



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

**DISEÑO DE UNA RED INDUSTRIAL UTILIZANDO PROTOCOLO  
PROFINET, WIRELESS HART PARA MONITOREO Y CONTROL DE  
VARIABLES DE POSICION, VELOCIDAD Y ACELERACION DE UN  
SERVOMOTOR**

PROPUESTA TECNOLÓGICA PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO.

**AUTORES:**

Pillapaxi Moro Carlos Daniel

Toaquiza Puco Kevin Alexis

**TUTOR:**

Ing. León Segovia Marco Aníbal MsC.

**LATACUNGA - ECUADOR**

**AGOSTO 2025**


## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Pillapaxi Moro Carlos Daniel y Toaquiza Puco Kevin Alexis declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica **“DISEÑO DE UNA RED INDUSTRIAL UTILIZANDO PROTOCOLO PROFINET, WIRELESS HART PARA MONITOREO Y CONTROL DE VARIABLES DE POSICION, VELOCIDAD Y ACELERACION DE UN SERVOMOTOR”**, siendo el Ing. León Segovia Marco Anfbal tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.



Pillapaxi Moro Carlos Daniel  
C.I. 0550240824



Toaquiza Puco Kevin Alexis  
C.I. 0550240824

## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“Diseño de una red industrial utilizando protocolo Profinet, Wirelesshart para monitoreo y control de variables de posición, velocidad y aceleración de un servomotor”** de Pillapaxi Moro Carlos Daniel, Toaquiza Puco Kevin Alexis, de la carrera 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 Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto, 2025

Tutor

Firma



Ing. León Segovia Marco Anibal

C.I. 0502305402

### 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, Pillapaxi Moro Carlos Daniel y Toaquiza Puco Kevin Alexis con el Proyecto Tecnológico de **“DISEÑO DE UNA RED INDUSTRIAL UTILIZANDO PROTOCOLO PROFINET, WIRELESS HART PARA MONITOREO Y CONTROL DE VARIABLES DE POSICIÓN, VELOCIDAD Y ACELERACIÓN DE UN SERVOMOTOR”** 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, 30 de Julio 2025

Para constancia firman:

  
Lector 1 (presidente)  
Ing. Carlos Francisco Pacheco Mena  
C.C. 050307290-2

  
Lector 2  
Ing. Efrén Damián Albán Andrade  
C.C. 0502529514

  
Lector 3  
Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina  
C.C. 0502847692

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo a mi familia que siempre creyó en mí y a todas las personas que me apoyaron en los momentos más difíciles porque sin su fuerza este logro no sería posible.*

**Carlos Pillapaxi**

## **AGRADECIMIENTOS**

*En primer lugar, agradezco a Dios por darme la fuerza y la salud para seguir adelante en cada etapa de este camino académico y a mi madre María Pillapaxi por ser mi mayor ejemplo de esfuerzo y amor porque sin su apoyo incondicional no habría llegado hasta aquí.*

*También agradezco de corazón a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas y permitirme formarme como profesional del Ecuador.*

*A mis docentes de la carrera de Ingeniería Electromecánica les reconozco con mucho respeto el esfuerzo que hacen día a día para compartir sus conocimientos y valores porque gracias a ellos hoy me siento más preparado para enfrentar el mundo laboral.*

*De manera especial agradezco al MSc Marco León por su guía durante todo este proceso por su tiempo su paciencia y por ayudarme a mejorar cada parte de este proyecto.*

**Carlos Pillapaxi**

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo con todo mi amor y gratitud a las personas que han sido el pilar de mi vida y mi mayor fuente de fuerza e inspiración.*

*A mi madre, Rebeca Puco, por su amor incondicional, su esfuerzo incansable y su fe inquebrantable en mí. Gracias por apoyarme en todo momento y por enseñarme con tu ejemplo el verdadero significado del sacrificio y la dedicación.*

*A mi familia, por estar siempre presente con palabras de aliento, cariño sincero y apoyo constante, incluso cuando las fuerzas parecían desvanecerse.*

*Y mi querida, Elizabeth, mi compañera de vida no encuentro palabras para agradecer por lo que has hecho por mí, gracias por caminar a mi lado con amor, paciencia y lealtad. Por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por ser mi refugio en los momentos de incertidumbre y mi impulso para seguir adelante. Tu amor ha sido luz en mi camino y tu presencia, una bendición que celebro cada día. Este logro también es tuyo, porque sin ti, este sueño no se habría hecho realidad.*

**Kevin Toaquiza**

## **AGRADECIMIENTO**

*Quiero expresar mis más profundos agradecimientos primeramente a Dios por la vida y las bendiciones que me ha dado día a día, por darme la fortaleza, sabiduría y salud para superar cada desafío a lo largo de este proceso académico, mi Dios espero nunca me dejes solo.*

