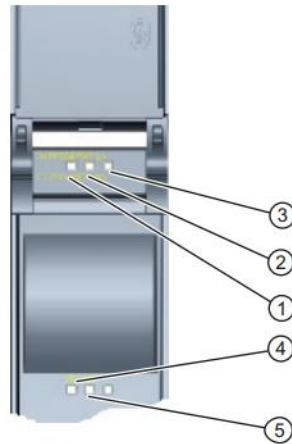


Figura 4.17. Módulo de comunicación RS 485 del PLC Siemens

1. Indicador led RUN.
2. Indicador Led ERROR.
3. Indicador led MAINT.
4. Indicador LED TXD (Interfaz envía).
5. Indicador LED RXD (Interfaz recibe).

#### 4.4.1.3. Tipos de datos

Todos los operandos de instrucción son de un determinado tipo de datos. Hay en total seis tipos de datos, como se enumeran en la siguiente Tabla 4.10.

Tabla 4.10. Tipos de Datos

| Tipo de datos | Descripción del tipo | Ancho de datos | Rango                              |
|---------------|----------------------|----------------|------------------------------------|
| BOOL          | Bit                  | 1              | ON, OFF (1, 0)                     |
| INT           | Entero con signo     | 16             | -32768~32767                       |
| DINT          | Doble f. entero      | 32             | -2147483648~2147483647             |
| WORD          | Word                 | 16             | 0~65535<br>(16#0~16#FFFF)          |
| DWORD         | Doble Word           | 32             | 0~4294967295<br>(16#0~16#FFFFFFFF) |
| REAL          | Punto flotante       | 32             | ±1.175494E<br>38~±3.402823E+38     |

De la misma forma en la Tabla 4.11. se da a conocer los tipos de datos constantes que se encuentran en el entorno de la programación.

Tabla 4.11. Datos constantes[3]

| Tipo constante                                | Ejemplo     | Rango válido     |
|---|-------------|------------------|
| Constante decimal (32 bits sin signo) entero) | 4294967295  | 0~4294967295     |
| Constante hexadecimal (16 bits)               | 16#1FE9     | 16#0~16#FFFF     |
| Constante hexadecimal (16 bits)               | 16#FD1EAFE9 | 16#0~16#FFFFFFFF |
| Constante octal (16 bits)                     | 8#7173      | 8#0~8#17777      |

#### 4.4.2. Asimilación técnica entre HMIs multi marca

Una vez determinado el controlador se procede a determinar el equipo para interfaz Hombre Máquina revisando aspectos como el costo, el tamaño de la pantalla, la resolución y el software usado para configuración los cuales se detallan en el siguiente análisis de la Tabla 4.12.

Tabla 4.12. Análisis comparativo entre HMIs[3]

| Características                        | SIEMENS HMI KTP700 BASICO   | SIEMENS HMI KTP400 BASICO   | HMI WECON PI3070ig  |
|--|-----------------------------|-----------------------------|---|
| Alimentación                           | DC 24 V                     | DC 24 V                     | DC 24 V   |
| Tamaño Pantalla                        | 7"                          | 4"                          | 7"  |
| Resolución                             | 800x480 pixeles             | 480 X 272 pixeles           | 800x480 pixeles   |
| Retroiluminación                       |                             | LED                         | LED   |
| Vida útil de la retroiluminación       | 20 000 horas                | 20 000 horas                | 50 000 horas  |
| Memoria para datos de usuario          | 10MB                        | 10 MB                       | 128 MB  |
| I/O Port                               | Ethernet<br>Profinet<br>USB | Ethernet<br>Profinet<br>USB | COM1<br>CN1:<br>RS422/RS485<br>CN2: RS232<br>CN3: RS485<br>Ethernet<br>4G LTE<br>(Opcional) |
| Potencia nominal                       | 5.5 W                       | 3W                          | <8W   |
| Rango de entrada                       | DC 19,2 – 28,8 V            | DC 19,2 – 28,8 V            | DC 12 – 28 V  |
| Temperatura ambiente de funcionamiento | 0 °C a 50 °C                | 0 °C a 50 °C                | -10 °C a +55 °C   |

#### 4.4.3. Balance técnico entre motores paso a paso Nema 23

Al realizar una evaluación de rendimientos y variabilidad comercial de motor paso a paso se consideran las características de su costo además que cuenta con un buen torque, resistencia a la vibración y otros aspectos, se optó por usar el Modelo 0K57H18112A por otra parte el tomar como consideración sobre las especificaciones eléctricas como se visualiza en la Tabla 4.13.

Tabla 4.13. Análisis comparativo de motores paso a paso[29]

|                  | <b>Nema 23 Modelo<br/>PH266- 01GK</b> | <b>Nema 23 Modelo<br/>0K57H18112A</b> | <b>Nema 23 Oukeda<br/>ok57h18112a</b> |
|------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Costo</b>     | \$65.00                               | \$70.00                               | \$87.75                               |
| <b>Tamaño</b>    | 50x50x110 mm                          | 56.4x56.4x112 mm                      | 50x50x110 mm                          |
| <b>Torque</b>    | 1.2 Nm                                | 3 Nm                                  | 3 Nm                                  |
| <b>Velocidad</b> | 1400 RPM                              | 1500 RPM                              | 1600 RPM                              |
| <b>Vibración</b> | No dispone de información             | Resistencia a la vibración            | Armazón Robusto                       |
| <b>Ruido</b>     | Silencioso                            | Silencioso                            | Semi Silencioso                       |
| <b>Potencia</b>  | 120 w                                 | 192 w                                 | 216 w                                 |
| <b>Voltaje</b>   | 12 a 24 V DC                          | 12 a 24 V DC                          | 12 a 24 V DC                          |
| <b>Corriente</b> | 2.5 A                                 | 4 A                                   | 4.5 A                                 |

#### 4.4.4. Comparación técnica entre drivers de motores paso a paso

Para seleccionar el driver se toma en cuenta tres tipos de controladores de diferentes fabricantes señalados en la Tabla 4.14.

Tabla 4.14. Estudio comparativo de Drivers[29]

|                    | <b>Driver TB6560</b> | <b>Driver DM556t</b> | <b>Driver TB6600</b> |
|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <b>Costo</b>       | \$14.00              | \$112.00             | \$30.00              |
| <b>Voltaje</b>     | 10-35V               | 20-50V               | 9 - 42V              |
| <b>Amperaje</b>    | 3.0 A                | 1.8 – 5.6 A          | 1.0 – 5.0 A          |
| <b>Micro pasos</b> | 1/2 - 1/8 - 1/16     | 400-25,600           | 7 tipos              |
| <b>Disipación</b>  | NO                   | SI                   | SI                   |
| <b>Tamaño</b>      | 75x50 mm             | 80x55 mm             | 96x56 mm             |

Al haber escogido un motor a pasos Híbrido Nema 23 Oukeda 0K57h18112A el driver que cuenta con una configuración adecuada y económica es el TB6600 debido a la capacidad de potencia que soporta y a su alto rendimiento, además es compatible para enlazarlos con placas de programación que generen pulsos de 5V ya que este puede ser configurado con ayuda de sus 6 interruptores DIP para el control por pulsos del motor este driver ofrece 7 tipos de pasos y micro pasos lo cual permite una mayor precisión al momento de adaptarlo a diversas necesidades industriales

##### 4.4.4.1. Configuración de pulsos del driver del motor

Una característica crucial en un motor paso a paso es su ángulo de giro por pulsos o sus reconocidos pasos que comúnmente están fijado en 200 paso de 1.8 grados para completar una vuelta completa. Si se requieren realizar pasos más cortos o micro pasos esto implica que se debe dividir el ángulo de paso para ello se utiliza el DIP de 6 interruptores en estado de ON/OFF con ayuda de estos interruptores se puede determinar la cantidad de micro pasos para tener movimientos más precisos las especificaciones de este cada switch están representadas en la Tabla 4.15.

Tabla 4.15. Configuración de pasos en el Driver TB6600[3]

| MICROSTEP | PULSO/REV | S1  | S2  | S3  | DESCRIPCIÓN  |
|-----------|-----------|-----|-----|-----|--|
| NC        | NC        | ON  | ON  | ON  | Si la configuración del switch está en ON, no generará ninguna condición   |
| 1         | 200       | ON  | ON  | OFF | La configuración S3 en OFF y S1, S2 en ON, nos dará un micro paso de 1 teniendo 200 pulsaciones por revolución.    |
| 2/A       | 400       | ON  | OFF | ON  | La configuración S2 en OFF y los demás en ON, nos da un micro paso de 2/A teniendo 400 pulsaciones por revolución. |
| 2/B       | 400       | OFF | ON  | ON  | La configuración S1 en OFF y los demás en ON, nos da un micro paso de 2/B teniendo 400 pulsaciones por revolución. |
| 4         | 800       | ON  | OFF | OFF | La configuración S1 en ON y S2,S3 en OFF, nos da un micro paso de 4 teniendo 800 pulsaciones por revolución.       |
| 8         | 1600      | OFF | ON  | OFF | La configuración S2 en ON y S1,S3 en OFF, nos da un micro pasó de 8 teniendo 1600 pulsaciones por revolución.      |
| 16        | 3200      | OFF | OFF | ON  | La configuración S3 en ON y S1,S2 nos da un micro pasó de 16 teniendo 3200 pulsaciones por revolución              |
| 32        | 6400      | OFF | OFF | OFF | La configuración en OFF nos da un micro pasó de 32 teniendo 6400 pulsaciones por revolución.                       |

Al momento de conectar un motor paso a paso este genera varias corrientes dependiendo su aplicación, al momento de fijarla en el driver se toma en cuenta las corrientes picos y nominales para que pueda realizar su funcionamiento de manera óptima porque si la corriente es muy alta el motor puede llegar a recalentarse y descomponerse a largo plazo. La Tabla 4.16., describe las diferentes corrientes del motor.

Tabla 4.16. Configuración del parámetro de corriente en el driver[3]

| CURRENT (A) | PK CURRENT | S4  | S5  | S6  | DESCRIPCIÓN   |
|-------------|------------|-----|-----|-----|---|
| 0.5         | 0.7        | ON  | ON  | ON  | La configuración en ON generará un corriente pico de 0.7 y la corriente nominal sería de 0.5.                       |
| 1.0         | 1.2        | ON  | OFF | ON  | La configuración S5 en OFF y los demás en ON generará un corriente pico de 1.2 y la corriente nominal sería de 1.0. |
| 1.5         | 1.7        | ON  | ON  | OFF | La configuración S6 en ON y los demás en OFF generará un corriente pico de 1.7 y la corriente nominal sería de 1.5. |
| 2.0         | 2.2        | ON  | OFF | OFF | La configuración S4 en ON y los demás OFF generará un corriente pico de 2.2 y la corriente nominal sería de 2.0.    |
| 2.5         | 2.7        | OFF | ON  | ON  | La configuración S4 en OFF y los demás en ON generará un corriente pico de 2.7 y la corriente nominal sería de 2.5. |
| 2.8         | 2.9        | OFF | OFF | ON  | La configuración S6 en ON y los demás en OFF generará un corriente pico de 2.9 y la corriente nominal sería de 2.8  |

|     |     |     |     |     |  |
|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| 3.0 | 3.2 | OFF | ON  | OFF | La configuración S5 en ON y los demás en OFF generará un corriente pico de 3.2y la corriente nominal sería de 3.0. |
| 3.5 | 4.0 | OFF | OFF | OFF | La configuración en OFF generará un corriente pico de 4.0 y la corriente nominal sería de 3.5.                     |

#### 4.4.5. Cotejo técnico entre fuentes de alimentación AC/DC 24V Delta

La fuente de alimentación de 24V se utiliza para alimentar el HMI y Driver para ello se buscó fuentes que tengan una salida doble de 24 V y se tomó en cuenta dos marcas diferentes y compararlas, como se puede observar en la Tabla 4.17.

Tabla 4.17. Análisis comparativo de fuentes de voltaje AC/DC 24V[3]

|                | Fuente conmutada 24V<br>5A | Cctv 110/220V A 24V<br>5A 120W | Delta Modelo DRL-120-<br>24 |
|----------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Costo          | \$25.00                    | \$40.00                        | \$65.00                     |
| Voltaje salida | 24 V                       | 24 V                           | 24 V                        |
| Amperaje       | 5.0 A                      | 5.0 A                          | 5.0 A                       |
| Potencia       | 60W                        | 120W                           | 120W                        |
| Certificación  | Ninguna                    | Si                             | Si                          |

Se consideró la fuente de alimentación Delta Modelo DRL-120-24, debido a que brinda una mayor potencia acoplándose al consumo de los equipos que se están empleando.

#### 4.4.6. Comparación técnica entre protocolos de comunicación RS 485

En la Tabla 4.18., se realizó una clasificación en donde se puede considerar los diferentes tipos de comunicación especificando su voltaje, velocidad, resistencia y conexión, con estas características se procedió a seleccionar la red RS 485 por su ventajoso modo de operación

Tabla 4.18. Tipos de redes de comunicación[3]

| Características comparativas de comunicación |                               |                 |               |              |
|--|-------------------------------|-----------------|---------------|--------------|
|  | RS232                         | RS423           | RS422         | RS485        |
| Diferencial                                  | NO                            | NO              | SI            | SI           |
| Número máximo de conductores                 | 1                             | 1               | 1             | 32           |
| Número máximo de receptores                  | 1                             | 10              | 10            | 32           |
| Modos de operación                           | Semidúplex<br>completo dúplex | medio dúplex    | medio dúplex  | medio dúplex |
| Topología de la red                          | punto a punto                 | múltiples gotas | múltiple gota | multipunto   |
| Distancia máxima (según estándar)            | 15 metros                     | 1200 metros     | 1200 metros   | 1200 metros  |
| Velocidad máxima a 12 m                      | 20 kbps                       | 100kbs          | 10 MB         | 35 MB        |
| Velocidad máxima a 1200 m                    | 1 kb                          | 1kb             | 100 kbps      | 100 kbps     |
| Velocidad máxima de giro                     | 30v/nosotros                  | Ajustable       | n/A           | n/A          |
| Resistencia de entrada del receptor          | 3..7 kΩ                       | 4kΩ             | 4kΩ           | 12kΩ         |

|   |                 |              |              |              |
|---|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Impedancia de carga del controlador</b>                  | 3..7 k $\Omega$ | 450 $\Omega$ | 100 $\Omega$ | 54 $\Omega$  |
| <b>Sensibilidad de entrada del receptor</b>                 | $\pm 3$ v       | $\pm 200$ mV | $\pm 200$ mV | $\pm 200$ mV |
| <b>Rango de entrada del receptor</b>                        | $\pm 15$ V      | $\pm 12$ V   | $\pm 10$ V   | -7.12V       |
| <b>Voltaje máximo de salida del controlador</b>             | $\pm 25$ V      | $\pm 26$ V   | $\pm 16$ V   | -7.12V       |
| <b>Tención mínima de salida del controlador (con carga)</b> | $\pm 5$ V       | $\pm 3,6$ V  | $\pm 2,0$ V  | $\pm 5$ V    |

## 4.5. Normas para la comunicación RS 485

### 4.5.1. Norma ISO/IEC 8482 para interfaz de comunicación

Esta norma internacional da a conocer las características de las interconexiones multipunto de par trenzado de 2 y 4 hilos los cuales brindan la capacidad de transmisión de datos semidúplex o dúplex , define las características de los drivers de recepción de datos en señales binarias y bidireccional ,el diseño mecánico y eléctrico del cable de derivación del sistema de punto final y cable troncal común puede tener hasta 1200m de longitud la velocidad de los datos es aplicable hasta 12.5Mbit/s [38].

### 4.5.2. Norma ISA 101 para entornos de HMIs

La comunicación RS 485 se desarrolló haciendo el uso de norma ISA 101, esta norma tiene el propósito de abordar el proceso de diseño, implementación y operación de las interfaces hombre maquina HMI. Ayuda a promover las operaciones más eficientes seguras y productivas optimizando el rendimiento del sistema estandarizando, también ayuda a los usuarios en la comprensión de conceptos claves, facilitando así la aceptación y adopción más efectiva del estilo de HMI recomendado en el uso de colores claros y suaves al realizar su diseño para una mejor comprensión[39].

## 4.6. Softwares de programación y simulación

Los softwares de simulación son muy esenciales para realizar la programación que ayudara a generar el desarrollo de la red de comunicación parametrizando los datos y la velocidad en los que se van a enviar de un autómat a otro además de definir un maestro y un esclavo

#### 4.6.1. Software TIA portal V16

El software de programación TIA portal es un sistema moderado, actual que permite la elaboración de procesos de control, desarrollo, este sistema ofrece un entorno de ingeniería unificado en la elaboración de tareas, visualización, control, accionamiento de dispositivos y mecanismos industriales.

El software de ingeniería SISTEMATICA STEP 7 a través de los años se ha actualizado muchas veces mejorando su diseño y desarrollo para el correcto diagnóstico de controladores lógicos programables, pantallas HMI y accionamientos SISTEMATIC de última generación[40].

El más simple sistema de automatización se puede observar en la Figura 4.18., en donde se muestra un controlador un CPU que programa con ayuda del software y una pantalla que ayuda al operador a manipular y visualizar el proceso.

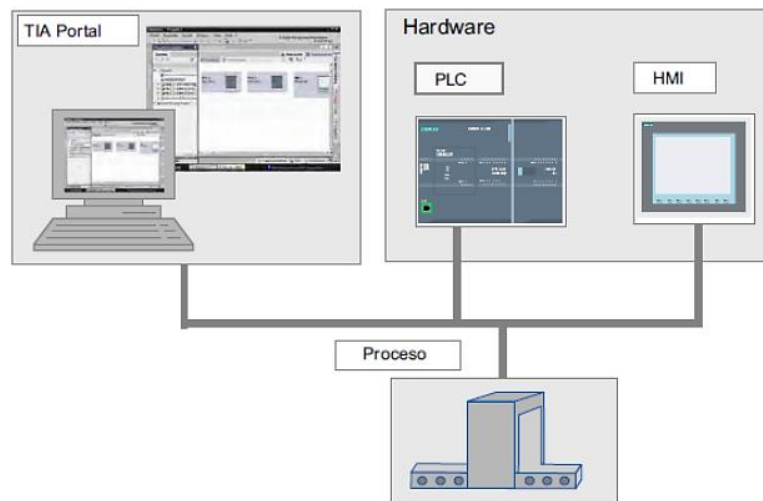


Figura 4.18. Sistema de automatización simple[40]

##### 4.6.1.1. Tareas del TIA portal

Para el desarrollo de la red de comunicación Modbus RS 485 se seleccionó el software TIA portal V16 por su facilidad de uso y amplio acceso a las versiones de autómatas pantalla y módulos de expansión. Los principales pasos para configurarlo son:

- Adaptación del hardware.
- Conexión en red de los dispositivos.
- Creación del proyecto.
- Programación de los controladores.
- Control de la visualización.

- Cargar y configurar datos.
- Manejo de funciones y simulación online para su diagnóstico.

### Configuración para la comunicación en el software TIA Portal V16

El software ofrece el diseño del interfaz RS 485, este se puede emplear mediante un módulo de expansión 1241 RS 422/485 para poder enlazar el módulo de expansión se debe seguir la siguiente configuración:

- Sección 1: Crear un proyecto en el entorno del software TIA Portal V16 como se puede ver en la Figura 4.19.

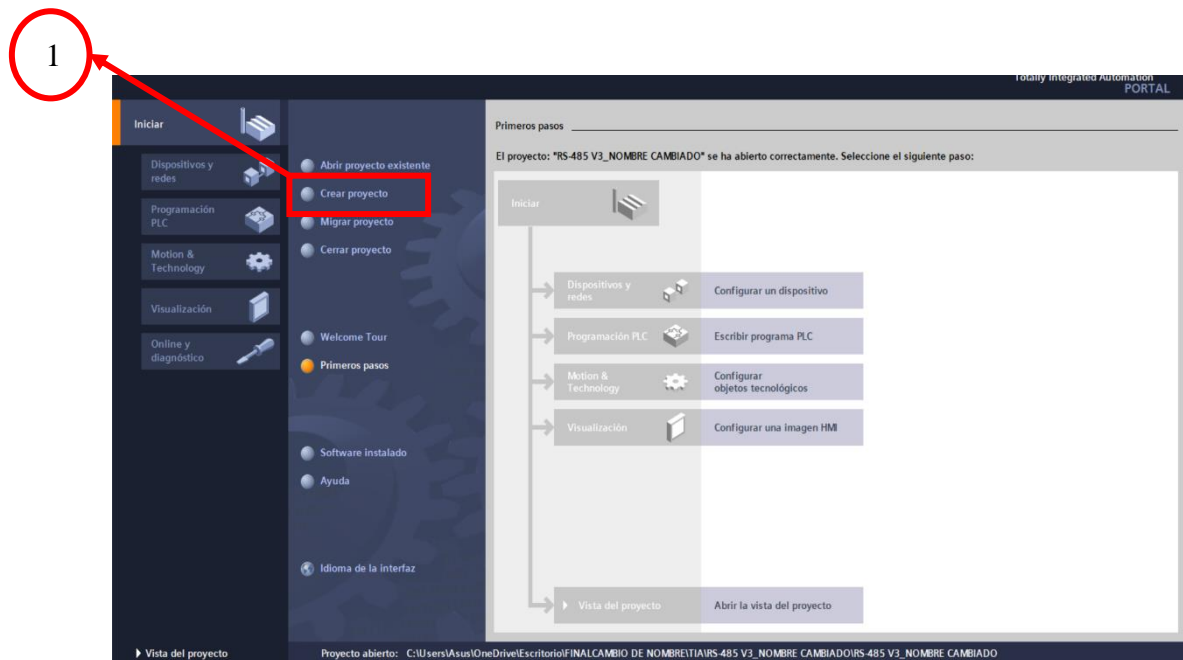


Figura 4.19. Entorno TIA Portal V16

- Sección 2: Crear un PLC virtual que tenga la versión idéntica al del PLC físico que se desee programar
- Sección 3: Abrir el catálogo que se encuentra en el software
- Sección 4: Seleccionar los módulos de comunicación externos que se pueden conectar en el PLC
- Sección 5: Seleccionar la conexión punto a punto también conocida como multipunto
- Sección 6: Escoger el módulo de comunicación CM 1241 RS422/485 de modelo 6ES7 241-1CH31-0XB0 todo este procedimiento se detalla en la Figura 4.20.

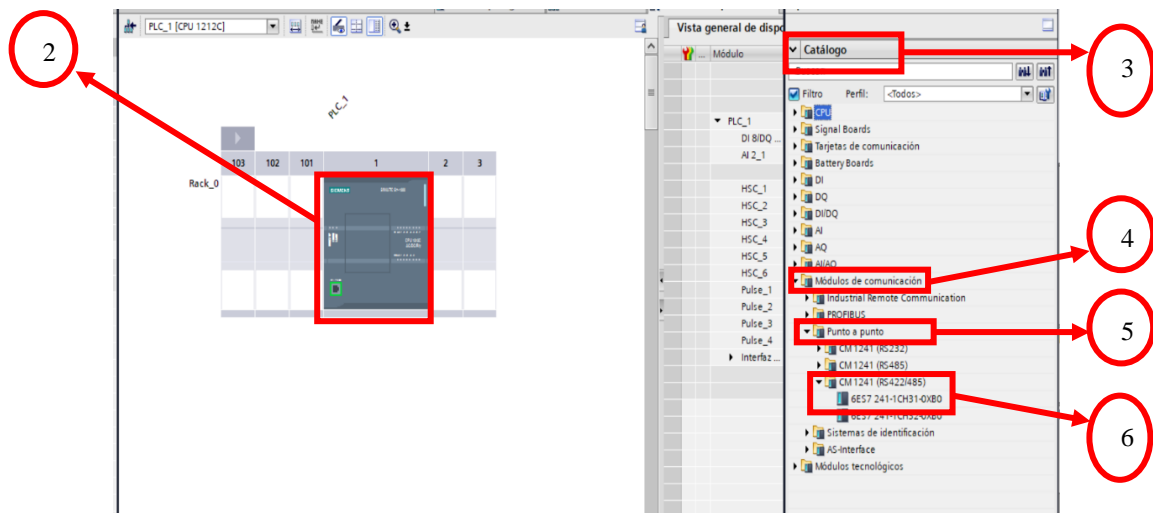


Figura 4.20. Enlace del PLC Siemens con TIA Portal V16

Seccion 7: Insertar el modulo de expansión.

Seccion 8: Identificar el nombre del modulo para su conexion como se muestra en la Figura 4.21.

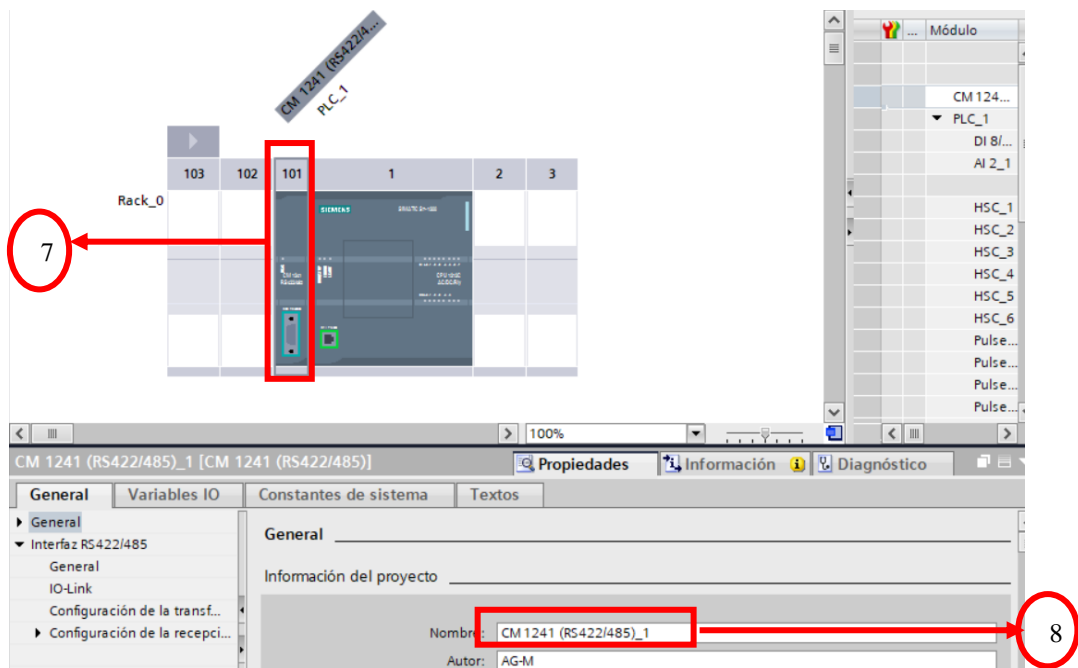


Figura 4.21. Conexión del módulo de comunicación RS 485

**Seccion 9:** Modo de operación de modulo de comunicación seleccionar del numero de hilos que se usaran para la comunicación.

**Seccion 10:** Configuracion de parametros para el intercambio de datos velocidad de trasferencia 19.2Kbits, paridad (Sin paridad), bit de datos (8 bits por caracter), bit de parada (1) como se visualiza en la Figura 4.22.

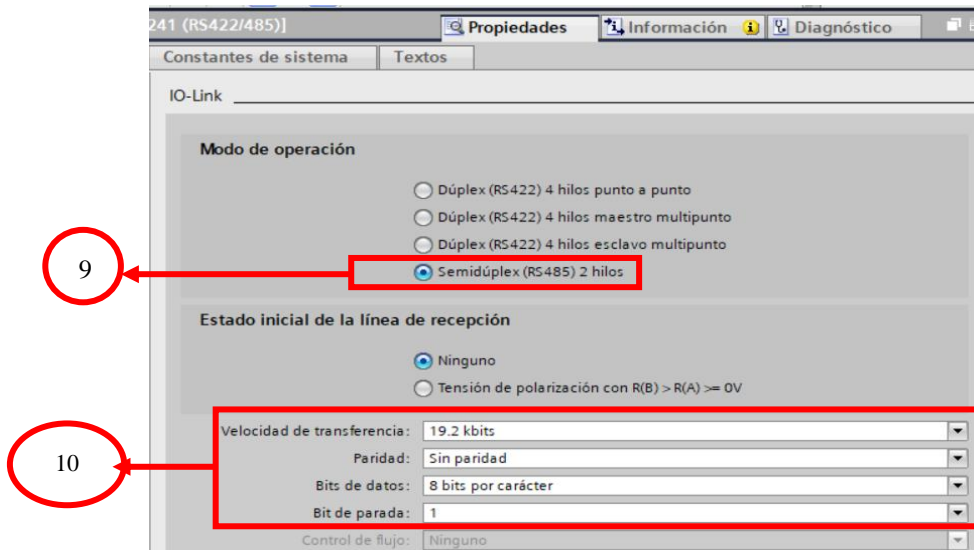


Figura 4.22. Parámetros de enlace para comunicación en TIA Portal V16

#### 4.6.2. Software Auto Station V1.50

Auto Station, un entorno de trabajo destinado a la programación de PLCs, área es donde se establece la jerarquía de maestro esclavo para la programación de cada uno de los PLCs, siguiendo los niveles jerárquicos de programación se define las instrucciones y secuencias para asignar las funciones de lectura de datos como esclavo frente al otro PLC en su papel de maestro.

Cada una las instrucciones desarrolladas en este entorno de trabajo cumplen con los propósitos de habilitar la comunicación Modbus con el HMI para lo cual se sube a través del cable serial DB9 el programa al PLC designado como esclavo teniendo en cuenta que cada dispositivo debe estar configurado correctamente.

Las funciones ingresadas no solo cumplen el objetivo de ejecutar el programa, sino que deben satisfacer la necesidad de seguridad en el control y monitoreo de los equipos teniendo una comunicación fluida entre el PLC, el HMI permitiendo entre ellos el intercambio de datos de una manera confiable

#### Configuración de comunicación en el software Auto Station

El software ofrece la interfaz RS 485, es el que se va a empelar debido a la gran ventaja que ofrece el PLC INVT IVC1L 1410MAT al contar con dos puertos de comunicación, el PORT1 y el PORT2

En el gestor de proyectos, en la opción de system block se dirige a la opción de Serial Port, en donde se configurará cada uno de los parámetros:

Se desplegará una ventana en la cual se presentan opciones de configuración, se procede al ingreso de los parámetros mostrados en la siguiente imagen:

- Sección 1: El apartado “Serial Port”, es el apartado designado para la configuración de los protocolos
- Sección 2: Los protocolos para la comunicación a desarrollarse entre el PLC y el HMI van a ser el protocolo modbus, como para la comunicación entre el PLC INVT IVC1L 1410MAT y el PLC SIEMENS S7-1200 se empleará el mismo protocolo modbus, esto se lo puede visualizar en la Figura 4.23.

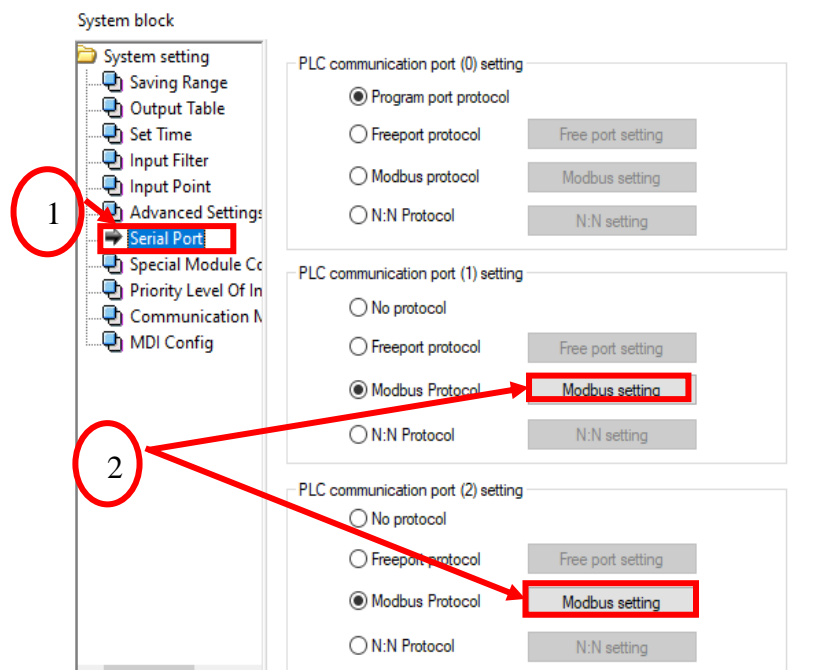


Figura 4.23. Selección de puertos en Serial Port en el Auto Station.

La configuración se terminará después de escoger algún estilo, si no es el caso solo dar clic en finaliza, tomando en cuenta todos los parámetros de configuración mostrados en la figura 4.23

### Parámetros de configuración del puerto de comunicación con el HMI

Al contar con dos puertos de comunicación RS 485, es indispensable distinguir cada uno de ellos al momento de su ejecución con cada uno de los equipos, por tal motivo en la ventana se orienta al apartado de “PLC communication port (1) setting” y dar clic en la opción de “Modbus setting” se ingresará los siguientes parámetros de configuración descritos en la Figura 4.24

- Sección 1: En el apartado “Baud rate”, es el apartado designado para la velocidad de baudios de 9600 bps, en la sección de “Data bit” se configurará los bits de datos que será un valor de 8.

- Sección 2: Destinada para la paridad en el apartado “Parity check” va la opción None, siguiendo a la opción “Stop bit” la cual se le asignará el valor de 2.
- Sección 3: Se seleccionará en la opción “master/slave mode” la opción de Slave Station, para dejar el valor de 1 en el apartado de “Station no.”, y en el último apartado que se trata de “Transmission mode” se le mantendrá la opción de RTU Mode.
- Sección 4: Presionar OK para finalizar la configuración del puerto.

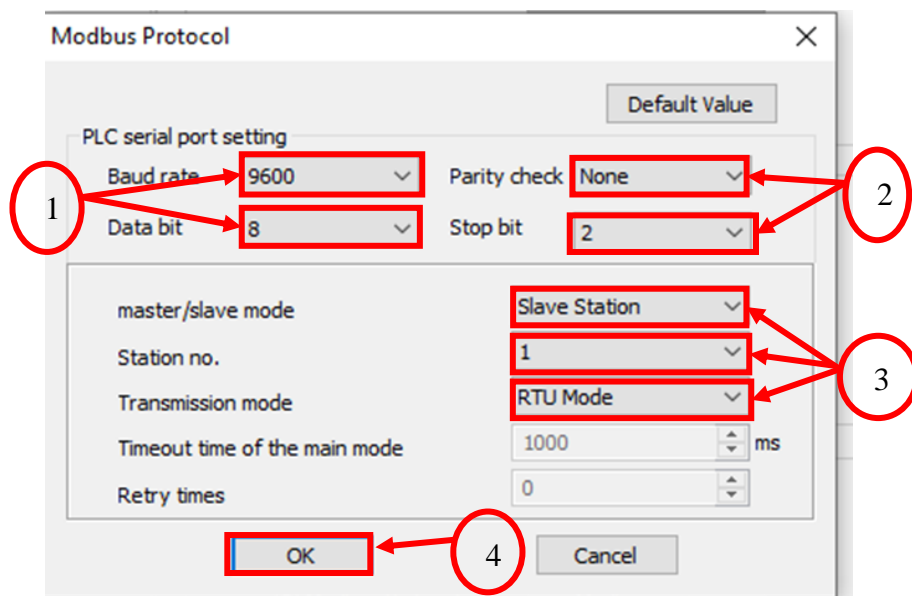


Figura 4.24. Configuración puerto 1 del esclavo en Auto Station

### Parámetros de configuración del puerto de comunicación con el PLC SIEMENS S7-1200

Para la configuración de este puerto en la ventana emergente que se muestra en la Figura 4.24., se orienta al apartado de “PLC communication port (2) setting” y dar clic en la opción de “Modbus setting” se ingresará los siguientes parámetros de configuración descritos en la Figura 4.25.

- Sección 1: En el apartado “Baud rate”, es el apartado designado para la velocidad de baudios de 19600 bps, en la sección de “Data bit” se configurará los bits de datos que será un valor de 8.
- Sección 2: Destinada para la paridad en el apartado “Parity check” va la opción Even, siguiendo a la opción “Stop bit” la cual se le asignará y valor de 1.
- Sección 3: Se seleccionará en la opción “máster/Slave mode” la opción de Slave Station, para dejar el valor de 2 en el apartado de “Station no.”, y en el último apartado que se trata de “Transmission mode” se le mantendrá la opción de RTU Mode.

- Sección 4: Presionar OK para finalizar la configuración del puerto.

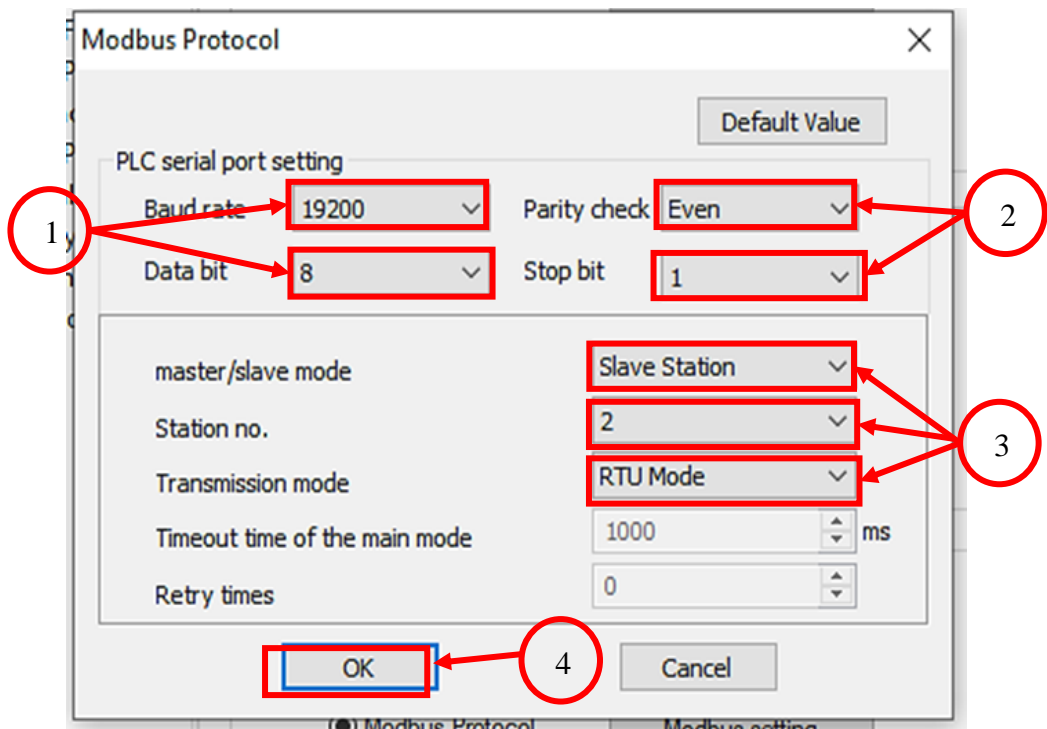


Figura 4.25. Configuración puerto 2 en Auto Station

Son los procedimientos de programación para la asignación de puertos de comunicación tanto con el HMI, como con el PLC Siemens S7-1200.

#### 4.6.3. Software PIStudio V8.2.95

PIStudio es un entorno en el cual posibilita la asignación de variables que en la operación se visualizara a través de distintas configuraciones de interfaz de comunicación HMI, en estas configuraciones es clave identificar los rangos de los valores, los tipos de datos, cabe mencionar que permite la personalización del entorno acogándose a la normativa para la presentación de la información de una manera clara y concisa. En el entorno se especifica la velocidad de comunicación entre otros detalles que permitirán tener una comunicación robusta y confiable con los Controladores Lógicos programables

#### Configuración de comunicación en el software PIStudio (HMI)

Al momento de iniciar en el entorno de PIStudio es necesario crear un nuevo proyecto para su configuración.

Se desplegará una ventana en la cual se presentan opciones de configuración, se procede al ingreso de los parámetros mostrados en la siguiente Figura 4.26

- Sección 1: El apartado Nombre, colocar el nombre del proyecto, en el apartado de Location, va la ubicación del archivo a guardarse.

- Sección 2: Dirigirse al apartado de Serie HMI, seleccionar la Serie ig; en el segundo apartado del Modelo HMI se escoge la opción PI3070ig y el último apartado seleccionar el Ángulo en donde será por defecto 0°.
- Sección 3: En el apartado de Conexión se opta por el COM1, continuando con el Fabricante de PLC, la selección es el dispositivo INVT, para finalmente el modelo escoger INVT IVC1.
- Sección 4: Se termina la configuración dando clic en Siguiente.

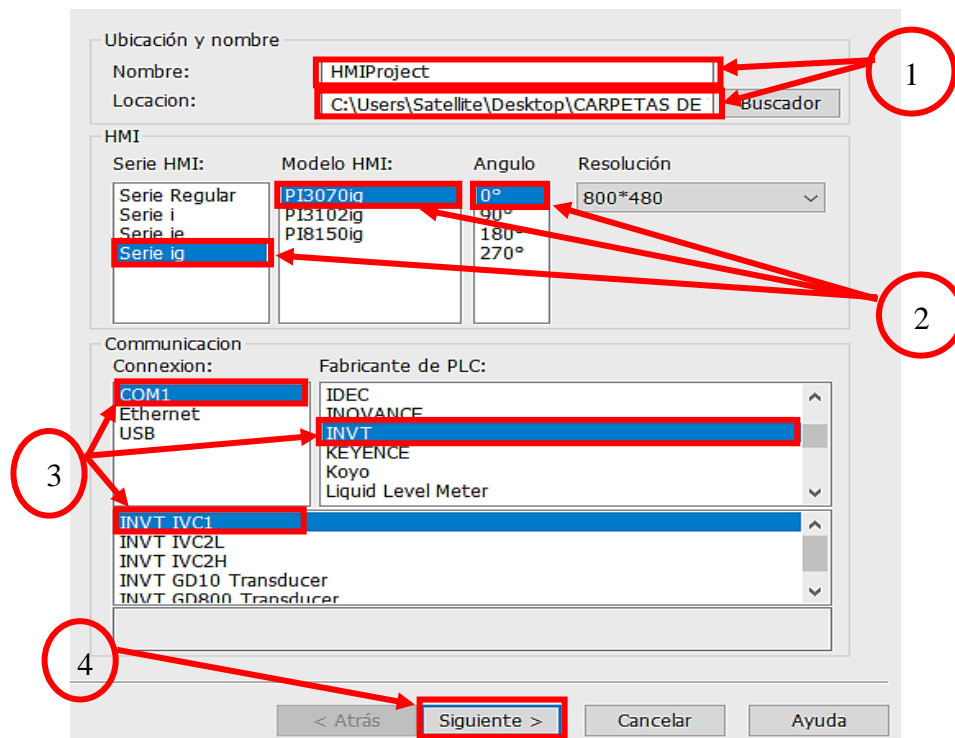


Figura 4.26. Configuración de comunicación del HMI Wecon con el PLC INVT

La configuración se terminará después de escoger algún estilo, si no es el caso solo dar clic en finalizar, tomando en cuenta todos los parámetros de configuración mostrados en la figura 4.24.

### Parámetros de configuración RS485

Para la configuración de la comunicación RS 485, en el entorno se dirige a la parte de “Proyecto” en donde se opta por la opción de “Comunicación”. Cabe aclarar que el COM es el puerto de comunicación específico en el HMI el cual es empleado para la conexión de elementos externos, en este caso un PLC, a través de sus puertos seriales RS 232/RS 485, para este proyecto se opta por el puerto serial “RS485\_2”, como un dato en base al HMI se toma en cuenta solo el puerto dos de comunicación, para lo cual se da clic e OK en las ventanas emergentes, estos resultados se ven en la Figura 4.27.