*A mi querida madre Rebeca Puco, por ser motivación de lucha y amor, por su apoyo económico y moral en cada momento de mi vida, y por ser siempre mi fortaleza e inspiración, gracias madre por confiar en mi siempre.*

*A mi familia, por su respaldo incondicional, por creer en mí y alentarme a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles.*

*A mi querida Elizabeth, mi compañera de vida gracias, por creer en mí, por su amor incondicional y por ser parte fundamental de este logro.*

**Kevin Toaquiza**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

### TÍTULO: DISEÑO DE UNA RED INDUSTRIAL UTILIZANDO PROTOCOLO PROFINET, WIRELESSEHART PARA MONITOREO Y CONTROL DE VARIABLES DE POSICION, VELOCIDAD Y ACELERACION DE UN SERVOMOTOR

**Autores:** Pillapaxi Moro Carlos Daniel  
Toaquiza Puco Kevin Alexis

#### RESUMEN

El objetivo de esta propuesta tecnológica es diseñar e implementar una red industrial que combine los protocolos Profinet y WirelessHart para la monitorización y control de las variables de posición, velocidad y aceleración de un servomotor trifásico. La investigación responde a la necesidad de integrar sistemas cableados e inalámbricos en entornos industriales, superando retos como la interoperabilidad y las interferencias electromagnéticas. Para ello, se seleccionaron e integraron equipos como un PLC DC/DC de Siemens, un HMI KTP 600, un servomotor AC 110JK-M04020LF, un encoder incremental E6B2 y un dispositivo de monitorización remota HF9606W, todos ellos configurados mediante el software TIA Portal V16. Los resultados demostraron que Profinet ofrece mayor estabilidad, baja latencia y precisión en el control local. Al mismo tiempo, WirelessHart permite flexibilidad en aplicaciones remotas, aunque con limitaciones debido a las interferencias y los tiempos de respuesta. El sistema implementado logró una monitorización eficaz con un margen de error del 3,78 % entre la velocidad deseada y la registrada por el encoder incremental E6B2, lo que valida la fiabilidad de la red híbrida diseñada.

**Palabras clave:** Profinet, WirelessHart, Servomotor de CA 110JK-M04020LF, redes industriales.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**

**FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**

**TITLE:** “DESIGN OF AN INDUSTRIAL NETWORK USING PROFINET AND WIRELESSHART PROTOCOLS FOR MONITORING AND CONTROLLING THE POSITION, SPEED, AND ACCELERATION VARIABLES OF A SERVOMOTOR.”

**Authors:** Pillapaxi Moro Carlos Daniel

Toaquiza Puco Kevin Alexis

**ABSTRACT**

The objective of this technological proposal is to design and implement an industrial network that combines the Profinet and WirelessHart protocols for monitoring and controlling the position, speed, and acceleration variables of a three-phase servomotor. The research responds to the need to integrate wired and wireless systems in industrial environments, overcoming challenges such as interoperability and electromagnetic interference. To this end, equipment such as a Siemens DC/DC PLC, KTP 600 HMI, 110JK-M04020LF AC servomotor, E6B2 incremental encoder, and an HF9606W remote monitoring device was selected and integrated, all of which were configured using TIA Portal V16 software. The results demonstrated that Profinet offers greater stability, low latency, and precision in local control. At the same time, WirelessHart allows flexibility in remote applications, albeit with limitations due to interference and response times. The implemented system achieved effective monitoring with a margin of error of 3.78% between the desired speed and that recorded by the E6B2 incremental encoder, validating the reliability of the designed hybrid network. **Keywords:** Profinet, WirelessHart, Servomotor, Industrial Networks.

**Keywords:** Profinet, WirelessHart, AC Servomotor 110JK-M04020LF, Industrial Networks.

## 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 del proyecto de investigación cuyo título versa: **"DISEÑO DE UNA RED INDUSTRIAL UTILIZANDO PROTOCOLO PROFINET, WIRELESSHART PARA MONITOREO Y CONTROL DE VARIABLES DE POSICIÓN, VELOCIDAD Y ACELERACIÓN DE UN SERVOMOTOR"** presentado por: **Pillapaxi Moro Carlos Daniel y Taquiza Pucó Kevin Alexis**, egresados de la Carrera de: **Electromecánica de la Facultad de Ciencias y aplicadas (CIYA)**, 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 los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, Julio del 2025

Atentamente,



Mg. Bolívar Cevallos Galarza  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**  
**CI: 0910821669**



## INDICE

|   |              |
|---|--------------|
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>  | <b>xvi</b>   |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>   | <b>xviii</b> |
| <b>1. INFORMACIÓN GENERAL .....</b>                                   | <b>1</b>     |
| <b>2. INTRODUCCIÓN.....</b>   | <b>2</b>     |
| 2.1. Situación Problemática.....                                      | 2            |
| 2.2. Formulación del problema .....                                   | 3            |
| 2.3. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN .....                                   | 3            |
| 2.3.1. Objeto de estudio .....  | 3            |
| 2.3.2. Campo de acción.....   | 3            |
| 2.4. BENEFICIARIOS .....  | 3            |
| 2.4.1. Beneficiarios directos.....                                    | 3            |
| 2.4.2. Beneficiarios indirectos .....                                 | 3            |
| 2.5. JUSTIFICACIÓN.....   | 3            |
| 2.6. OBJETIVOS .....  | 4            |
| 2.6.1. General:.....  | 4            |
| 2.6.2. Específicos: .....   | 4            |
| 2.6.3. Sistema de tareas.....   | 5            |
| <b>3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....</b>                                | <b>6</b>     |
| 3.1. Antecedentes de la investigación .....                           | 6            |
| 3.2. Servomotor trifásico AC-110JK .....                              | 7            |
| 3.2.1. Métodos de control de un servomotor trifásico AC – 110JK ..... | 9            |
| 3.2.2. Servomotor trifásico AC – 110JK .....                          | 10           |
| 3.2.3. Driver servomotor trifásico Ac SG -30A.....                    | 11           |
| 3.3. Comunicación industrial .....                                    | 13           |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 3.3.1.    | Normativas en comunicaciones industriales .....           | 14        |
| 3.4.      | Protocolo Profinet .....                                  | 16        |
| 3.4.1.    | Modelo cliente – servidor .....                           | 17        |
| 3.4.2.    | Protocolo Profibus .....                                  | 18        |
| 3.5.      | Protocolo WirelessHart .....                              | 19        |
| 3.6.      | Controlador lógico programable .....                      | 20        |
| 3.6.1.    | Lenguaje de programación.....                             | 21        |
| 3.6.2.    | Aplicaciones de un PLC Siemens.....                       | 22        |
| 3.7.      | Interfaz Hombre Máquina (HMI).....                        | 23        |
| <b>4.</b> | <b>METODOLOGÍA.....</b>                                   | <b>24</b> |
| 4.1.      | Variables del proceso .....                               | 25        |
| 4.1.1.    | Variable independiente .....                              | 25        |
| 4.1.2.    | Variable dependiente .....                                | 25        |
| 4.2.      | Equipos e instrumentos .....                              | 26        |
| 4.2.1.    | Servomotor trifásico AC 110JK .....                       | 26        |
| 4.2.2.    | Servodriver SG – 30A.....                                 | 27        |
| 4.2.3.    | Controlador lógico programable PLC S7-1200 DC/DC/DC ..... | 28        |
| 4.2.4.    | Interfaz hombre – máquina HMI KTP600.....                 | 29        |
| 4.2.5.    | Fuente de alimentación VL – F24V 5A.....                  | 30        |
| 4.2.6.    | Dispositivo de monitoreo remoto industrial HF9606W.....   | 31        |
| 4.2.7.    | Cable Ethernet HilPeak CAT8 SFTP Patch.....               | 33        |
| 4.2.8.    | Encoder incremental E6B2 .....                            | 34        |
| 4.2.9.    | Software TIA Portal V16.....                              | 35        |
| 4.3.      | Implementación en el módulo de comunicación HF.....       | 36        |
| 4.4.      | Diseño de la comunicación Profinet .....                  | 38        |
| 4.5.      | Diseño de la comunicación WirelessHart .....              | 38        |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 4.6.      | Cálculo de velocidad angular del servomotor AC 110J.....                           | 39        |
| 4.7.      | Cálculo de la posición angular del servomotor AC 110J.....                         | 39        |
| 4.8.      | Cálculo de la aceleración angular del servomotor AC 110JK.....                     | 40        |
| <b>5.</b> | <b>ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>   | <b>41</b> |
| 5.1.      | Análisis de comunicación Profinet y WirelessHart.....                              | 41        |
| 5.1.1.    | Señal y rendimiento de la comunicación Profinet.....                               | 41        |
| 5.1.2.    | Costos de la instalación Profinet.....   | 41        |
| 5.2.      | Comunicación WirelessHart.....   | 41        |
| 5.2.1.    | Señal y rendimiento de la comunicación WirelessHart.....                           | 41        |
| 5.2.2.    | Costos de la comunicación WirelessHart.....  | 41        |
| 5.3.      | Análisis de resultados Profinet y WirelessHart.....                                | 42        |
| 5.4.      | Verificación de transmisión WirelessHart.....                                      | 42        |
| 5.4.1.    | Verificación de comunicación Virtual WirelessHart.....                             | 43        |
| 5.4.2.    | Lógica de programación en TIA Portal V16.....                                      | 43        |
| 5.4.3.    | Diagrama de flujo del PLC siemens DC/DC/DC.....                                    | 43        |
| 5.4.3.    | Diagrama de flujo la pantalla HMI KTP 600.....                                     | 44        |
| 5.5.      | Resultados de monitoreo y control de las variables del sistema.....                | 45        |
| 5.5.1.    | Tiempo de aceleración del servomotor con respecto al eje en base a formulas.....   | 46        |
| 5.5.2.    | Monitoreo y control de la velocidad en el tablero comunicación HF.....             | 46        |
| 5.5.3.    | Análisis y resultado del control de velocidad en el módulo de comunicación HF..... | 49        |
| 5.5.4.    | Monitoreo y control de Posición del servomotor trifásico AC 110JK.....             | 50        |
| 5.6.      | Análisis y resultados de control de posición.....                                  | 53        |
| 5.6.1.    | Monitoreo y control de aceleración del eje angular.....                            | 53        |
| <b>6.</b> | <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>   | <b>55</b> |
| 6.1       | CONCLUSIONES.....  | 55        |