Es muy necesario realizar la correcta configuración del puerto de comunicación. Por ese motivo al dar clic en “Ajustes” del “COM” se procede a realizar la siguiente configuración:

- Sección 1: Dar un clic sobre la opción ajustes de “COM” para que se despliegue la ventana de configuraciones.
- Sección 2: En la ventana desplegada dirigirse al apartado de Conexión es en donde se seleccionará la opción RS485\_2, la velocidad de baudios en 9600, el parámetro de Bits de parada se le coloca el valor de 1 posteriormente los bits de datos se mantienen por defecto el valor de 8, el parámetro de paridad es NONE.
- Sección 3: Presionar en OK para la confirmación de la configuración

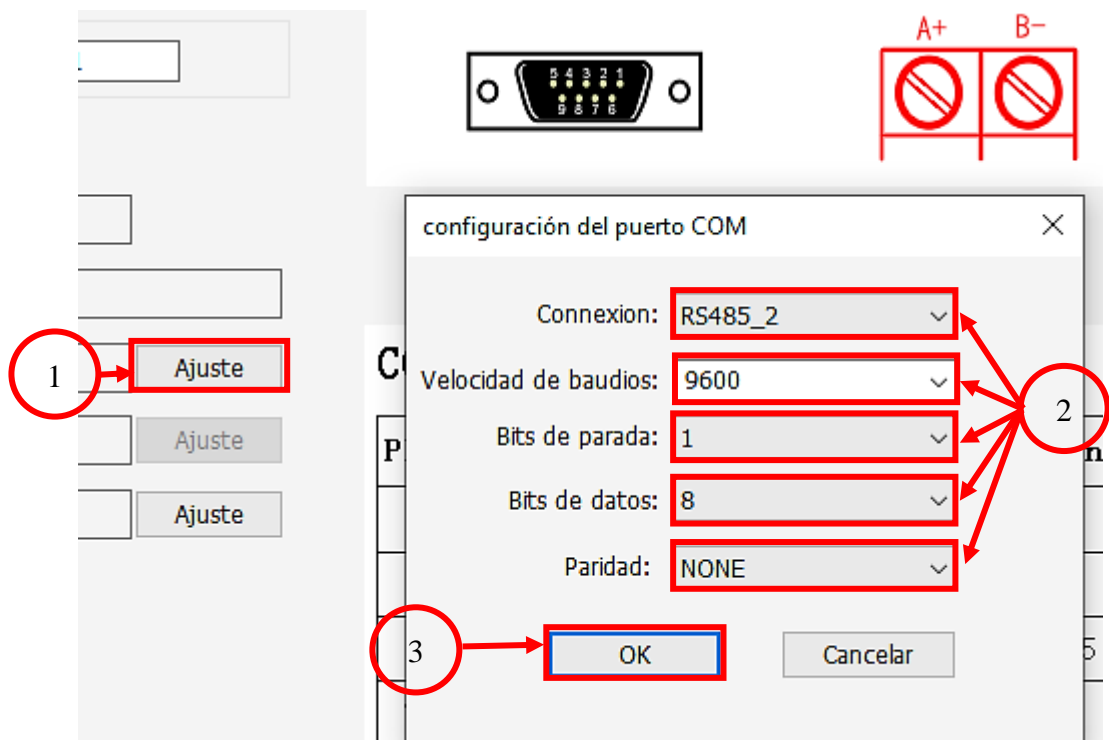


Figura 4.27. Configuración de puerto RS485\_2 del HMI Wecon

## 5. ANALISIS DE RESULTADOS

### 5.1. Síntesis de la elección de los elementos de trabajo

#### 5.1.1. Autómata programable INVT IVC1L-1410MAT

Después de realizar un exhaustivo análisis de los distintos PLCs que se pueden encontrar en el mercado, se seleccionó el autómata INVT IVC1L-1410MAT, el cual ofrece una flexibilidad en la inclusión de redes de comunicación, tiene gran compatibilidad con otros autómatas a través de sus puertos de comunicación, las características principales que se pueden mencionar, tiene una memoria funcional, procesamientos y voltajes óptimos al integrarse en proyectos,

destacando que el software de aplicación Auto Station es gratuito lo que permitió desarrollar los tipos de comunicación RS 485 en el cual se centró la investigación.

### **5.1.2. HMI WECON modelo PI3070ig-0**

El entorno de HMI WECON es amigable con el usuario por tal motivo llama la atención al momento de su elección. Ofrece un entorno compatible con el PLC juntando otros factores como su bajo costo, calidad de imagen alta y un control confiable en su operación hace de este dispositivo apto para emplearse en las industrias.

### **5.1.3. Motor Nema 23 Modelo 0K57H18112A**

El motor paso a paso o Nema 23 Modelo 0K57H18112A es de gran aplicación en el área industrial, es por ese motivo que se seleccionó este tipo de equipo, el cual ofrece grandes ventajas frente a otros motores por su gran resistencia a las vibraciones, un gran torque al momento de su operación, junto con un precio asequible lo cual motivó a su adquisición.

### **5.1.4. Driver TB6600**

Este dispositivo es el encargado de generar las señales de pulsos digitales de 5 voltios, señal que permitió el ajuste de la corriente a través de 6 interruptores DIP, estos interruptores brindan una mayor precisión en el movimiento del motor pues las opciones de control de corriente dan desde 0.5 A hasta 3.0 A.

### **5.1.5. Fuente de voltaje AC/DC 24V Delta Model DRL-120-24**

El modelo de las fuentes de voltaje que llamo la atención fue la Delta Model DRL-120-24, pues aparte de contar con una gran protección en la potencia suministrada por su sistema, satisficó las necesidades de los equipos que requirieron su energía, contando con dos líneas de alimentación de 24V muy necesaria en el sistema en desarrollo otro factor importante es que brindó seguridad al momento de operar y evitó problemas derivados del consumo de energía.

## **5.2. Protocolo de comunicación y su topología**

Después de una revisión exhaustiva en libros, papers, y bibliografía complementaria se identificó el protocolo a desarrollar en base a las necesidades de control de un motor paso a paso mediante red modbus.

La topología que se desarrolló se puede visualizar en la Figura 5.28., y la comunicación entre dispositivos está graficada en la Figura 5.29., es muy frecuente encontrar este tipo de conexión

en las redes industriales de comunicación, pero para ello fue necesario comprender su estructura jerárquica pues es muy organizada confiable, con múltiples ventajas en la interconexión de dispositivos controladores.

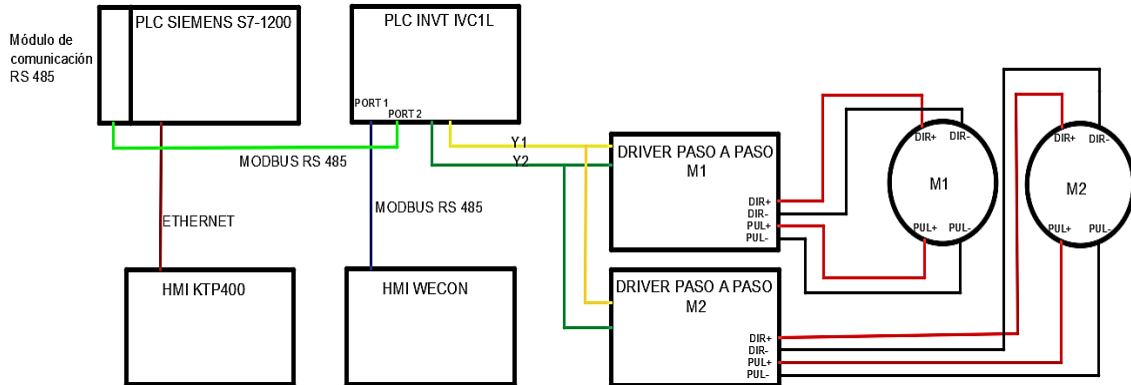


Figura 5.28. Diagrama topológico de la comunicación RS 485

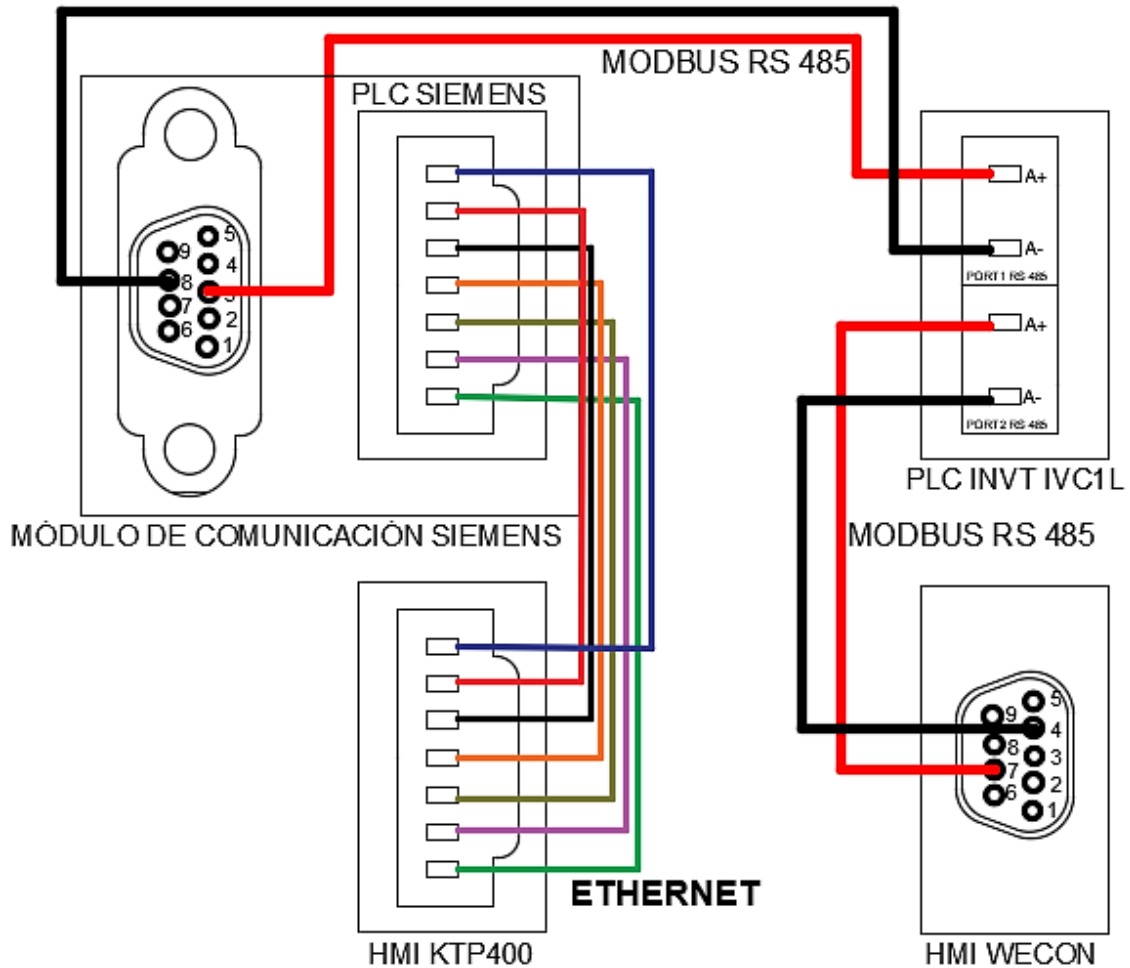


Figura 5.29. Puertos de comunicación entre dispositivos

### 5.3. Sistemas de configuración

#### 5.3.1. Configuración del driver paso a paso

Antes de cualquier operación con los equipos es clave determinar los parámetros de operación del driver, pues este elemento del motor paso a paso ofrece múltiples configuraciones para su funcionamiento. El Micro step driver se lo configuró de acuerdo con la Tabla 5.19., mostrando 1600 pulsos, debido a que esto permitió acondicionar al motor paso a paso para ponerlo en funcionamiento en conjunto con la programación, de la misma manera permitió acondicionar la corriente.

Tabla 5.19. Configuración de pulsos y corriente del driver

| Micro step  | PULSO/R EV | S1 | S2 | S3 | Descripción  |
|-------------|------------|----|----|----|--|
| 8           |            |    |    |    | En la configuración de los pulsos, S2 en ON y los interruptores S1, S3 en estado OFF lo que da un micro paso de 8 teniendo 1600 pulsaciones por cada revolución. |
| Current (A) | PK Current | S4 | S5 | S6 | Descripción  |
| 3.5         | 4.0        | F  | F  | F  | La configuración de los interruptores DIP en OFF genera una corriente nominal es de 3.5 y un corriente pico de 4.0   |

#### 5.4. Configuración del software TIA PORTAL V16 del PLC Siemens (MÁSTER).

Al haber definido el PLC que se utilizó como maestro, se lo programó para que envié instrucciones al esclavo por lo que se creó un lazo de programación entre TIA portal y Auto Station y para enlazarlos se usó el bloque de programación. MB\_COMM\_LOAD presentado en la Figura 5.30.

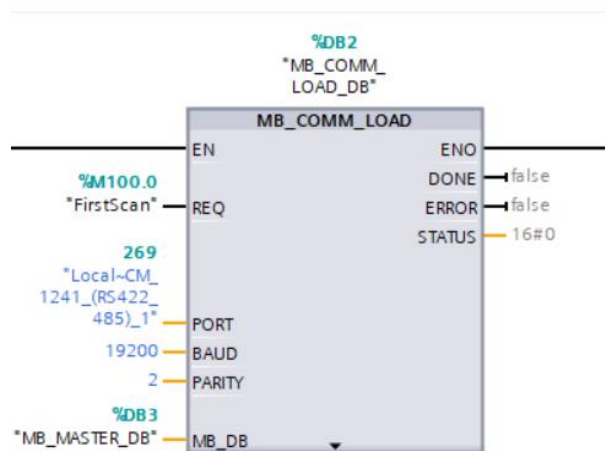


Figura 5.30. Bloque COMM\_LOAD para el envío de datos

El bloque MB\_COMM\_LOAD fue el responsable de inicializar y configurar la comunicación Modbus en el controlador, lo que permitió que el PLC Siemens funcione como un maestro con los parámetros detallados en la Tabla 5.20.

Tabla 5.20. Direcciones para el control de velocidad

| Dirección | Nombre                     | Función  |
|-----------|----------------------------|--|
| M100.0    | FirstScan                  | Marca de encendido y apagado del bloque                  |
| 269       | Local-CM1241_(RS422_485)_1 | Modelo del puerto de comunicación agregado al PLC        |
| 19200     | Baudios                    | Velocidad de Programación                                |
| 2         | Paridad                    | Detecta errores de transmisión evitando que se corrompan |
| DB3       | Bloque de datos MB_MASTER  | Enlace con el bloque Maestro para enviar ordenes         |

### Programación de bloque de datos.

Para poder enviar datos del PLC Máster se creó un bloque de datos en donde se especificó los datos de control a enviarse, en la Figura 5.31., se puede observar cómo se generó un bloque de datos en TIA PORTAL V16.

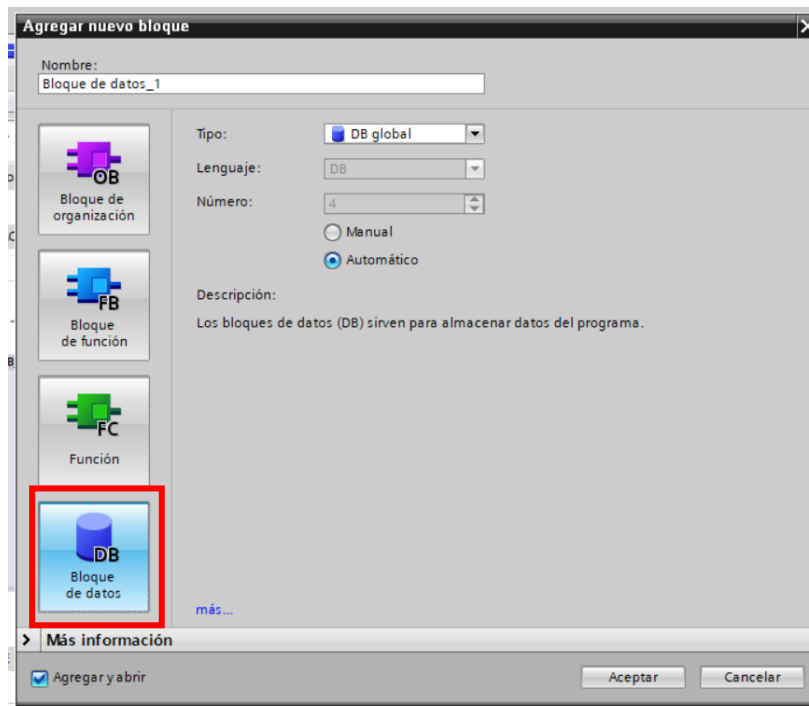


Figura 5.31. Asignación del bloque de datos

Una vez que se creó el entorno del bloque, se insertó los datos a transmitir para el control del motor paso a paso como se detalla en la Figura 5.32.

|    | Nombre           | Tipo de datos | Valor predet. | Valor de arranque | Instantánea | Valor de observación | Remanencia               | Accesible desde HMI/OPC UA/W...     |
|----|------------------|---------------|---------------|-------------------|-------------|----------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| 1  | ...              | ...           | ...           | ...               | ...         | ...                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 2  | VELOCIDAD PAP    | Int           | 0             | 0                 | —           |                      | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3  | INGRESO DE GR... | Int           | 0             | 0                 | —           |                      | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4  | VUELTAS P_ABS    | Int           | 0             | 0                 | —           |                      | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 5  | VUELTAS P_REL    | Int           | 0             | 0                 | —           |                      | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 6  | RUN              | Int           | 0             | 0                 | —           |                      | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 7  | SENTIDO H/A      | Int           | 0             | 0                 | —           |                      | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 8  | ACTIVACION P...  | Int           | 0             | 0                 | —           |                      | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 9  | ON/OFF           | Int           | 0             | 0                 | —           |                      | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 10 | RESET AUTOM...   | Int           | 0             | 0                 | —           |                      | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

Figura 5.32. Datos de transmisión

Para la comunicación modbus se generó un bloque COMM\_LOAD, este bloque cumplió la función de leer y enviar los valores ingresados desde el PLC maestro al esclavo, los datos son INT (enteros de 16 bits) para coincidir con los tipos de datos que se recibió del PLC INVT, los mismos obtuvieron una dirección al ser creados, sus funciones se especifican en la Tabla 5.21.

Tabla 5.21. Datos de salida del programa TIA Portal

| Dirección | Nombre                      | Función                                    |
|-----------|-----------------------------|--|
| DB1.DBW0  | VELOCIDAD PAP               | Control de velocidad del motor paso a paso |
| DB1.DBW2  | INGRESO DE GRADOS           | Ingreso de numero de grados                |
| DB1.DBW4  | VUELTAS P_ABSOLUTA          | Giro del motor en posición absoluta        |
| DB1.DBW6  | VUELTAS P_RELATIVA          | Giro del motor en posición relativa        |
| DB1.DBW8  | RUN                         | Correr o hacer girar el motor              |
| DB1.DBW10 | SENTIDO HORARIO/ANTIHORARIO | Sentido de giro del motor                  |
| DB1.DBW14 | ENCENDIDO Y APAGADO ON/OFF  | Encendido y apagado de cada pantalla       |
| DB1.DBW16 | RESET AUTOMATICO            | Des enclavamiento automático del botón RUN |

### Programación de la velocidad del motor paso a paso

Para permitir al programa comunicarse como maestro con el PLC INVT se utilizó la instrucción MB\_MÁSTER.

Este bloque de programación MB\_MÁSTER ayudó a enviar los datos al esclavo, en la dirección de este bloque se ingresó el puerto MB\_DB del bloque MB\_COMM\_LOAD, mostrado en la Figura 5.33., se detalla el diseño del bloque MB\_MÁSTER programado para el envío de dato de velocidad, este dato abarca de manera global el control del motor paso a paso, dicho bloque es el mismo para la posición absoluta, relativa y en grados.

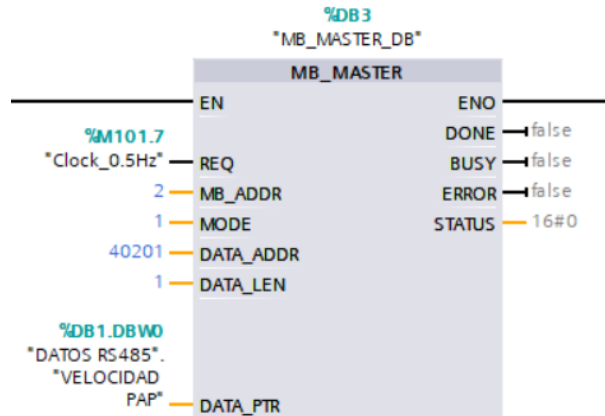


Figura 5.33. Bloque de programación MB\_MÁSTER de velocidad

En la Tabla 5.22., se describe que variables se ingresó para su correcta configuración en el envío de Datos.

Tabla 5.22. Parámetros para el envío de datos

| Dirección | Nombre                   | Función  |
|-----------|--------------------------|--|
| M101.7    | Clock_0.5Hz              | Reloj de activación del bloque MB_MÁSTER   |
| 2         | Dirección                | Dirección de estación  |
| 1         | Dirección de transmisión | Lectura  |
| 40201     | Dato de comunicación     | Dato recibido del PLC esclavo D200 VELOCIDAD, este dato debe sumarse 40001 al registro de retención de datos por la configuración del TIA portal |
| 1         | Numero de datos          | Indica el número de datos que va a recibir del esclavo   |
| DB1.DBW0  | VELOCIDA PAP             | Control de velocidad del motor paso a paso   |

Para la comunicación y envío de datos, se ingresó en la pantalla HMI KTP 400, en donde se empleó el cuadro de programación MOVE su diseño se detalla en la Figura 5.34.

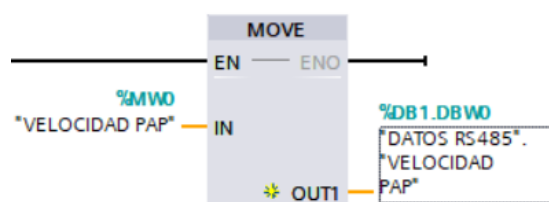


Figura 5.34. Bloque de codificación MOVE.

las variables que se ingresan en este cuadro se especifican en la Tabla 5.23.

Tabla 5.23. Datos para el control de velocidad

| Dirección     | Nombre                                       | Función  |
|---------------|--|--|
| IN (MWO)      | Variable de entrada del HMI<br>VELOCIDAD PAP | La velocidad escrita en esta variable desde el HMI siemens KTP 400 es transportada por la entrada del MOVE hacia la variable enlazada con el bloque de datos |
| OUT(DB1_DBW0) | Variable de salida<br>VELOCIDAD PAP          | Esta variable es enviada para dar una orden de ejecución al esclavo INVT   |

### Selección del número de vueltas en Posición Absoluta.

Para insertar el número de vueltas se copió el mismo bloque MB\_MÁSTER y el bloque de programación MOVE usados para la comunicación de velocidad del motor paso a paso. Esto se realizó para cambiar el dato de velocidad por vueltas en posición absoluta como se detalla en la Figura 5.35.

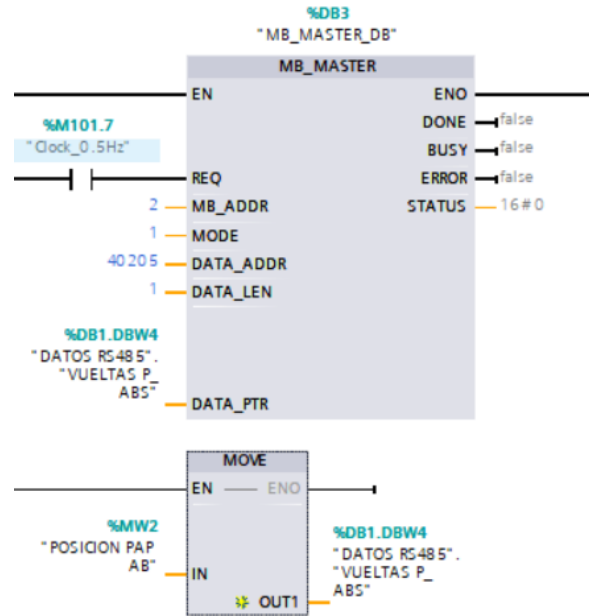


Figura 5.35. Diagrama MB\_MASTER y MOVE para ingresar vueltas en posición absoluta

En la Tabla 5.24., se detalla las variables que se ingresó en los dos bloques de programación para la inserción del número de vueltas en posición relativa.

Tabla 5.24. Variables para la inserción de datos en posición absoluta

| Dirección               | Nombre                      | Función   |
|-------------------------|-----------------------------|---|
| <b>Bloque MB_MASTER</b> |                             |   |
| M101.7                  | Clock_0.5Hz                 | Reloj de activación del bloque MB_MÁSTER  |
| 2                       | Dirección                   | Dirección de estación   |
| 1                       | Dirección de transmisión    | lectura   |
| 40205                   | Dato de comunicación        | Dato recibido del PLC esclavo D204 Vueltas P_Absoluta, este dato debe sumarse 40001 al registro de retención de datos por la configuración del TIA portal |
| 1                       | Numero de datos             | Indica el número de datos que va a recibir del esclavo  |
| DB1.DBW4                | VUELTAS P_ABS               | Control de vueltas en posición absoluta del motor paso a paso   |
| <b>Bloque MOVE</b>      |                             |   |
| Dirección               | Nombre                      | Función   |
| IN (MW2)                | Variable de entrada del HMI | Vueltas en posición absoluta escritas en el HMI siemens   |
|                         | VUELTAS PAB ABS             | KTP 400 es transportada por la entrada del MOVE hacia la variable enlazada con el bloque de datos   |
| OUT(DB1_DBW4)           | Variable de salida          | Esta variable es enviada para dar una orden de ejecución al esclavo INVT  |
|                         | VUELTAS P_ABS               |   |

### Selección el número de vueltas en posición relativa

La posición relativa al momento de controlar los motores paso a paso se refiere a la posición del eje del motor en relación con la posición de referencia o un punto inicial específico. Se puede confundir con la posición absoluta, pero es completamente distinta, pues en este control se definió el número de vueltas en función a un punto de referencia dado el cual debe ser cumplido las veces que el operario solicite.

Para programar el número de vueltas en posición relativa se duplicó los bloques previamente empleados para el ingreso de vueltas en posición absoluta y se cambió el dato de vueltas en posición absoluta por el dato de posición relativa esto se puede observar en la Figura 5.36.

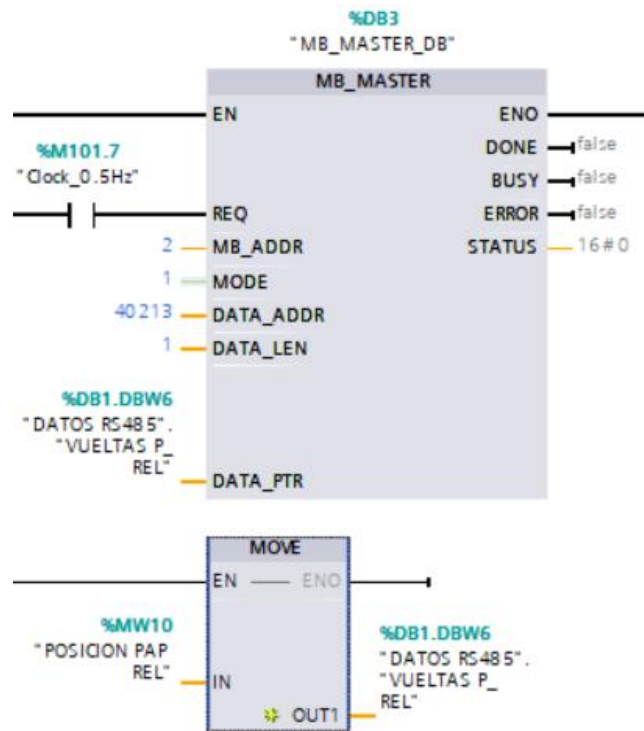


Figura 5.36. Esquema MB\_MASTER y MOVE para ingresar vueltas en posición relativa

En la Tabla 5.25., se detallan las variables y datos que se asoció en los bloques de programación.

Tabla 5.25. Datos para la transmisión de vueltas en posición relativa

| Dirección               | Nombre                   | Función   |
|-------------------------|--------------------------|---|
| <b>Bloque MB_MASTER</b> |                          |   |
| M101.7                  | Clock_0.5Hz              | Reloj de activación del bloque MB_MÁSTER  |
| 2                       | Dirección                | Dirección de estación   |
| 1                       | Dirección de transmisión | lectura   |
| 40213                   | Dato de comunicación     | Dato recibido del PLC esclavo D212 Vueltas P_Relativa, este dato debe sumarse 40001 al registro de retención de datos por la configuración del TIA portal |
| 1                       | Numero de datos          | Indica el número de datos que va a recibir del esclavo  |
| DB1.DBW6                | VUELTAS P_REL            |   |
| <b>Bloque MOVE</b>      |                          |   |
| Dirección               | Nombre                   | Función   |

|               |   |   |
|---------------|---|---|
| IN (MW10)     | Variable de entrada del HMI<br>POSICION PAP REL | El numero de vueltas escritas en esta variable desde el HMI siemens KTP 400 es transportada por la entrada del MOVE hacia la variable enlazada con el bloque de datos |
| OUT(DB1_DBW6) | Variable de salida<br>VUELTAS P_REL             | Esta variable es enviada para dar una orden de ejecución al esclavo INVT  |

### Selección en el cambio de dirección de giro en posición relativa y control de grados

En la programación Maestro-esclavo para el control de un motor paso a paso se integró la función de giro en sentido horario y antihorario, se insertó un bloque MB\_MASTER con tres bloques MOVE programados con contactos abiertos y cerrados para la activación de cada uno, el proceso descrito se puede observar en la Figura 5.37.

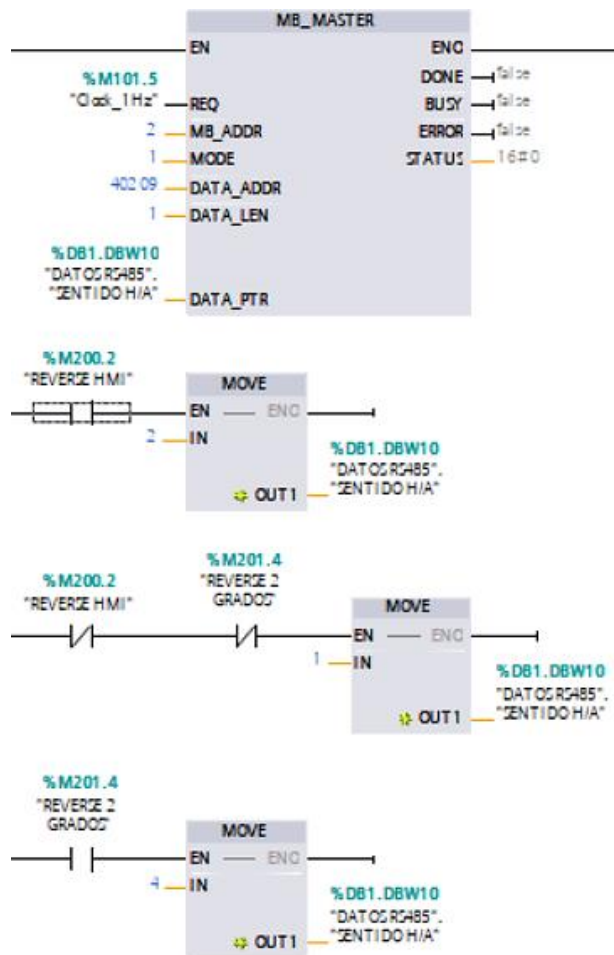


Figura 5.37. Esquema MB\_MASTER y MOVE para el cambio del sentido de giro

Las variables que se estableció en cada bloque de programación se muestran en la Tabla 5.26.

Tabla 5.26. Direcciones para el cambio de giro en posición relativa y grados

| Dirección           | Nombre  | Función  |
|---------------------|---|--|
| <b>MB_MASTER</b>    |   |  |
| M101.7              | Clock_0.5Hz   | Reloj de activación del bloque MB_MÁSTER   |
| 2                   | Dirección   | Dirección de estación  |
| 1                   | Dirección de transmisión  | lectura  |
| 40209               | Dato de comunicación  | Dato recibido del PLC esclavo D208 Giro H/A, este dato debe sumarse 40001 al registro de retención de datos por la configuración del TIA portal                                    |
| 1                   | Numero de datos   | Indica el número de datos que va a recibir del esclavo   |
| DB1.DBW10           | SENTIDO H/A   | Control sentido de giro en posición absoluta y grados del motor paso a paso  |
| <b>MOVE 1</b>       |   |  |
| Dirección           | Nombre  | Función  |
| EN (M200.2)         | Variable booleana de entrada del HMI GIRO H/A REL                 | El sentido horario o antihorario escrita en esta variable desde el HMI siemens KTP 400 es transportada por la entrada EN del MOVE  |
| IN (2)              | Comparador de activación de sentido de giro                       | El numero comparador de activación escrita en esta variable desde el HMI siemens KTP 400 es transportada por la entrada del MOVE hacia la variable enlazada con el bloque de datos |
| OUT(DB1_DBW10)      | Variable de salida Sentido H/A                                    | Esta variable es enviada para dar una orden de ejecución al esclavo INVT   |
| <b>MOVE 2</b>       |   |  |
| Dirección           | Nombre  | Función  |
| EN (M200.2 y 201.4) | Variable booleana de entrada del HMI GIRO H/A REL-GIRO H/A GRADOS | El sentido horario o antihorario escrita en esta variable desde el HMI siemens KTP 400 es transportada por la entrada EN del MOVE  |
| IN (1)              | Comparador de activación de sentido de giro                       | El numero comparador de activación escrita en esta variable desde el HMI siemens KTP 400 es transportada por la entrada del MOVE hacia la variable enlazada con el bloque de datos |
| OUT(DB1_DBW10)      | Variable de salida Sentido H/A                                    | Esta variable es enviada para dar una orden de ejecución al esclavo INVT   |
| <b>MOVE 3</b>       |   |  |
| Dirección           | Nombre  | Función  |
| EN (M201.4)         | Variable booleana de entrada del HMI GIRO H/A GRADOS              | El sentido horario o antihorario escrita en esta variable desde el HMI siemens KTP 400 es transportada por la entrada EN del MOVE  |
| IN (4)              | Comparador de activación de sentido de giro                       | El numero comparador de activación escrita en esta variable desde el HMI siemens KTP 400 es transportada por la entrada del MOVE hacia la variable enlazada con el bloque de datos |
| OUT(DB1_DBW10)      | Variable de salida Sentido H/A                                    | Esta variable es enviada para dar una orden de ejecución al esclavo INVT   |

## Control de posición en grados

La posición por grados en el control de motores paso a paso se lo realizó teniendo en cuenta el número de pulsaciones que se le ingresó desde el HMI siemens y el PLC INVT lo receiptó. En la Figura 5.38., detalla cómo se insertó el bloque de comunicación MB\_MASTER y un MOVE para el control de grados en el motor paso a paso.

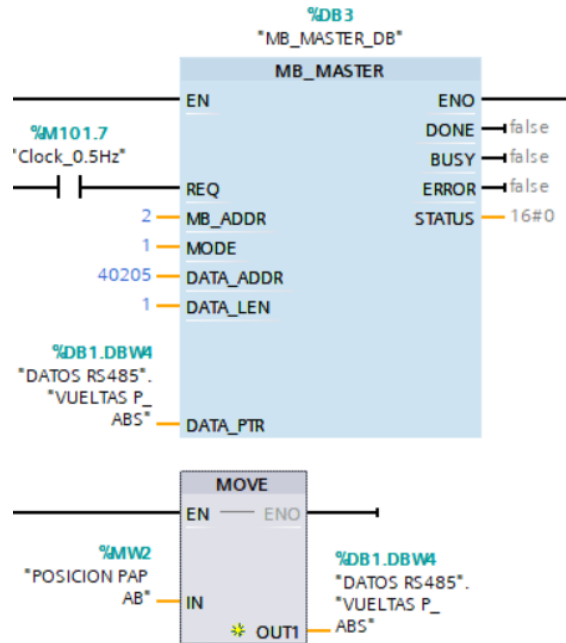


Figura 5.38. MB\_MASTER y un MOVE para el control de grados

La Tabla 5.27., especifica las variables que se insertó para controlar los grados del motor paso a paso

Tabla 5.27. Datos para el control por grados del motor paso a paso

| Bloque MB_MASTER |   |   |
|------------------|---|---|
| Dirección        | Nombre                                  | Función   |
| M101.7           | Clock_0.5Hz                             | Reloj de activación del bloque MB_MÁSTER  |
| 2                | Dirección                               | Dirección de estación   |
| 1                | Dirección de transmisión                | lectura   |
| 40203            | Dato de comunicación                    | Dato recibido del PLC esclavo D202 salida de grados, este dato debe sumarse 40001 al registro de retención de datos por la configuración del TIA portal     |
| 1                | Numero de datos                         | Indica el número de datos que va a recibir del esclavo  |
| DB1.DBW2         | INGRESO DE GRADOS                       | Control sentido de giro en posición absoluta y grados del motor paso a paso   |
| Bloque MOVE      |   |   |
| Dirección        | Nombre                                  | Función   |
| IN (MW4)         | GRADOS PAP                              | Los grados escritos en esta variable desde el HMI siemens KTP 400 es transportada por la entrada del MOVE hacia la variable enlazada con el bloque de datos |
| OUT(DB1_DBW2)    | Variable de salida<br>INGRESO DE GRADOS | Esta variable es enviada para dar una orden de ejecución al esclavo INVT  |

## 5.5. Configuración del software Auto Station para el PLC INVT IVC1L (SLAVE)

Es claro que el software está destinado al entorno de programación de los PLCs, por tal motivo se definió las instrucciones y funciones lógicas que se empleó en el espacio de trabajo para el cumplimiento de las operaciones a las cuales esta segmentada, cabe mencionar que cada programación se acoge a las necesidades operacionales a controlar en este caso como se realizó esquematizaciones previas al funcionamiento en su papel de esclavo se cargó previamente el programa desarrollado para su funcionamiento.

### Identificación de las variables para la comunicación

Es importante identificar las variables con las que se trabajó al momento del desarrollo de la programación en el entorno de Auto Station, esto permitió mantener un programa fluido y que no presenten complicaciones al momento que se puso en operación junto a los demás dispositivos en conjunto, lo que garantizó el control adecuado del equipo en cuestión.

En la Tabla 5.28., se da detalles de las direcciones de los elementos en los cuales se recibió los datos y se transmitió al HMI, para comprender mejor la organización de los datos.

Tabla 5.28. Variables de recepción y envío.

| <b>Comunicación</b>      |                     |         |                          |       |
|--------------------------|---------------------|---------|--------------------------|-------|
| <b>Descripción</b>       | <b>Registro PLC</b> |         | <b>Visualización HMI</b> |       |
| Ingreso velocidad        | D200                | recepta | D20                      | Envía |
| Ingreso Vueltas Grados   | D202                | recepta | D40                      | Envía |
| Ingreso Vueltas absoluta | D204                | recepta | D10                      | Envía |
| RUN                      | D206                | recepta | D90                      | Envía |
| Ingreso reverso          | D208                | recepta | D92                      | Envía |
| ON /OFF                  | D210                | recepta | D94                      | Envía |
| Ingreso Vueltas relativo | D212                | recepta | D30                      | Envía |

### Control del motor paso a paso

En el desarrollo de la investigación se identificó las salidas que se encuentran en el autómata programable, para el desarrollo de la programación fue indispensable conocer las variables lo que permitió utilizarlas adecuadamente sin que haya complicaciones en la comunicación, en la Tabla 5.29., se detallan cada una de estas salidas.

Tabla 5.29. Variables de salida del PLC INVT

| <b>Variables de salida del PLC</b> |  |
|------------------------------------|--|
| <b>Variable</b>                    | <b>Descripción</b>   |
| Y0                                 | Salidas designadas a la generación de pulsos de alta velocidad en cantidades específicas de acuerdo con la frecuencia asignada por instrucción |
| Y1                                 |  |
| Y2                                 | Salidas empleadas para el control  |
| Y3                                 |  |
| Y4                                 |  |
| Y5                                 |  |


Se logró la correcta identificación de las variables que se encuentran a la salida del PLC INVT IVC1L, el siguiente paso que se realizó fue la identificación de las variables, instrucciones y cálculos a realizarse en el control del motor en posición absoluta, posición relativa y el control de posición por grados.

### **Variables para el control por posición absoluta**

En la Tabla 5.30., se describen las variables y funciones que se empleó para el control del motor mediante la posición absoluta.

Tabla 5.30. Variables para control de posición absoluta

| <b>Variables y funciones para posición absoluta</b> |                          |  |
|---|--------------------------|--|
| <b>Variable o función</b>                           | <b>Dirección o marca</b> | <b>Descripción</b>   |
| Inicio del software                                 | SM0                      | Elemento que mantiene un bit alto en el estado de RUN y en el estado de STOP un valor de 0   |
| MUL   | -                        | Función de multiplicación, cuando el flujo de energía es válido S1 multiplica por S2 y el resultado de la operación se le asigna a D   |
| ITD   | -                        | Función doble entero, cuando el flujo de energía es válido, D toma valores doble entero del valor de S.  |
| DRVA  | -                        | Estructura de control de posición absoluta, genera pulsaciones de salida de alta velocidad en cantidades específicas de acuerdo a la frecuencia asignada y cuenta el número de pasos designada a la dirección específica "SD211" |
| RST   | -                        | Instrucción de reseteo   |
| RUN   | M1                       | Marca para puesta en funcionamiento  |
| ON  | M200                     | Marca para el encendido de la pantalla   |
| Enclavamiento                                       | M2                       | Marca para el enclavamiento de la puesta en funcionamiento   |
| Ingreso de número de vueltas                        | D10                      | Registro de dato, almacena el dato del número de vueltas ingresado   |
| Salida de pulsos                                    | D15                      | Registro de dato, almacena el número de pulsos después de la operación   |

|   |      |  |
|---|------|--|
| Ingreso de la frecuencia  | D20  | Registro de datos, almacena el número de la frecuencia ingresado                       |
| Salida doble entero   | D25  | Registro de dato, almacena el dato doble entero después de la operación                |
| Des enclavamiento   | SM83 | Llegado el número de pulsaciones establecida esta función genera el des enclavamiento. |
|  | -    | Es un detector de flanco descendente de flujo de energía                               |

### Transformación de datos en la programación

Al inicio se detalló la configuración del driver paso a paso que se realizó para que este completara una vuelta en 1600 pasos, al momento que se ingresó el valor por medio del HMI Siemens, el valor que lee es entero, por tal motivo se vio en la necesidad de utilizar una instrucción de multiplicación, esta función se aprecia en la Figura 5.39.

#### Ladder diagram :



Figura 5.39. Función de multiplicación.

Cuando el flujo de energía es válido la operación multiplicación se da de la siguiente forma: S1 multiplica a S2 y el resultado de la operación es signado a D.

- S1: operando fuente 1
- S2: operando fuente 2
- D: operando de destino

#### Ingreso y cambio del tipo de dato

Cuando se ingresó un dato desde el entorno Siemens por medio del HMI, el valor que se obtuvo fue entero, pero la instrucción en el software de Auto Station opera con datos de tipo doble entero, para llevar a cabo esta transformación fue necesario la inclusión de una instrucción y su estructura se logra evidenciar en la Figura 5.40.

#### Ladder diagram :

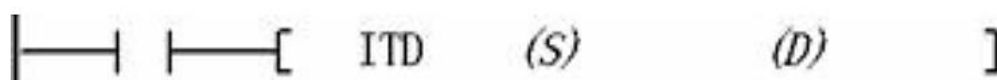


Figura 5.40. Función de lectura doble entero

Cuando el flujo de energía es válido, D toma valor doble entero del valor ingresado en S.

- S: operando fuente
- D: operando de destino

### Instrucción DRVA

Instrucción de control de posición absoluta, que se ingresó en el entorno permitió generar pulsaciones de alta velocidad en cantidades específicas dependiendo de la frecuencia que se le asignó, el valor en el HMI se pudo contar a través de una función especial con dirección específica “SD211”, de esta manera hizo que, si la posición ingresada es la inicial, el sentido de giro se invierte para cumplir con lo configurado, la estructura de la función se la puede visualizar en la Figura 5.41.

Ladder diagram:



Figura 5.41. Función de operación para control de posición absoluta


- S1: Posición de destino (asignación absoluta). Instrucción de 32 bits: -999999~+999999
- S2: frecuencia de pulso de salida (Hz). Instrucción de 32 bits: IVC1, IVC2: 10~100000(Hz):10~200000(Hz).
- D1: Dirección inicial de salida de pulsos de alta velocidad. Para IVC1, sólo se pueden asignar Y0 e Y1; para IVC1L, sólo se pueden asignar Y0, Y1, Y2 e Y3; para IVC2H, sólo se pueden asignar Y0, Y2, Y4, Y5, Y6 e Y7.
- La salida del PLC debe adoptar el modo de salida de transistor.
- D2: dirección inicial de la salida de señal de dirección giratoria

La instrucción de posición absoluta a través del enclavamiento realizado permitió ejecutar la instrucción hasta terminar el total de pulsos ingresados desde el HMI siemens cabe aclarar que para el des enclavamiento automático de esta función se ingresó un contacto normalmente abierto con la dirección SM83, acompañado del detector de flanco descendente de flujo de energía y mediante la función RST se indujo al reseteo del elemento mencionado.

### Variables para el control por posición relativa

En la Tabla 5.31., se detallan los parámetros que se usó en la programación para el desarrollo del control por posición relativa.

Tabla 5.31. Variables para control de posición relativa.

| <b>Variables y funciones para posición relativa</b>                                 |                          |  |
|---|--------------------------|--|
| <b>Variable o función</b>   | <b>Dirección o marca</b> | <b>Descripción</b>   |
| Inicio del software   | SM0                      | Elemento que mantiene un bit alto en el estado de RUN y en el estado de STOP un valor de 0   |
| MUL   | -                        | Función de multiplicación, cuando el flujo de energía es válido S1 multiplica por S2 y el resultado de la operación se le asigna a D   |
| ITD   | -                        | Función doble entero, cuando el flujo de energía es válido, D toma valores doble entero del valor de S.  |
| DRVI  | -                        | Estructura de control de posición absoluta, genera pulsaciones de salida de alta velocidad en cantidades específicas de acuerdo a la frecuencia asignada y cuenta el número de pasos designada a la dirección específica "SD211" |
| RST   | -                        | Instrucción de reseteo   |
| RUN   | M3                       | Marca para puesta en funcionamiento  |
| ON  | M300                     | Marca para el encendido de la pantalla   |
| Enclavamiento   | M4-M5                    | Marca para el enclavamiento de la puesta en funcionamiento   |
| Ingreso de número de vueltas  | D30                      | Registro de dato, almacena el dato del número de vueltas ingresado   |
| Salida de pulsos  | D35-D45                  | Registro de dato, almacena el número de pulsos después de la operación   |
| Ingreso de la frecuencia  | D20                      | Registro de datos, almacena el número de la frecuencia ingresado   |
| Salida doble entero   | D25                      | Registro de dato, almacena el dato doble entero después de la operación  |
| Des enclavamiento   | SM83                     | Llegado el número de pulsaciones establecida esta función genera el des enclavamiento.   |
|  | -                        | Es un detector de flanco descendente de flujo de energía   |

### Transformación de datos en la programación

El proceso se repite de la misma forma que en la posición absoluta, después de la configuración del driver paso a paso que se realizó para que este completara una vuelta en 1600 pasos, al momento que se ingresó el valor por medio del HMI Siemens, el valor que lee es entero, por tal motivo se vio en la necesidad de utilizar una instrucción de multiplicación, esta función se aprecia en la Figura 5.42.

### Ladder diagram:

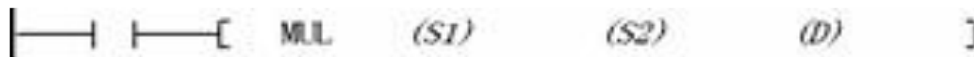


Figura 5.42. Variable de multiplicación para control de posición relativa.

Cuando el flujo de energía es válido la operación multiplicación se da de la siguiente forma: S1 multiplica a S2 y el resultado de la operación es signado a D.

- S1: operando fuente 1
- S2: operando fuente 2
- D: operando de destino

### Ingresado y cambio del tipo de dato

Al momento que se ingresó un dato desde el entorno Siemens por medio del HMI, el valor obtenido es entero, pero la instrucción en el entorno de Auto Station opera con datos de tipo doble entero, para llevar a cabo esta transformación fue necesaria la inclusión de una instrucción y su estructura se diferencia en la Figura 5.43.

### Ladder diagram:

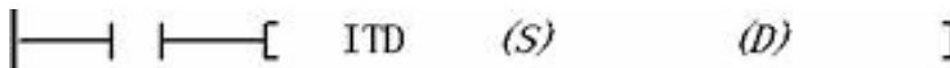


Figura 5.43. Función de lectura de doble entero para control de posición relativa

Cuando el flujo de energía es válido, D toma valor doble entero del valor ingresado en S.

- S: operando fuente
- D: operando de destino

### Instrucción DRVI

Instrucción de control de posición relativa, la cual se registró en el entorno permitió generar pulsaciones de alta velocidad en cantidades específicas dependiendo de la frecuencia que se asignó, de esta manera esta función cuenta el número de pasos desde la última posición en la que se encontraba el motor, volviendo a ponerse en marcha cumpliendo el parámetro establecido en lo configurado, la estructura de la función se la puede apreciar en la Figura 5.44.

Ladder diagram:



Figura 5.44. Instrucción de control de posición relativa.

- S1: número de pulso de salida (asignación relativa). Instrucción de 32 bits: -999999~+999999
- S2: frecuencia de pulso de salida (Hz). Instrucción de 32 bits: IVC1, IVC2: 10 ~ 100000 (Hz): 10 ~ 200000 (Hz)
- D1: Dirección inicial de salida de pulsos de alta velocidad. Para IVC1, sólo se pueden asignar Y0 e Y1; para IVC1L, sólo se pueden asignar Y0, Y1, Y2 e Y3; para IVC2H, sólo se pueden asignar Y0, Y2, Y4, Y5, Y6 e Y7.
- D2: dirección inicial de la salida de señal de dirección giratoria, correspondiente a la condición positiva/negativa de S1, actuando de acuerdo con lo siguiente.


La instrucción de posición relativa a través del enclavamiento realizado, permitió ejecutar la instrucción hasta terminar el total de pulsos ingresados desde el HMI Siemens aclarando que para el desenclavamiento automático de esta función se ingresó un contacto normalmente abierto con la dirección SM83 encargada de la monitorización de la salida Y1 acompañado del detector de flanco descendente de flujo de energía y mediante la función RST se induce al reseteo del elemento mencionado.

### Variables para el control por posición por grados

En la Tabla 5.32., se pueden observar los parámetros a cumplirse para lograr el control de grados.

Tabla 5.32. Variables para control de posición en grados

| Variables y funciones para posición por grados |                   |  |
|--|-------------------|--|
| Variable o función                             | Dirección o marca | Descripción  |
| Inicio del software                            | SM0               | Elemento que mantiene un bit alto en el estado de RUN y en el estado de STOP un valor de 0   |
| MUL  | -                 | Función de multiplicación, cuando el flujo de energía es válido S1 multiplica por S2 y el resultado de la operación se le asigna a D       |
| DDIV   | -                 | Función de división de enteros, cuando el flujo de energía es válido, S1 se divide para S2 y el resultado de la operación se le asigna a D |
| ITD  | -                 | Función doble entero, cuando el flujo de energía es válido, D toma valores doble entero del valor de S.                                    |

|   |         |  |
|---|---------|--|
| DRVI  | -       | Estructura de control de posición absoluta, genera pulsaciones de salida de alta velocidad en cantidades específicas de acuerdo a la frecuencia asignada y cuenta el número de pasos designada a la dirección específica "SD211" |
| RST   | -       | Instrucción de reseteo   |
| RUN   | M6      | Marca para puesta en funcionamiento  |
| ON  | M400    | Marca para el encendido de la pantalla   |
| Enclavamiento   | M7-M8   | Marca para el enclavamiento de la puesta en funcionamiento   |
| Ingreso de posición en grados   | D40     | Registro de dato, almacena el dato del número de grados ingresados   |
| Salida de pulsos  | D55-D60 | Registro de dato, almacena el número de pulsos después de la operación   |
| Ingreso de la frecuencia  | D20     | Registro de datos, almacena el número de la frecuencia ingresado   |
| Salida doble entero   | D70-D90 | Registro de dato, almacena el dato doble entero después de la operación  |
| Des enclavamiento   | SM83    | Llegado el número de pulsaciones establecida esta función genera el des enclavamiento.   |
|  | -       | Es un detector de flanco descendente de flujo de energía   |

### Transformación de datos en la programación

Una vez que se realizó la configuración del driver paso a paso para que este completara una vuelta en 1600 pasos, al momento que se ingresó el valor por medio del HMI Siemens, este número es entero, por tal motivo se vio la necesidad de utilizar una instrucción de multiplicación, esta función se considera en la Figura 5.45.

#### Ladder diagram:

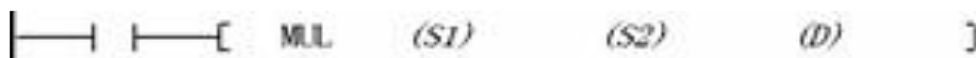


Figura 5.45. Variable de multiplicación para control de grados.

Cuando el flujo de energía es válido la operación multiplicación se da de la siguiente forma: S1 multiplica a S2 y el resultado de la operación es signado a D.

- S1: operando fuente 1
- S2: operando fuente 2
- D: operando de destino

### Ingreso y cambio del tipo de dato

Cuando se ingresó un dato desde el entorno Siemens por medio del HMI, el número es entero, pero la instrucción en el programa de Auto Station opera con datos de tipo doble entero, para llevar a cabo esta transformación se utilizó la inclusión de una instrucción y su estructura se muestra en la Figura 5.46.

#### Ladder diagram:

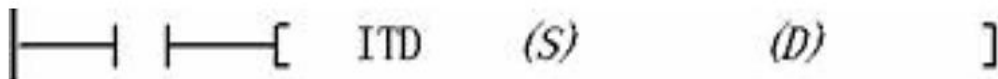


Figura 5.46. Función de lectura de doble entero para control de grados

Cuando el flujo de energía es válido, D toma valor doble entero del valor ingresado en S.

- S: operando fuente
- D: operando de destino

### Instrucción DDIV

Instrucción de división, es conocido el número de pulsaciones que se ingresó a través del HMI Siemens fue de suma importancia aplicar esta función para determinar el número de grados que debe girar el motor paso a paso, para el cumplimiento de estos parámetros la estructura de la función se registra en la Figura 5.47.

#### Ladder diagram:

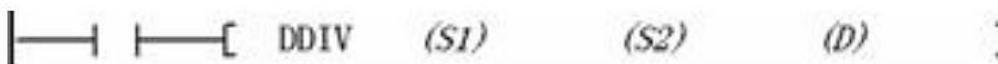


Figura 5.47. Instrucción de control de posición relativa.

Cuando el flujo de energía sea válido, divide S1 por S2, asigne el resultado a D (D contiene 4 celdas, las dos primeras celdas almacenan el cociente, las dos últimas almacenan el valor residual)

- S1: operando fuente 1
- S2: operando fuente 2
- D: operando de destino

La instrucción DRVI a través del enclavamiento realizado permitió ejecutar la instrucción hasta terminar el total de pulsos ingresados desde el HMI Siemens cabe aclarar que para el des enclavamiento automático de esta función se ingresó un contacto normalmente abierto con la

dirección SM83 encargada de la monitorización de la salida Y1 acompañado del detector de flanco descendente de flujo de energía y mediante la función RST se induce al reseteo del elemento mencionado.

## 5.6. Resultados de monitoreo

### Resultados en el control por posición absoluta

Antes de poner en funcionamiento el motor se estableció los parámetros del número de vueltas y la frecuencia por medio del HMI KTP400 de la familia Siemens estos valores se visualizan en la Figura 5.48., estos mismos valores se los visualizó en el HMI WECON, lo cual confirma la correcta transmisión de datos entre los PLCs Siemens S7-1200 y el PLC INVT IVC1L, estos datos de transmisión se los puede apreciar en la Figura 5.49.

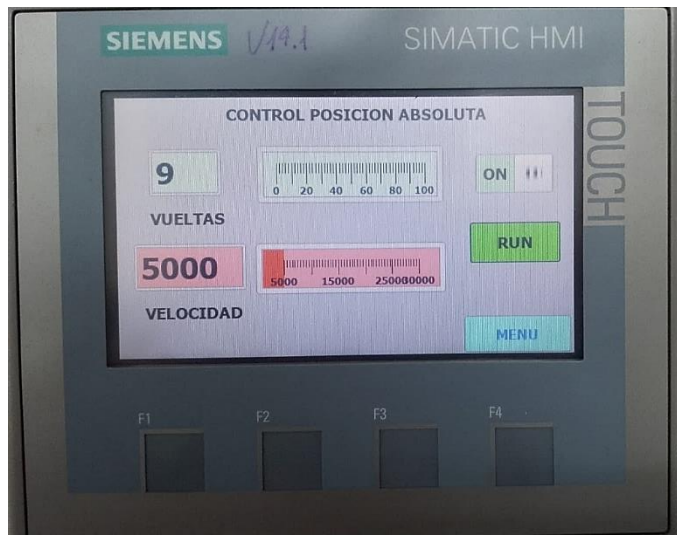


Figura 5.48. Pantalla programada en HMI Siemens



Figura 5.49. Pantalla programada en HMI Wecon

## Resultados en el control por posición relativa

De la misma manera se insertó valores tales como número de vueltas y la frecuencia desde el HMI KTP400 de la familia Siemens esto se puede ver en la Figura 5.50., cabe mencionar que en este sistema se pudo controlar el sentido de giro de los motores, estos mismos valores se logró visualizar en el HMI WECON, lo cual confirma la transmisión de datos entre los PLCs Siemens S7-1200 y el PLC INVT IVC1L, los mismos que se pueden apreciar en la Figura 5.51.



Figura 5.50. Pantalla HMI Siemens en posición relativa

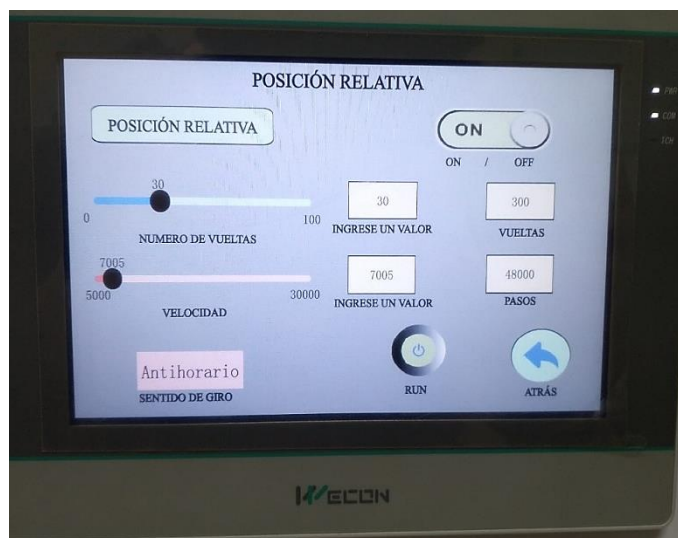


Figura 5.51. Pantalla HMI Wecon en posición relativa

## Resultados en el control por posición por grados

En la Figura 5.52., se puede evidenciar como se ingresó a través de la pantalla HMI KTP400 de la familia Siemens el número de grados de la misma manera la frecuencia, cabe mencionar que en este sistema se pudo controlar el sentido de giro de los motores, estos mismos valores se logró visualizar en el HMI WECON, lo cual confirma la transmisión de datos entre los PLCs

Siemens S7-1200 y el INVT IVC1L, los datos de transmisión se los puede apreciar en la Figura 5.53.



Figura 5.52. Pantalla HMI Siemens en posición de grados



Figura 5.53. Pantalla HMI Wecon en posición de grados

Se realizó varias pruebas para comprobar el funcionamiento de la red de comunicación RS 485, por medio del HMI KTP400 se ingresó otros valores de número de vueltas y la frecuencia como se puede evidenciar en la Figura 5.54., y Figura 5.55.

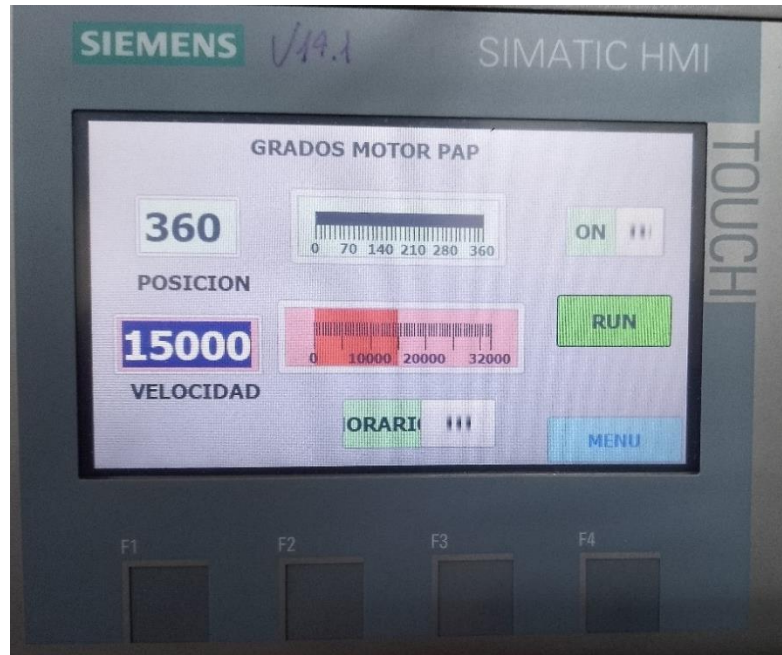


Figura 5.54. Datos ingresados en Pantalla HMI Siemens



Figura 5.55. Datos ingresados en Pantalla HMI Wecon

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1. Conclusiones**

- Con la revisión bibliográfica exhaustiva se estableció la gran variedad de redes de comunicación que se implementaron en el área de la automatización industrial, resaltando el protocolo Modbus RS 485, con la aplicación en el control de los motores paso a paso esta red permitió realizar comunicaciones entre múltiples dispositivos de diferente marca teniendo un sistema confiable en la transmisión de datos.
- El esquema maestro-esclavo que se realizó entre los equipos multi marca permitió tener una comunicación fluida con una velocidad de transmisión de 19600 baudios a una distancia de 1 metro entre los dispositivos Siemens S7-1200 y el PLC de la marca INVT IVC1L mejorando las características técnicas de la red teniendo un monitoreo y control mejorado del sistema en ejecución.
- A través del monitoreo en tiempo real del sistema de comunicación RS 485 se identificó las posibles irregularidades en la transmisión y recepción de las señales enviadas mediante la visualización y comparación de datos ingresados en los dispositivos maestro de esta manera quedó demostrada la integridad del sistema y su confiabilidad al momento de su operación.
- Con el análisis de las características técnicas de cada uno de los equipos se optó por el PLC INVT IVC1L debido a la ventaja que brinda sus dos puertos para realizar comunicaciones de red modbus RS 85, de la misma forma, el dispositivo HMI WECON PI3070ig-0 ofrece facilidades de adquisición de software libre y sencillo para el desarrollo de programaciones.

### **6.2. Recomendaciones**

- Se recomienda realizar pruebas con la aplicación de distintos tipos de cargas en los motores y analizar el comportamiento de los datos en el envío y recepción hacia cada uno de los dispositivos.
- Por otro lado, para obtener un monitoreo confiable y un control adecuado se sugiere utilizar los conductores estandarizados en el tipo de comunicación RS 485 lo cual permitirá tener un sistema más robusto en el envío y recepción de datos.

- Finalmente, tener en cuenta los parámetros de ajustes recomendados al momento de configurar cada dispositivo basándose en las guías técnicas de cada fabricante de los equipos.
- Con el análisis de las características técnicas de cada uno de los equipos se optó por el PLC INVT IVC1L debido a la ventaja que brinda sus dos puertos para realizar comunicaciones de red modbus RS 85, así mismo, el dispositivo HMI WECON PI3070ig-0 ofrece facilidades de adquisición de software libre y sencillo para el desarrollo de su programación.

## 7. REFERENCIAS

- [1] «Nomenclatura internacional de UNESCO para los campos de Ciencia y Tecnología», 2010, Accedido: 19 de agosto de 2024. Disponible en: <https://atenea.epn.edu.ec/handle/25000/317>
- [2] «Universidad Técnica de Cotopaxi > INVESTIGACIÓN > Lineas Investigación». Accedido: 10 de agosto de 2024. Disponible en: <http://www.utc.edu.ec/INVESTIGACION%20Lineas-Investigacion>
- [3] D. S. Burga Mañay y C. E. Navarrete Bravo, «“Desarrollo de una red de comunicación RS485 para el control de motores paso a paso industriales”», 2024, Accedido: 19 de agosto de 2024. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11874>
- [4] K. A. Maiquiza Toapanta y M. F. Cando Pillo, «Desarrollo de una red de comunicación Modbus para el monitoreo y control de un servomotor», mar. 2024, Accedido: 19 de agosto de 2024. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11988>
- [5] E. F. García, J. C. Q. Quezada, A. E. S. Galindo, H. C. Medina, y E. M. Jiménez, «Implementación de protocolo MODBUS RTU en la comunicación de un PAC y un variador de velocidad para el control automático de motores eléctricos», *Boletín Científico INVESTIGIUM de la Escuela Superior de Tizayuca*, vol. 3, n.º 5, Art. n.º 5, jul. 2017, doi: 10.29057/est.v3i5.2428.
- [6] andhurta, «▷ Protocolo Modbus | Para Principiantes», EEYMUC. Accedido: 10 de agosto de 2024. Disponible en: <https://eeymuc.co/31-protocolo-modbus/>
- [7] A. F. R. Olaya, A. B. López, y F. G. G. Moreno, «Implementación de una Red MODBUS/TCP», *Ingeniería y Competitividad*, vol. 6, n.º 2, Art. n.º 2, jun. 2004, doi: 10.25100/iyv.v6i2.2277.
- [8] Marketing, «Modbus RTU: El protocolo industrial de comunicación por excelencia», Ditel Diseños y Tecnología S.A. Accedido: 12 de agosto de 2024. Disponible en: <https://www.ditel.es/modbus-rtu-el-protocolo-industrial-de-comunicacion-por-excelencia/>
- [9] J. J. Rabadán Barastegui, «Diseño y desarrollo de una red MODBUS RTU basada en Arduino», 2017, Accedido: 19 de agosto de 2024. Disponible en: <https://idus.us.es/handle/11441/69399>
- [10] J. J. Alvarez Gonzáles y R. S. Castro Chambi, «Diseño e implementación de un módulo didáctico de automatización por redes de comunicación industrial PROFINET, PROFIBUS, MODBUS mediante PLC y periféricos maestro y esclavo», ago. 2021, Accedido: 12 de agosto de 2024. Disponible en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/11103>
- [11] G. A. A. Hernandez y O. P. Ardila, «Desarrollo de un sistema electrónico para comunicación remota en dispositivos industriales Modbus RTU a través de MQTT», *REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGIAS DE AVANZADA (RCTA)*, vol. 1, n.º 43, Art. n.º 43, mar. 2024, doi: 10.24054/rcta.v1i43.2800.
- [12] J. A. Sancan Choez y B. W. Puerto Del Salto, «Diseño e implementación de una red modbus utilizando plc's y vfd's», bachelorThesis, Espol, 2018. Accedido: 19 de agosto de 2024. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/47485>

- [13] J. J. Alvarez Gonzáles y R. S. Castro Chambi, «Diseño e implementación de un módulo didáctico de automatización por redes de comunicación industrial PROFINET, PROFIBUS, MODBUS mediante PLC y periféricos maestro y esclavo», ago. 2021, Accedido: 19 de agosto de 2024. Disponible en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/11103>
- [14] J. D. Mejía Herrera, «Implementación de una red MODBUS RTU con PLC S7-1200 para el control y monitoreo de dos estaciones de procesos», bachelorThesis, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Tecnología en Electrónica e Instrumentación., 2016. Accedido: 19 de agosto de 2024. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/25657>
- [15] J. J. Cachago Gómez, «Implementación de un sistema de comunicación modbus TCP entre el PLC S7-300 y S7-1200», bachelorThesis, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Tecnología en Electrónica e Instrumentación., 2020. Accedido: 12 de agosto de 2024. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/25824>
- [16] «Industria 4.0. La cuarta revolución industrial.pdf». Accedido: 12 de agosto de 2024. Disponible en: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/165996/Garc%C3%ADa%20-%20Industria%204.0.%20La%20cuarta%20revoluc%C3%B3n%20industrial.pdf?sequence=1%20\(pag%204\)](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/165996/Garc%C3%ADa%20-%20Industria%204.0.%20La%20cuarta%20revoluc%C3%B3n%20industrial.pdf?sequence=1%20(pag%204))
- [17] «Moreno - AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES.pdf». Accedido: 12 de agosto de 2024. Disponible en: [https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/ba85b785-46cb-49e6-a006-a8626d4177e1/TOC\\_4116\\_01\\_01.pdf?guest=true](https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/ba85b785-46cb-49e6-a006-a8626d4177e1/TOC_4116_01_01.pdf?guest=true)
- [18] «Gómez et al. - MONOGRAFÍA PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TE.pdf». Accedido: 12 de agosto de 2024. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/25824/2/M-ESPEL-ENT-0185.pdf>
- [19] V. A. Maldonado Reinoso, «Desarrollo de un servidor de datos industrial con protocolo Modbus TCP para los 8 códigos de función básicos», bachelorThesis, Quito, 2021., 2021. Accedido: 19 de agosto de 2024. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21515>
- [20] «Chamorro y Toro - PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL.pdf». Accedido: 13 de agosto de 2024. Disponible en: <https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/1874/Informe%20de%20seminario.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [21] F. Morales, G. Haro, M. Escalona, y R. M. Toasa G, «Sistema de control y monitoreo bajo los protocolos ethernet y modbus rtu en el control de sistemas de cintas transportadoras para línea embotelladora de bebidas», *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, vol. E27, pp. 636-649, mar. 2020.
- [22] O. F. Herrán Reginfo, «Prototipo de sistema de supervisión de acceso utilizando la identificación de radiofrecuencia y la tecnología Bluetooth para la transmisión de datos», bachelorThesis, SANGOLQUÍ / ESPE / 2009, 2009. Accedido: 19 de agosto de 2024. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/320>

- [23] W. A. Remache Benavides, «Diseño de una red ETHERNET/IP para la implantación de un ambiente industrial», bachelorThesis, ESPE / SANGOLQUÍ / 2009, 2009. Accedido: 19 de agosto de 2024. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/482>
- [24] D. M. Mora Castro, «Implementación de un Sistema Automático de Control de un Generador de la Central Hidráulica la Península», bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera Ingeniería Electrónica y Comunicaciones, 2007. Accedido: 19 de agosto de 2024. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/327>
- [25] F. Morales, G. Haro, M. Escalona, y R. M. Toasa G, «Sistema de control y monitoreo bajo los protocolos ethernet y modbus rtu en el control de sistemas de cintas transportadoras para línea embotelladora de bebidas», *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, vol. E27, pp. 636-649, mar. 2020.
- [26] O. Weis, «Qué es RS485 - Guía de la Comunicación RS485 [2024]», Electronic Team, Inc. Accedido: 13 de agosto de 2024. Disponible en: <https://www.eltime.com/es/article/rs485-communication-guide/>
- [27] «Diseño de un autómatas programable para ambiente académico». Accedido: 19 de agosto de 2024. Disponible en: <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/1051>
- [28] «Pulgar et al. - DISEÑO DE UN AUTÓMATA PROGRAMABLE PARA AMBIENTE AC.pdf». Accedido: 13 de agosto de 2024. Disponible en: <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/1051/1140818356.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [29] J. E. Guachamín Velasque y J. L. Puco Casa, «“Desarrollo de un SCADA para el monitoreo y control de servomotores”», 2024, Accedido: 19 de agosto de 2024. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11875>
- [30] F. F. Cando Herrera, G. F. Medina Lescano, y Á. Silva, «Implementación De Un Sistema De Control Y Monitoreo De Nivel De Agua Para El Sistema De Riego Chambo – Guano En La Provincia De Chimborazo», Thesis, ESPOL. FIEC., 2021. Accedido: 19 de agosto de 2024. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/56415>
- [31] «Controlador programable S7-1200.pdf». Accedido: 13 de agosto de 2024. Disponible en: [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/622/91696622/att\\_42774/v1/s71200\\_system\\_manual\\_es-ES\\_es-ES.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/622/91696622/att_42774/v1/s71200_system_manual_es-ES_es-ES.pdf)
- [32] S. B. Tigse Soto, «Diseño y construcción de un módulo didáctico con el plc s7-1200 para la simulación de variación de presión de un fluido», ago. 2017, Accedido: 19 de agosto de 2024. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4666>
- [33] L. Jim, «Motor a pasos», Accedido: 19 de agosto de 2024. Disponible en: [https://www.academia.edu/18480290/Motor\\_a\\_pasos](https://www.academia.edu/18480290/Motor_a_pasos)
- [34] J. Marquez, «Qué es un motor de pasos», Accedido: 19 de agosto de 2024. Disponible en: [https://www.academia.edu/28773713/Qu%C3%A9\\_es\\_un\\_motor\\_de\\_pasos](https://www.academia.edu/28773713/Qu%C3%A9_es_un_motor_de_pasos)

- [35] T. Journal, «The characteristics of TB6600 motor driver in producing optimal movement for the Nema23 stepper motor on CNC machine», *TELKOMNIKA Telecommunication Computing Electronics and Control*, ene. 2020, Accedido: 19 de agosto de 2024. Disponible en: [https://www.academia.edu/43632939/The\\_characteristics\\_of\\_TB6600\\_motor\\_driver\\_in\\_producing\\_optimal\\_movement\\_for\\_the\\_Nema23\\_stepper\\_motor\\_on\\_CNC\\_machine](https://www.academia.edu/43632939/The_characteristics_of_TB6600_motor_driver_in_producing_optimal_movement_for_the_Nema23_stepper_motor_on_CNC_machine)
- [36] D. M. Iza Rivera, «Implementación de un interfaz humano máquina (HMI) para monitorear el número de grados por pulsos, torque, velocidad y sentido de movimiento de un motor a pasos», bachelorThesis, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Tecnología en Electrónica e Instrumentación., 2020. Accedido: 19 de agosto de 2024. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/25873>
- [37] W. G. Mosquera Yasig, «Configuración y programación de una comunicación MODBUS RTU entre PLCs S7 1200 empleando los modulos CM 1241-RS485 para prácticas de redes industriales.», bachelorThesis, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Tecnología en Electrónica e Instrumentación., 2015. Accedido: 19 de agosto de 2024. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/30787>
- [38] «ISO/IEC 8482:1993 Information technology — Telecommunications ...» Accedido: 19 de agosto de 2024. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/iso?c=020954>
- [39] Y. I. Pabón Pérez y A. Durán Pimiento, «Norma ISA101-01 e interfaces HMI: desarrollo práctico y recomendaciones para la automatización industrial», jun. 2024, Accedido: 19 de agosto de 2024. Disponible en: <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/16101>
- [40] S. V. Silva Quezada, «Monitoreo de equipos electrógenos a través del Web Server del PLC S7-1200.», bachelorThesis, Universidad Nacional de Loja, 2022. Accedido: 19 de agosto de 2024. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/25881>

**8. ANEXOS.**

**Anexo 1. Guía de  
control por posición  
absoluta**

|                       |                        |                            |
|-----------------------|------------------------|----------------------------|
| <b>ELABORADO POR:</b> | <b>VERIFICADO POR:</b> | <b>APROBADO POR:</b>       |
|                       | <b>Laboratorista</b>   | <b>Director de carrera</b> |
| Investigadores        | Ing. Eduardo Hinojosa  | Ing. Cristian Gallardo     |
| Fecha: 16/08/2024     | Fecha: 16/08/2024      | Fecha: 16/08/2024          |
| Firma:                | Firma:                 | Firma:                     |

|                             |                                |                                |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <b>CARRERA</b>              | <b>CÓDIGO DE LA ASIGNATURA</b> | <b>NOMBRE DE LA ASIGNATURA</b> |
| INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA |                                |                                |

|                 |                               |  |                         |
|-----------------|-------------------------------|--|-------------------------|
| <b>PRÁCTICA</b> | <b>LABORATORIO:</b>           | Automatización y Control   | <b>DURACIÓN (HORAS)</b> |
| <b>N°</b>       | <b>ÁREA:</b>                  | Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas  |                         |
| <b>01</b>       | <b>NOMBRE DE LA PRÁCTICA:</b> | Comunicación RS 485 entre dos autómatas programables de marca INVT y S7-1200 para el monitoreo y control de motores paso a paso en posición absoluta | 3                       |
| Integrantes:    |                               |  |                         |

## DESARROLLO

### 1. OBJETIVO

Realizar una red de comunicación RS485 entre el autómata programable S7-1200 y el autómata INVT controlado por HMIs para el monitoreo y control de un motor paso a paso en posición absoluta.

### 2. INTRODUCCIÓN

El estándar TIA/EIA-485, popularmente conocido como RS485, describe una interfaz de comunicación que opera sobre líneas diferenciales capaces de comunicarse con 32 “unidades de carga”. Normalmente, un dispositivo transmisor/receptor corresponde a una “unidad de carga”, que permite la comunicación con hasta 32 dispositivos, esto permitir supervisar y controlar una gama diversa de procesos industriales en varios sectores de producción y manufactura razón por la cual esta tecnología posibilita la monitorización y

ajuste de variables en sistemas automáticos y semiautomáticos donde el objetivo principal es ofrecer una comunicación íntegra estrechamente con actuadores que son componentes esenciales en sistemas de control industrial, ya que proporcionan movimientos precisos y controlados en una variedad de aplicaciones además la capacidad bidireccional de Modbus RS485 permite una transmisión de datos que facilita el monitoreo en tiempo real y la retroalimentación constante.

### 3. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

Para llevar a cabo una práctica de desarrollo de una red de comunicación RS485 para el control de un motor paso a paso industrial con PLCs, es esencial contar con una serie de equipos e instrumentos. Estos componentes desempeñan un papel crucial en la operación y el control de los motores, así como en la comunicación entre los dispositivos.

A continuación, se describen los equipos e instrumentos necesarios para esta práctica:

- **PLC INVT Modelo IVC1-1410MAT (Controlador Lógico Programable):** Es un dispositivo programable que ejecutará las instrucciones dadas por el PLC maestro las cuales son necesarias para controlar los motores paso a paso y gestionar la comunicación RS485. Debes seleccionar un PLC compatible con RS485 y que tenga suficientes entradas y salidas digitales para controlar el motor y otros dispositivos relacionados, el autómatas se puede ver en la imagen 1.



Imagen 1. PLC INVT

- **PLC SIEMENS S7-1200 (Controlador Lógico Programable)**

El PLC Siemens S7-1200, permite un control de nivel, medición y regulación precisos en procesos industriales, con la capacidad de integrar sensores y actuadores para el control de la automatización de procesos, en este caso ejecutará las instrucciones necesarias de mando hacia el esclavo para controlar el motor paso a paso y gestionar la comunicación RS485 puesto que se lo determinará como el Maestro, este dispositivo está representado en la imagen 2.



Imagen 2. PLC Siemens

- **HMI Wecon modelo PI3070ig-0 (Interfaz Hombre-Máquina):** El HMI es una herramienta esencial en la automatización industrial que proporciona una interfaz gráfica intuitiva para que los operadores humanos interactúen con máquinas y sistemas de manera eficiente y efectiva, dicho dispositivo está en la imagen 3.



Imagen 3. HMI WECON

- **HMI Siemens KTP400:** En la imagen 4, se puede visualizar el HMI la cual es una herramienta esencial en la automatización industrial que proporciona una interfaz gráfica intuitiva para que los operadores humanos interactúen con máquinas y sistemas de manera eficiente y efectiva, será el dispositivo el cual nos permita ingresar los parámetros de control.



Imagen 4. HMI SIEMENS KTP400

- **Motores paso a paso industriales Nema 23 Modelo 0K57H18112A:** Estos motores son dispositivos electromecánicos que convierten señales eléctricas en movimientos precisos en incrementos discretos, el mismo dispositivo está representado en la imagen 5.

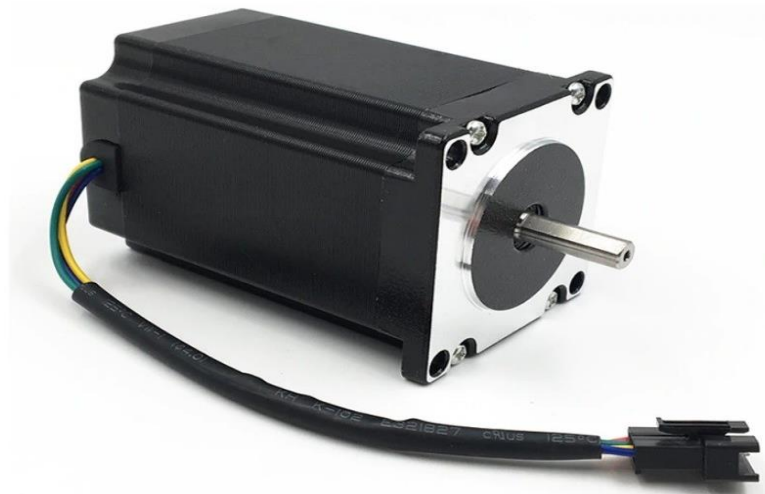


Imagen 5. Motor paso a Paso Nema 23

- **Controladores de motor paso a paso TB6600:** Los controladores de motores paso a paso son necesarios para gestionar y alimentar los motores. Estos dispositivos generan

las secuencias de impulsos necesarias para el movimiento preciso de los motores, el mismo se puede ver en la imagen 6.



Imagen 6. Driver Paso a Paso

- **Fuentes de alimentación Delta Modelo DRL-120-24:** En la imagen 7 se puede observar la fuente de voltaje la cual se emplea para alimentar tanto el PLC como los motores y controladores de motor, necesitarás fuentes de alimentación adecuadas que suministren la tensión y la corriente necesarias para cada componente.



Imagen 7. Fuente 120v AC - 24v DC

- **Cables de conexiones:** En la imagen 8 se puede visualizar los cables de alimentación y comunicación son vitales para conectar todos los componentes. Asegúrate de utilizar cables de calidad y que sean lo suficientemente largos para alcanzar todas las ubicaciones necesarias en tu sistema.

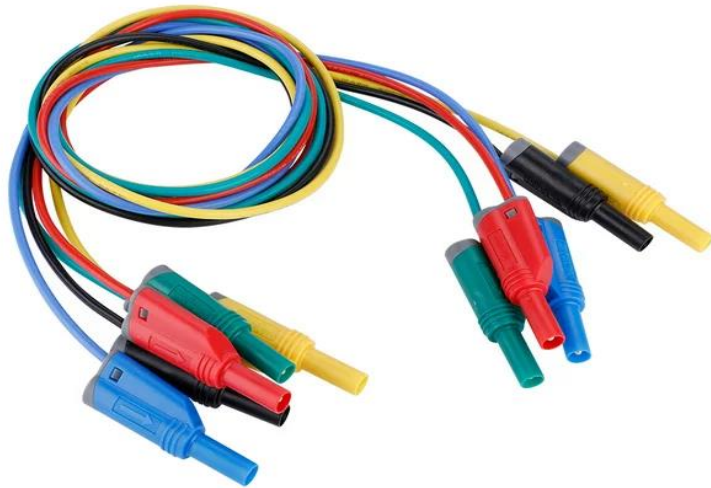


Imagen 8. Cables bananas de seguridad

- **Herramientas y equipo de laboratorio:** Herramientas como destornilladores, alicates y multímetros son indispensables para realizar los trabajos de comunicación, las mismas se puede observar en la imagen 9.



Imagen 9. Kit Básico de herramientas

- **Software de Programación:** Necesitarás software de programación para el PLC. Esto puede incluir software específico proporcionado por el fabricante del PLC o herramientas de programación estándar como ladder logic (lógica de escalera) o software de programación basado en texto.
- **Documentación y Manuales:** Consulta los manuales y documentación técnica de todos los componentes para comprender sus especificaciones, conexiones y procedimientos de configuración.

#### **4. MEDIDAS DE SEGURIDAD**

Los estudiantes y docentes deben asistir a la charla de inducción de seguridad en la primera práctica por una sola vez, la misma que será facilitada por el laboratorista y deberán firmar un registro de inducción.

Se solicita el cumplimiento de las siguientes medidas de seguridad.

- Mandil
- Zapatos adecuados.
- No gorras.
- No anillos.
- No cadenas

#### **5. INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD**

- Lea y comprenda la presente guía de laboratorio
- No corra dentro del laboratorio
- Abstenerse de usar el teléfono celular
- Aleje sus manos de las partes móviles del equipo
- No enchufar ni tocar cables o equipos con manos mojadas.
- No desconectar cables de los equipos que están instalados en el Laboratorio
- Comunicar incidencias sobre cables sueltos, pelados, luces, cables y enchufes en mal estado.
- Conectar los instrumentos de medidas de forma correcta para evitar daños
- No se debe trabajar en equipos eléctricos parado sobre el piso húmedo
- No se debe realizar maniobras para las cuales no ha sido entrenado o autorizado
- Antes de conectar un equipo, los usuarios / estudiantes deberán chequear que la conexión se encuentre en óptimas condiciones (cables bajo-aislados, no empalmados, tomas de conexión en buenas condiciones. En caso de detectar una condición insegura, se deberá comunicar de inmediato al instructor.
- Atención: cuando se realicen maniobras con tensión de 220V o superiores, nunca debe estar solo, como mínimo deberá haber dos personas.
- Al desconectar un equipo no se debe tirar de los cables, sino retirarlos con precaución desde su lugar de conexión.