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| 6.2 RECOMENDACIONES .....  | 55        |
| <b>7. REFERENCIAS.....</b> | <b>57</b> |
| <b>8. ANEXOS .....</b>     | <b>62</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 3. 1 Servomotor trifásico AC 110JK.....                                | 8  |
| Figura 3. 2 Partes de un servomotor trifásico AC 110 JK.....                  | 8  |
| Figura 3. 3 Driver de un servomotor SG – 30 A.....                            | 12 |
| Figura 3. 4 Protocolo de comunicación Profinet .....                          | 16 |
| Figura 3. 5 Protocolo de comunicación Profibus.....                           | 18 |
| Figura 3. 6 Protocolo de comunicación WirelessHart .....                      | 19 |
| Figura 3. 7 Controlador lógico programable.....                               | 21 |
| Figura 3. 8 Pantalla HMI programable .....                                    | 24 |
| Figura 4. 1 Metodología de diseño del sistema.....                            | 24 |
| Figura 4. 2 Servomotor AC 110JK.....  | 27 |
| Figura 4. 3 Servodrive para control del servomotor trifásico AC 110JK .....   | 28 |
| Figura 4. 4 PLC siemens DC/DC/DC.....   | 29 |
| Figura 4. 5 Pantalla HMI KTP 600.....   | 30 |
| Figura 4. 6 Fuente de alimentación 24V DC .....                               | 31 |
| Figura 4. 7 Dispositivo de monitoreo remoto industrial HF9606W .....          | 32 |
| Figura 4. 8 Antenas para transmisión de datos .....                           | 33 |
| Figura 4. 9 Cable ethernet CAT8.....  | 33 |
| Figura 4. 10 Encoder incremental E6B2.....                                    | 35 |
| Figura 4. 11 Entorno de TIA Portal V16 .....                                  | 36 |
| Figura 4. 12 Medidas del módulo de comunicación HF.....                       | 36 |
| Figura 4. 13 Distribución de los equipos en el módulo de comunicación HF..... | 37 |
| Figura 4. 14 Esquema Profinet .....   | 38 |
| Figura 4. 15 Esquema WirelessHart .....                                       | 39 |
| Figura 5. 1 Transmisión de datos de WirelessHart .....                        | 42 |
| Figura 5. 2 Comunicación Virtual WirelessHart .....                           | 43 |
| Figura 5. 3 Diagrama de control del sistema del PLC S7 1200.....              | 44 |
| Figura 5. 4 Diagrama para el monitoreo del sistema HMI KTP 600.....           | 45 |
| Figura 5. 5 Componentes del HMI KTP 600 control velocidad.....                | 47 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 5. 6 Prueba 1 de velocidad con 1000 rpm .....               | 48 |
| Figura 5. 7 Prueba de velocidad 2000 rpm .....                     | 48 |
| Figura 5. 8 Prueba 3 de velocidad 2500 rpm .....                   | 49 |
| Figura 5. 9 Encoder incremental E6B2.....                          | 49 |
| Figura 5. 10 Componentes del HMI KTP 600 control de posición ..... | 51 |
| Figura 5. 11 Prueba 1 de control y posición ángulo 90° .....       | 52 |
| Figura 5. 12 Prueba 2 de control y posición ángulo 180° .....      | 52 |
| Figura 5. 13 Prueba de control y posición ángulo 360° .....        | 53 |
| Figura 5. 14 Prueba 1 aceleración a 200 rpm.....                   | 54 |
| Figura 5. 15 Prueba 2 aceleración a 2500 rpm.....                  | 54 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. 1 Modalidad de titulación .....  | 1  |
| Tabla 1. 2 Área del conocimiento UNESCO.....  | 2  |
| Tabla 2. 1 Sistema de tareas por objetivos.....   | 5  |
| Tabla 3. 1 Ventajas y desventajas del Servomotor AC 110JK .....                                 | 9  |
| Tabla 3. 2 Aplicaciones de los Servomotores AC 110JK.....                                       | 10 |
| Tabla 3. 3 Comunicación mediante lógica cableada.....   | 13 |
| Tabla 3. 4 Comunicación inalámbrica .....   | 14 |
| Tabla 3. 5 Ventajas y desventajas de la red Profinet .....                                      | 16 |
| Tabla 3. 6 Ventajas y desventajas de la red WirelessHart .....                                  | 20 |
| Tabla 3. 7 Características de los lenguajes de programación de un PLC .....                     | 22 |
| Tabla 4. 1 Variable independiente .....   | 25 |
| Tabla 4. 2 Variable dependiente .....   | 25 |
| Tabla 4. 3 Características del servomotor trifásico AC 110JK.....                               | 26 |
| Tabla 4. 4 Características del Servodriver SG – 30A .....                                       | 27 |
| Tabla 4. 5 Características del PLC S7-1200 siemens DC/DC/DC .....                               | 28 |
| Tabla 4. 6 Características del HMI KTP 600.....   | 30 |
| Tabla 4. 7 Características de la fuente de alimentación VL – F24V 5A .....                      | 31 |
| Tabla 4. 8 Características del dispositivo de monitoreo remoto industrial HF9606W .....         | 32 |
| Tabla 4. 9 Características del cable ethernet CAT8.....   | 34 |
| Tabla 4. 10 Características del encoder incremental E6B2 .....                                  | 35 |
| Tabla 4. 11 Descripción de la distribución de los equipos en el módulo de comunicación HF ..... | 37 |
| Tabla 5. 1 Calculo de errores en el valor deseado del módulo de comunicación HF.....            | 50 |
| Tabla 5. 2 Tiempo de aceleración obtenidos en módulo de HF .....                                | 55 |