## 6. TRABAJO PREPARATORIO

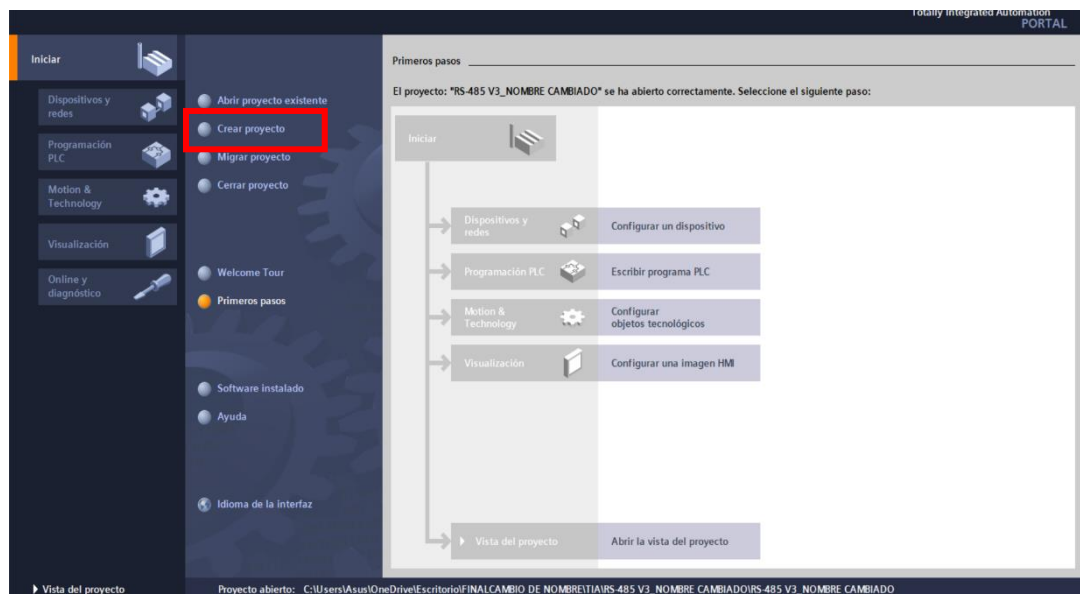
- Conocimientos previos de programación y funcionamiento de red de comunicación MODBUS RS485.
- Tener instalado el software de programación TIA PORTAL de preferencia V16
- Descargar el archivo y la guía de instalación del Software Auto Station en el enlace adjunto.
- [https://drive.google.com/drive/folders/1Xl6naQiszePypdeV8eniXohYG\\_5vF34f?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1Xl6naQiszePypdeV8eniXohYG_5vF34f?usp=sharing)
- Descargar el archivo y la guía de instalación del Software PIStudio en el link adjunto.
- [https://drive.google.com/drive/folders/1a9Q\\_PB4cXgGTPIQVOiy\\_cL6cqIMVjPi\\_b?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1a9Q_PB4cXgGTPIQVOiy_cL6cqIMVjPi_b?usp=sharing)

## CONFIGURACIÓN DE LOS PUERTOS DE COMUNICACIÓN DEL DISPOSITIVO MAESTRO.

### Configuración para la comunicación en el software TIA portal V16

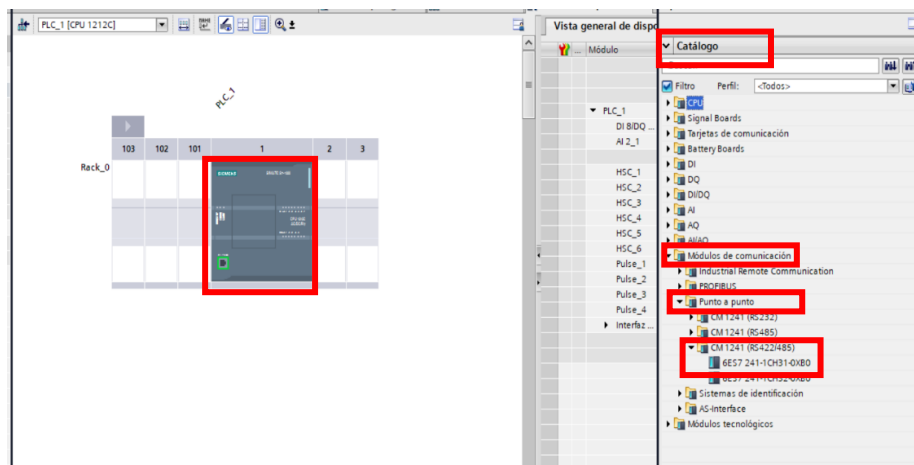
El software ofrece el diseño del interfaz RS 485, este se puede emplear mediante un módulo de expansión 1241 RS 422/485 para poder enlazar el módulo de expansión debemos seguir la siguiente configuración:

- Crear un proyecto en el entorno del software TIA Portal V16



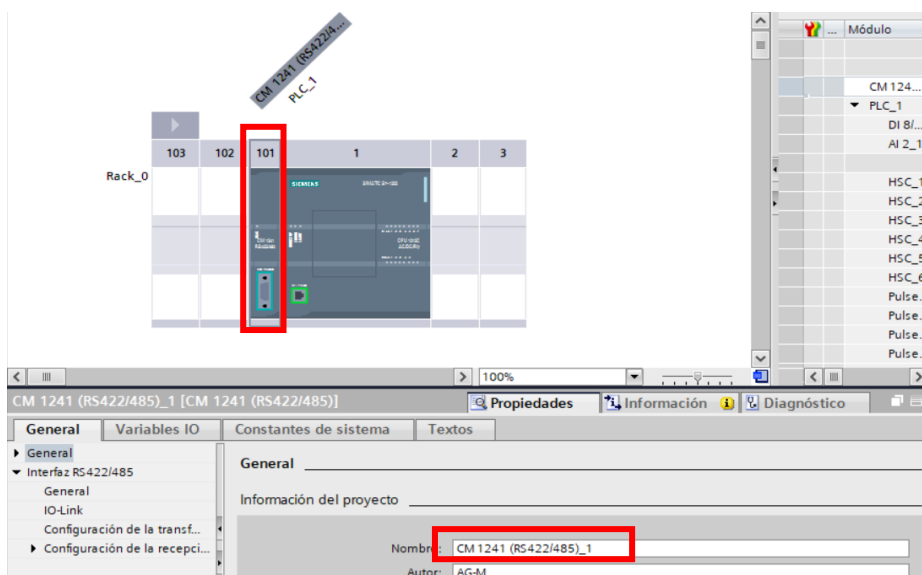
Entorno TIA PORTAL V16.

- Crear un PLC virtual que tenga la versión idéntica al del PLC físico que se desee programar
- Abrir el catálogo que se encuentra en el software
- Seleccionar los módulos de comunicación externos que se pueden conectar en el PLC
- Seleccionar la conexión punto a punto también conocida como multipunto
- Escoger el módulo de comunicación CM 1241 RS422/485 de modelo 6ES7 241-1CH31-0XB0.



Enlace de PLC con TIA PORTAL V16.

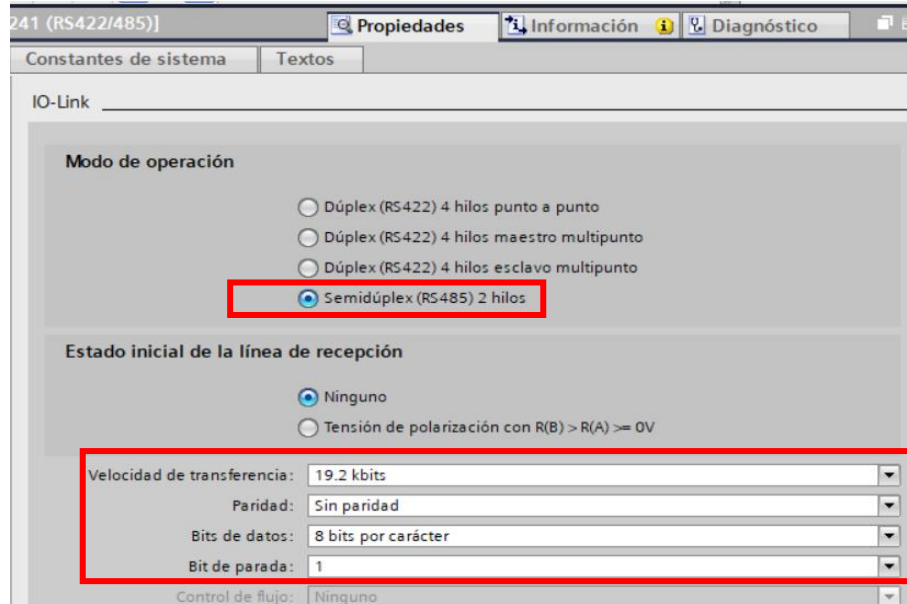
- Insertar el módulo de expansión.
- Identificar el nombre del módulo para su conexión.



Enlace de PLC con TIA PORTAL V16.

- En el apartado modo de operación, del módulo de comunicación se debe seleccionar el número de hilos que se usaran para la comunicación.

- Configuración de parámetros para el intercambio de datos seleccionar velocidad de transferencia 19.2Kbits, Paridad (Sin paridad), Bit de datos (8 bits por caracte), bit de parada (1)



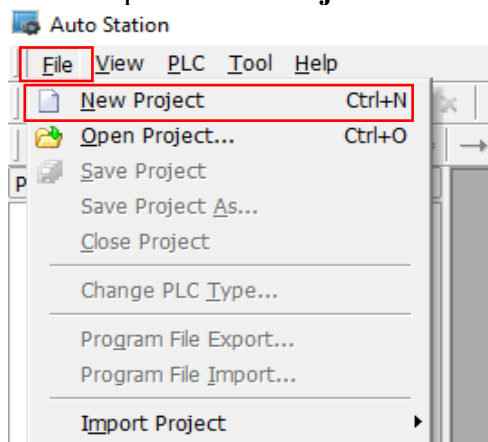
Parámetros de enlace para comunicación en TIA PORTAL V16.

## CONFIGURACIÓN DE LOS PUERTOS DE COMUNICACIÓN DEL DISPOSITIVO ESCLAVO

### Creación del proyecto

Para iniciar con la creación de un proyecto dirigirse al menú principal en la parte superior y seguir los siguientes pasos.

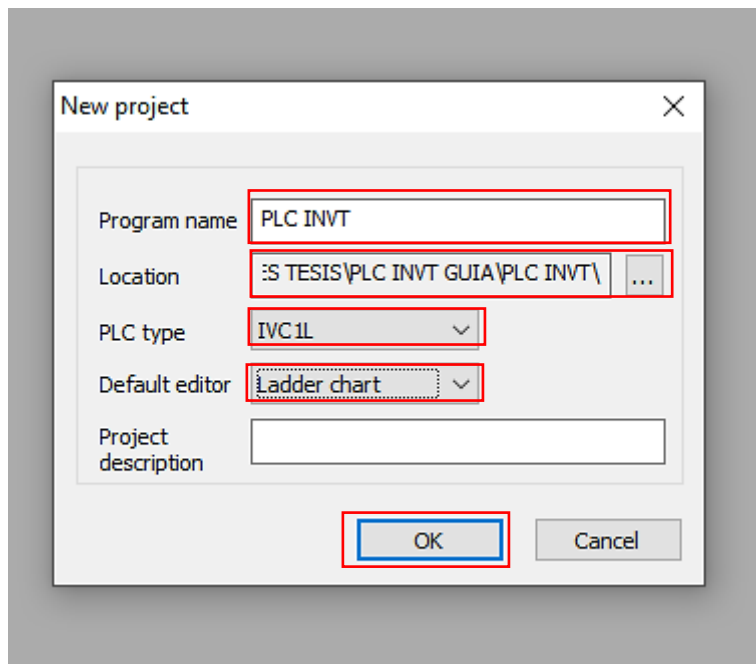
- Dirigirse a **File** y seleccionar la opción **New Project**.



Pasos para creación de un nuevo proyecto

Se abrirá una ventana en la que se configurará los siguientes parámetros

- Nombre del proyecto:
- Ubicación donde se guardará el proyecto
- Tipo de PLC
- Lenguaje programación
- Si deseamos podemos añadir una pequeña descripción caso contrario damos clic en Ok.



Configuración del nuevo proyecto en el Auto Station.

### **Configuración para la comunicación**

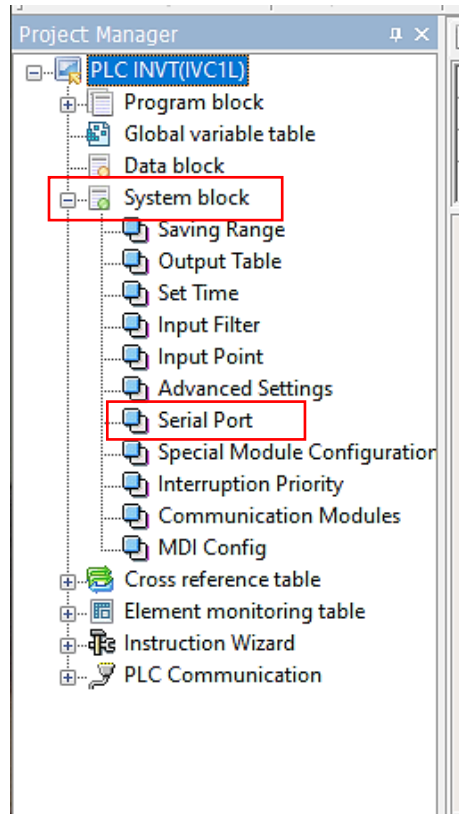
La interfaz física RS 485 es la que se utilizará debido a que el PLC INVT IVC1 1410MAT proporciona dos puertos para esta interfaz, el PORT1 y PORT2.

Se utilizan dos protocolos diferentes para poder entender de mejor manera cuáles son las diferencias entre cada protocolo y estos puedan ser aplicados a la industria de acuerdo con las necesidades de cada aplicación.

### **Configuración del PLC INVT en el puerto 1 y 2**

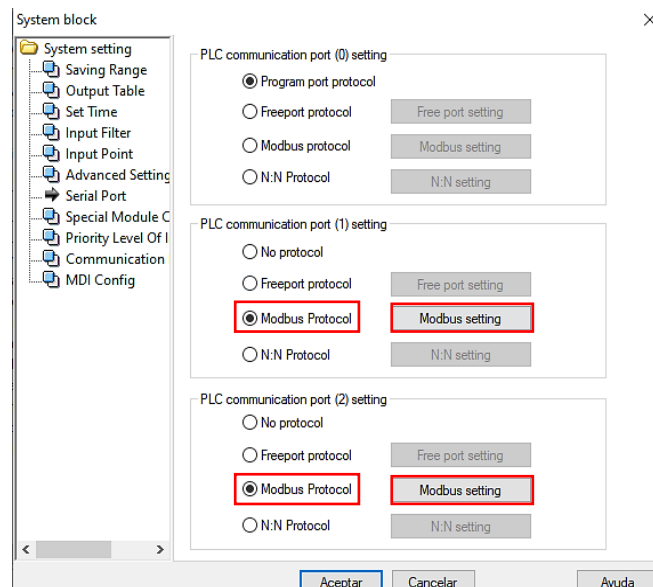
Al existir dos protocolos es necesario los dos puertos de comunicación para poder identificar qué puerto se va a utilizar para la comunicación entre cada equipo.

- Ubicarse en el árbol del proyecto al lado izquierdo del entorno de trabajo, seleccionar la opción **System Block**, se desplegará un nuevo menú en donde se dará doble clic izquierdo en **Serial port**.



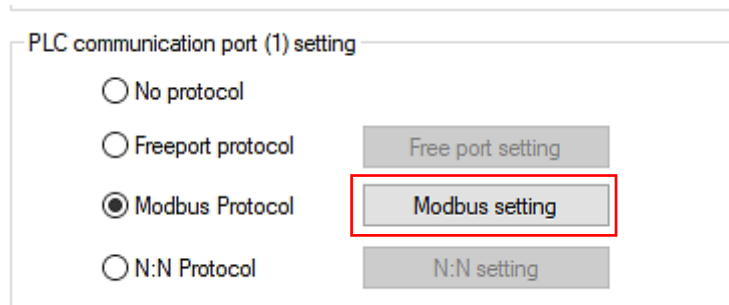
### Configuración de los puertos de comunicación

- Se desplegará una nueva ventana para lo cual se dirigirá al apartado **PLC communication port (1) setting** y seleccionar **Modbus protocol**, en el apartado de **PLC communication port (2) setting** seleccionar la opción **Modbus protocol**.



### Configuración del Puerto 1 y puerto 2

Para configurar el puerto 1, sin salir de la ventana dar clic en **Modbus setting** del apartado del **PLC communication port (1) setting**, en donde se desplegará una nueva ventana.

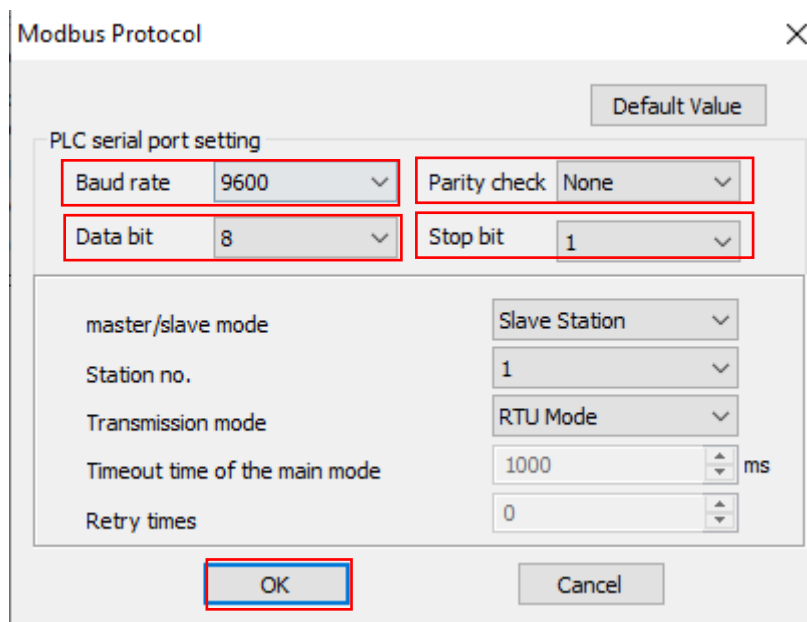


### Inicio para configurar puerto 1

En la ventana que se desplegará se configurará con los siguientes parámetros, para el puerto 1 que sirve de comunicación con el HMI.

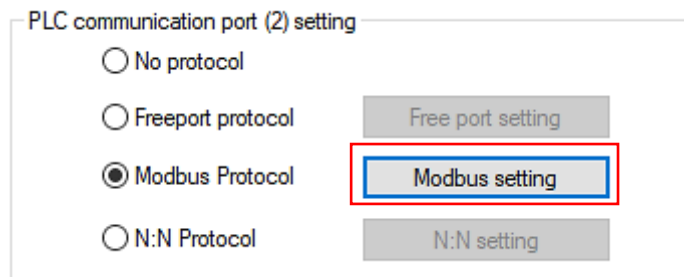
- En Baud rate: 9600
- Data bit: 8
- Parity check: None
- Stop bit:1
- Presionar Ok

Los demás parámetros se configuran por defecto por lo tanto no es necesario realizar alguna modificación.



### Configuración de parámetros del puerto 1

Para configurar el puerto 2, sin salir de la ventana dar clic en **Modbus setting** del apartado del **PLC communication port (2) setting**, en donde se desplegará una nueva ventana.

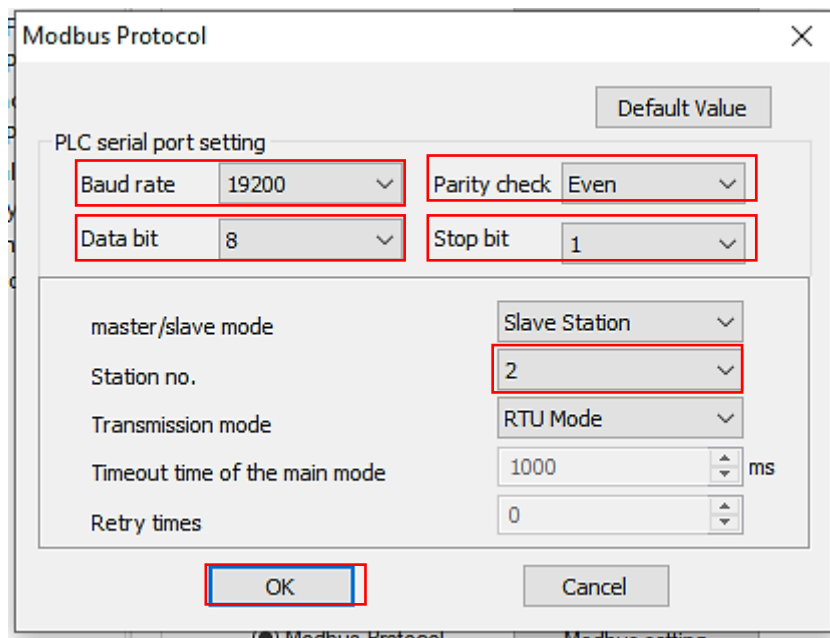


Configuración del puerto 2 de comunicación

En la ventana que se desplegará se configurará con los siguientes parámetros, para el puerto 2 que sirve de comunicación con el PLC SIEMENS S7-1200.

- En Baud rate: 19200
- Data bit: 8
- Parity check: Even
- Stop bit:1
- Station no.: 2
- Presionar Ok

Los demás parámetros se configuran por defecto por lo tanto no es necesario realizar alguna modificación.



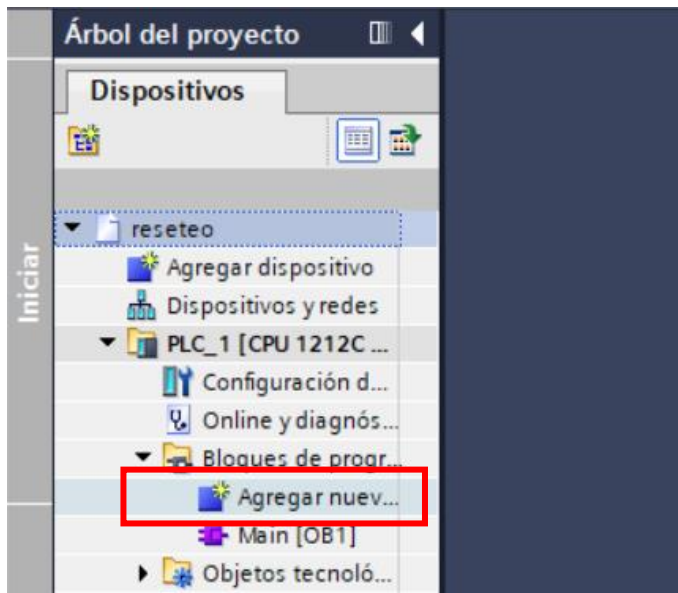
Configuración de parámetros del puerto 2

## ACTIVIDADES PARA DESARROLLAR Y METODOLOGÍA.

- Realice la **programación** en cada uno de los softwares Instalados previamente configurados para la comunicación.

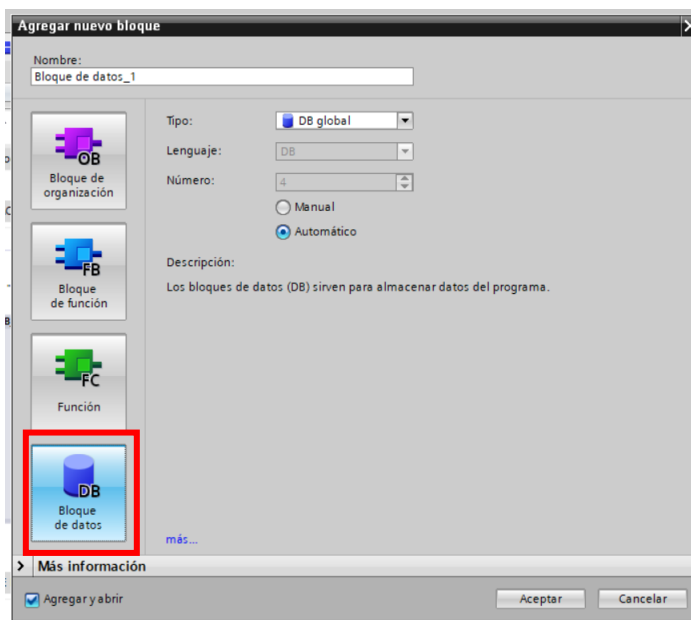
## PROGRAMACIÓN TIA PORTAL PLC MÁSTER.

- En el entorno de TIA PORTAL crear un bloque de DATOS.



Crear bloque de datos

- Seleccionar Bloque de Datos



Crear bloque de datos

- Escribir los datos que se enviarán hacia el esclavo copiar los datos insertados y no desactivar ningún visto en azul.

| Bloque de datos_1 |               |        |                      |                                     |                                     |                                     |       |
|-------------------|---------------|--------|----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------|
| Nombre            | Tipo de datos | Offset | Valor de observación | Accesible desde HMI/OPC UA/Web API  | Escribible desde HMI/OPC UA/Web API | Visible en HMI Engineering          | Co... |
| 1                 | Static        |        |                      | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |       |
| 2                 | VELOCIDA PAP  | Int    |                      | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
| 3                 | RUN           | Int    |                      | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
| 4                 | ON/OFF        | Int    |                      | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
| 5                 | VUELTAS P_ABS | Int    |                      | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
| 6                 | RESET AUT.    | Int    |                      | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
| 7                 | <Agregar>     |        |                      | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |       |

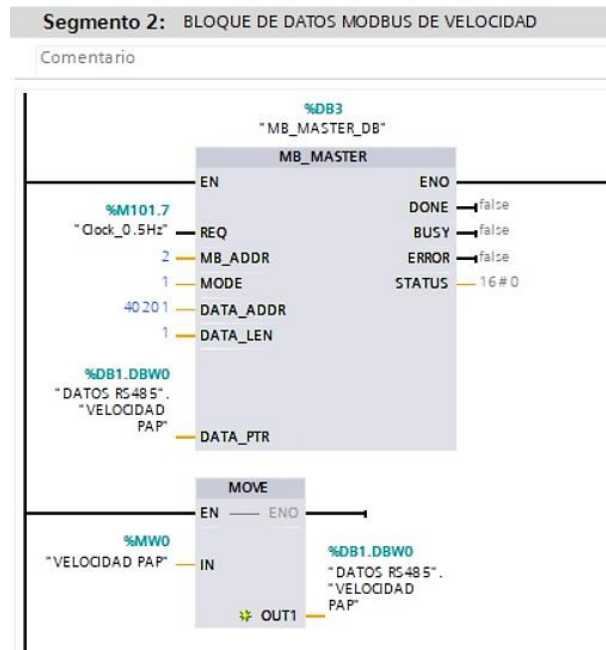
Datos que se requieren comunicar.

- En el entorno de programación insertar los siguientes bloques de programación.
- MB\_COMM\_LOAD bloque de programación para envío de datos por la red de comunicación.



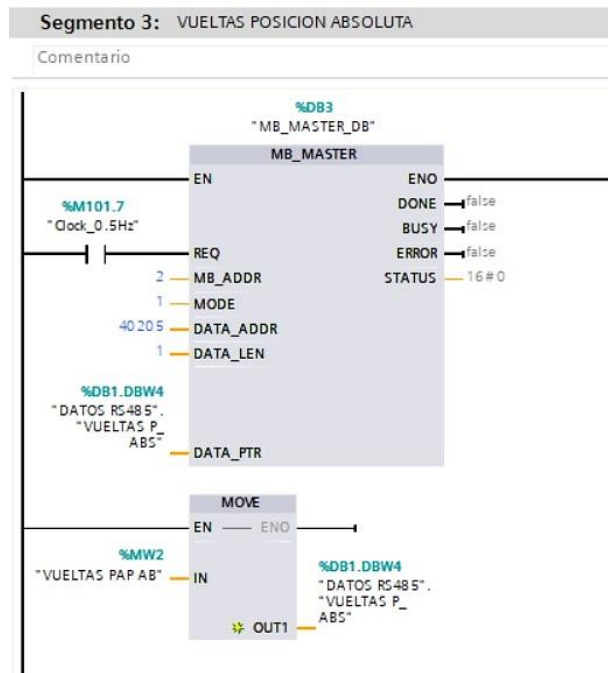
Bloque de comunicación

- MB\_MÁSTER bloque recepción de datos para envío e intercambio de datos.
- MOVE bloque de programación para mover datos y variables entre HMI hacia el PLC.



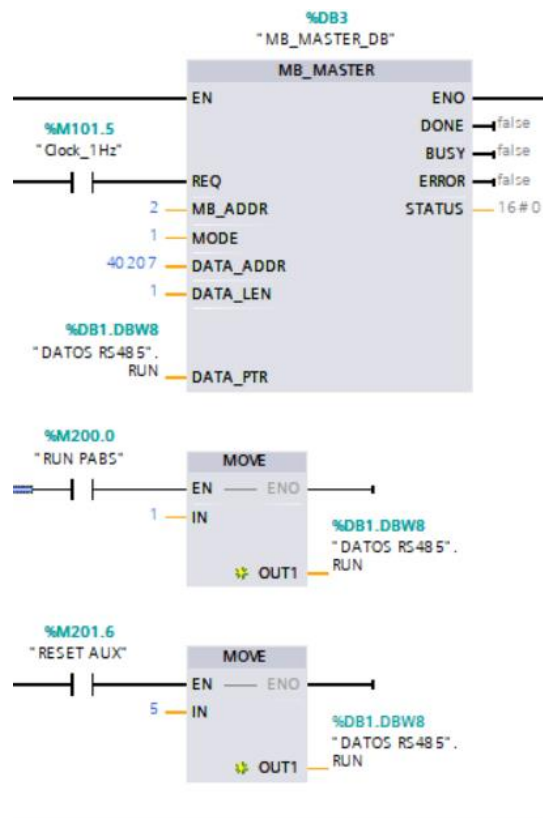
Bloque de envío de datos

- Copie y pegue el mismo bloque MB\_Master y cambie la variable a vueltas en posición absoluta.



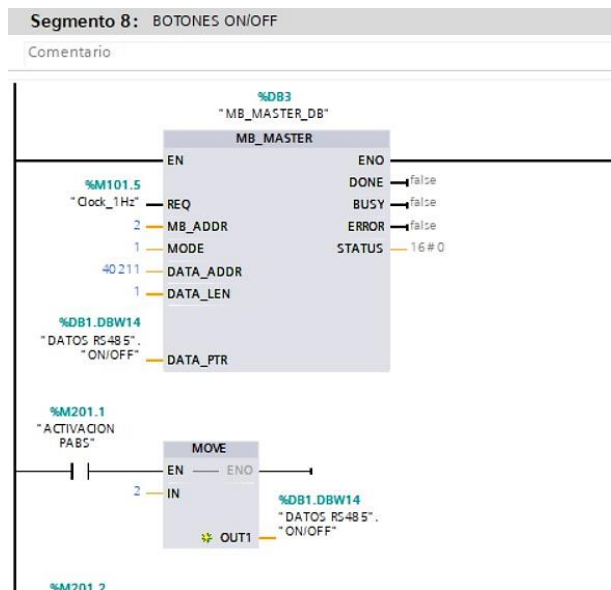
Bloque de envío de datos de vueltas.

- Copie y pegue el mismo bloque MB\_Master y cambie la variable a botón run o puesta en marcha e insertar el otro bloque MOVE para desenclavar el botón run.



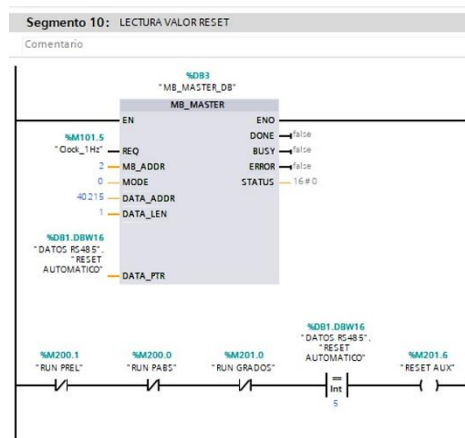
Bloque de envío de datos de puesta en marcha.

- Copie y pegue el mismo bloque MB\_Master y cambie la variable a ON/OFF para activa la pantalla.



Bloque de envío de datos de encendido y apagado de la pantalla.

- Copie y pegue el mismo bloque MB\_Master y cambie la variable a un RESET automático para desenclavar el botón run opuesta en marcha.



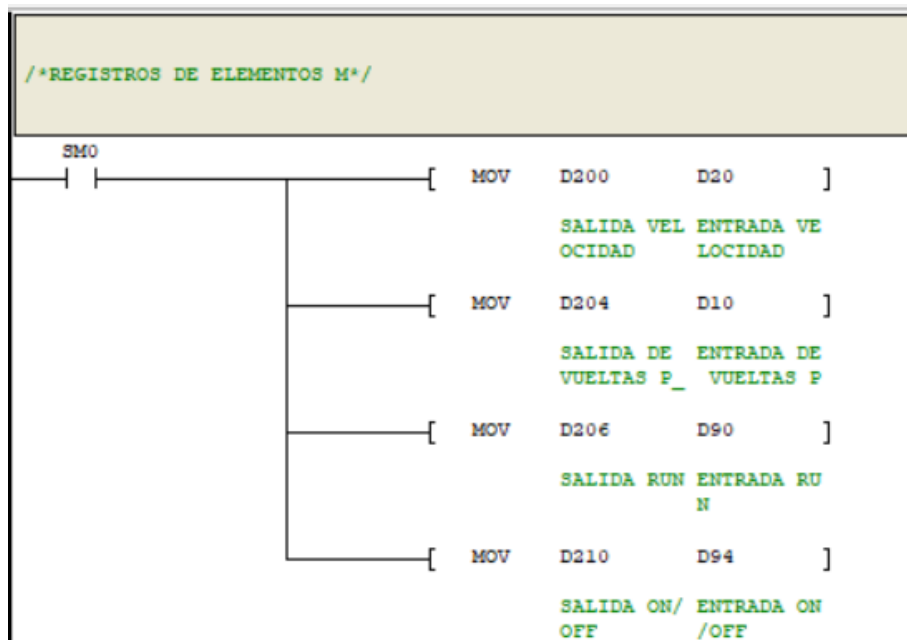
Bloque de envío de datos de reset.

## 7. PROGRAMACIÓN AUTO STATION PLC SLAVE.

- En el software AUTO STATION generar los datos que se desean comunicar.
- Los datos ingresados se especifican en la siguiente tabla.

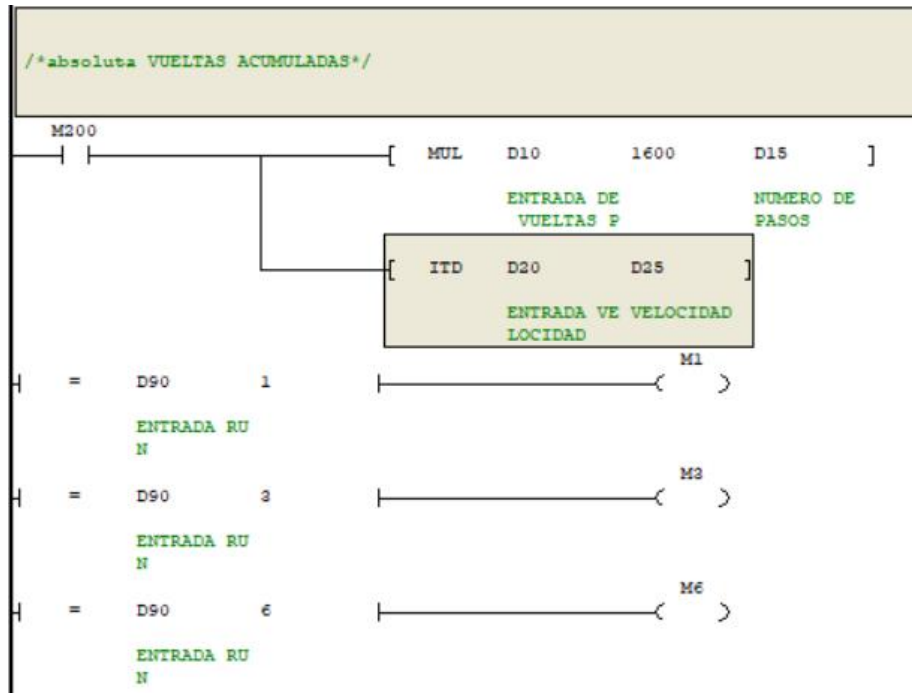
| Posición Absoluta      |                 |
|------------------------|-----------------|
| Descripción            | Registro/Marcas |
| Accionamiento HMI      | M1              |
| Enclavamiento          | M2              |
| Ingreso Vueltas        | D10             |
| Salida Pulsos          | D15             |
| Ingreso Frecuencia     | D20             |
| Salida Frecuencia      | D25             |
| Pulsos                 | Y1              |
| Dirección              | Y2              |
| Dirección Reservada Y1 | SM83            |
| Encendido              | M200            |

- Con la ayuda del comando MOV enviaremos y recibiremos datos del PLC maestro.



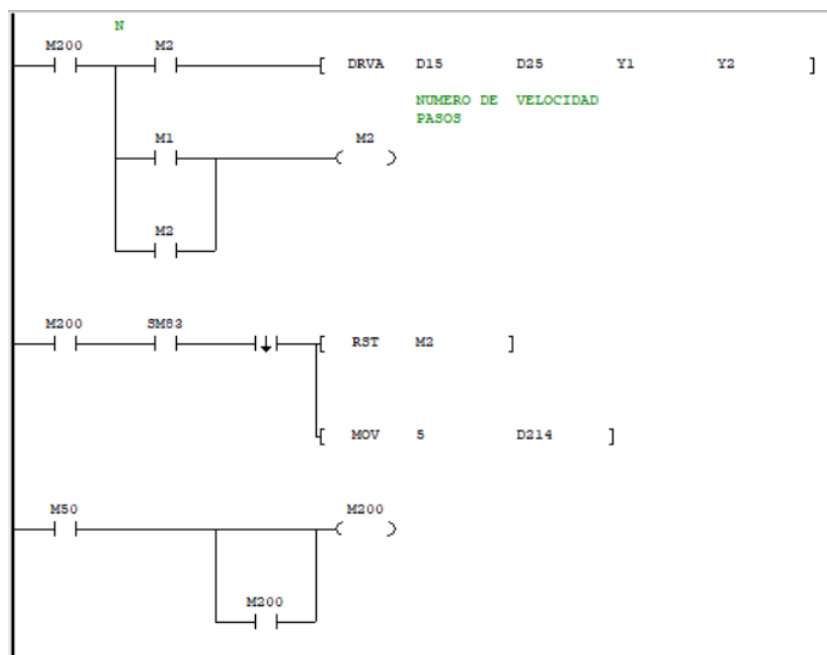
Datos de entrada y salida

- La programación para el control de motores paso a paso en posición absoluta se desarrolla de la siguiente forma.
- Desarrollamos la programación para insertar el número de vueltas y la velocidad con la que se desea controlar el motor a pasos



Programación para el control por posición absoluta

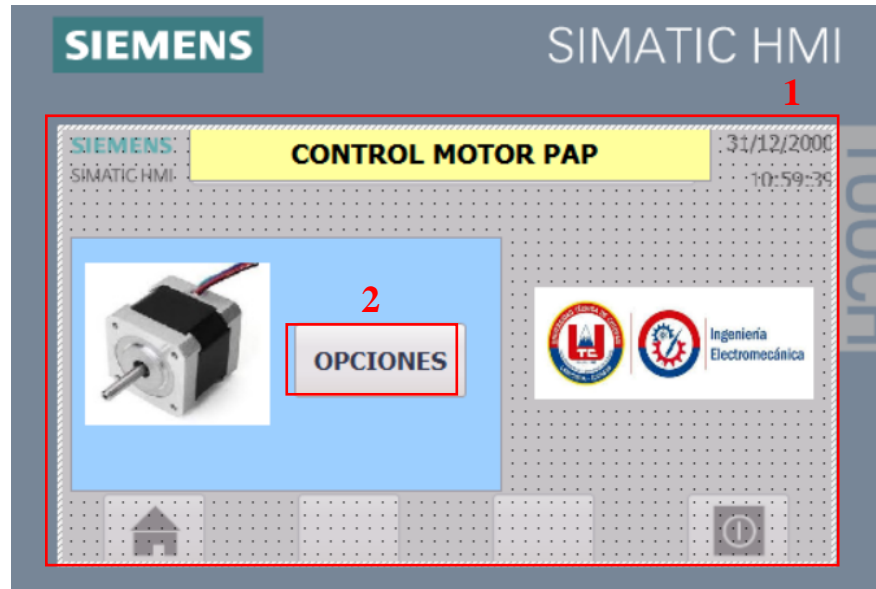
- Después programamos el comando DRVA que moverá los datos ingresados hacia el MOV para la comunicación.