## 1. INFORMACIÓN GENERAL.

**Tema del proyecto:** Diseño de una red industrial utilizando protocolo Profinet, Wireless Hart para monitoreo y control de variables de posición, velocidad y aceleración de un servomotor.

En la tabla 1.1 se muestra la modalidad de titulación

### Modalidad de Titulación:

*Tabla 1. 1 Modalidad de titulación*

| Modalidad de titulación      | Homologaciones para informe final de titulación                    | Selección |
|------------------------------|--|-----------|
|                              | Informe de propuesta tecnológica                                   | <b>X</b>  |
| Propuesta tecnológica        | Patente, Modelo de utilidad, Certificado de propiedad intelectual. |           |
|                              | Artículo científico  |           |
|                              | Informe de Proyecto de investigación                               |           |
| Proyecto de investigación    | Artículo científico  |           |
|                              | Patente, Modelo de utilidad, Certificado de propiedad intelectual. |           |
| Examen de indicadores de RDA |  |           |

### Equipo de Trabajo:

- Pillapaxi Moro Carlos Daniel
- Toaquiza Puco Kevin Alexis
- Ing. León Segovia Marco Aníbal Ms.C

## Área de Conocimiento:

Tabla 1. 2 Área del conocimiento UNESCO.

| Área del conocimiento                   | Subárea del conocimiento            | Subárea específica del conocimiento |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 07 Ingeniería, Industria y Construcción | 071 Ingeniería y Profesiones Afines | 0714 Electrónica y automatización   |

Fuente:[1]

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

**Sublínea de investigación de la Carrera:** Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos.[2].

## 2. INTRODUCCIÓN

### 2.1. Situación Problemática

En los entornos industriales actuales que se vuelven cada vez más complejos y exigentes se vuelve imprescindible implementar sistemas de control que no solo sean avanzados sino también capaces de monitorear con precisión equipos fundamentales como los servomotores por esa razón muchas industrias optan por integrar redes que combinen tecnologías cableadas como Profinet junto con opciones inalámbricas como WirelessHart sin embargo esta combinación plantea retos importantes que deben ser resueltos de forma eficiente Uno de los principales desafíos se encuentra en asegurar que exista una comunicación continua y confiable entre los dispositivos que operan mediante cableado y aquellos que lo hacen de forma inalámbrica sobre todo cuando se requiere supervisar y controlar variables críticas como la posición la velocidad o la aceleración de un servomotor además se debe considerar que en estos entornos industriales también suelen presentarse interferencias electromagnéticas lo que añade un nivel extra de dificultad ya que dichas interferencias pueden afectar directamente la estabilidad de las señales inalámbricas generando pérdidas de información y dificultando con ello la precisión del control por tal motivo resulta indispensable aplicar estrategias que permitan reducir este tipo de interferencias y al mismo tiempo implementar soluciones técnicas que aseguren un desempeño continuo estable y confiable dentro del sistema de automatización.