Programación para el enclavamiento

**DISEÑO DE PANTALLAS HMI SIEMENS PARA LECTURA Y ESCRITURA DE PARAMETROS PARA EL CONTROL DE MOTORES PASO A PASO.**

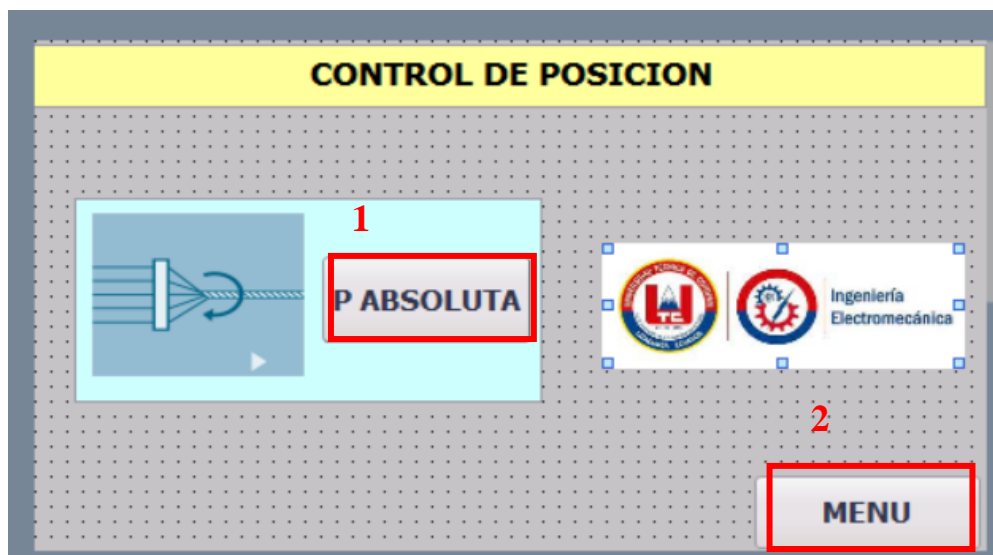
- Visualización de las pantallas de configuración del **HMI SIEMENS KTP400** de cual se ingresar los datos
- **PANTALLA DE INICIO**



Pantalla de inicio

**Componentes:**

1. Entorno de la pantalla general
  2. Pulsador para ingresar al menú
- **PANTALLA DEL MENÚ.**



Pantalla de menú

**Componentes:**

1. Pulsador para ingresar a la pantalla de control del motor por posición absoluta

2. Pulsador para volver a la pantalla de inicio

- **PANTALLA DE CONTROL DEL MOTOR POR POSICIÓN ABSOLUTA**



Imagen. Pantalla de control por posición absoluta

**Componentes:**

1. Pantalla para ingresar valor de número de vueltas
2. Pantalla para ingresar valor de velocidad
3. Regleta para visualizar el número de vueltas ingresado
4. Regleta para visualizar el valor de velocidad ingresado
5. Pulsador de puesta en marcha
6. Interruptor para encendido
7. Pulsador para volver a la pantalla de menús

**DISEÑO DE PANTALLAS HMI WECON PARA LECTURA DE PARAMETROS PARA EL CONTROL DE MOTORES PASO A PASO.**

Visualización de las pantallas de configuración del **HMI WECON EN EL CUAL SE VISUALIZARÁ LOS DATOS INGRESADO**

- **PANTALLA DE INICIO**



Imagen. Pantalla de inicio

**Componentes:**

1. Entorno de la pantalla general
2. Pulsador para ingresar al menú

• **PANTALLA DEL MENÚ**

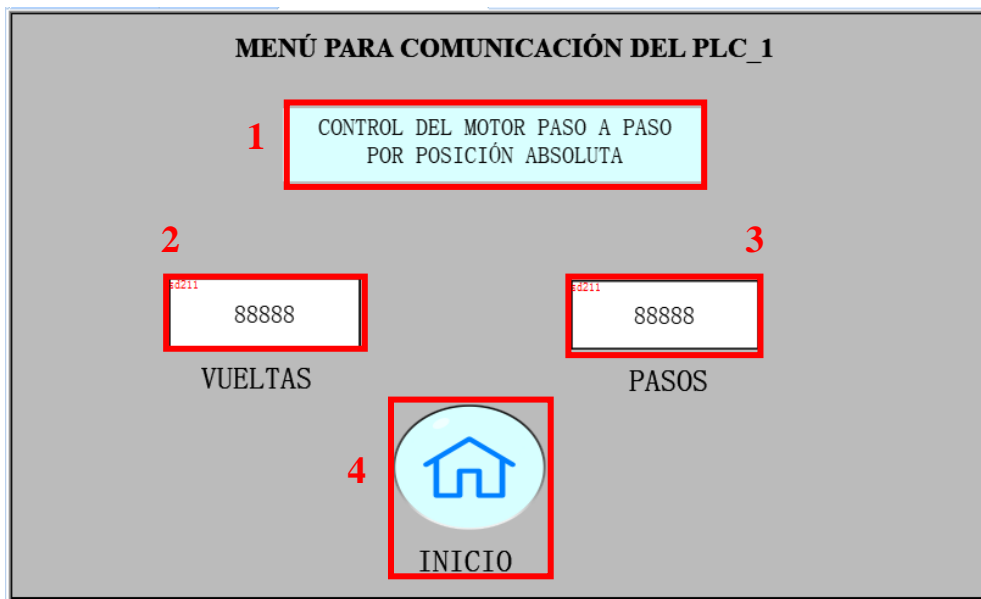


Imagen. Pantalla de menú

**Componentes:**

1. Pulsador para ingresar a la pantalla de control del motor por posición absoluta
2. Pantalla de visualización del número de vueltas
3. Pantalla de visualización del número de pasos
4. Pulsador para volver a la pantalla de inicio

• **PANTALLA DE CONTROL DEL MOTOR POR POSICIÓN ABSOLUTA**

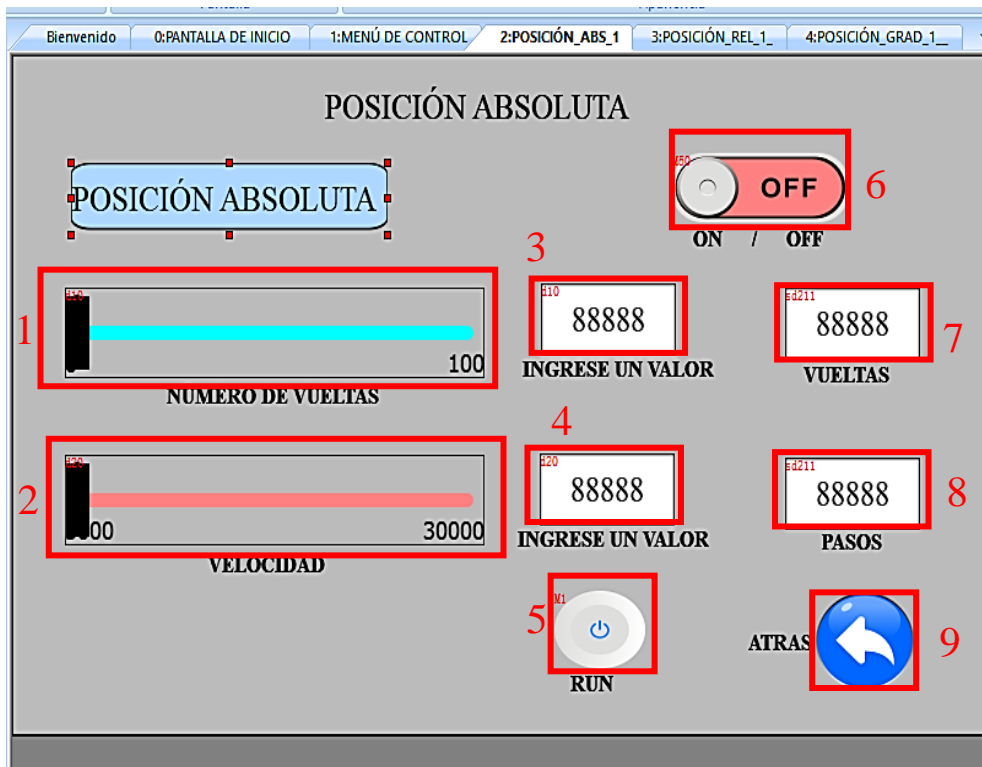


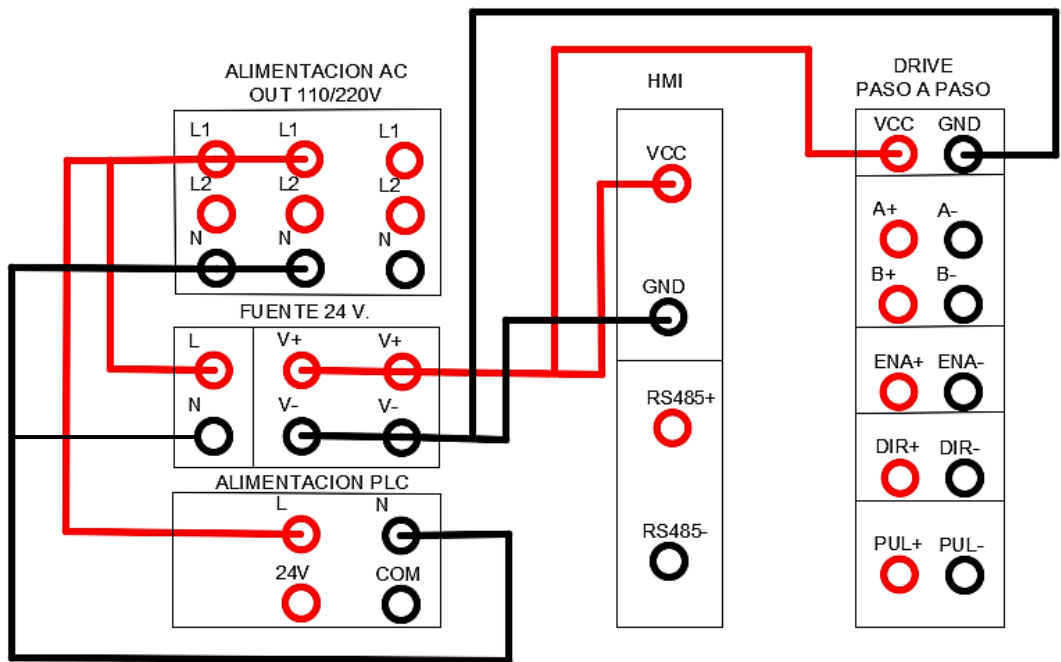
Imagen. Pantalla de control por posición absoluta

### Componentes:

1. Deslizador para visualizar valor de número de vueltas
2. Deslizador para visualizar valor de la velocidad
3. Pantalla de visualización del número de vueltas ingresada
4. Pantalla de visualización del valor de velocidad ingresada
5. Pulsador de puesta en marcha
6. Interruptor para encendido
7. Pantalla de visualización del número de vueltas
8. Pantalla de visualización del valor de pasos
9. Pulsador para volver a la pantalla de menú

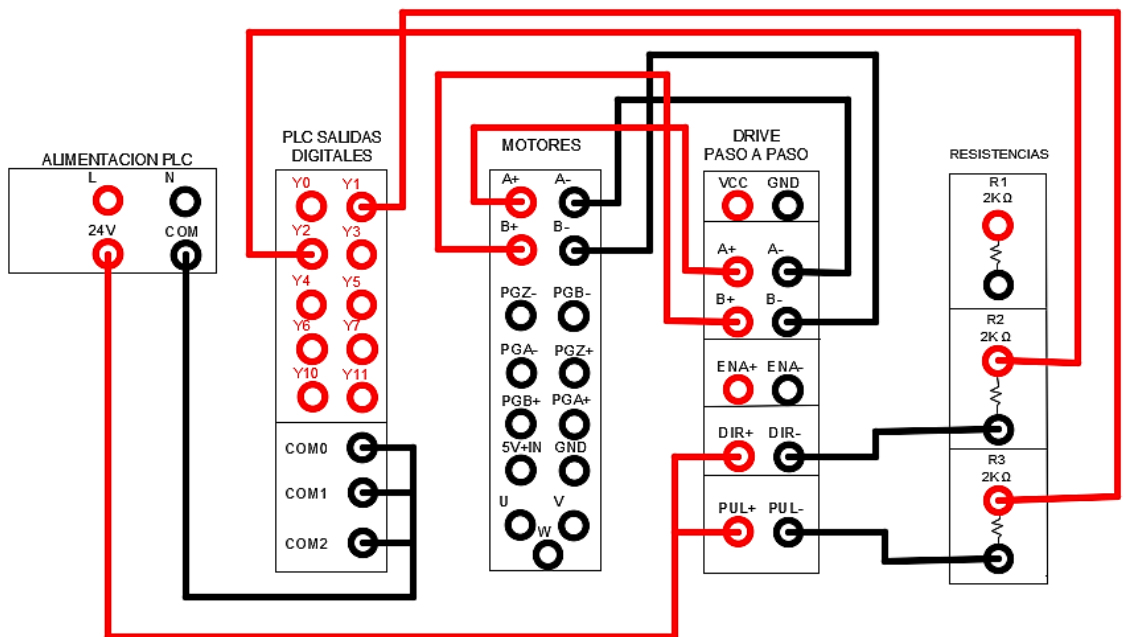
### CONEXIÓN DE EQUIPOS

- Examine el módulo de motor paso a paso antes de conectarlo.
- Energice los dispositivos del tablero con ayuda del siguiente diagrama de conexión.



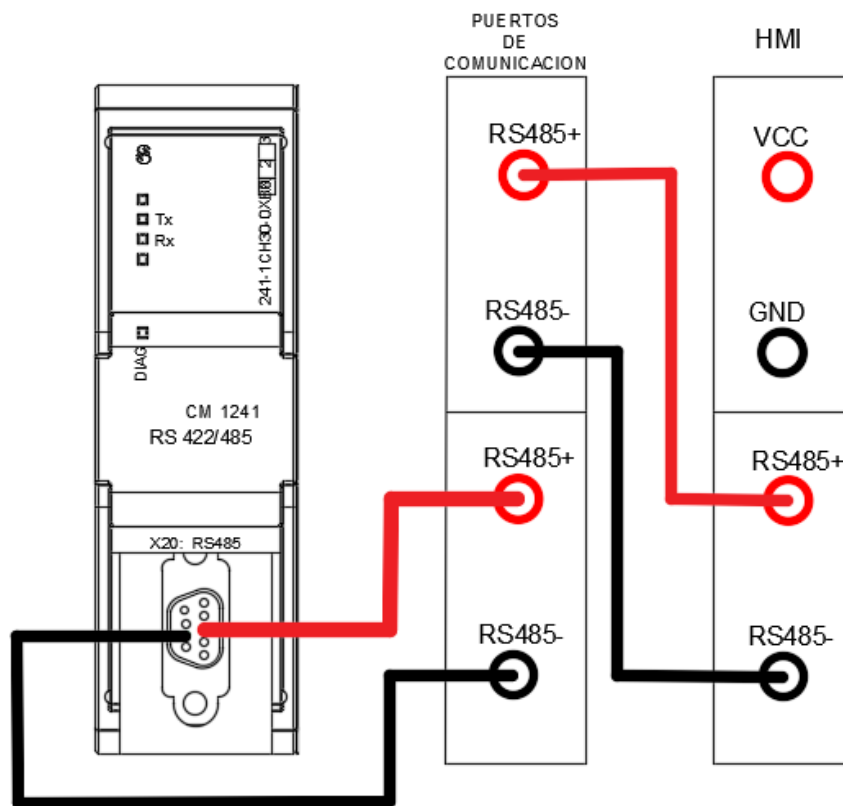
Esquema de alimentación de los equipos

- Esquema de conexión del PLC, drive y motor paso a paso.



Esquema de conexión del motor y driver

Esquema de conexión de la comunicación del PLC INVT HMI WECON y módulo de comunicación RS 485 Siemens.



Esquema de conexión para la comunicación

### Configuración DIP Switch del Drive Paso a Paso

Uno de los aspectos cruciales en los motores paso a paso es el ángulo de giro por pulso, comúnmente fijado en 1.8 grados. Esto implica que se necesitan 200 pulsos para completar una vuelta completa, ya que 200 pulsos multiplicados por 1.8 grados resultan en 360 grados. Sin embargo, para lograr micro pasos y dividir aún más este ángulo de paso, se emplea un controlador que utiliza 6 interruptores configurables (switches) en diferentes estados (on u off). Estos interruptores determinan la cantidad de micro pasos y, por ende, la precisión del movimiento del motor. La tabla asociada presenta descripciones detalladas de cada switch, indicando su estado requerido para configurar el micro pasó.



DIP Switch

En este caso se va configurar a 1600 pulsos para completar una vuelta de 360, a continuación, se detalla cuales switch tiene que estar en ON y OFF.

| Micro step | Pulso /rev | S1  | S2  | S3  | DESCRIPCIÓN  |
|------------|------------|-----|-----|-----|--|
| NC         | NC         | ON  | ON  | ON  | Si la configuración de los switch está en ON, no generará ninguna condición.                                       |
| 1          | 200        | ON  | ON  | OFF | La configuración S3 en OFF y S1, S2 en ON, nos dará un micro paso de 1 teniendo 200 pulsaciones por revolución.    |
| 2/A        | 400        | ON  | OFF | ON  | La configuración S2 en OFF y los demás en ON, nos da un micro paso de 2/A teniendo 400 pulsaciones por revolución. |
| 2/B        | 400        | OFF | ON  | ON  | La configuración S1 en OFF y los demás en ON, nos da un micro paso de 2/B teniendo 400 pulsaciones por revolución. |
| 4          | 800        | ON  | OFF | OFF | La configuración S1 en ON y S2,S3 en OFF, nos da un micro paso de 4 teniendo 800 pulsaciones por revolución.       |
| 8          | 1600       | OFF | ON  | OFF | La configuración S2 en ON y S1,S3 en OFF, nos da un micro pasó de 8 teniendo 1600 pulsaciones por revolución.      |
| 16         | 3200       | OFF | OFF | ON  | La configuración S3 en ON y S1,S2 nos da un micro pasó de 16 teniendo 3200 pulsaciones por revolución.             |
| 32         | 6400       | OFF | OFF | OFF | La configuración en OFF nos da un micro pasó de 32 teniendo 6400 pulsaciones por revolución.                       |

Las corrientes que se generan en un motor paso a paso nos ayudan a conocer que corriente es la indicada para la aplicación que se le requiere realizar para eso se toma en cuenta las corrientes pico y las corrientes nominales, si se genera una corriente muy alta el motor podría llegar a calentarse y generará problemas a largo plazo en el motor.

| <b>Current (A)</b> | <b>PK Current</b> | <b>S4</b> | <b>S5</b> | <b>S6</b> | <b>DESCRIPCIÓN</b>   |
|--------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|--|
| 0.5                | 0.7               | ON        | ON        | ON        | La configuración en ON generará una corriente pico de 0.7 y la corriente nominal sería de 0.5.                       |
| 1.0                | 1.2               | ON        | OFF       | ON        | La configuración S5 en OFF y los demás en ON generará una corriente pico de 1.2 y la corriente nominal sería de 1.0. |
| 1.5                | 1.7               | ON        | ON        | OFF       | La configuración S6 en ON y los demás en OFF generará una corriente pico de 1.7 y la corriente nominal sería de 1.5. |
| 2.0                | 2.2               | ON        | OFF       | OFF       | La configuración S4 en ON y los demás OFF generará una corriente pico de 2.2 y la corriente nominal sería de 2.0.    |
| 2.5                | 2.7               | OFF       | ON        | ON        | La configuración S4 en OFF y los demás en ON generará una corriente pico de 2.7 y la corriente nominal sería de 2.5. |
| 2.8                | 2.9               | OFF       | OFF       | ON        | La configuración S6 en ON y los demás en OFF generará una corriente pico de 2.9 y la corriente nominal sería de 2.8  |
| 3.0                | 3.2               | OFF       | ON        | OFF       | La configuración S5 en ON y los demás en OFF generará una corriente pico de 3.2 y la corriente nominal sería de 3.0. |
| 3.5                | 4.0               | OFF       | OFF       | OFF       | La configuración en OFF generará una corriente pico de 4.0 y la corriente nominal sería de 3.5.                      |

Tabla de Descripción de corriente generada

## 8. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- Bolton, William (2013) Mecatrónica: sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica, Alfaomega
- Romera J., Pedro. (1994) Automatización: problemas resueltos con autómatas programables, Paraninfo
- Díaz, Murillo, Rodolfo. Laboratorio de instrumentación y control, Instituto Politécnico Nacional, 2010. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/cotopaxisp/detail.action?docID=3188309>
- Jiménez, Raya, Fernando. Mantenimiento preventivo de sistemas de automatización industrial. ELEM0311, IC Editorial, 2015. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/cotopaxisp/detail.action?docID=5635930>.

## **INFORME DE LA PRÁCTICA**

Los siguientes datos podrán solicitarse al estudiante como informe de práctica, se deja abierta la posibilidad que el docente defina el contenido.

### **1. DATOS INFORMATIVOS**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
Y APLICADAS**

**INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PRACTICA Nro. 1**

**INTEGRANTES:**

**CICLO:**

**DOCENTE:**

**LATACUNGA – ECUADOR**

- 2. INTRODUCCIÓN**
- 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS**
- 4. CONCLUSIONES**
- 5. RECOMENDACIONES**
- 6. BIBLIOGRAFÍA**

# **Anexo 2. Guía de control por posición relativa**

|                       |                        |                            |
|-----------------------|------------------------|----------------------------|
| <b>ELABORADO POR:</b> | <b>VERIFICADO POR:</b> | <b>APROBADO POR:</b>       |
|                       | <b>Laboratorista</b>   | <b>Director de carrera</b> |
| Investigadores        | Ing. Eduardo Hinojosa  | Ing. Cristian Gallardo     |
| Fecha: 16/06/2024     | Fecha: 16/06/2024      | Fecha: 16/06/2024          |
| Firma:                | Firma:                 | Firma:                     |

|                             |                                |                                |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <b>CARRERA</b>              | <b>CÓDIGO DE LA ASIGNATURA</b> | <b>NOMBRE DE LA ASIGNATURA</b> |
| INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA |                                |                                |

|                 |                               |  |                         |
|-----------------|-------------------------------|--|-------------------------|
| <b>PRÁCTICA</b> | <b>LABORATORIO:</b>           | Automatización y Control   | <b>DURACIÓN (HORAS)</b> |
| <b>Nº</b>       | <b>ÁREA:</b>                  | Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas  |                         |
| <b>02</b>       | <b>NOMBRE DE LA PRÁCTICA:</b> | Comunicación RS 485 entre dos autómatas programables de marca INVT y S7-1200 para el monitoreo y control de motores paso a paso en posición relativa | 3                       |
| Integrantes:    |                               |  |                         |

## DESARROLLO

### 1. OBJETIVO

Realizar una red de comunicación RS485 entre el autómata programable S7-1200 y el autómata INVT controlado por HMIs para el monitoreo y control de un motor paso a paso en posición relativa.

### 2. INTRODUCCIÓN

El estándar TIA/EIA-485, popularmente conocido como RS485, describe una interfaz de comunicación que opera sobre líneas diferenciales capaces de comunicarse con 32 “unidades de carga”. Normalmente, un dispositivo transmisor/receptor corresponde a una “unidad de carga”, que permite la comunicación con hasta 32 dispositivos, esto permitir supervisar y controlar una gama diversa de procesos industriales en varios sectores de producción y manufactura razón por la cual esta tecnología posibilita la monitorización y ajuste de variables

en sistemas automáticos y semiautomáticos donde el objetivo principal es ofrecer una comunicación íntegra estrechamente con actuadores que son componentes esenciales en sistemas de control industrial, ya que proporcionan movimientos precisos y controlados en una variedad de aplicaciones además la capacidad bidireccional de Modbus RS485 permite una transmisión de datos que facilita el monitoreo en tiempo real y la retroalimentación constante

### 3. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

Para llevar a cabo una práctica de desarrollo de una red de comunicación RS485 para el control de un motor paso a paso industrial con PLCs, es esencial contar con una serie de equipos e instrumentos. Estos componentes desempeñan un papel crucial en la operación y el control de los motores, así como en la comunicación entre los dispositivos.

A continuación, se describen los equipos e instrumentos necesarios para esta práctica:

- **PLC INVT Modelo IVC1-1410MAT (Controlador Lógico Programable):** Es un dispositivo programable que ejecutará las instrucciones dadas por el PLC maestro las cuales son necesarias para controlar los motores paso a paso y gestionar la comunicación RS485. Debes seleccionar un PLC compatible con RS485 y que tenga suficientes entradas y salidas digitales para controlar el motor y otros dispositivos relacionados, el autómatas se puede ver en la imagen 1.



Imagen 1. PLC INVT

- **PLC SIEMENS S7-1200 (Controlador Lógico Programable)**

El PLC Siemens S7-1200, permite un control de nivel, medición y regulación precisos en procesos industriales, con la capacidad de integrar sensores y actuadores para el control de la automatización de procesos, en este caso ejecutará las instrucciones necesarias de mando hacia el esclavo para controlar el motor paso a paso y gestionar la comunicación RS485 puesto que se lo determinará como el Maestro, este dispositivo está representado en la imagen 2.



Imagen 2. PLC Siemens

- **HMI Wecon modelo PI3070ig-0 (Interfaz Hombre-Máquina):** El HMI es una herramienta esencial en la automatización industrial que proporciona una interfaz gráfica intuitiva para que los operadores humanos interactúen con máquinas y sistemas de manera eficiente y efectiva, dicho dispositivo está en la imagen 3.



Imagen 3. HMI WECON

- **HMI Siemens KTP400:** En la imagen 4, se puede visualizar el HMI la cual es una herramienta esencial en la automatización industrial que proporciona una interfaz

gráfica intuitiva para que los operadores humanos interactúen con máquinas y sistemas de manera eficiente y efectiva, será el dispositivo el cual nos permita ingresar los parámetros de control.

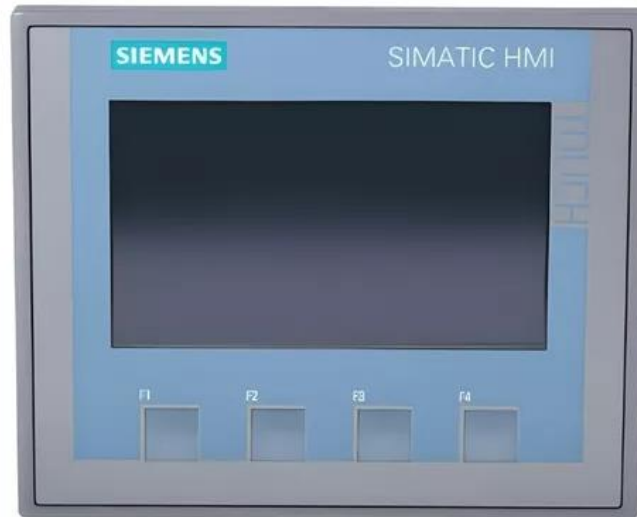


Imagen 4. HMI SIEMENS KTP400

- **Motores paso a paso industriales Nema 23 Modelo 0K57H18112A:** Estos motores son dispositivos electromecánicos que convierten señales eléctricas en movimientos precisos en incrementos discretos, el mismo dispositivo está representado en la imagen 5.



Imagen 5. Motor paso a Paso Nema 23

- **Controladores de motor paso a paso TB6600:** Los controladores de motores paso a paso son necesarios para gestionar y alimentar los motores. Estos dispositivos generan las secuencias de impulsos necesarias para el movimiento preciso de los motores, el mismo se puede ver en la imagen 6.



Imagen 6. Driver Paso a Paso

- **Fuentes de alimentación Delta Modelo DRL-120-24:** En la imagen 7 se puede observar la fuente de voltaje la cual se emplea para alimentar tanto el PLC como los motores y controladores de motor, necesitarás fuentes de alimentación adecuadas que suministren la tensión y la corriente necesarias para cada componente.



Imagen 7. Fuente 120v AC - 24v DC

- **Cables de conexiones:** En la imagen 8 se puede visualizar los cables de alimentación y comunicación son vitales para conectar todos los componentes. Asegúrate de utilizar cables de calidad y que sean lo suficientemente largos para alcanzar todas las ubicaciones necesarias en tu sistema.

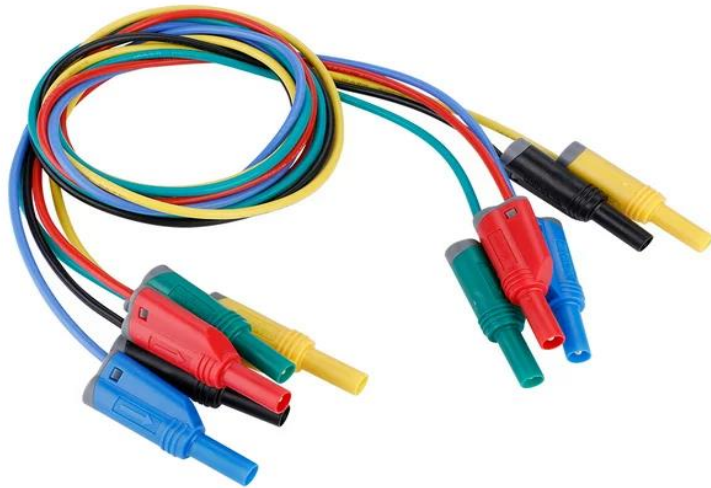


Imagen 8. Cables bananas de seguridad

- **Herramientas y equipo de laboratorio:** Herramientas como destornilladores, alicates y multímetros son indispensables para realizar los trabajos de comunicación, las mismas se puede observar en la imagen 9.



Imagen 9. Kit Básico de herramientas

- **Software de Programación:** Necesitarás software de programación para el PLC. Esto puede incluir software específico proporcionado por el fabricante del PLC o herramientas de programación estándar como ladder logic (lógica de escalera) o software de programación basado en texto.
- **Documentación y Manuales:** Consulta los manuales y documentación técnica de todos los componentes para comprender sus especificaciones, conexiones y procedimientos de configuración.

#### 4. MEDIDAS DE SEGURIDAD

Los estudiantes y docentes deben asistir a la charla de inducción de seguridad en la primera práctica por una sola vez, la misma que será facilitada por el laboratorista y deberán firmar un registro de inducción.

Se solicita el cumplimiento de las siguientes medidas de seguridad.

- Mandil
- Zapatos adecuados.
- No gorras.
- No anillos.
- No cadenas

## **5. INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD**

- Lea y comprenda la presente guía de laboratorio
- No corra dentro del laboratorio
- Abstenerse de usar el teléfono celular
- Aleje sus manos de las partes móviles del equipo
- No enchufar ni tocar cables o equipos con manos mojadas.
- No desconectar cables de los equipos que están instalados en el Laboratorio
- Comunicar incidencias sobre cables sueltos, pelados, luces, cables y enchufes en mal estado.
- Conectar los instrumentos de medidas de forma correcta para evitar daños
- No se debe trabajar en equipos eléctricos parado sobre el piso húmedo
- No se debe realizar maniobras para las cuales no ha sido entrenado o autorizado
- Antes de conectar un equipo, los usuarios / estudiantes deberán chequear que la conexión se encuentre en óptimas condiciones (cables bajo-aislados, no empalmados, tomas de conexión en buenas condiciones. En caso de detectar una condición insegura, se deberá comunicar de inmediato al instructor.
- Atención: cuando se realicen maniobras con tensión de 220V o superiores, nunca debe estar solo, como mínimo deberá haber dos personas.
- Al desconectar un equipo no se debe tirar de los cables, sino retirarlos con precaución desde su lugar de conexión.

## **6. TRABAJO PREPARATORIO**

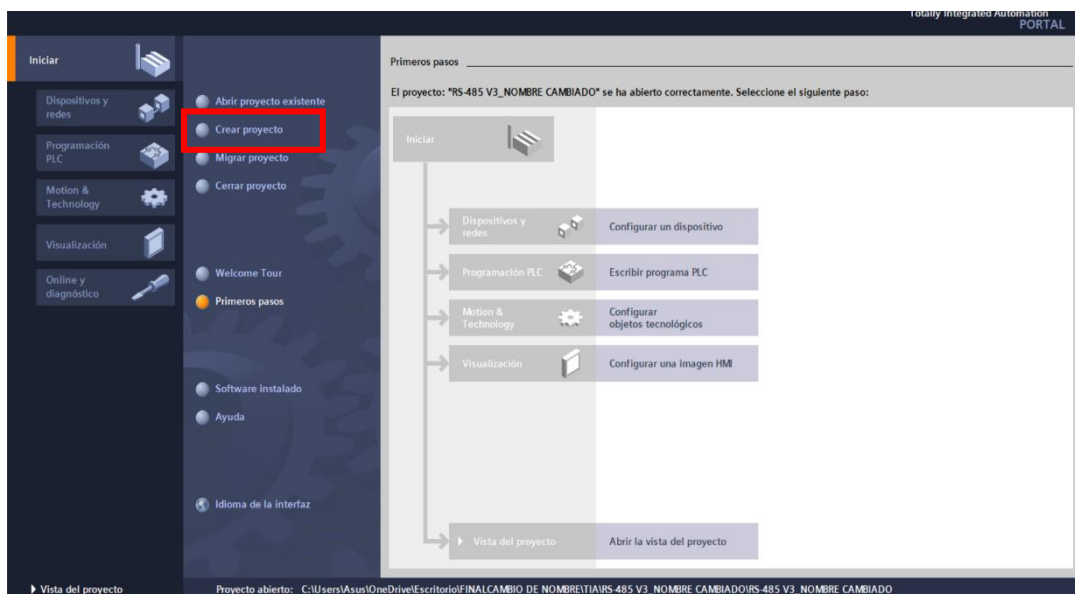
- Conocimientos previos de programación y funcionamiento de red de comunicación MODBUS RS485.
- Tener instalado el software de programación TIA PORTAL de preferencia V16
- Descargar el archivo y la guía de instalación del Software Auto Station en el enlace adjunto.
- [https://drive.google.com/drive/folders/1Xl6naQiszePypdeV8eniXohYG\\_5vF34f?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1Xl6naQiszePypdeV8eniXohYG_5vF34f?usp=sharing)
- Descargar el archivo y la guía de instalación del Software PIStudio en el link adjunto.
- [https://drive.google.com/drive/folders/1a9Q\\_PB4cXgGTPIOVQiy\\_cL6cqIMVjPi\\_b?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1a9Q_PB4cXgGTPIOVQiy_cL6cqIMVjPi_b?usp=sharing)

## CONFIGURACIÓN DE LOS PUERTOS DE COMUNICACIÓN DEL DISPOSITIVO MAESTRO.

### Configuración para la comunicación en el software TIA portal V16

El software ofrece el diseño del interfaz RS 485, este se puede emplear mediante un módulo de expansión 1241 RS 422/485 para poder enlazar el módulo de expansión debemos seguir la siguiente configuración:

- Crear un proyecto en el entorno del software TIA Portal V16



Entorno TIA PORTAL V16.

- Crear un PLC virtual que tenga la versión idéntica al del PLC físico que se desee programar
- Abrir el catálogo que se encuentra en el software

- Seleccionar los módulos de comunicación externos que se pueden conectar en el PLC
- Seleccionar la conexión punto a punto también conocida como multipunto
- Escoger el módulo de comunicación CM 1241 RS422/485 de modelo 6ES7 241-1CH31-0XB0

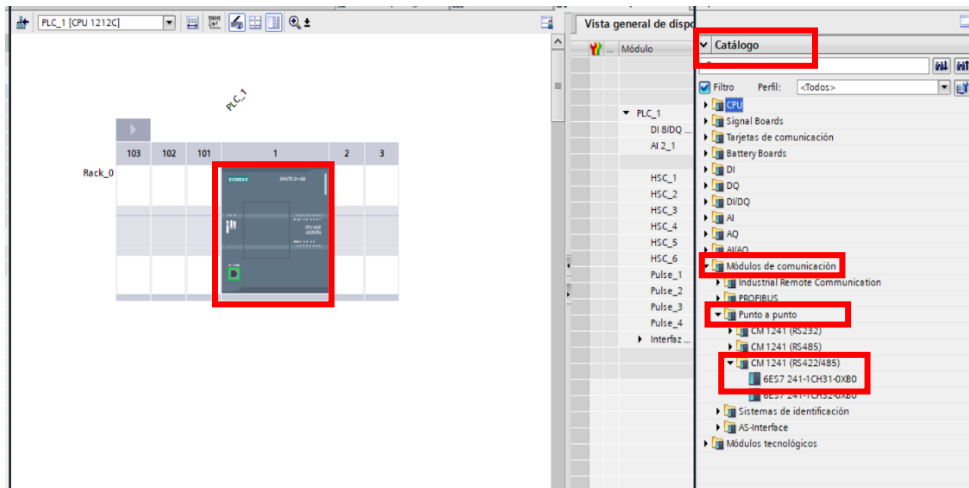


Imagen. Enlace de PLC con TIA PORTAL V16.

- Insertar el modulo de expansión.
- Identificar el nombre del modulo para su conexión.

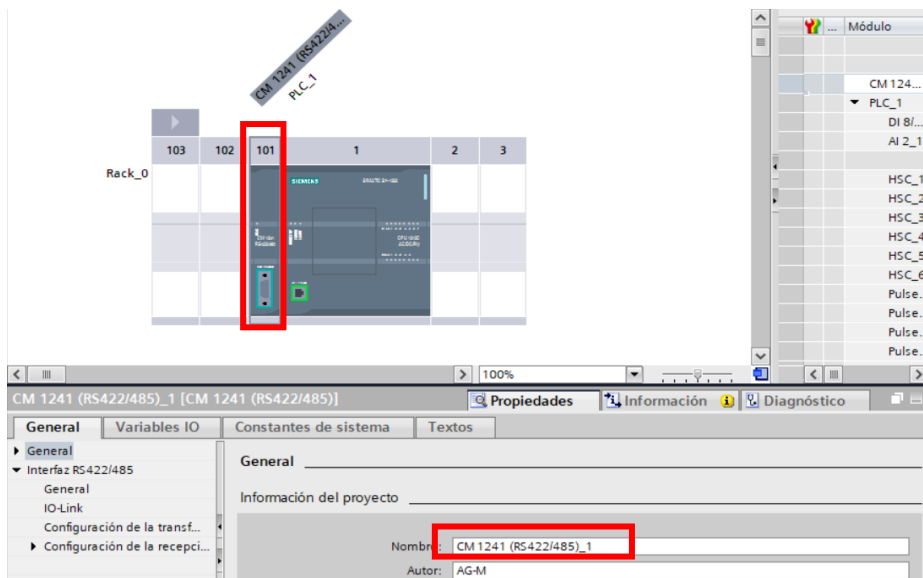
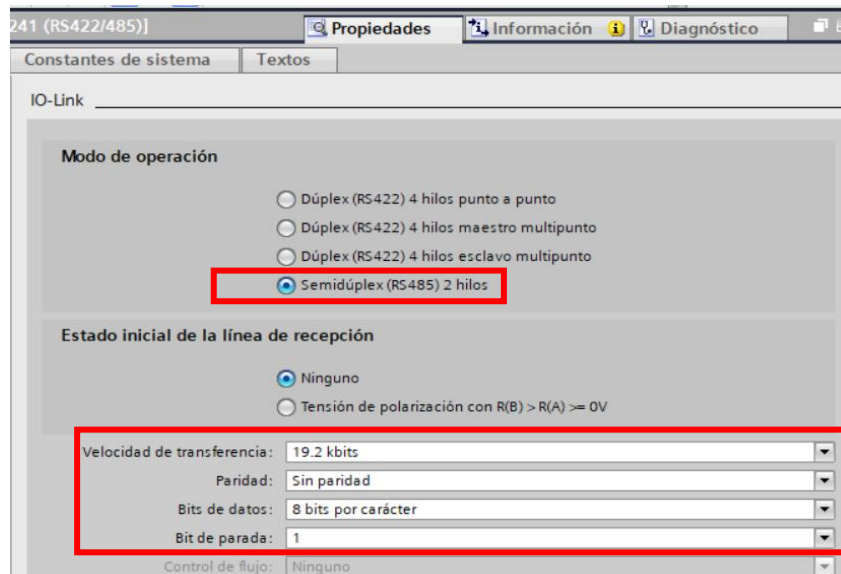


Imagen Enlace de PLC con TIA PORTAL V16.

Modo de operación de modulo de comunicación seleccionar del numero de hilos que se usaran para la comunicación.

Configuración de parametros para el intercambio de datos Velocidad de transferencia 19.2Kbits, Paridad (Sin paridad), Bit de datos (8 bits por caractere), Bit de parada (1)



Parámetros de enlace para comunicación en TIA PORTAL V16.

## CONFIGURACIÓN DE LOS PUERTOS DE COMUNICACIÓN DEL DISPOSITIVO ESCLAVO.

### CREACIÓN DEL PROYECTO

Para iniciar con la creación de un proyecto dirigirse al menú principal en la parte superior y seguir los siguientes pasos.

- Dirigirse a **File** y seleccionar la opción **New Project**.

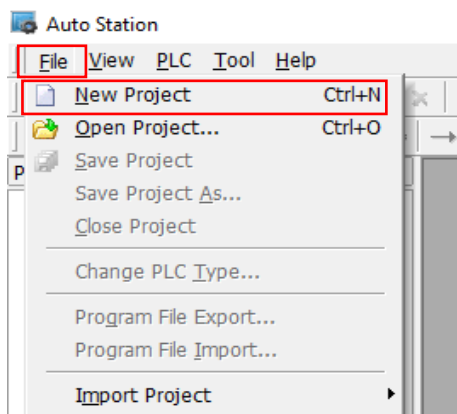
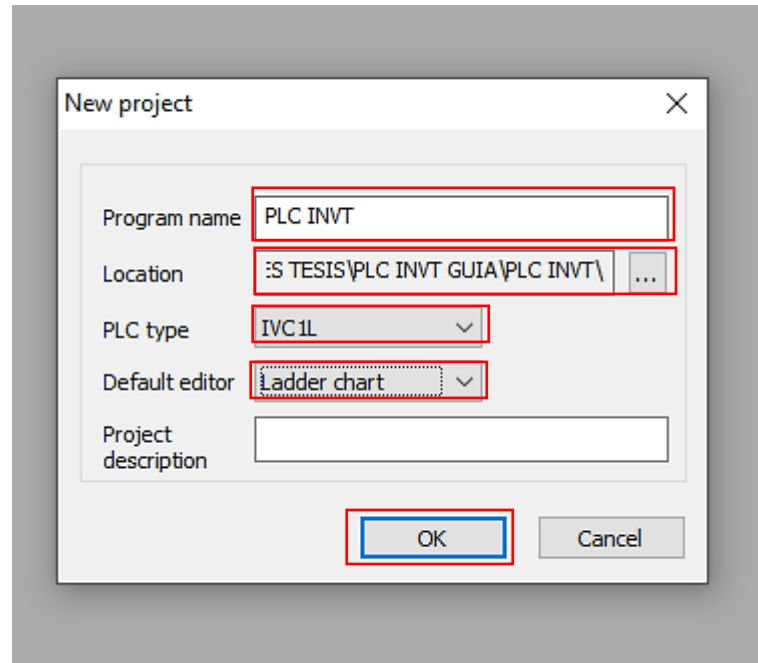


Imagen: Pasos para creación de un nuevo proyecto

Se abrirá una ventana en la que se configurará los siguientes parámetros

- Nombre del proyecto:
- Ubicación donde se guardará el proyecto

- Tipo de PLC
- Lenguaje programación
- Si deseamos podemos añadir una pequeña descripción caso contrario damos clic en Ok.



Configuración del nuevo proyecto en el Auto Station.

### **Configuración para la comunicación**

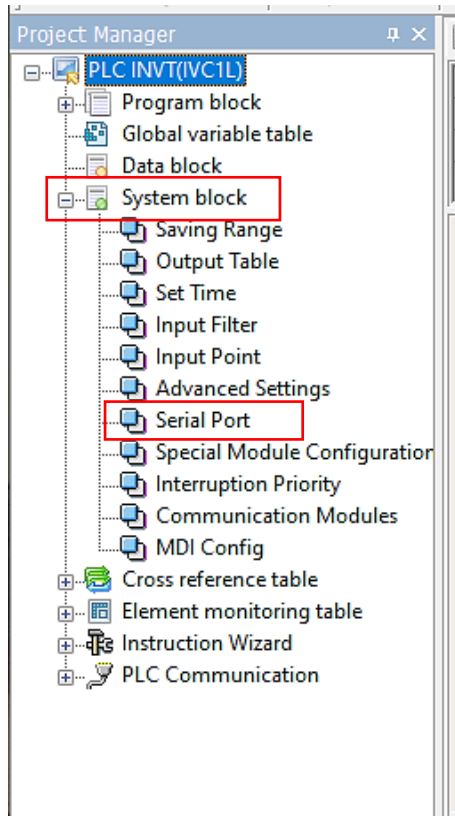
La interfaz física RS 485 es la que se utilizará debido a que el PLC INVT IVC1 1410MAT proporciona dos puertos para esta interfaz, el PORT1 y PORT2.

Se utilizan dos protocolos diferentes para poder entender de mejor manera cuáles son las diferencias entre cada protocolo y estos puedan ser aplicados a la industria de acuerdo con las necesidades de cada aplicación.

### **Configuración del PLC INVT en el puerto 1 y 2**

Al existir dos protocolos es necesario los dos puertos de comunicación para poder identificar qué puerto se va utilizar para la comunicación entre cada equipo.

- Ubicarse en el árbol del proyecto al lado izquierdo del entorno de trabajo, seleccionar la opción **System Block**, se desplegará un nuevo menú en donde se dará doble clic izquierdo en **Serial port**.



Configuración de los puertos de comunicación

Se desplegará una nueva ventana para lo cual se dirigirá al apartado **PLC communication port (1) setting** y seleccionar **Modbus protocol**, en el apartado de **PLC communication port (2) setting** seleccionar la opción **Modbus protocol**.

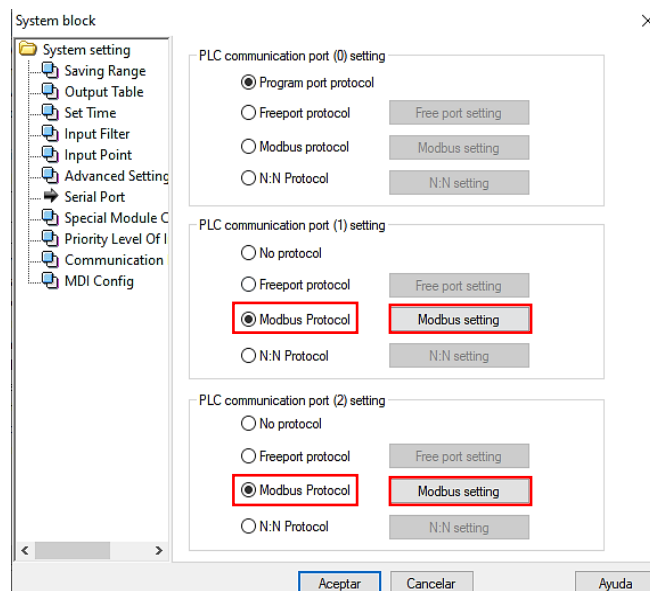
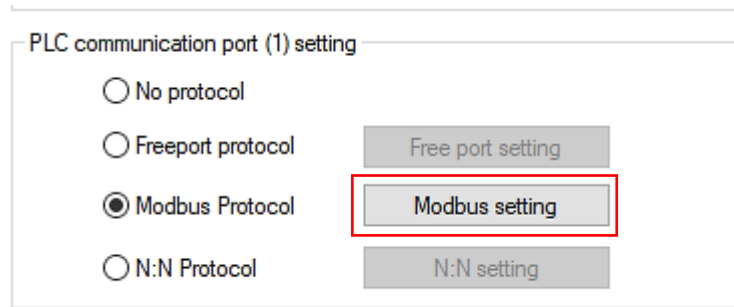


Imagen. Configuración del Puerto 1 y puerto 2

Para configurar el puerto 1, sin salir de la ventana dar clic en **Modbus setting** del apartado del **PLC communication port (1) setting**, en donde se desplegará una nueva ventana.



Inicio para configurar puerto 1

En la ventana que se desplegará se configurará con los siguientes parámetros, para el puerto 1 que sirve de comunicación con el HMI.

- En Baud rate: 9600
- Data bit: 8
- Parity check: None
- Stop bit:1
- Presionar Ok

Los demás parámetros se configuran por defecto por lo tanto no es necesario realizar alguna modificación.

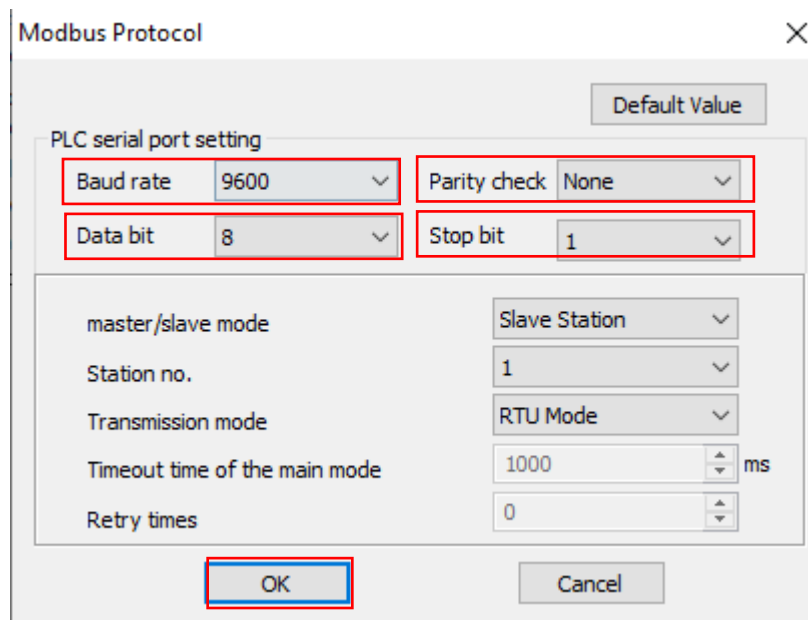
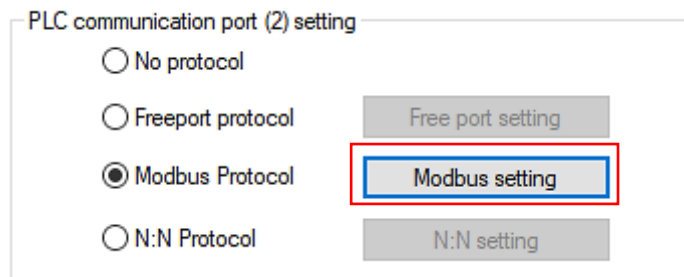


Imagen. Configuración de parámetros del puerto 1

Para configurar el puerto 2, sin salir de la ventana dar clic en **Modbus setting** del apartado del **PLC communication port (2) setting**, en donde se desplegará una nueva ventana.

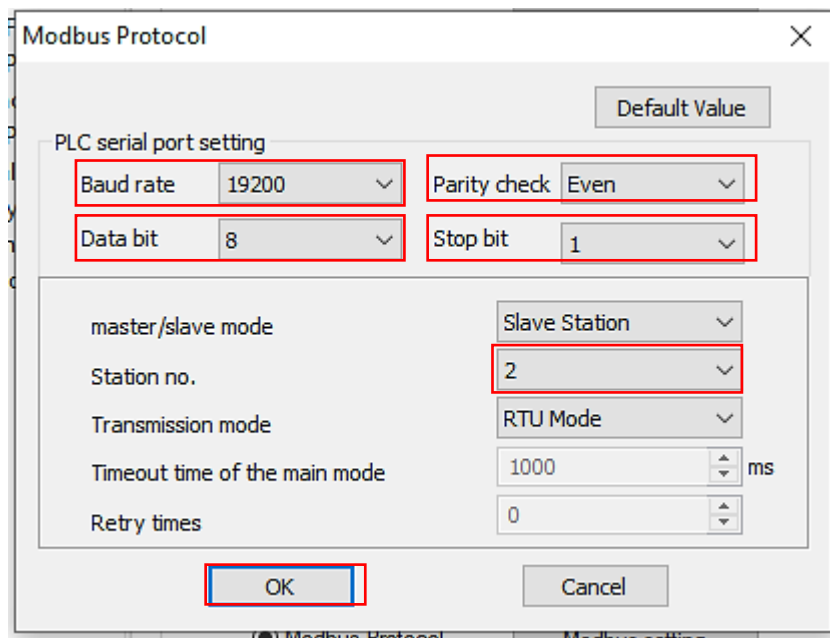


Inicio para configurar el puerto 2

En la ventana que se desplegará se configurará con los siguientes parámetros, para el puerto 2 que sirve de comunicación con el PLC SIEMENS S7-1200.

- En Baud rate: 19200
- Data bit: 8
- Parity check: Even
- Stop bit:1
- Station no.: 2
- Presionar Ok

Los demás parámetros se configuran por defecto por lo tanto no es necesario realizar alguna modificación.



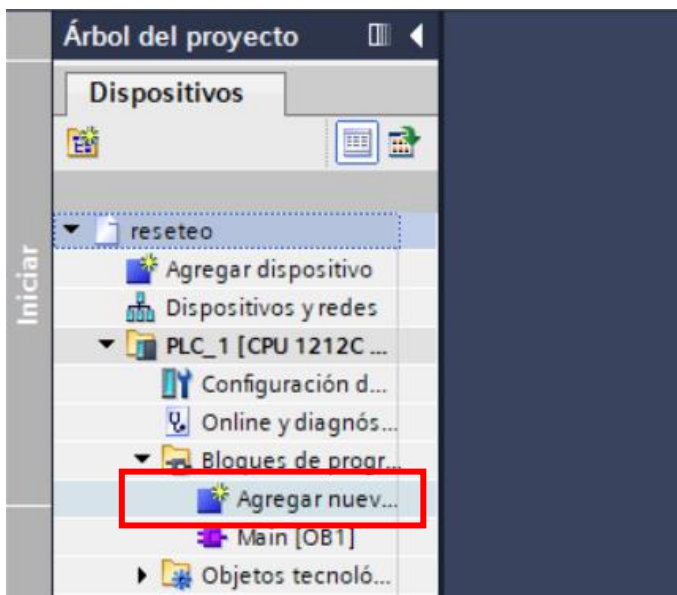
Configuración de parámetros del puerto 2

## ACTIVIDADES A DESARROLLAR Y METODOLOGÍA.

- Realice la **programación** en cada uno de los softwares Instalados previamente configurados para la comunicación.

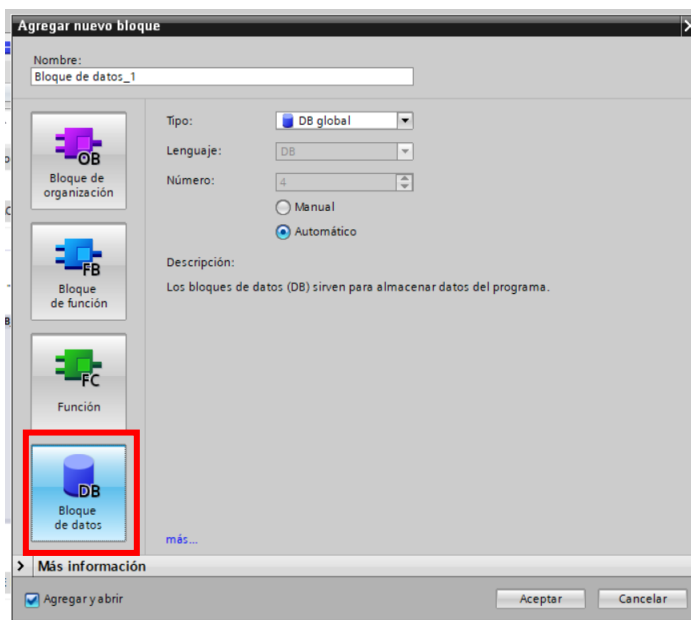
## PROGRAMACIÓN TIA PORTAL PLC MÁSTER.

- En el entorno de TIA PORTAL crear un bloque de DATOS.



Crear bloque de datos

- Seleccionar Bloque de Datos



Crear bloque de datos

- Escribir los datos que se enviarán hacia el esclavo copiar los datos insertados y no desactivar ningún visto en azul.

| Nombre         | Tipo de datos | Valor predet. | Valor de arranque | Instantánea | Valor de observación | Remanencia               | Accesible desde HMI/OPC UA/Web API  | Escribible desde HMI/OPC ...        |
|----------------|---------------|---------------|-------------------|-------------|----------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Static         |               |               |                   |             |                      |                          |                                     |                                     |
| VELOCIDAD PAP  | Int           |               | 0                 | --          |                      | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| VUELTAS P_REL  | Int           |               | 0                 | --          |                      | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| RUN            | Int           |               | 0                 | --          |                      | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| SENTINDO H/A   | Int           |               | 0                 | --          |                      | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| ON/OFF         | Int           |               | 0                 | --          |                      | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| RESET AUTOML.. | Int           |               | 0                 | --          |                      | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

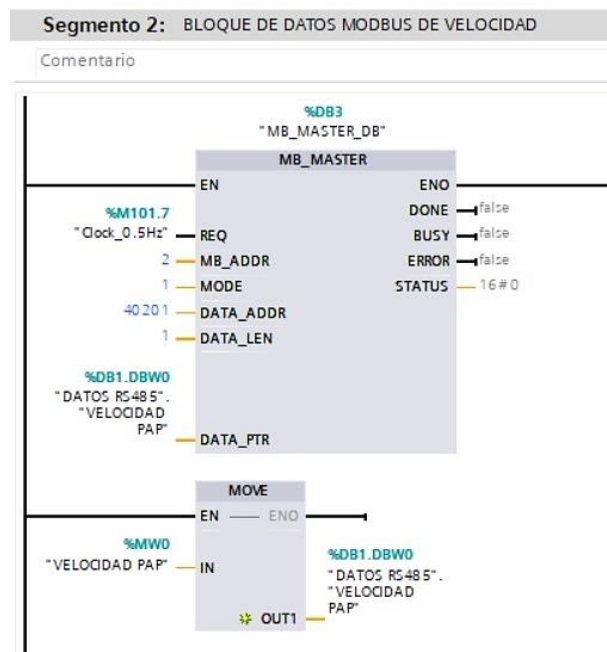
Datos que se requieren comunicar.

- En el entorno de programación insertar los siguientes bloques de programación.
- MB\_COMM\_LOAD bloque de programación para envío de datos por la red de comunicación.



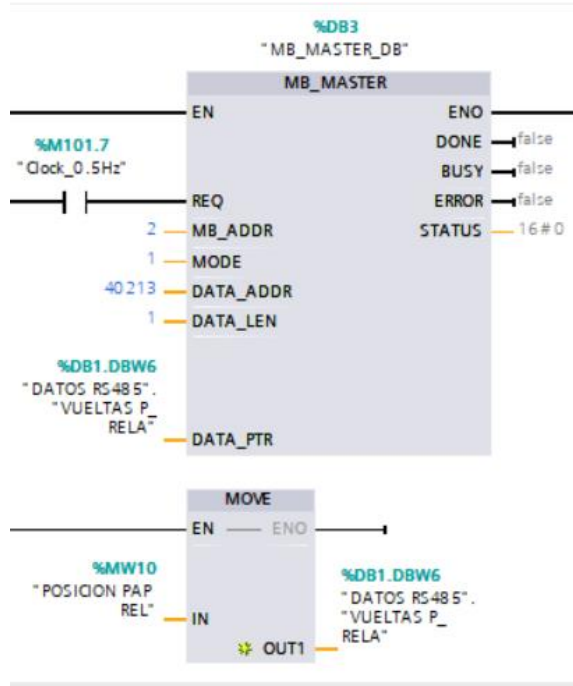
Bloque de comunicación

- MB\_MÁSTER bloque recepción de datos para envío e intercambio de datos.
- MOVE bloque de programación para mover datos y variables entre HMI hacia el PLC.



Bloque de envío de datos

- Copie y pegue el mismo bloque MB\_Master y cambie la variable a vueltas en posición relativa.



Bloque de envío de datos de vueltas.

- Copie y pegue el mismo bloque MB\_Master y cambie la variable a botón run o puesta en marcha e insertar el otro bloque MOVE para desenclavar el botón run.

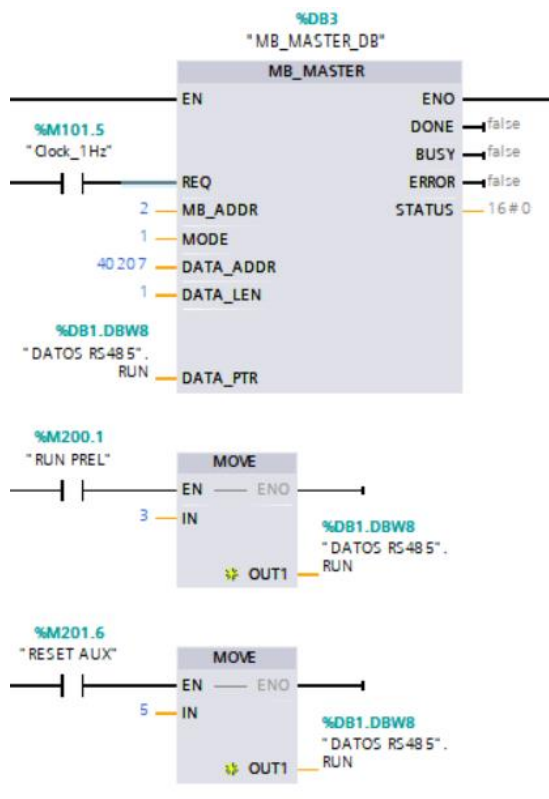
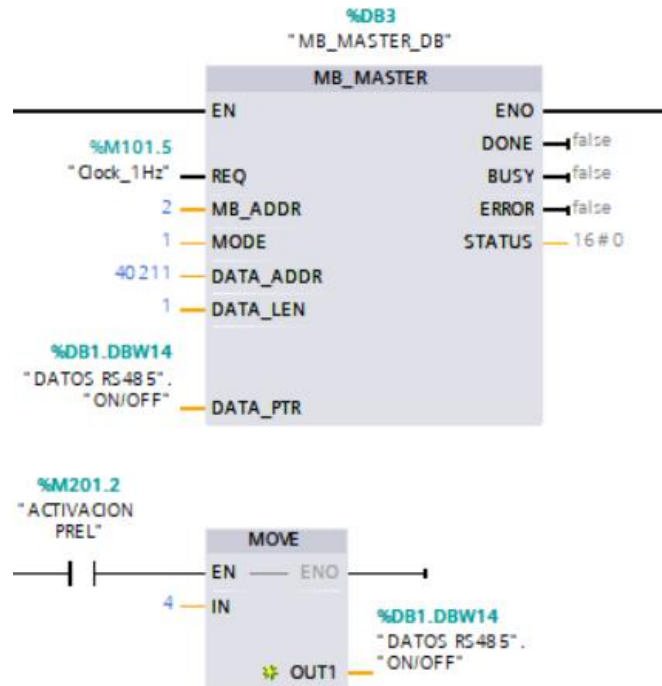


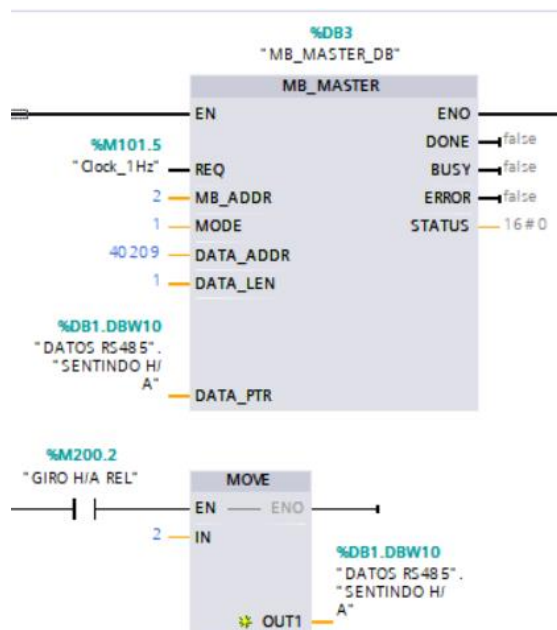
Imagen. Bloque de envío de datos de puesta en marcha.

- Copie y pegue el mismo bloque MB\_Master y cambie la variable a ON/OFF para activa la pantalla



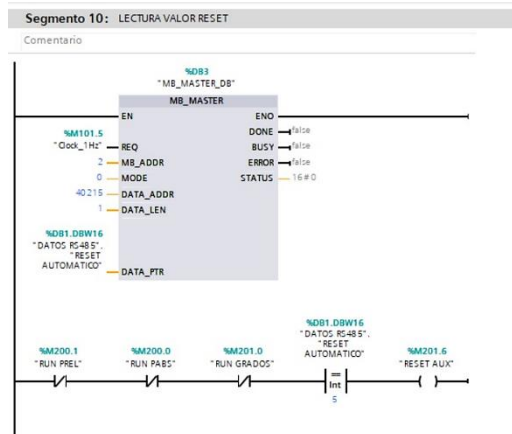
Bloque de envío de datos de encendido y apagado de la pantalla.

- Copie y pegue el mismo bloque MB\_Master y cambie la variable a un cambio de giro de sentido horario a antihorario.



Bloque para el cambio de giro

- Copie y pegue el mismo bloque MB\_Master y cambie la variable a un RESET automático para desenclavar el botón run opuesta en marcha



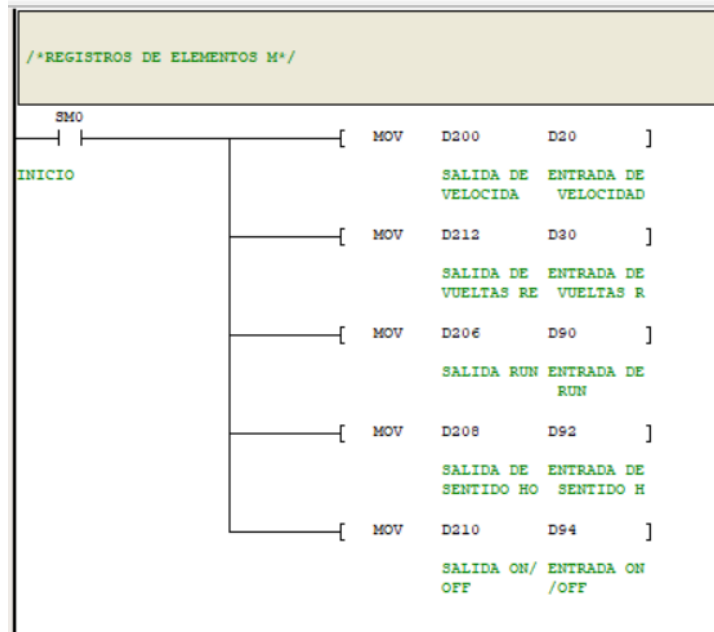
Bloque de envío de datos de reset.

## 7. PROGRAMACIÓN AUTO STATION PLC SLAVE.

- En el software AUTO STATION generar los datos que se desean comunicar.
- Los datos ingresados se especifican en la siguiente tabla.

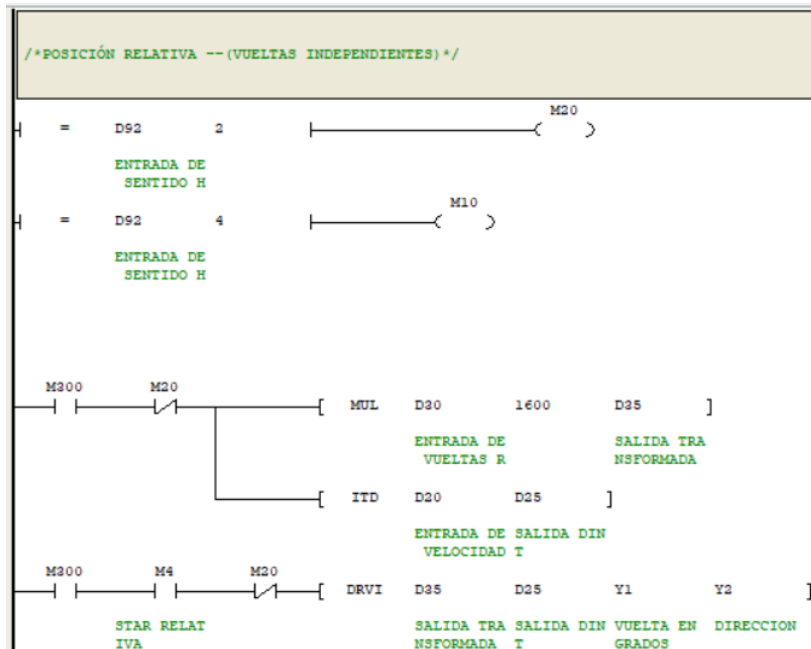
| Posición Relativa      |                 |
|------------------------|-----------------|
| Descripción            | Registro/Marcas |
| Accionamiento HMI      | M3              |
| Enclavamiento 1        | M4              |
| Enclavamiento 2        | M5              |
| Ingreso Vueltas        | D30             |
| Salida Pulsos          | D35             |
| Ingreso Frecuencia     | D20             |
| Salida Frecuencia      | D25             |
| Pulsos                 | Y1              |
| Dirección              | Y2              |
| Dirección Reservada Y1 | SM83            |
| Encendido              | M300            |

- Con la ayuda del comando MOV enviaremos y recibiremos datos del PLC maestro



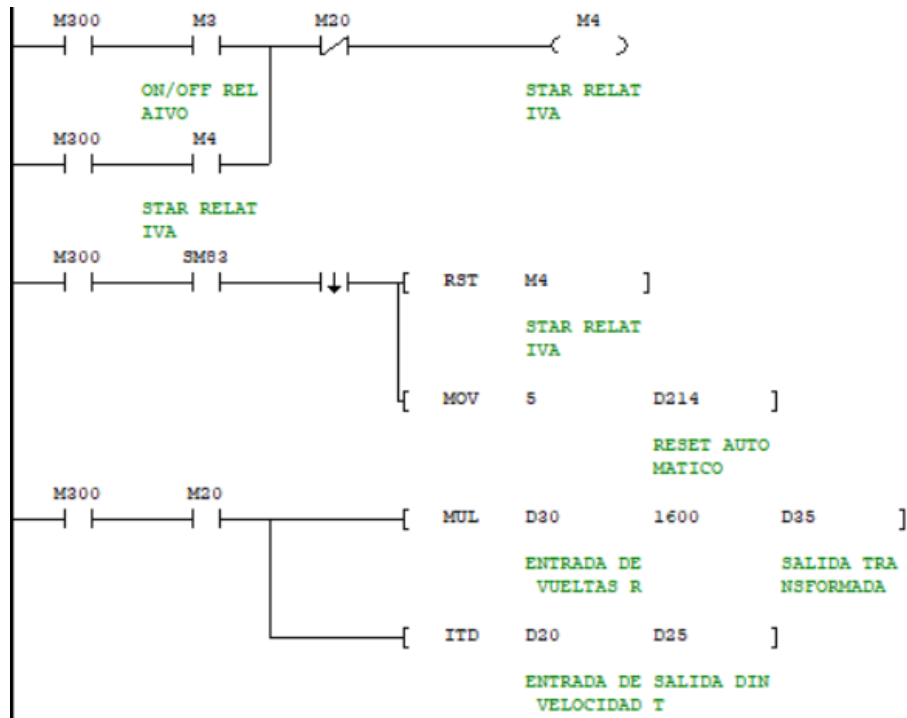
Datos de entrada y salida

- La programación para el control de motores paso a paso en posición absoluta se desarrolla de la siguiente forma.
- Desarrollamos la programación para insertar el número de vueltas y la velocidad con la que se desea controlar el motor a pasos



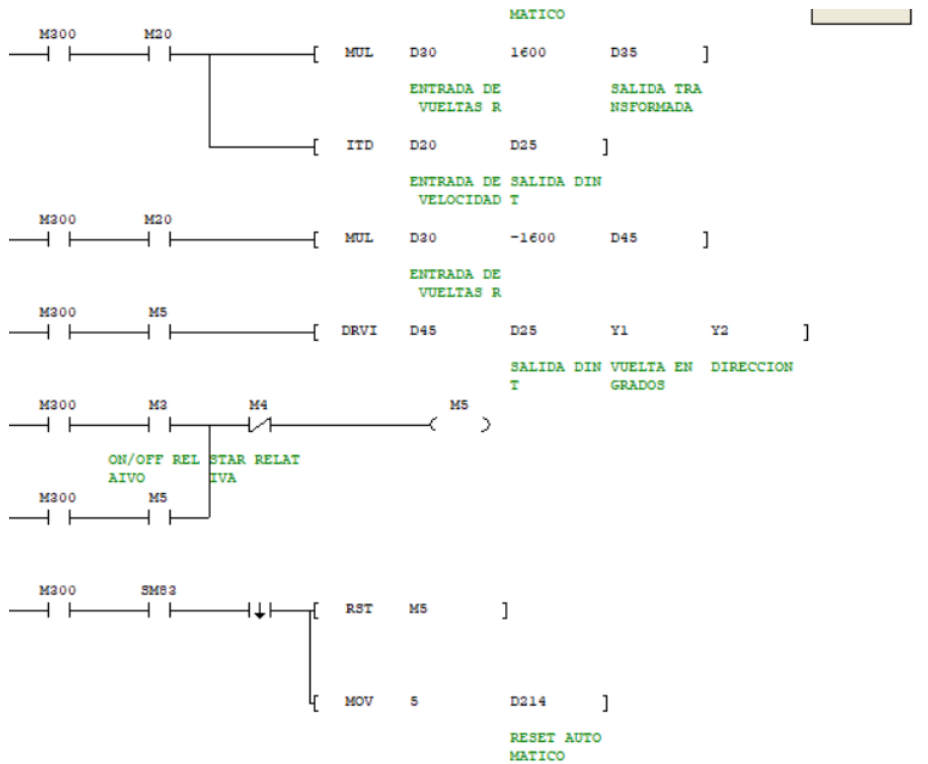
Programación para el control en posición relativa

- Después programamos el comando DRVI que moverá los datos ingresados hacia el MOV para la comunicación.
- Activación del comando DRVI.



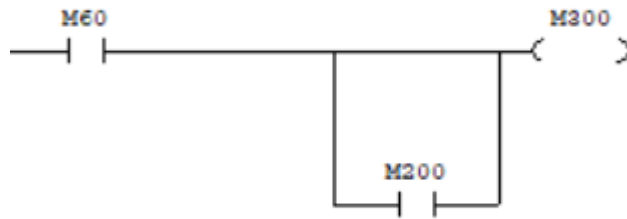
Programación para el enclavamiento del contacto

### CAMBIO DE GIRO.



Programación para el cambio de giro

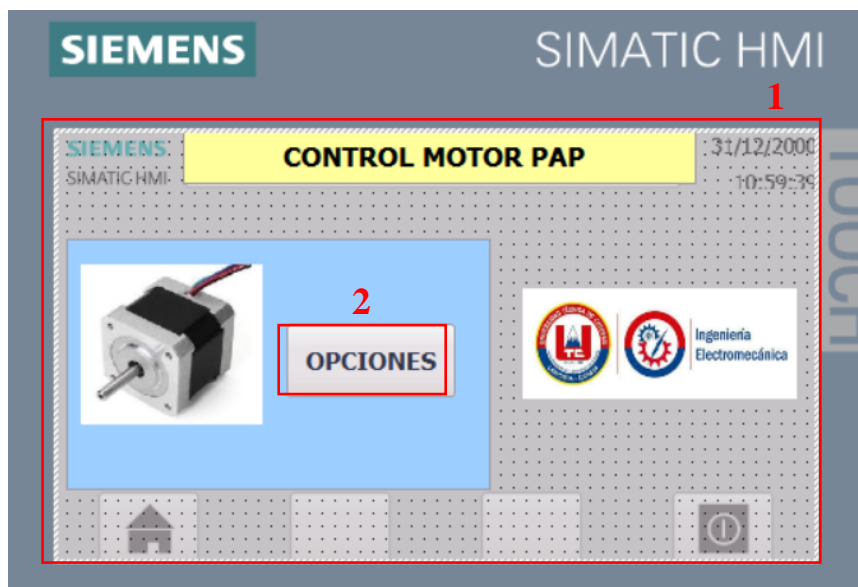
- Interruptor de activación.



Interruptor de on/off

## DISEÑO DE PANTALLAS HMI SIEMENS PARA LECTURA Y ESCRITURA DE PARÁMETROS PARA EL CONTROL DE MOTORES PASO A PASO.

- Visualización de las pantallas de configuración del **HMI SIEMENS KTP400 DE CUAL SE INGRESAR LOS DATOS.**
- **PANTALLA DE INICIO**



Pantalla de inicio

### Componentes:

1. Entorno de la pantalla general
2. Pulsador para ingresar al menú

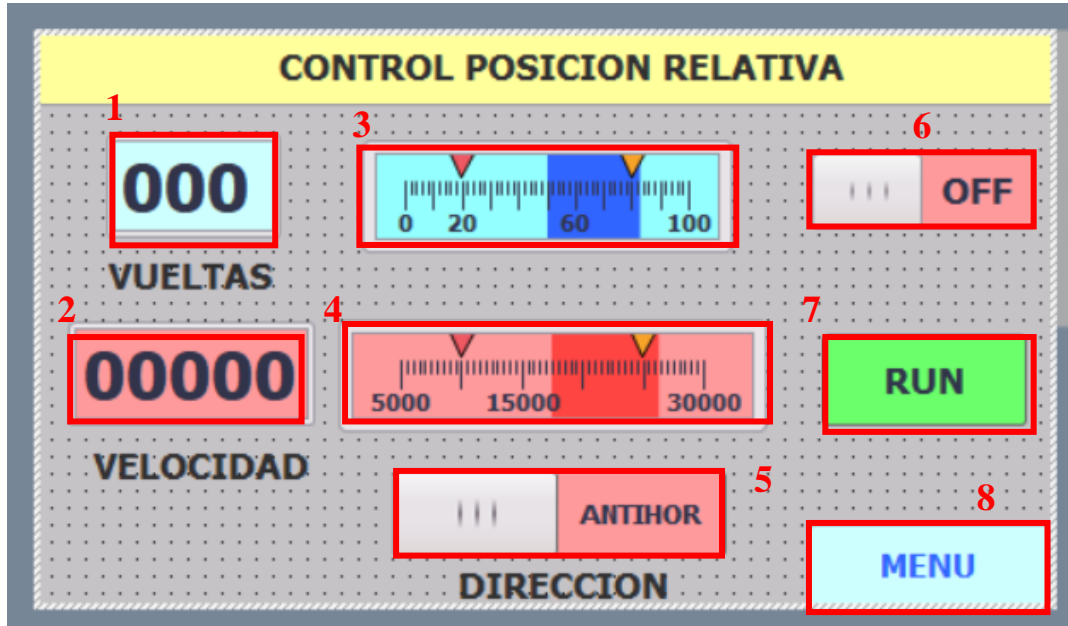
- **PANTALLA DEL MENÚ.**



Pantalla de menú

**Componentes:**

1. Pulsador para ingresar a la pantalla de control del motor por posición relativa
  2. Pulsador para regresar al menú.
- **PANTALLA DE CONTROL DEL MOTOR POR POSICIÓN RELATIVA**



Pantalla de control por posición relativa

**Componentes:**

1. Pantalla para ingresar valor de número de vueltas
2. Pantalla para ingresar valor de velocidad
3. Regleta para visualizar el valor de vueltas ingresado

4. Regleta para visualizar el valor de velocidad ingresado
5. Interruptor para cambiar la dirección de giro
6. Interruptor para encendido
7. Pulsador de puesta en marcha
8. Pulsador para volver a la pantalla de menú

## **DISEÑO DE PANTALLAS HMI WECON PARA LECTURA DE PARÁMETROS PARA EL CONTROL DE MOTORES PASO A PASO.**

Visualización de las pantallas de configuración del **HMI WECON EN EL CUAL SE VISUALIZARÁ LOS DATOS INGRESADO**

- **PANTALLA DE INICIO**

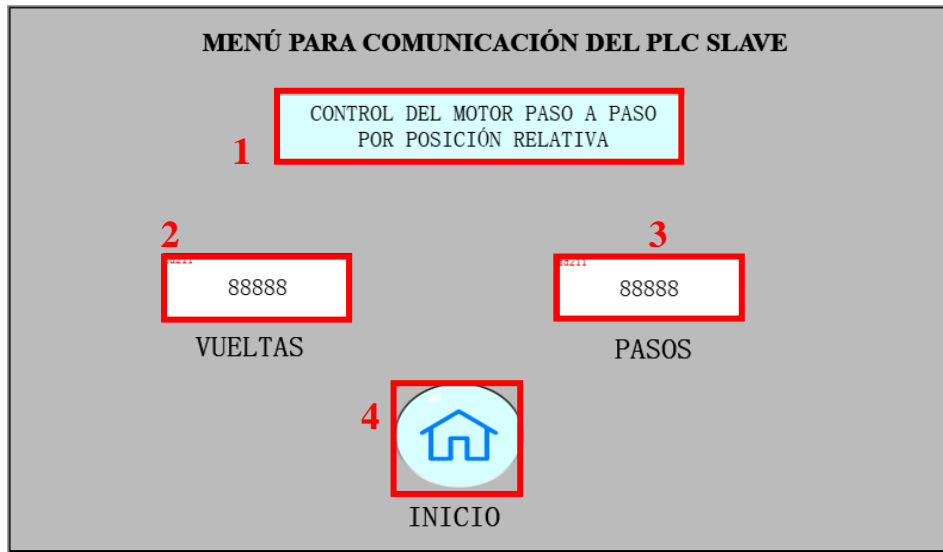


Imagen. Pantalla de inicio

### **Componentes:**

1. Entorno de la pantalla general
2. Pulsador para ingresar al menú

- **PANTALLA DEL MENÚ**

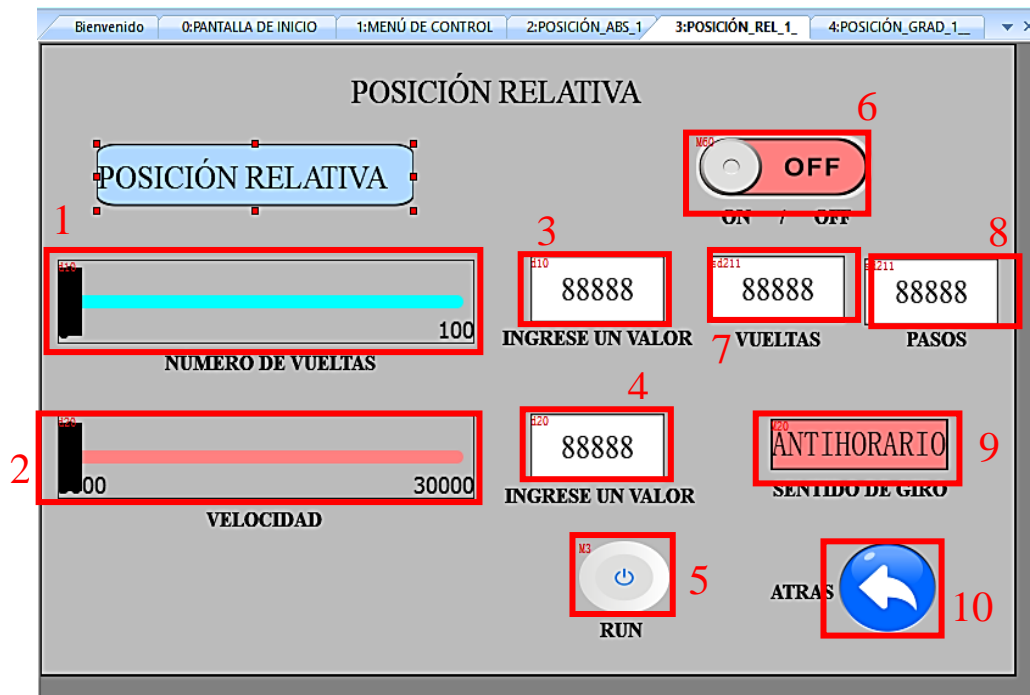


Pantalla de menú

**Componentes:**

1. Pulsador para ingresar a la pantalla de control del motor por posición relativa
2. Pantalla de visualización del número de vueltas
3. Pantalla de visualización del número de pasos
4. Pulsador para volver a la pantalla de inicio

• **PANTALLA DE CONTROL DEL MOTOR POR POSICIÓN RELATIVA**



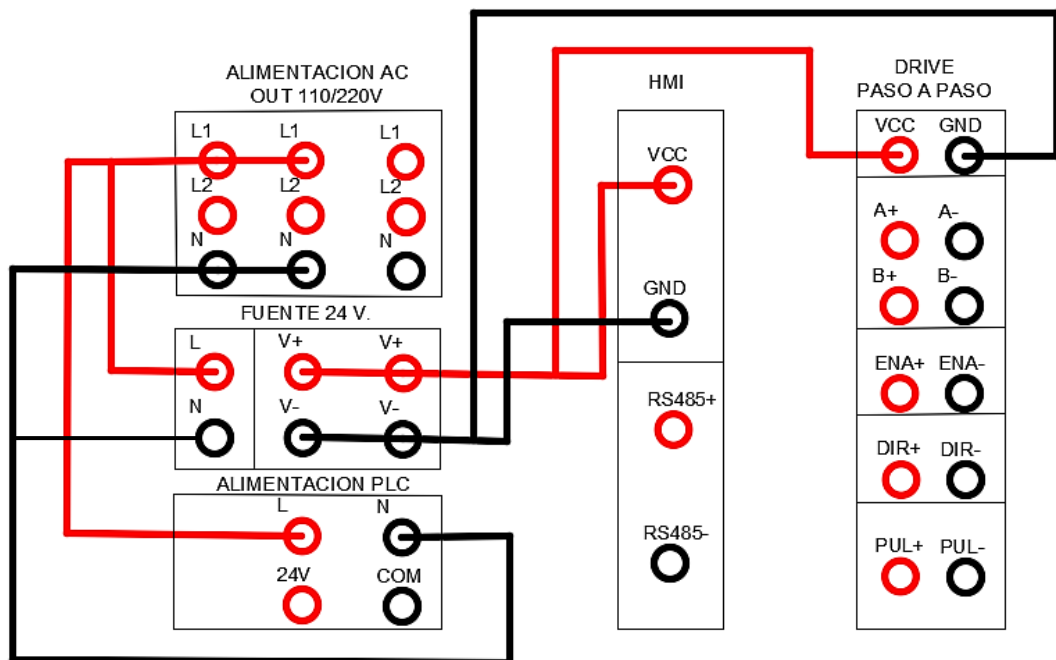
Pantalla de control por posición relativa

**Componentes:**

1. Deslizador para visualizar valor de número de vueltas
2. Deslizador para visualizar valor de la velocidad
3. Pantalla de visualización del número de vueltas ingresada
4. Pantalla de visualización del valor de velocidad ingresada
5. Pulsador de puesta en marcha
6. Interruptor para encendido
7. Pantalla de visualización del número de vueltas
8. Pantalla de visualización del valor de pasos
9. Pulsador para el sentido de giro
10. Pulsador para volver a la pantalla de menú

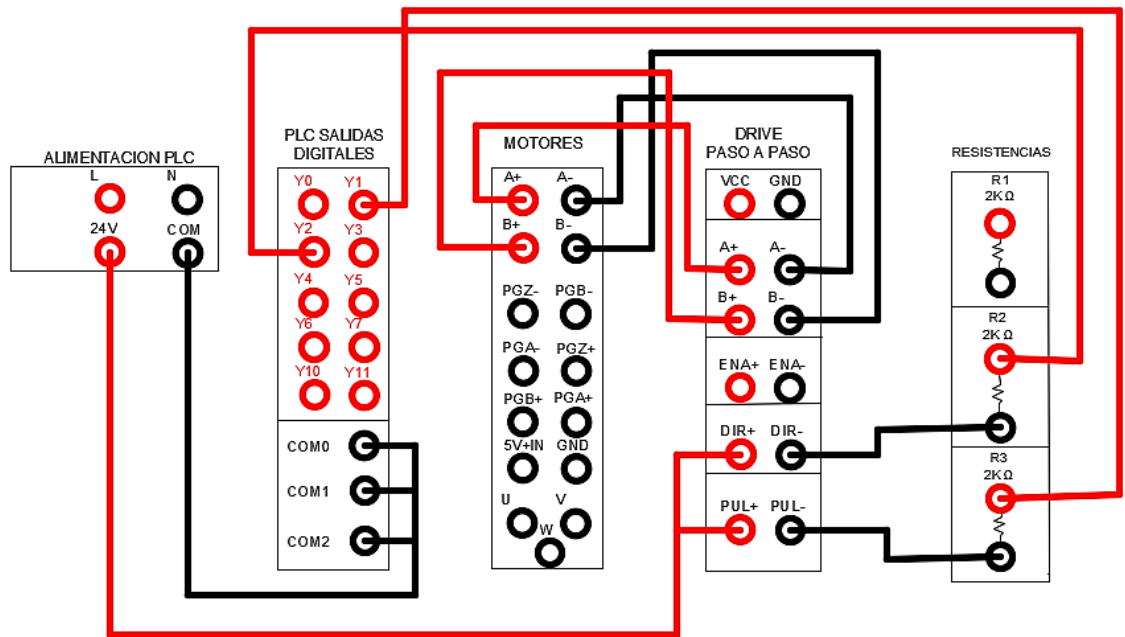
## CONEXIÓN DE EQUIPOS

- Examine el módulo de motor paso a paso antes de conectarlo.
- Energice los dispositivos del tablero con ayuda del siguiente diagrama de conexión.