## **2.2. Formulación del problema**

La unión de protocolos cableados como Profinet con tecnologías inalámbricas como WirelessHart para controlar y monitorear variables clave como la posición la velocidad y la aceleración de un servomotor representa un desafío técnico ya que se deben superar limitaciones relacionadas con la compatibilidad entre sistemas la necesidad de mantener una sincronización continua de los datos en tiempo real y además se deben aplicar soluciones que permitan reducir los efectos de las interferencias electromagnéticas que suelen estar presentes en entornos industriales exigentes.

## **2.3. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN**

### **2.3.1. Objeto de estudio**

Diseño de redes industriales

### **2.3.2. Campo de acción**

3300 Ciencias Tecnológicas.[3].

- 3311 Tecnología de la Instrumentación: 3311.01 Tecnología de la Automatización
- 3311 Tecnología de la Instrumentación: 3311.05 Equipos Eléctricos de Control
- 3311 Tecnología de la Instrumentación: 3311.14 Servomecanismos

## **2.4. BENEFICIARIOS**

### **2.4.1. Beneficiarios directos**

Los beneficiarios directos de este proyecto incluyen a empresas, ingenieros y técnicos especializados en automatización industrial que adquiera conocimientos sobre el uso de equipos y redes para el control de servomotores.

### **2.4.2. Beneficiarios indirectos**

Operarios de maquinaria con servomotores garantizando un entorno más seguro y de calidad, así como los clientes finales que disfruten de productos de mayor calidad y fiabilidad provenientes de entornos industriales automatizados.

## **2.5. JUSTIFICACIÓN**

La integración de protocolos cableados como Profinet y tecnologías inalámbricas como WirelessHart para el control y monitoreo de variables en un servomotor responde a la necesidad

de mejorar continuamente los procesos en sistemas de automatización industrial ya que esta solución permite gestionar de forma más flexible variables como la posición la velocidad y la aceleración en tiempo real lo cual resulta fundamental para alcanzar mayores niveles de productividad y garantizar condiciones seguras dentro de entornos industriales que son cada vez más exigentes y cambiantes. Al implementar una red que combine ambos tipos de protocolos se obtendrán ventajas importantes porque se facilita la escalabilidad del sistema y su adaptación a nuevas condiciones de operación además la combinación de Profinet con WirelessHart permitirán establecer una comunicación bidireccional entre los dispositivos lo que contribuye a lograr un control más preciso y un monitoreo detallado de todas las variables involucradas en el proceso productivo.

## **2.6. OBJETIVOS**

### **2.6.1. General:**

Diseñar una red industrial utilizando protocolo Profinet y WirelessHart para el control y monitoreo de las variables como: posición, velocidad y aceleración de un servomotor.

### **2.6.2. Específicos:**

- Investigar los fundamentos teóricos ventajas y limitaciones del protocolo Profinet y las comunicaciones inalámbricas para aplicaciones en un entorno industrial.
- Diseñar e implementar un sistema de comunicación industrial basado en el protocolo Profinet y WirelessHart para el monitoreo de las variables de posición, velocidad y aceleración de un servomotor.
- Monitorear y controlar las variables del servomotor para evaluar la integración de los protocolos de comunicación Profinet y WirelessHart.

### 2.6.3. Sistema de tareas

Tabla 2. 1 Sistema de tareas por objetivos

| Objetivos específicos   | Actividades (tareas)  | Resultados esperados   | Técnicas, Medios e Instrumentos  |
|---|---|--|--|
| <p>Investigar los fundamentos teóricos ventajas y limitaciones del protocolo Profinet y las comunicaciones inalámbricas para aplicaciones en un entorno industrial.</p>                       | <p>Revisión bibliográfica sobre el protocolo Profinet y las comunicaciones inalámbricas.</p>            | <p>Documento que presenten los fundamentos teóricos de Profinet y las comunicaciones inalámbricas.</p> | <p>Búsqueda en bases de datos académicas y sitios web especializados.</p>  |
|   | <p>Análisis comparativo de las ventajas y limitaciones de Profinet y Wireless Hart.</p>                 | <p>Tabla comparativa que resuma las ventajas y limitaciones de Profinet y Wireless Hart.</p>           |  |
| <p>Diseñar un sistema de comunicación industrial basado en el protocolo Profinet y WirelessHart para el monitoreo de las variables de posición, velocidad y aceleración de un servomotor.</p> | <p>Selección de equipos industriales específicos para el monitoreo de las variables del servomotor.</p> | <p>Implementación de los equipos industriales en un módulo para el monitoreo del servomotor.</p>       | <p>Software de diseño de redes industriales.<br/>Equipos de prueba y simulación para la implementación del módulo.</p> |
|   | <p>Programación del PLC siemens para el desarrollo de un sistema de comunicación que</p>                | <p>Módulo que demuestre el monitoreo de las</p>  |  |

|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
|  | integre Profinet y Wireless Hart.   | variables del servomotor.   |  |
| Monitorear y controlar las variables del servomotor para evaluar la integración de los protocolos de comunicación Profinet y WirelessHart. | Desarrollo de pruebas de rendimiento con diferentes variantes de Profinet y WirelessHart.                 | Informe de evaluación comparativa entre el protocolo Profinet y WirelessHart.                           | Equipos de medición para evaluar la latencia y la fiabilidad de la comunicación.                     |
|  | Recopilación de datos sobre el control y monitoreo del servomotor utilizando distintos protocolos de red. | Recomendaciones para la implementación del protocolo seleccionado en entornos industriales específicos. | Software de análisis de datos para comparar y procesar los resultados de las pruebas de rendimiento. |

### 3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 3.1. Antecedentes de la investigación

En España dentro de la Escuela Politécnica de Linares se presenta un trabajo de Fin de Grado denominado “Despliegue de una red de entrenamiento de la tecnología WirelessHart”, en el cual se emplea un kit SmartMesh WirelessHart de la empresa Linear Technology Corporation, esto incluye un equipo central (manager) con 5 nodos encargados de recolectar y transmitir datos, estos nodos trabaja en dos estados (maestro/esclavo), adicional también se incorpora una tarjeta de interfaz, baterías adicionales y cables necesarios para la conexión de los dispositivos. El software que se presenta en el proyecto fue APIExplorer en donde se interactúa entre los nodos y el módulo manager, ese último se enlazó en la red a través de la interfaz Ethernet, en

cambio para los nodos se estableció una conexión de la placa de evaluación hacia una PC, en donde se crearon puertos virtuales y se accedió a la API de cada nodo.[4].

En Guayaquil se llevó a cabo un proyecto de titulación perteneciente a la Escuela Superior Politécnica del Litoral denominada “Desarrollo de una simulación de procesos mediante TIA Portal y Profinet”, el proyecto tiene como objetivo desarrollar prácticas para la modalidad híbrida de la carrera de Automatización, en donde se utilizaron materiales como PLCs, módulos para el sistema de periferia distribuida, módulo IOT, pantallas HMI, switch ethernet y computadora, todos estos equipos pertenecen a la marca Siemens, adicional se integraron tecnologías como Ignition, Node red, SQL server, Web Server y KepServerEX, estos entornos informáticos aplicados en la automatización, gestión de datos, conectividad de dispositivos y la entrega de servicios web permite crear flujos de trabajo basados en IoT.[5].

En el ámbito local en la Universidad Técnica de Cotopaxi se presentó una propuesta tecnológica titulada “Desarrollo de una red de comunicación para el control y monitoreo de un servomotor”, este proyecto se centró en aplicar la red Modbus (maestro/esclavo) y se estableció una comunicación física con conductores de pares trenzados a una velocidad de 9600 baudios y utilizando la topología RS-485, en donde el PLC de la marca INVT actuó como maestro, mientras que el HMI “Wecon” y el servodriver actuaron como esclavos, de esta manera se controló los parámetros de velocidad, posición y torque del servomotor de la marca Nietz.[6].

### **3.2. Servomotor trifásico AC-110JK**

Un servomotor trifásico AC del modelo 110JK como se ilustra en la Figura 3. 1 y la Tabla 3. 1. Es un tipo de motor eléctrico de corriente alterna utilizado para controlar el movimiento de una máquina o mecanismo que se encuentra en función de una señal de entrada. Estos motores son capaces de mantener una posición, velocidad y aceleración precisa ya que son capaces al momento de entrar en ejecución de realizar movimientos suaves y controlados, lo que los hace ideales para aplicaciones que requieren alta precisión e persistencia, lo que le hace que sea un motor muy robusto.[7].



Figura 3. 1 Servomotor trifásico AC 110JK

---

### Componentes de un Servomotor AC:

- Rotor y Estator: en comparación a otros motores eléctricos, un servomotor consta de un rotor (parte móvil) y un estator (parte fija).
- Sensor de Retroalimentación: los servomotores generalmente incorporan un sensor de posición (como un codificador o resolver) que proporciona retroalimentación sobre la posición actual del rotor, lo que permiten un control preciso.

Controlador: es un elemento muy esencial que se dedica a enviar las señales apropiadas al servomotor para controlar su posición, velocidad y aceleración, como se puede apreciar en la Figura 3. 2. [8].

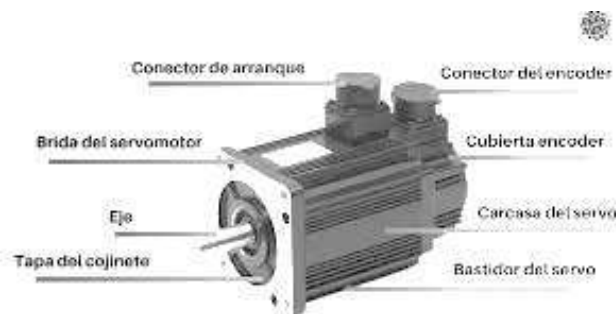


Figura 3. 2 Partes de un servomotor trifásico AC 110 JK

---

### Funcionamiento:

- Los servomotores funcionan en base a señales de control que indican la posición deseada del eje.