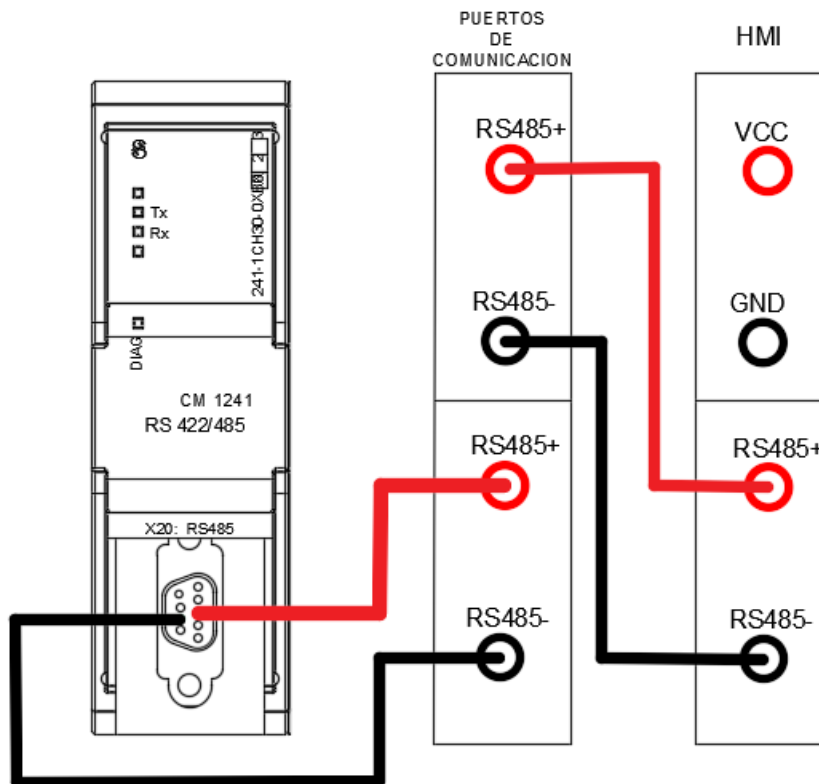
Conexión para la alimentación de los equipos

- Esquema de conexión del PLC, driver y motor paso a paso



Conexión del motor y driver

- Esquema de conexión de la comunicación del PLC INVT HMI WECON y módulo de comunicación RS 485 Siemens.



Conexión de los puertos de comunicación

### Configuración DIP Switch del Drive Paso a Paso

Uno de los aspectos cruciales en los motores paso a paso es el ángulo de giro por pulso, comúnmente fijado en 1.8 grados. Esto implica que se necesitan 200 pulsos para completar una vuelta completa, ya que 200 pulsos multiplicados por 1.8 grados resultan en 360 grados. Sin embargo, para lograr micro pasos y dividir aún más este ángulo de paso, se emplea un controlador que utiliza 6 interruptores configurables (switches) en diferentes estados (on u off). Estos interruptores determinan la cantidad de micro pasos y, por ende, la precisión del movimiento del motor. La tabla asociada presenta descripciones detalladas de cada switch, indicando su estado requerido para configurar el micro pasó.



Imagen. DIP Switch

En este caso se va a configurar a 1600 pulsos para completar una vuelta de 360, a continuación, se detalla cuales switch tiene que estar en ON y OFF.

| Micro step | Pulso /rev | S1  | S2  | S3  | DESCRIPCIÓN  |
|------------|------------|-----|-----|-----|--|
| NC         | NC         | ON  | ON  | ON  | Si la configuración de los switch está en ON, no generará ninguna condición.                                       |
| 1          | 200        | ON  | ON  | OFF | La configuración S3 en OFF y S1, S2 en ON, nos dará un micro paso de 1 teniendo 200 pulsaciones por revolución.    |
| 2/A        | 400        | ON  | OFF | ON  | La configuración S2 en OFF y los demás en ON, nos da un micro paso de 2/A teniendo 400 pulsaciones por revolución. |
| 2/B        | 400        | OFF | ON  | ON  | La configuración S1 en OFF y los demás en ON, nos da un micro paso de 2/B teniendo 400 pulsaciones por revolución. |
| 4          | 800        | ON  | OFF | OFF | La configuración S1 en ON y S2,S3 en OFF, nos da un micro paso de 4 teniendo 800 pulsaciones por revolución.       |

|    |      |     |     |     |   |
|----|------|-----|-----|-----|---|
| 8  | 1600 | OFF | ON  | OFF | La configuración S2 en ON y S1,S3 en OFF, nos da un micro pasó de 8 teniendo 1600 pulsaciones por revolución. |
| 16 | 3200 | OFF | OFF | ON  | La configuración S3 en ON y S1,S2 nos da un micro pasó de 16 teniendo 3200 pulsaciones por revolución.        |
| 32 | 6400 | OFF | OFF | OFF | La configuración en OFF nos da un mirco pasó de 32 teniendo 6400 pulsaciones por revolución.                  |

Las corrientes que se generan en un motor paso a paso nos ayuda a conocer que corriente es la indicada para la aplicación que se le requiere realizar para eso se toma en cuenta las corrientes pico y las corrientes nominales, si se genera una corriente muy alta el motor podría llegar a calentarse y generará problemas a largo plazo en el motor.

| Current (A) | PK Current | S4  | S5  | S6  | DESCRIPCIÓN  |
|-------------|------------|-----|-----|-----|--|
| 0.5         | 0.7        | ON  | ON  | ON  | La configuración en ON generará una corriente pico de 0.7 y la corriente nominal sería de 0.5.                       |
| 1.0         | 1.2        | ON  | OFF | ON  | La configuración S5 en OFF y los demás en ON generará una corriente pico de 1.2 y la corriente nominal sería de 1.0. |
| 1.5         | 1.7        | ON  | ON  | OFF | La configuración S6 en ON y los demás en OFF generará una corriente pico de 1.7 y la corriente nominal sería de 1.5. |
| 2.0         | 2.2        | ON  | OFF | OFF | La configuración S4 en ON y los demás OFF generará una corriente pico de 2.2 y la corriente nominal sería de 2.0.    |
| 2.5         | 2.7        | OFF | ON  | ON  | La configuración S4 en OFF y los demás en ON generará una corriente pico de 2.7 y la corriente nominal sería de 2.5. |
| 2.8         | 2.9        | OFF | OFF | ON  | La configuración S6 en ON y los demás en OFF generará una corriente pico de 2.9 y la corriente nominal sería de 2.8  |

|     |     |     |     |     |   |
|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| 3.0 | 3.2 | OFF | ON  | OFF | La configuración S5 en ON y los demás en OFF generará una corriente pico de 3.2y la corriente nominal sería de 3.0. |
| 3.5 | 4.0 | OFF | OFF | OFF | La configuración en OFF generará una corriente pico de 4.0 y la corriente nominal sería de 3.5.                     |

Tabla de Descripción de corriente generada

## 8. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- Bolton, William (2013) Mecatrónica: sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica, Alfaomega
- Romera J., Pedro. (1994) Automatización: problemas resueltos con autómatas programables, Paraninfo
- Díaz, Murillo, Rodolfo. Laboratorio de instrumentación y control, Instituto Politécnico Nacional, 2010. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/cotopaxisp/detail.action?docID=3188309>
- Jiménez, Raya, Fernando. Mantenimiento preventivo de sistemas de automatización industrial. ELEM0311, IC Editorial, 2015. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/cotopaxisp/detail.action?docID=5635930>.

## **INFORME DE LA PRÁCTICA**

Los siguientes datos podrán solicitarse al estudiante como informe de práctica, se deja abierta la posibilidad que el docente defina el contenido.

### **1. DATOS INFORMATIVOS**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**Y APLICADAS**  
**INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PRACTICA Nro. 2**

**INTEGRANTES:**

**CICLO:**

**DOCENTE:**

**LATACUNGA – ECUADOR**

- 2. INTRODUCCIÓN**
- 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS**
- 4. CONCLUSIONES**
- 5. RECOMENDACIONES**
- 6. BIBLIOGRAFÍA**

# **Anexo 3. Guía de control por posición por grados**

|   |  |  |
|---|--|--|
| <b>ELABORADO POR:</b><br><b>Docente</b> | <b>VERIFICADO POR:</b><br><b>Laboratorista</b> | <b>APROBADO POR:</b><br><b>Director de carrera</b> |
| Investigadores                          | Ing. Eduardo Hinojosa                          | Ing. Cristian Gallardo                             |
| Fecha: 16/08/2024                       | Fecha: 16/08/2024                              | Fecha: 16/08/2024                                  |
| Firma:                                  | Firma:   | Firma:   |

|                                |                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <b>CARRERA</b>                 | <b>CÓDIGO DE LA ASIGNATURA</b> | <b>NOMBRE DE LA ASIGNATURA</b> |
| INGENIERÍA<br>ELECTROMECAÁNICA |                                |                                |

| <b>PRÁCTICA</b><br>N° | <b>LABORATORIO:</b>           | Automatización y Control   | <b>DURACIÓN</b><br><b>(HORAS)</b> |
|-----------------------|-------------------------------|--|-----------------------------------|
|                       | <b>ÁREA:</b>                  | Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas  |                                   |
| <b>01</b>             | <b>NOMBRE DE LA PRÁCTICA:</b> | Comunicación RS 485 entre dos autómatas programables de marca INVT y S7-1200 para el monitoreo y control de motores paso a paso por grados | 3                                 |
| Integrantes:          |                               |  |                                   |

## DESARROLLO

### 1. OBJETIVO

Realizar una red de comunicación RS485 entre el autómata programable S7-1200 y el autómata INVT controlado por HMIs para el monitoreo y control de un motor paso a paso en grados.

### 2. INTRODUCCIÓN

El estándar TIA/EIA-485, popularmente conocido como RS485, describe una interfaz de comunicación que opera sobre líneas diferenciales capaces de comunicarse con 32 “unidades de carga”. Normalmente, un dispositivo transmisor/receptor corresponde a una “unidad de carga”, que permite la comunicación con hasta 32 dispositivos, esto permitir supervisar y controlar una gama diversa de procesos industriales en varios sectores de producción y manufactura razón por la cual esta tecnología posibilita la monitorización y ajuste de variables en sistemas automáticos y semiautomáticos donde el objetivo principal es ofrecer una comunicación íntegra estrechamente con actuadores que son componentes esenciales en

sistemas de control industrial, ya que proporcionan movimientos precisos y controlados en una variedad de aplicaciones además la capacidad bidireccional de Modbus RS485 permite una transmisión de datos que facilita el monitoreo en tiempo real y la retroalimentación constante.

### **3. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS**

Para llevar a cabo una práctica de desarrollo de una red de comunicación RS485 para el control de un motor paso a paso industrial con PLCs, es esencial contar con una serie de equipos e instrumentos. Estos componentes desempeñan un papel crucial en la operación y el control de los motores, así como en la comunicación entre los dispositivos.

A continuación, se describen los equipos e instrumentos necesarios para esta práctica:

- **PLC INVT Modelo IVC1-1410MAT (Controlador Lógico Programable):**

Es un dispositivo programable que ejecutará las instrucciones dadas por el PLC maestro las cuales son necesarias para controlar los motores paso a paso y gestionar la comunicación RS485. Debes seleccionar un PLC compatible con RS485 y que tenga suficientes entradas y salidas digitales para controlar el motor y otros dispositivos relacionados.



Imagen 1. PLC INVT

- **PLC SIEMENS S7-1200 (Controlador Lógico Programable)**

El PLC Siemens S7-1200, permite un control de nivel, medición y regulación precisos en procesos industriales, con la capacidad de integrar sensores y actuadores para el control de la automatización de procesos, en este caso ejecutará las instrucciones necesarias de mando hacia el esclavo para controlar el motor paso a paso y gestionar la comunicación RS485 puesto que se lo determinará como el Maestro.



Imagen 2. PLC Siemens

- **HMI Wecon Modelo PI3070ig-0 (Interfaz Hombre-Máquina):**

El HMI es una herramienta esencial en la automatización industrial que proporciona una interfaz gráfica intuitiva para que los operadores humanos interactúen con máquinas y sistemas de manera eficiente y efectiva.



Imagen 3. HMI WECON

- **HMI siemens KTP400**

El HMI es una herramienta esencial en la automatización industrial que proporciona una interfaz gráfica intuitiva para que los operadores humanos interactúen con máquinas y sistemas de manera eficiente y efectiva, será el dispositivo el cual nos permita ingresar los parámetros de control.



Imagen 4. HMI SIEMENS KTP400

- **Motores Paso a Paso Industriales Nema 23 Modelo 0K57H18112A:** Estos motores son dispositivos electromecánicos que convierten señales eléctricas en movimientos precisos en incrementos discretos.

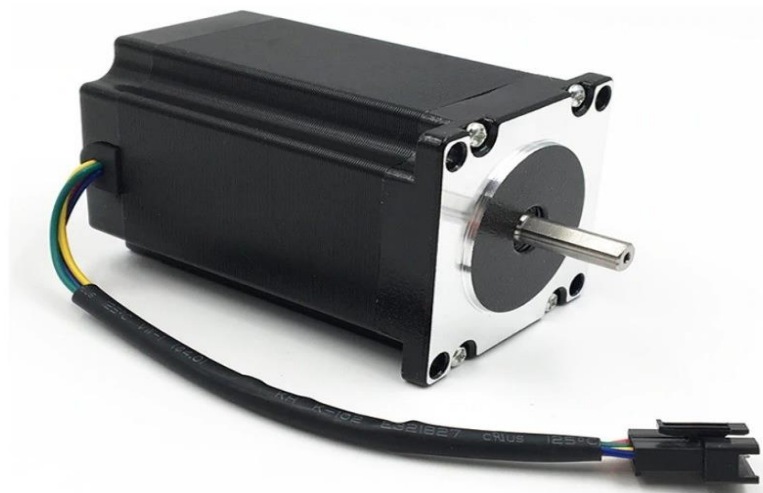


Imagen 5. Motor paso a Paso Nema 23

- **Controladores de Motor Paso a Paso TB6600:** Los controladores de motor paso a paso son necesarios para gestionar y alimentar los motores. Estos dispositivos generan las secuencias de impulsos necesarias para el movimiento preciso de los motores.



Imagen 6. Driver Paso a Paso

- **Fuentes de Alimentación Mean Well Modelo DR-120-24:** Para alimentar tanto el PLC como los motores y controladores de motor, necesitarás fuentes de alimentación adecuadas que suministren la tensión y la corriente necesarias para cada componente.



Imagen 7. Fuente 120v AC - 24v DC

- **Cables y Conexiones:** Los cables de alimentación y comunicación son vitales para conectar todos los componentes. Asegúrate de utilizar cables de calidad y que sean lo suficientemente largos para alcanzar todas las ubicaciones necesarias en tu sistema.

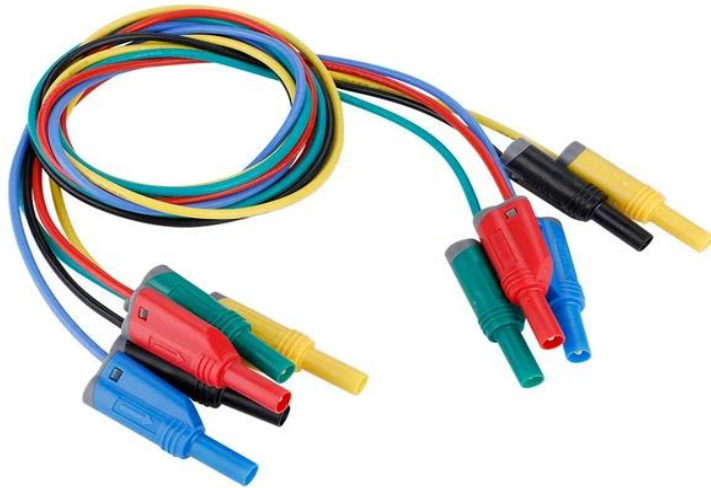


Imagen 8. Cables bananas de seguridad

- **Herramientas y Equipo de Laboratorio:** Herramientas como destornilladores, alicates y multímetros.



Imagen 9. Kit Básico de herramientas

- **Software de Programación:** Necesitarás software de programación para el PLC. Esto puede incluir software específico proporcionado por el fabricante del PLC o herramientas de programación estándar como ladder logic (lógica de escalera) o software de programación basado en texto.
- **Documentación y Manuales:** Consulta los manuales y documentación técnica de todos los componentes para comprender sus especificaciones, conexiones y procedimientos de configuración.

#### **4. MEDIDAS DE SEGURIDAD**

Los estudiantes y docentes deben asistir a la charla de inducción de seguridad en la primera práctica por una sola vez, la misma que será facilitada por el laboratorista y deberán firmar un registro de inducción.

Se solicita el cumplimiento de las siguientes medidas de seguridad.

- Mandil
- Zapatos adecuados.
- No gorras.
- No anillos.
- No cadenas

#### **5. INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD**

- Lea y comprenda la presente guía de laboratorio
- No corra dentro del laboratorio
- Abstenerse de usar el teléfono celular
- Aleje sus manos de las partes móviles del equipo
- No enchufar ni tocar cables o equipos con manos mojadas.
- No desconectar cables de los equipos que están instalados en el Laboratorio
- Comunicar incidencias sobre cables sueltos, pelados, luces, cables y enchufes en mal estado.
- Conectar los instrumentos de medidas de forma correcta para evitar daños
- No se debe trabajar en equipos eléctricos parado sobre el piso húmedo
- No se debe realizar maniobras para las cuales no ha sido entrenado o autorizado
- Antes de conectar un equipo, los usuarios / estudiantes deberán chequear que la conexión se encuentre en óptimas condiciones (cables bajo-aislados, no empalmados, tomas de conexión en buenas condiciones. En caso de detectar una condición insegura, se deberá comunicar de inmediato al instructor.
- Atención: cuando se realicen maniobras con tensión de 220V o superiores, nunca debe estar solo, como mínimo deberá haber dos personas.
- Al desconectar un equipo no se debe tirar de los cables, sino retirarlos con precaución desde su lugar de conexión.

## 6. TRABAJO PREPARATORIO

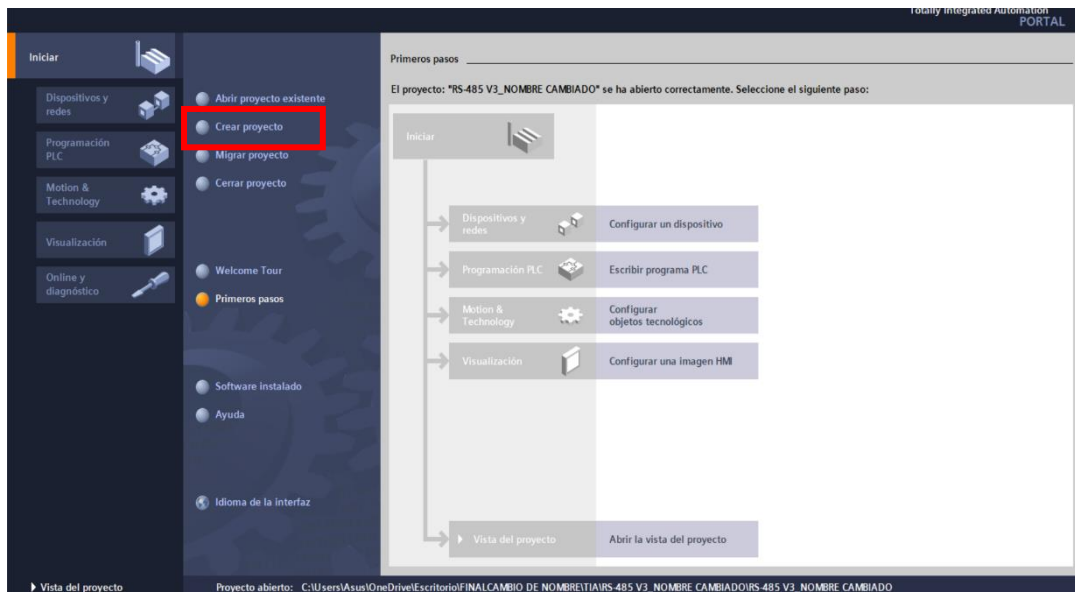
- Conocimientos previos de programación y funcionamiento de red de comunicación MODBUS RS485.
- Tener instalado el software de programación TIA PORTAL de preferencia V16
- Descargar el archivo y la guía de instalación del Software Auto Station en el enlace adjunto.
- [https://drive.google.com/drive/folders/1Xl6naQiszePypdeV8eniXohYG\\_5vF34f?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1Xl6naQiszePypdeV8eniXohYG_5vF34f?usp=sharing)
- Descargar el archivo y la guía de instalación del Software PIStudio en el link adjunto.
- [https://drive.google.com/drive/folders/1a9Q\\_PB4cXgGTPIQVOiy\\_cL6cqIMVjPi\\_b?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1a9Q_PB4cXgGTPIQVOiy_cL6cqIMVjPi_b?usp=sharing)

## CONFIGURACIÓN DE LOS PUERTOS DE COMUNICACIÓN DEL DISPOSITIVO MAESTRO.

### Configuración para la comunicación en el software TIA portal V16

El software ofrece el diseño del interfaz RS 485, este se puede emplear mediante un módulo de expansión CM 1241 RS 422/485 para poder enlazar el módulo de expansión debemos seguir la siguiente configuración:

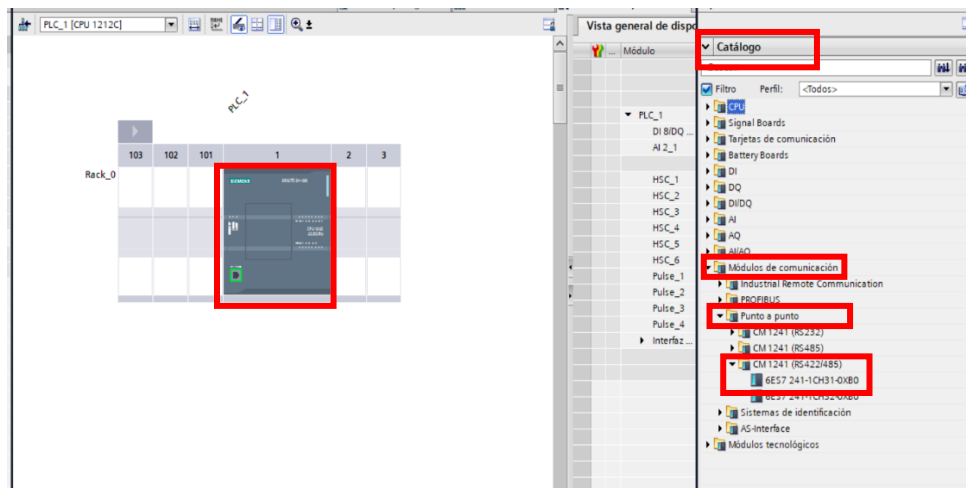
- Crear un proyecto en el entorno del software TIA Portal V16



### Entorno TIA PORTAL V16.

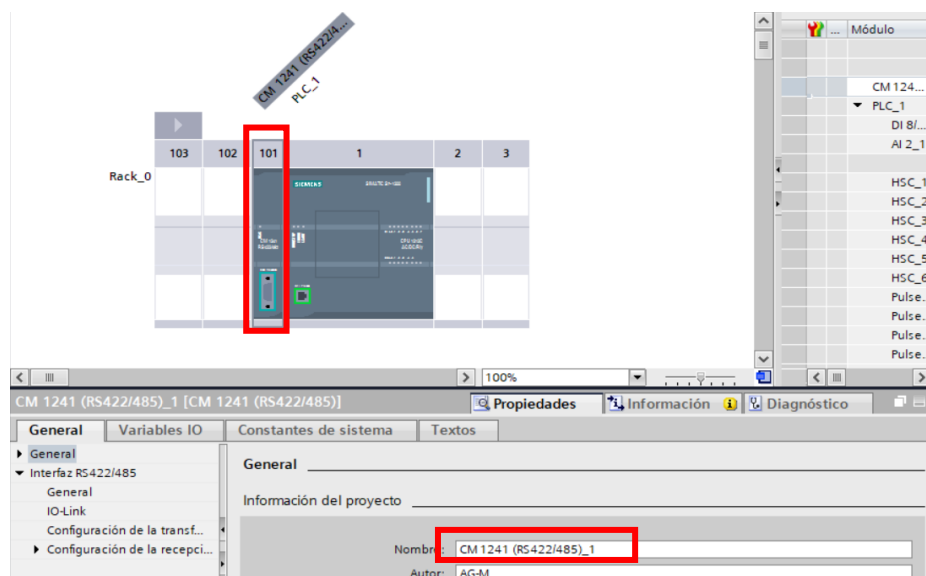
- Crear un PLC virtual que tenga la versión idéntica al del PLC físico que se desee programar

- Abrir el catálogo que se encuentra en el software
- Seleccionar los módulos de comunicación externos que se pueden conectar en el PLC
- Seleccionar la conexión punto a punto también conocida como multipunto
- Escoger el módulo de comunicación CM 1241 RS422/485 de modelo 6ES7 241-1CH31-0XB0.



Enlace de PLC con TIA PORTAL V16.

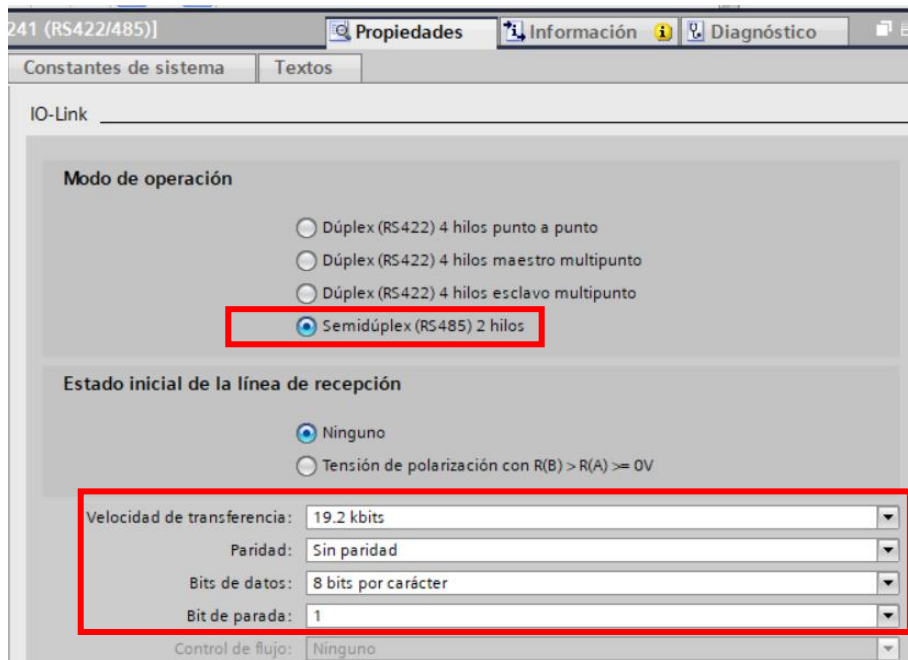
- Insertar el modulo de expansión.
- Identificar el nombre del modulo para su conexión.



Enlace de PLC con TIA PORTAL V16.

En el apartado modo de operación, del modulo de comunicación se debe seleccionar el número de hilos que se usaran para la comunicación.

Configuración de parametros para el intercambio de datos seleccionar velocidad de transferencia 19.2Kbits, Paridad (Sin paridad), Bit de datos (8 bits por caracte), bit de parada (1)



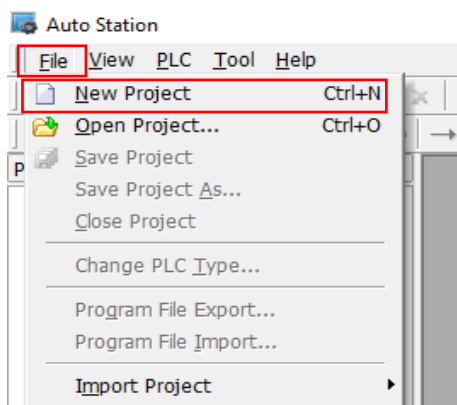
Parámetros de enlace para comunicación en TIA PORTAL V16.

## CONFIGURACIÓN DE LOS PUERTOS DE COMUNICACIÓN DEL DISPOSITIVO ESCLAVO.

### Creación del proyecto

Para iniciar con la creación de un proyecto dirigirse al menú principal en la parte superior y seguir los siguientes pasos.

- Dirigirse a **File** y seleccionar la opción **New Project**.

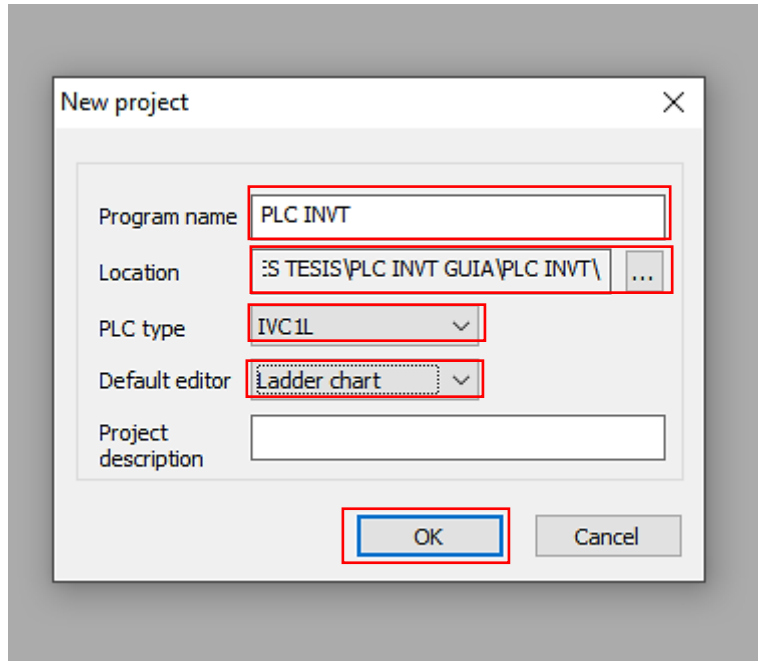


Pasos para creación de un nuevo proyecto

Se abrirá una ventana en la que se configurará los siguientes parámetros

- Nombre del proyecto:
- Ubicación donde se guardará el proyecto

- Tipo de PLC
- Lenguaje programación
- Si deseamos podemos añadir una pequeña descripción caso contrario damos clic en Ok.



Configuración del nuevo proyecto en el Auto Station.

### Configuración para la comunicación

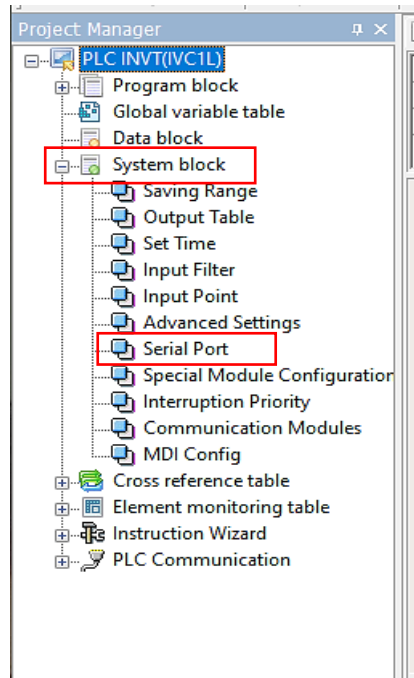
La interfaz física RS 485 es la que se utilizará debido a que el PLC INVT IVC1 1410MAT proporciona dos puertos para esta interfaz, el PORT1 y PORT2.

Se utilizan dos protocolos diferentes para poder entender de mejor manera cuáles son las diferencias entre cada protocolo y estos puedan ser aplicados a la industria de acuerdo con las necesidades de cada aplicación.

### Configuración del PLC INVT en el puerto 1 y 2

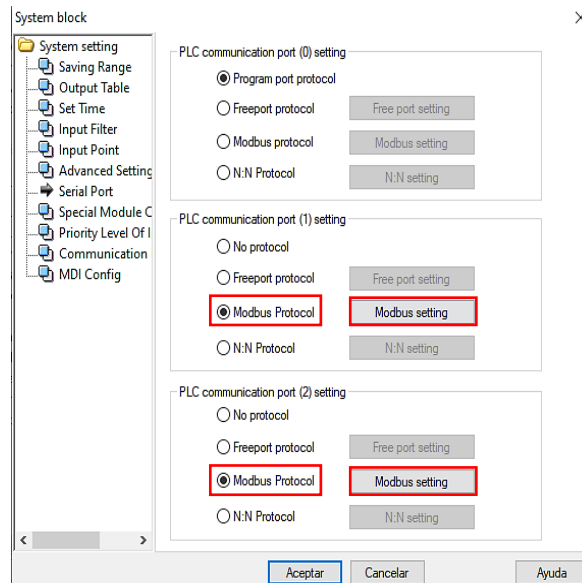
Al existir dos protocolos es necesario los dos puertos de comunicación para poder identificar qué puerto se va utilizar para la comunicación entre cada equipo.

- Ubicarse en el árbol del proyecto al lado izquierdo del entorno de trabajo, seleccionar la opción **System Block**, se desplegará un nuevo menú en donde se dará doble clic izquierdo en **Serial port**.



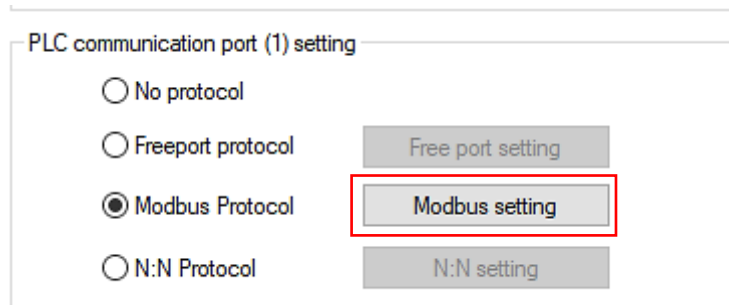
### Configuración de los puertos de comunicación

- Se desplegará una nueva ventana para lo cual se dirigirá al apartado **PLC communication port (1) setting** y seleccionar **Modbus protocol**, en el apartado de **PLC communication port (2) setting** seleccionar la opción **Modbus protocol**.



### Configuración del Puerto 1 y puerto 2

Para configurar el puerto 1, sin salir de la ventana dar clic en **Modbus setting** del apartado del **PLC communication port (1) setting**, en donde se desplegará una nueva ventana.

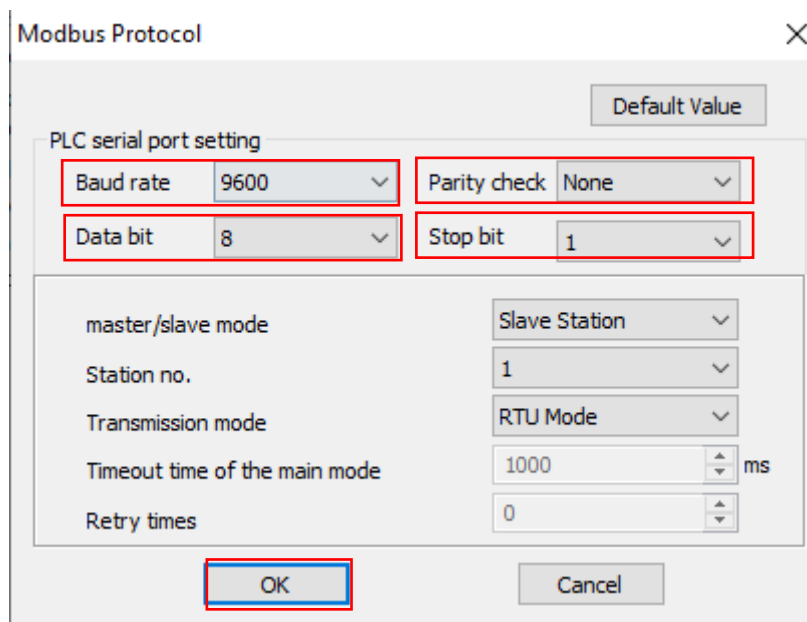


### Inicio para configurar puerto 1

En la ventana que se desplegará se configurará con los siguientes parámetros, para el puerto 1 que sirve de comunicación con el HMI.

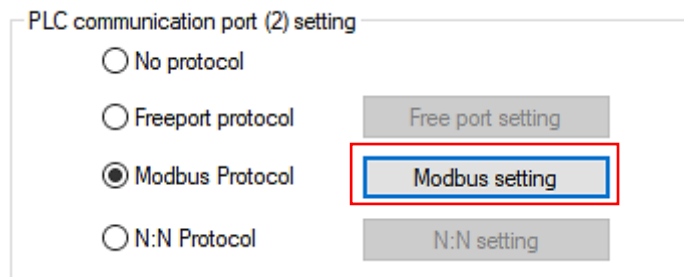
- En Baud rate: 9600
- Data bit: 8
- Parity check: None
- Stop bit:1
- Presionar Ok

Los demás parámetros se configuran por defecto por lo tanto no es necesario realizar alguna modificación.



### Configuración de parámetros del puerto 1

Para configurar el puerto 2, sin salir de la ventana dar clic en **Modbus setting** del apartado del **PLC communication port (2) setting**, en donde se desplegará una nueva ventana.

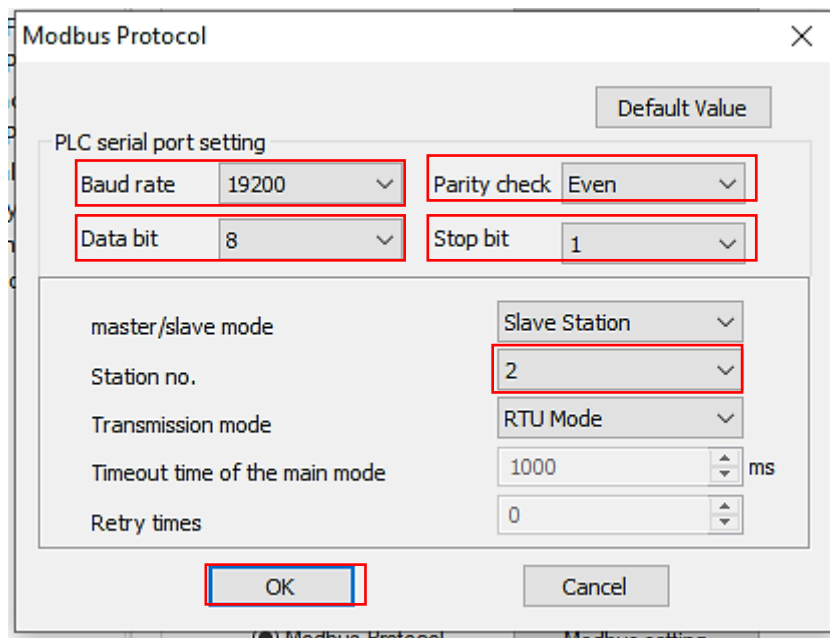


Inicio para configurar puerto 2

En la ventana que se desplegará se configurará con los siguientes parámetros, para el puerto 2 que sirve de comunicación con el PLC SIEMENS S7-1200.

- En Baud rate: 19200
- Data bit: 8
- Parity check: Even
- Stop bit:1
- Station no.: 2
- Presionar Ok

Los demás parámetros se configuran por defecto por lo tanto no es necesario realizar alguna modificación.



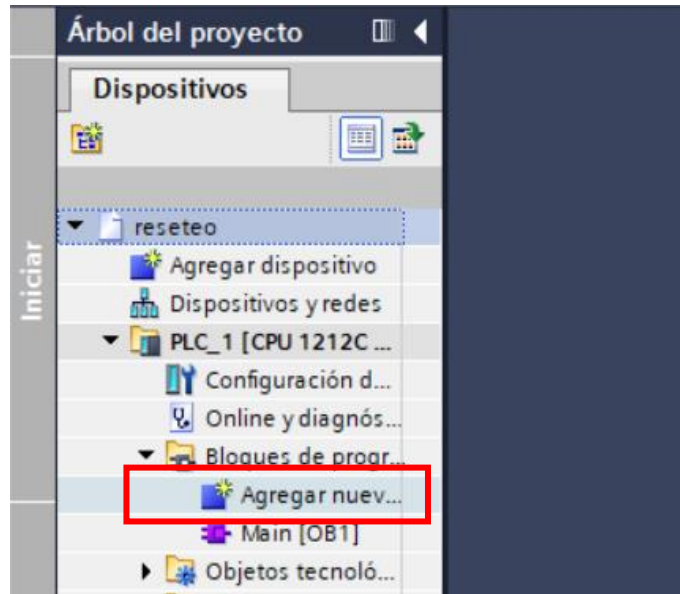
Configuración de parámetros del puerto 2

## 7. ACTIVIDADES A DESARROLLAR Y METODOLOGÍA.

- Realice la **programación** en cada uno de los softwares instalados previamente configurados para la comunicación.

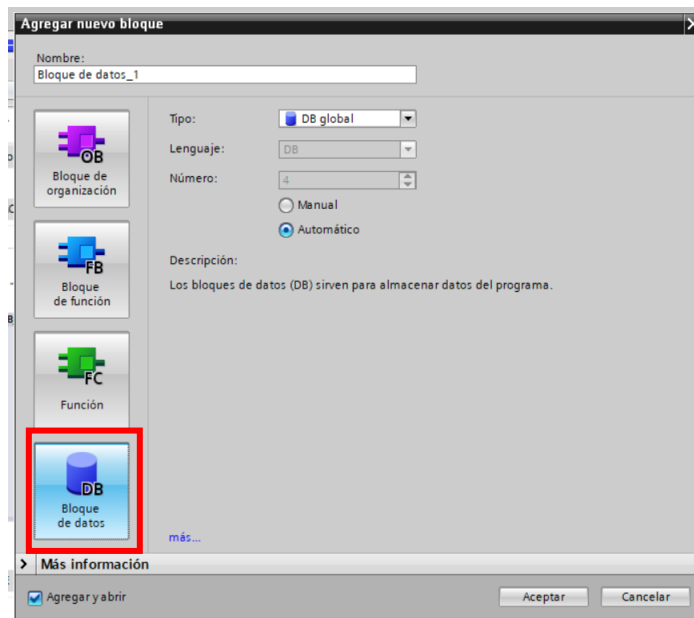
### PROGRAMACIÓN TIA PORTAL PLC MÁSTER.

- En el entorno de TIA PORTAL crear un bloque de DATOS.



Crear bloque de datos

- Seleccionar Bloque de Datos



Crear bloque de datos

- Escribir los datos que se enviarán hacia el esclavo copiar los datos insertados y no desactivar ningún visto en azul.

| DATOS RS485 |                  |               |                   |             |                      |              |                                     |                                     |
|-------------|------------------|---------------|-------------------|-------------|----------------------|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Nombre      | Tipo de datos    | Valor predet. | Valor de arranque | Instantánea | Valor de observación | Recuperación | Accesible desde HMI/OPC UA/Mod. API | Escribible desde HMI/OPC            |
| 1           | Static           |               |                   |             |                      |              |                                     |                                     |
| 2           | VELOCIDAD PAP    | Int           | 0                 | 0           |                      |              | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |
| 3           | INGRESO DE GR... | Int           | 0                 | 0           |                      |              | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4           | RUN              | Int           | 0                 | 0           |                      |              | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 5           | SENTINDO H/A     | Int           | 0                 | 0           |                      |              | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 6           | ON/OFF           | Int           | 0                 | 0           |                      |              | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 7           | RESET AUTOM...   | Int           | 0                 | 0           |                      |              | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

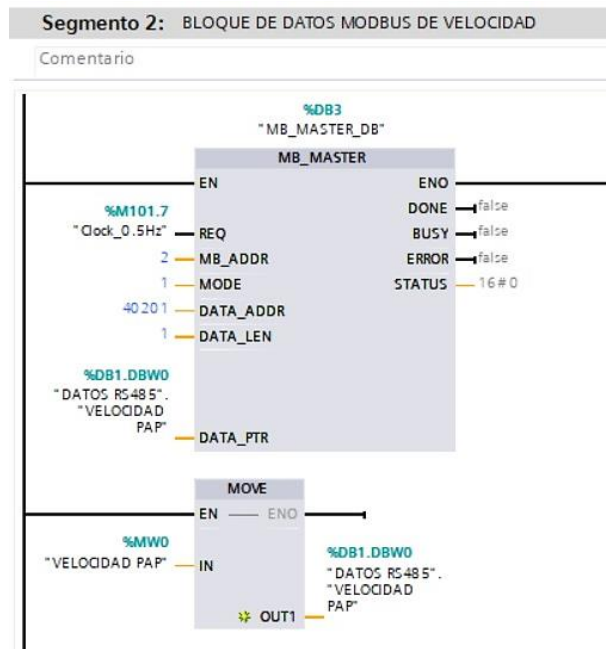
Datos que se requieren comunicar.

- En el entorno de programación insertar los siguientes bloques de programación.
- MB\_COMM\_LOAD bloque de programación para envío de datos por la red de comunicación



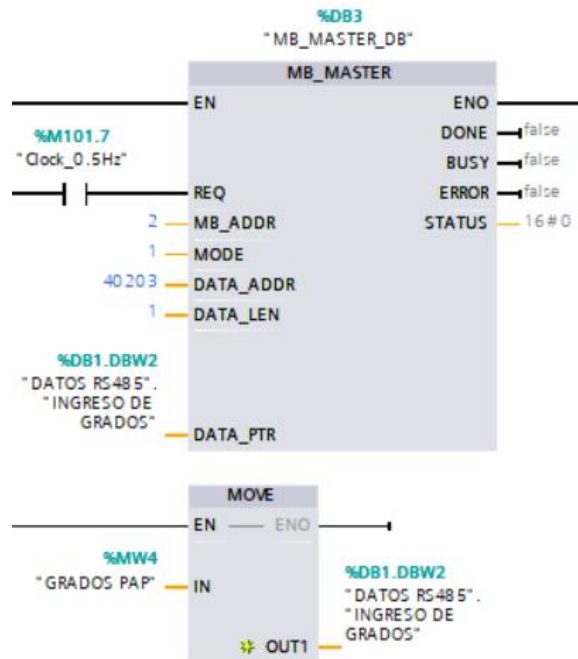
Bloque de comunicación

- MB\_MÁSTER bloque recepción de datos para envío e intercambio de datos.
- MOVE bloque de programación para mover datos y variables entre HMI hacia el PLC.



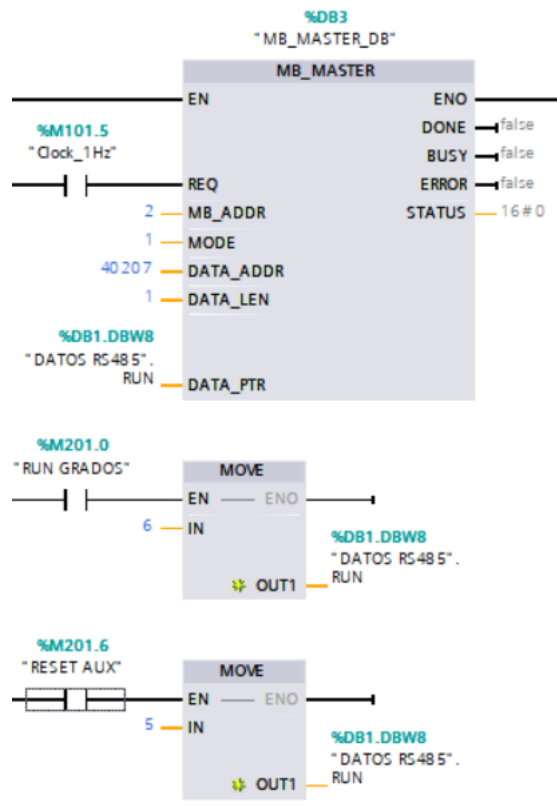
Bloque de envío de datos

- Copie y pegue el mismo bloque MB\_Máster y cambie la variable a grados.



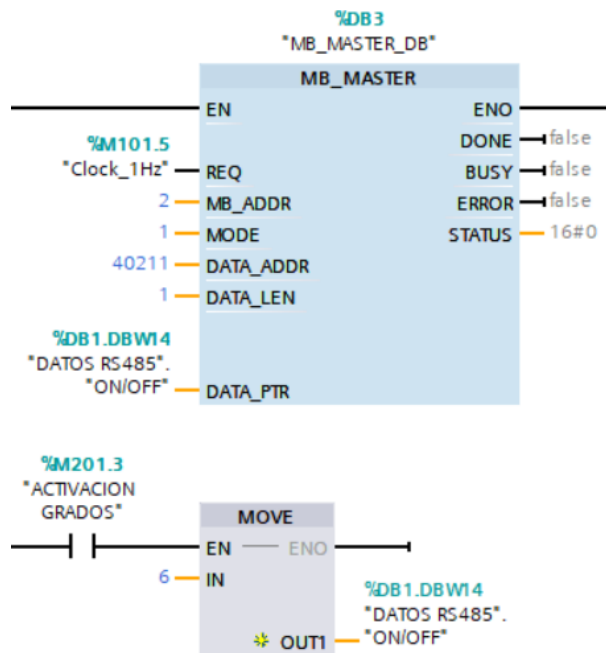
Bloque de envío de datos en grados.

- Copie y pegue el mismo bloque MB\_Master y cambie la variable a botón run o puesta en marcha e insertar el otro bloque MOVE para desenclavar el botón run.



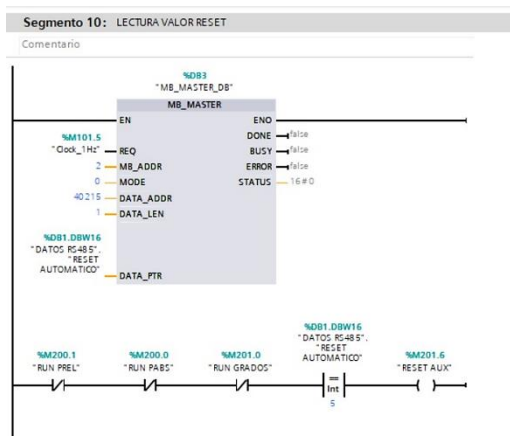
Bloque de envío de datos de puesta en marcha.

- Copie y pegue el mismo bloque MB\_Master y cambie la variable a ON/OFF para activa la pantalla



Bloque de envío de datos de encendido y apagado de la pantalla.

- Copie y pegue el mismo bloque MB\_Máster y cambie la variable a un RESET automático para desenclavar el botón run puesta en marcha



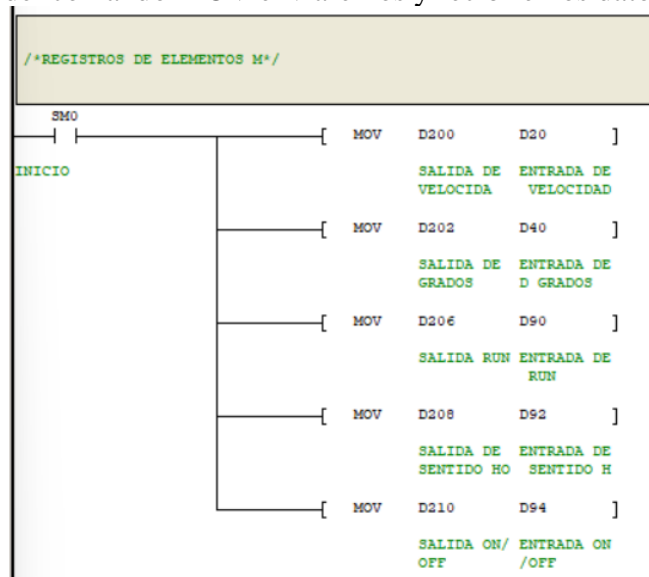
Bloque de envío de datos de reset.

### Programación Auto Station PLC Slave

- En el software AUTO STATION generar los datos que se desean comunicar.
- Los datos ingresados se especifican en la siguiente tabla.

| Posición por Grados    |                 |
|------------------------|-----------------|
| Descripción            | Registro/Marcas |
| Accionamiento HMI      | M6              |
| Enclavamiento 1        | M7              |
| Enclavamiento 2        | M8              |
| Ingreso Vueltas        | D40             |
| Salida Pulsos          | D55             |
| Ingreso Frecuencia     | D20             |
| Salida Frecuencia      | D25             |
| Salida divisor         | D60             |
| Pulsos                 | Y1              |
| Dirección              | Y2              |
| Dirección Reservada Y1 | SM83            |
| Encendido              | M400            |

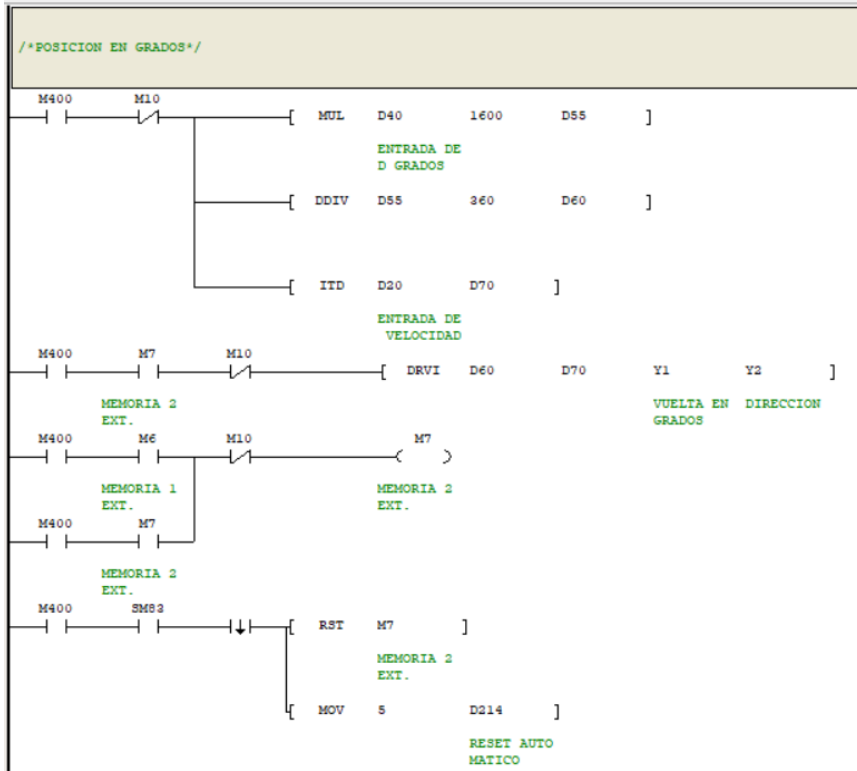
- Con la ayuda del comando MOV enviaremos y recibiremos datos del PLC maestro



Datos de entrada y salida

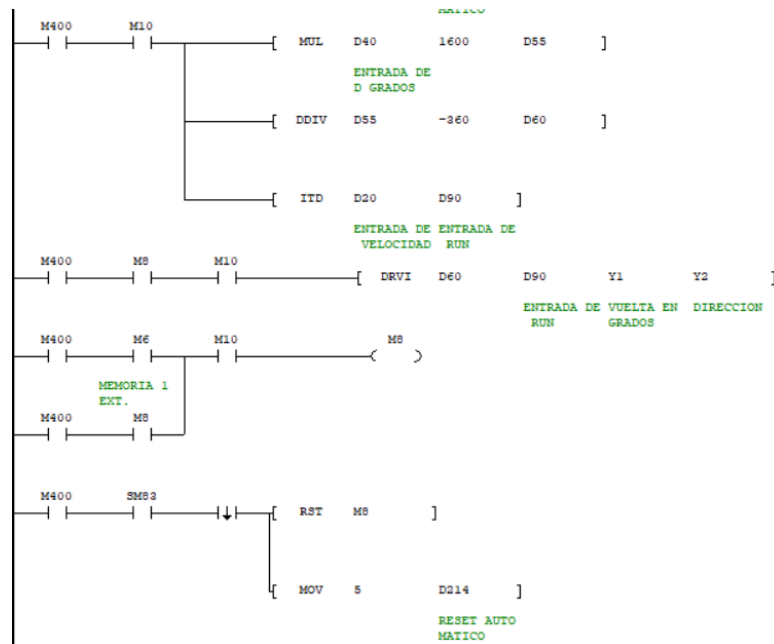
- La programación para el control de motores paso a paso en posición absoluta se desarrolla de la siguiente forma.

- Desarrollamos la programación para insertar el número de grados y la velocidad con la que se desea controlar el motor a pasos
- Después programamos el comando DRVI que moverá los datos ingresados hacia el MOV para la comunicación.



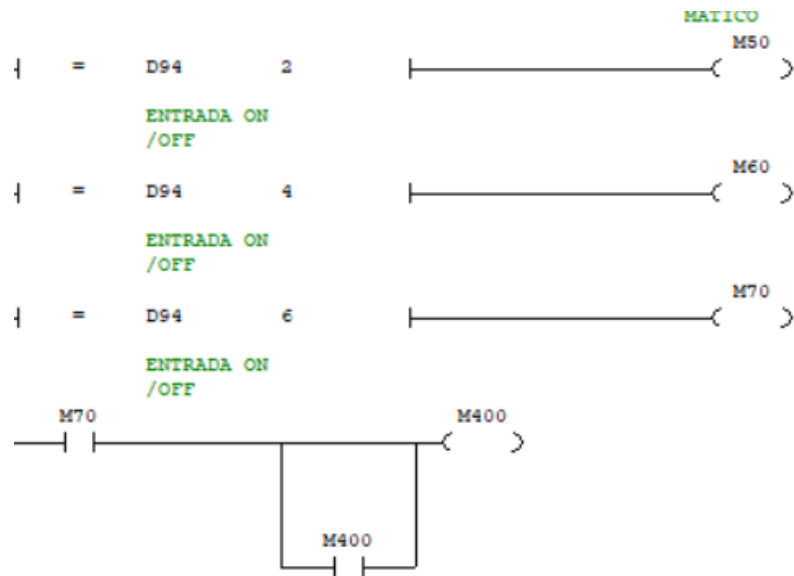
Control por grados

### CAMBIO DE GIRO



Control por grados en sentido inverso

- Contactos de activación de pantalla.

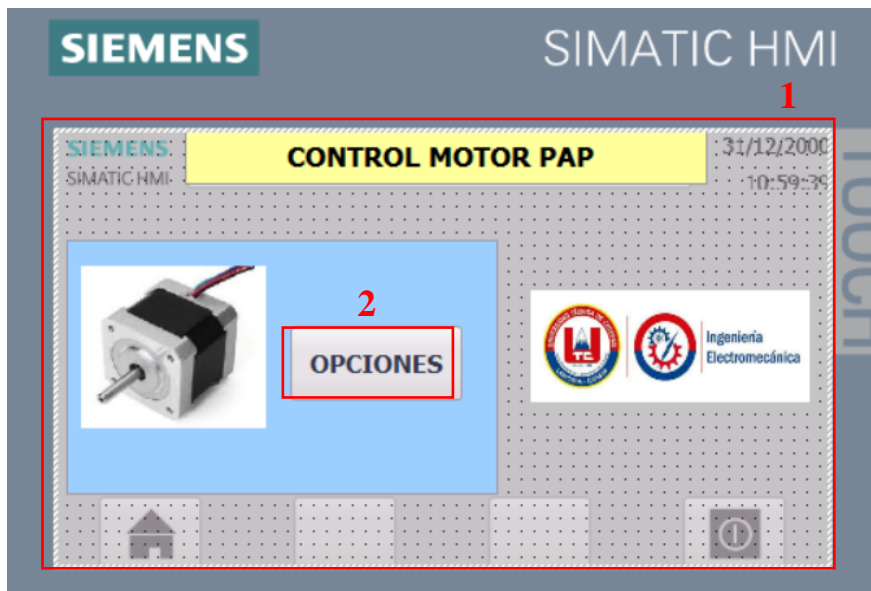


Contactos de activación de la pantalla

**Diseño de pantallas HMI siemens para lectura y escritura de parámetros para el control de motores paso a paso.**

Visualización de las pantallas de configuración del **HMI SIEMENS KTP400 DE CUAL SE INGRESAR LOS DATOS**

- **PANTALLA DE INICIO**

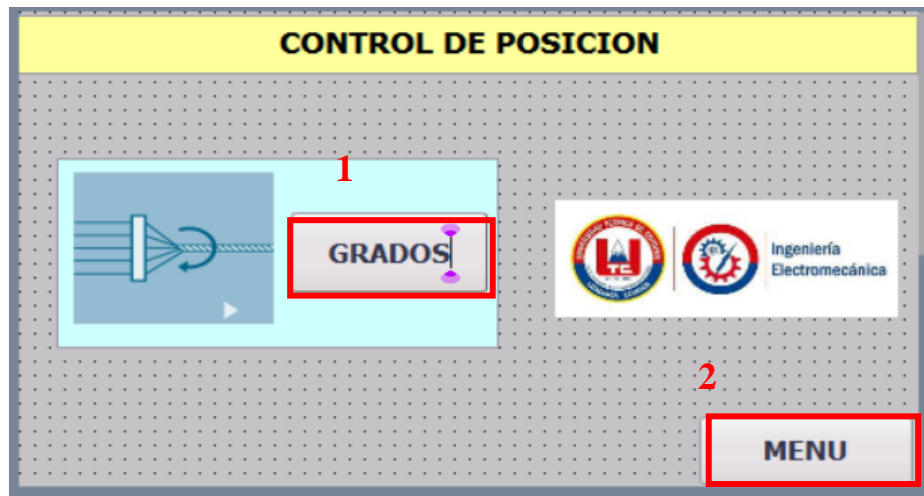


Pantalla de inicio

**Componentes:**

1. Entorno de la pantalla general
2. Pulsador para ingresar al menú

- **PANTALLA DEL MENÚ**

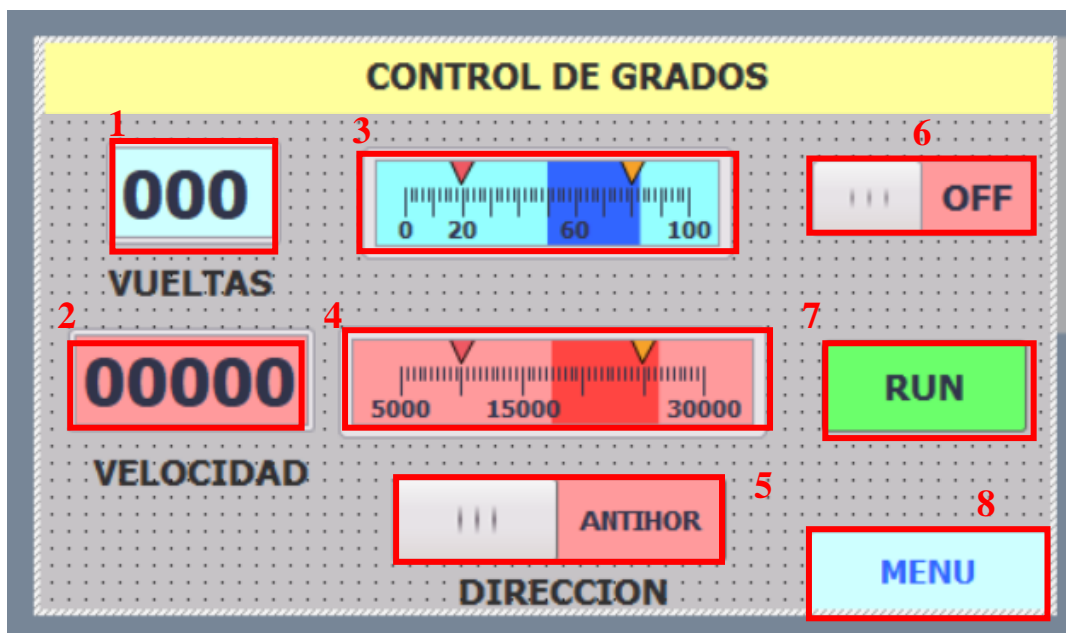


Pantalla de menú

**Componentes:**

1. Pulsador para ingresar a la pantalla de control del motor de posición por grados
2. Pulsador para volver a la pantalla de inicio

- **PANTALLA DE CONTROL DEL MOTOR DE POSICIÓN POR GRADOS.**



Pantalla de control de posición por grados

**Componentes:**

1. Pantalla para ingresar valor de grados
2. Pantalla para ingresar valor de velocidad
3. Regleta para visualizar el valor de vueltas ingresado
4. Regleta para visualizar el valor de velocidad ingresado

5. Interruptor para cambiar la dirección de giro
6. Interruptor para encendido
7. Pulsador de puesta en marcha
8. Pulsador para volver a la pantalla de menú

**Diseño de pantallas HMI Wecon para lectura de parámetros para el control de motores paso a paso.**

Visualización de las pantallas de configuración del **HMI WECON EN EL CUAL SE VISUALIZARÁ LOS DATOS INGRESADO**

- **PANTALLA DE INICIO**

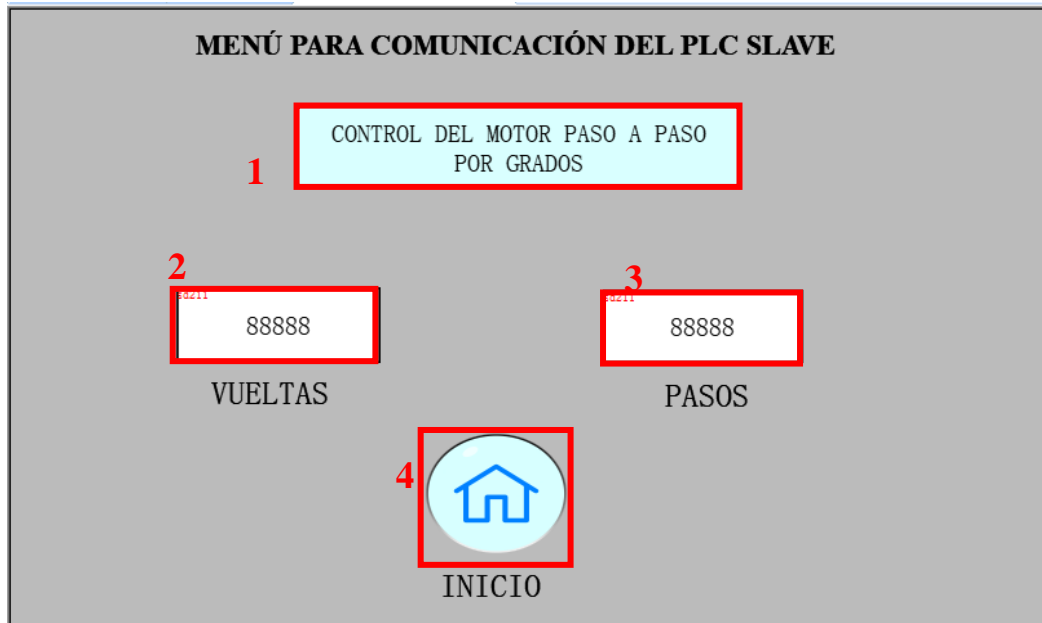


Pantalla de inicio

**Componentes:**

1. Entorno de la pantalla general
2. Pulsador para ingresar al menú

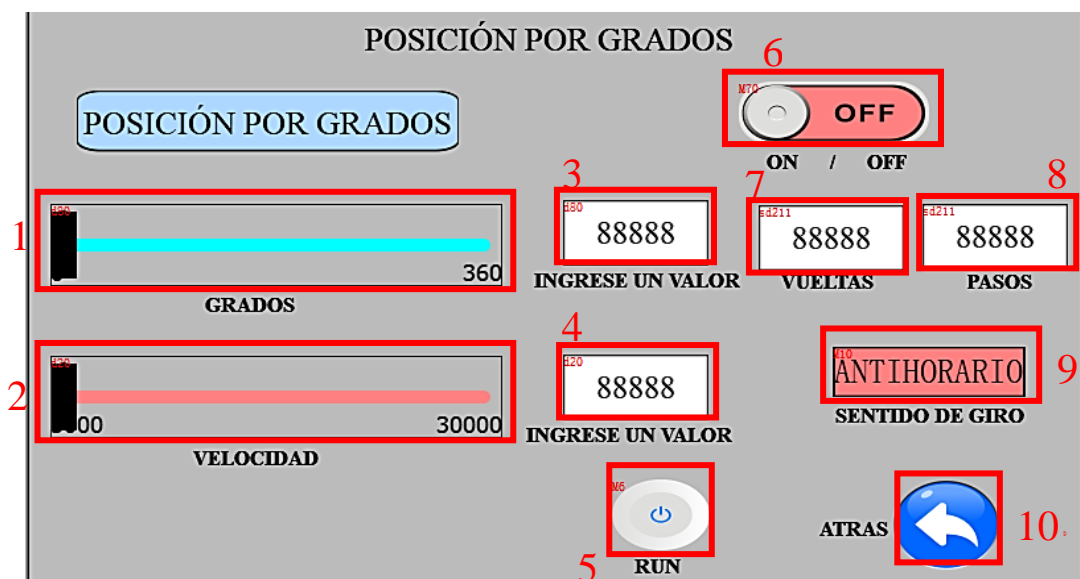
- **PANTALLA DEL MENÚ**



Pantalla de menú

**Componentes:**

1. Pulsador para ingresar a la pantalla de control del motor de posición por grados
  2. Pantalla de visualización del número de vueltas
  3. Pantalla de visualización del número de pasos
  4. Pulsador para volver a la pantalla de inicio
- **PANTALLA DE CONTROL DEL MOTOR DE POSICIÓN POR GRADOS**



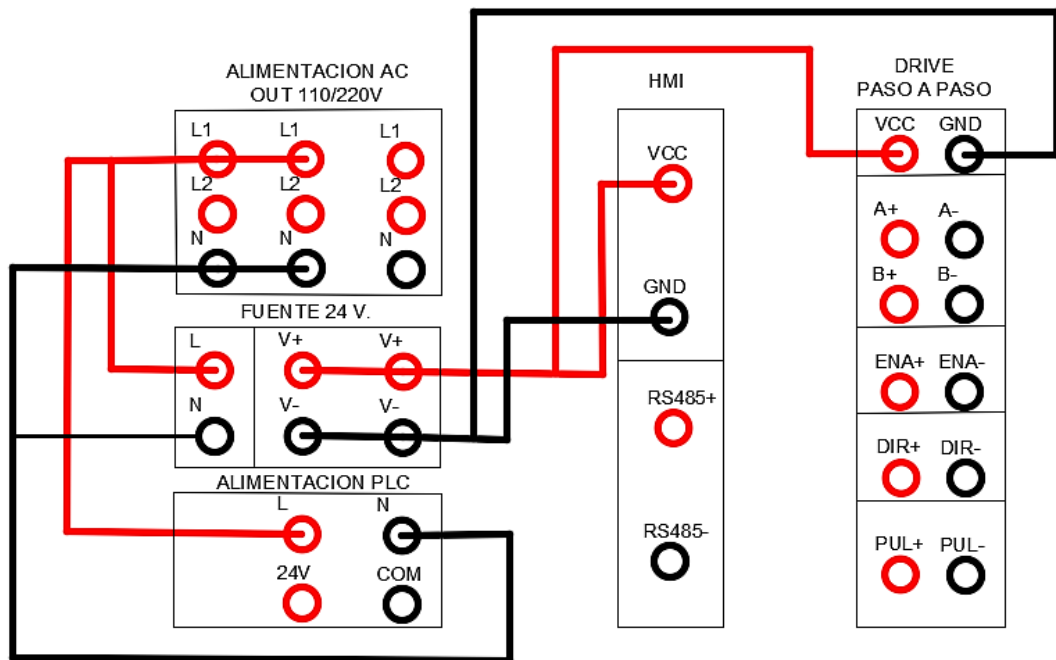
Pantalla de control de posición por grados

## Componentes:

1. Deslizador para visualizar valor de número de grados
2. Deslizador para visualizar valor de la velocidad
3. Pantalla de visualización del número de grados ingresados
4. Pantalla de visualización del valor de velocidad ingresada
5. Pulsador de puesta en marcha
6. Interruptor para encendido
7. Pantalla de visualización del número de vueltas
8. Pantalla de visualización del valor de pasos
9. Pulsador para el sentido de giro
10. Pulsador para volver a la pantalla de menú

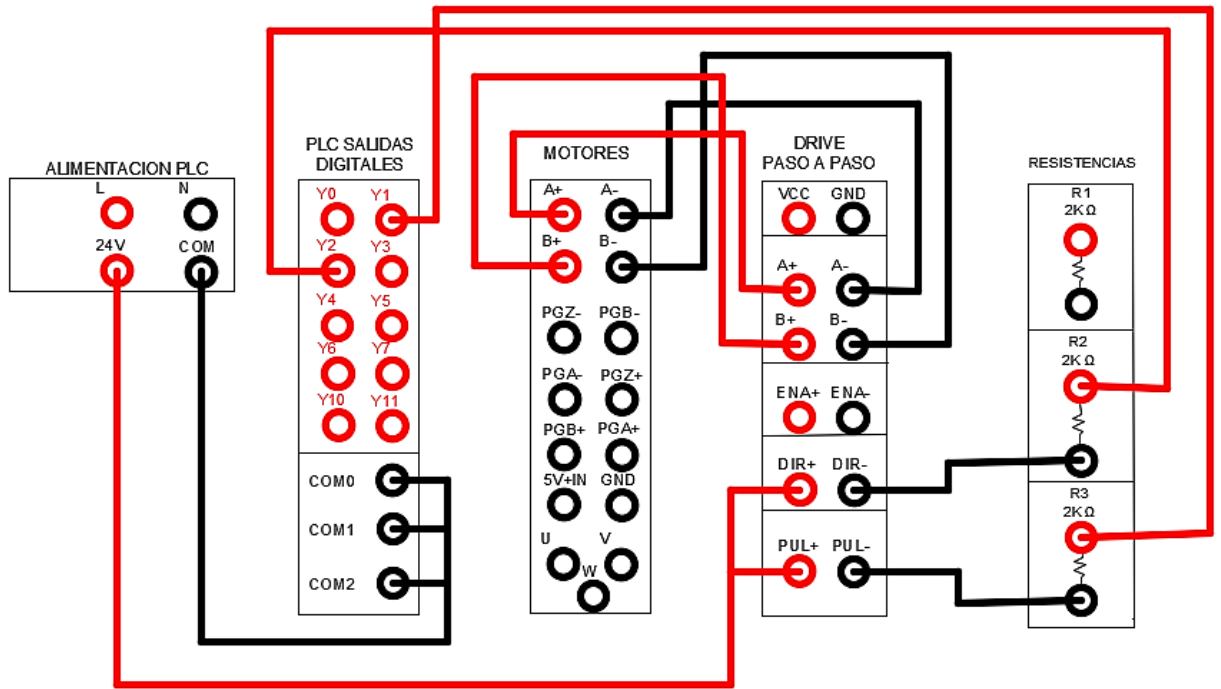
## CONEXIÓN DE EQUIPOS

- Examine el módulo de motor paso a paso antes de conectarlo.
- Energice los dispositivos del tablero con ayuda del siguiente diagrama de conexión.



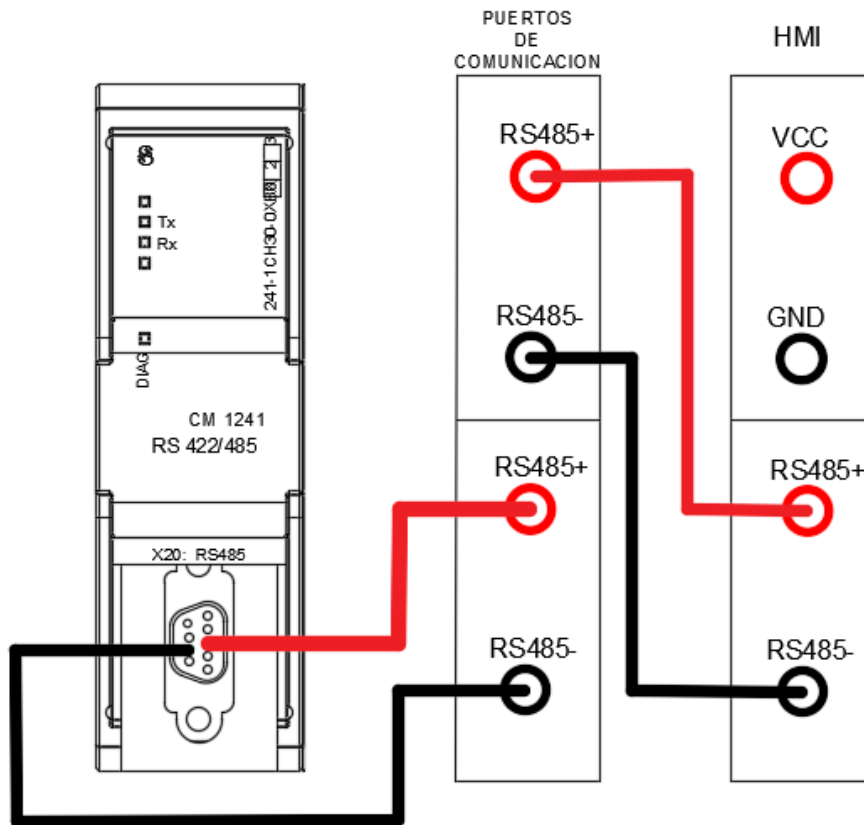
Conexión de alimentación de los equipos

- Esquema de conexión del plc, drive y motor paso a paso



Conexionado del motor y driver

Esquema de conexión de la comunicación del PLC INVT, HMI WECON y módulo de comunicación RS 485 Siemens.



Conexión de los puertos de comunicación

## Configuración DIP Switch del Drive Paso a Paso

Los pulsos, comúnmente fijado en el motor paso a paso está en 1.8 grados. Esto implica que se necesitan 200 pulsos para completar una vuelta completa, ya que 200 pulsos multiplicados por 1.8 grados resultan en 360 grados. Sin embargo, para lograr micro pasos se emplea un controlador que utiliza 6 interruptores configurables (switches) en diferentes estados (on u off). Estos interruptores determinan la cantidad de micro pasos y, por ende, la precisión del movimiento del motor. La tabla presenta descripciones detalladas de cada switch, indicando su estado requerido para configurar el micro pasó.



Imagen. Dip Switch

En este caso se va configurar a 1600 pulsos para completar una vuelta de 360, a continuación, se detalla cuales switch tiene que estar en ON y OFF.

| Micros tep | Pulso /rev | S1  | S2  | S3  | DESCRIPCIÓN  |
|------------|------------|-----|-----|-----|--|
| NC         | NC         | ON  | ON  | ON  | Si la configuración de los switchs está en ON, no generará ninguna condición.                                      |
| 1          | 200        | ON  | ON  | OFF | La configuración S3 en OFF y S1, S2 en ON, nos dará un micro paso de 1 teniendo 200 pulsaciones por revolución.    |
| 2/A        | 400        | ON  | OFF | ON  | La configuración S2 en OFF y los demás en ON, nos da un micro paso de 2/A teniendo 400 pulsaciones por revolución. |
| 2/B        | 400        | OFF | ON  | ON  | La configuración S1 en OFF y los demás en ON, nos da un micro paso de 2/B teniendo 400 pulsaciones por revolución. |
| 4          | 800        | ON  | OFF | OFF | La configuración S1 en ON y S2,S3 en OFF, nos da un micro paso de 4 teniendo 800 pulsaciones por revolución.       |
| 8          | 1600       | OFF | ON  | OFF | La configuración S2 en ON y S1,S3 en OFF, nos da un micro pasó de 8 teniendo 1600 pulsaciones por revolución.      |
| 16         | 3200       | OFF | OFF | ON  | La configuración S3 en ON y S1,S2 nos da un micro paso de 16 teniendo 3200 pulsaciones por revolución.             |
| 32         | 6400       | OFF | OFF | OFF | La configuración en OFF nos da un mirco pasó de 32 teniendo 6400 pulsaciones por revolución.                       |

Las corrientes que se generan en un motor paso a paso nos ayuda a conocer que corriente es la indicada para la aplicación que se le requiere realizar para eso se toma en cuenta las corrientes pico y las corrientes nominales, si se genera una corriente muy alta el motor podría llegar a calentarse y generará problemas a largo plazo en el motor.

| <b>Current (A)</b> | <b>PK Current</b> | <b>S4</b> | <b>S5</b> | <b>S6</b> | <b>DESCRIPCIÓN</b>   |
|--------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|--|
| 0.5                | 0.7               | ON        | ON        | ON        | La configuración en ON generará una corriente pico de 0.7 y la corriente nominal sería de 0.5.                       |
| 1.0                | 1.2               | ON        | OFF       | ON        | La configuración S5 en OFF y los demás en ON generará una corriente pico de 1.2 y la corriente nominal sería de 1.0. |
| 1.5                | 1.7               | ON        | ON        | OFF       | La configuración S6 en ON y los demás en OFF generará una corriente pico de 1.7 y la corriente nominal sería de 1.5. |
| 2.0                | 2.2               | ON        | OFF       | OFF       | La configuración S4 en ON y los demás OFF generará una corriente pico de 2.2 y la corriente nominal sería de 2.0.    |
| 2.5                | 2.7               | OFF       | ON        | ON        | La configuración S4 en OFF y los demás en ON generará una corriente pico de 2.7 y la corriente nominal sería de 2.5. |
| 2.8                | 2.9               | OFF       | OFF       | ON        | La configuración S6 en ON y los demás en OFF generará una corriente pico de 2.9 y la corriente nominal sería de 2.8  |
| 3.0                | 3.2               | OFF       | ON        | OFF       | La configuración S5 en ON y los demás en OFF generará una corriente pico de 3.2 y la corriente nominal sería de 3.0. |
| 3.5                | 4.0               | OFF       | OFF       | OFF       | La configuración en OFF generará una corriente pico de 4.0 y la corriente nominal sería de 3.5.                      |

## 8. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- Bolton, William (2013) Mecatrónica: sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica, Alfaomega
- Romera J., Pedro. (1994) Automatización: problemas resueltos con autómatas programables, Paraninfo
- Díaz, Murillo, Rodolfo. Laboratorio de instrumentación y control, Instituto Politécnico Nacional, 2010. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/cotopaxisp/detail.action?docID=3188309>
- Jiménez, Raya, Fernando. Mantenimiento preventivo de sistemas de automatización industrial. ELEM0311, IC Editorial, 2015. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/cotopaxisp/detail.action?docID=5635930>.

## **INFORME DE LA PRÁCTICA**

Los siguientes datos podrán solicitarse al estudiante como informe de práctica, se deja abierta la posibilidad que el docente defina el contenido.

### **1. DATOS INFORMATIVOS**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
Y APLICADAS  
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PRACTICA Nro. 3**

**INTEGRANTES:**

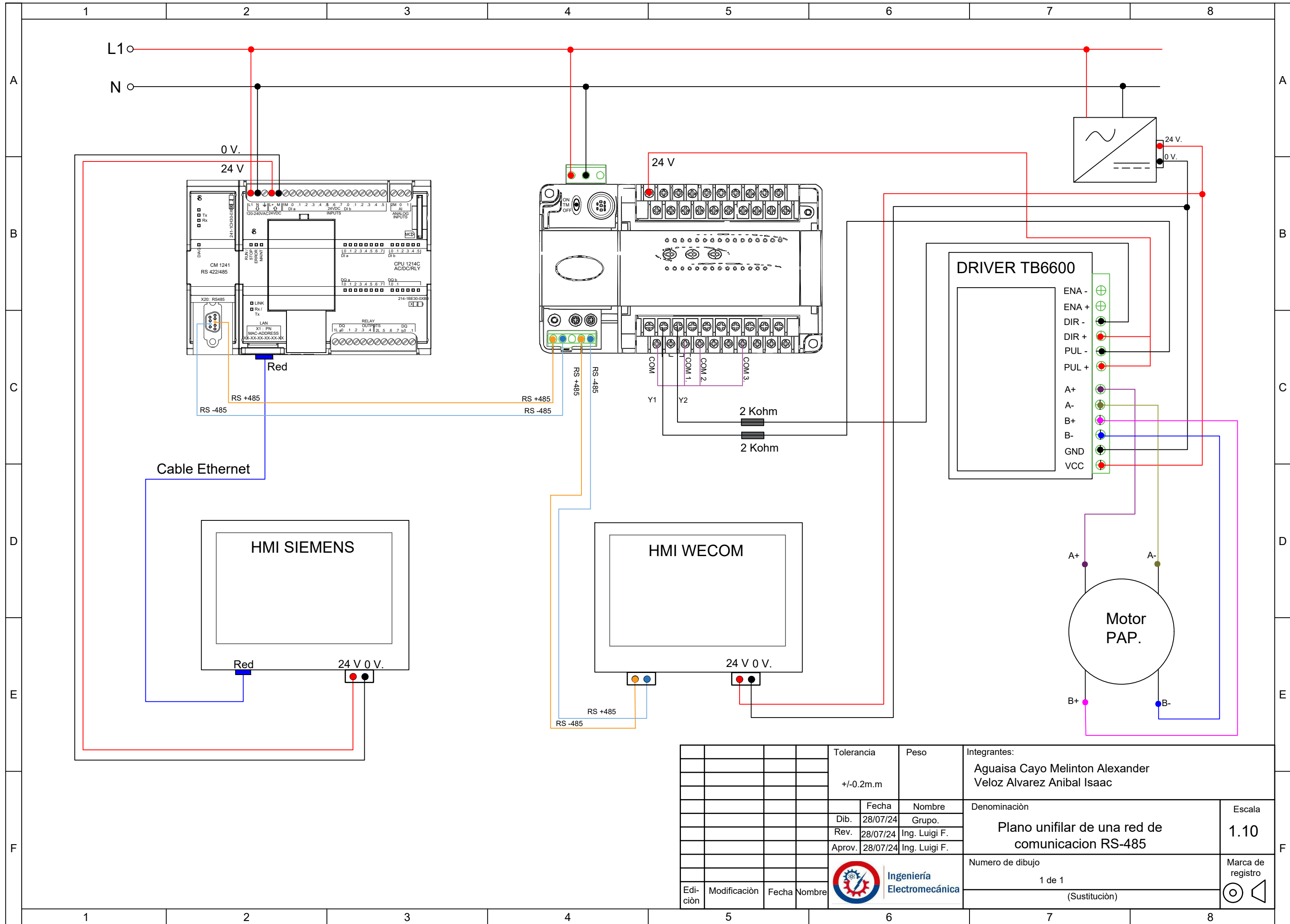
**CICLO:**

**DOCENTE:**

**LATACUNGA – ECUADOR**

- 3. INTRODUCCIÓN**
- 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS**
- 5. CONCLUSIONES**
- 6. RECOMENDACIONES**
- 7. BIBLIOGRAFÍA**

# **Anexo 4. Esquema de conexionado completo**



|                 |  |               |  |   |  |
|-----------------|--|---------------|--|---|--|
| Tolerancia      |  | Peso          |  | Integrantes:  |  |
| +/-0.2m.m       |  |               |  | Aguaisa Cayo Melinton Alexander<br>Veloz Alvarez Anibal Isaac |  |
| Fecha           |  | Nombre        |  | Denominación  |  |
| Dib. 28/07/24   |  | Grupo.        |  | Plano unifilar de una red de<br>comunicacion RS-485           |  |
| Rev. 28/07/24   |  | Ing. Luigi F. |  | Escala  |  |
| Aprov. 28/07/24 |  | Ing. Luigi F. |  | 1.10  |  |
| Edición         |  | Modificación  |  | Numero de dibujo  |  |
| Fecha           |  | Nombre        |  | 1 de 1  |  |
|                 |  |               |  | (Sustitución)   |  |
|                 |  |               |  | Marca de registro   |  |