- El controlador compara la posición real del rotor (obtenida del sensor de retroalimentación) con la posición deseada y ajusta la corriente suministrada al motor para corregir cualquier desviación.[9].

*Tabla 3. 1 Ventajas y desventajas del Servomotor AC 110JK*

| <b>Ventajas</b>                  | <b>Desventajas</b>                                      |
|----------------------------------|---|
| Precisión y control de posición. | Costo más elevado en comparación con otros motores.     |
| Alta velocidad y aceleración.    | Requiere sistemas de control más complejos.             |
| Buena respuesta dinámica.        | Sensible a fallas en los sensores de retroalimentación. |
| Eficiencia energética.           |   |
| Baja inercia y tamaño compacto.  |   |

### **3.2.1. Métodos de control de un servomotor trifásico AC – 110JK**

#### **Control de Torque:**

El control de torque en servomotores se enfoca en regular la fuerza ejercida por el motor en lugar de priorizar la velocidad o la posición del eje. Este enfoque es fundamental en aplicaciones que requieren un control preciso del torque, como en robots industriales que manipulan objetos delicados o en maquinaria de producción donde se necesita un torque específico para el mecanizado de materiales o el ensamblaje de piezas.[10].

#### **Control de Velocidad:**

En el control de velocidad de los servomotores, como objetivo principal es regular la velocidad de rotación del motor según las señales de entrada que recibe. Este método es esencial en aplicaciones como las máquinas CNC (tornos, fresadoras, láser), brazos robóticos, bandas transportadoras, donde se requieren ajustes dinámicos de la velocidad, posición, aceleración. como puede ser para cortes de diferentes materiales y operaciones, así como en sistemas de

transporte automatizados, donde es crucial mantener velocidades constantes y ajustarlas según las necesidades de producción.[11].

### **Control de Posición:**

El control de posición en servomotores AC de modelo 11JK, como se puede observar en la Tabla 3. 2 se enfoca en posicionar el eje del motor en una posición específica con alta precisión. Este método es esencial en sistemas de posicionamiento automatizados, como máquinas de impresión, sistemas de etiquetado, sistemas de inspección y otros equipos que requieren un posicionamiento preciso. Además, en el campo de la robótica y la automatización, el control de posición es crucial para que los robots se posicionen con precisión en coordenadas específicas y realicen tareas con precisión.[11].

*Tabla 3. 2 Aplicaciones de los Servomotores AC 110JK*

| <b>Industria</b>    | <b>Procesos</b>             | <b>Electrónica</b>   | <b>Equipos médicos</b>  | <b>Energía renovable</b> |
|---------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------|
| Máquinas CNC        | Conveyors y transportadores | Drones               | Robótica médica         | Seguimiento solar        |
| Robótica industrial | Impresión y embalaje        | Equipos fotográficos | Equipos de diagnósticos | Turbinas eólicas         |

### **3.2.2. Servomotor trifásico AC – 110JK**

Los servomotores AC trifásicos, son motores eléctricos que funcionan con energía trifásica, lo que le confiere un funcionamiento más seguro a la vez estable y potente en comparación con los motores monofásicos.[12]

#### **Alimentación Trifásica AC:**

- Un servomotor trifásico recibe energía de una fuente de corriente alterna (AC) de alimentación trifásica, que suministra tres corrientes eléctricas desfasadas 120 grados entre sí. Lo hace que sea posible para que funcione correctamente y el par del motor sea

constante en comparación a los motores monofásicos.

### **Generación de Campo Magnético Giratorio:**

- Al suministrar energía en las bobinas del motor, se genera un campo magnético rotatorio en el estator. Este campo magnético rotatorio es esencial para la rotación del rotor.[13].

### **Interacción del Campo Magnético:**

- El campo magnético giratorio establece una relación con los imanes permanentes o las bobinas del rotor, generando un torque lo que provoca girar el servomotor.

### **Control de Velocidad y Posición:**

- El controlador del servomotor trifásico regula la velocidad y la posición del motor manipulando la frecuencia y la amplitud de las corrientes trifásicas suministradas al servomotor.

### **Retroalimentación y Control de lazo cerrado:**

- Muchos servomotores trifásicos utilizan sistemas de retroalimentación, como codificadores o resolvers, para proporcionar información en tiempo real sobre la posición y la velocidad del eje. Esta retroalimentación se utiliza en un sistema de control de lazo cerrado para ajustar y mantener la posición deseada del eje.[13]

### **Control de Parámetros:**

- El controlador del servomotor se ajusta continuamente a la corriente y la frecuencia suministradas a las fases del servomotor para mantener la precisión en la posición, velocidad y aceleración del eje.

#### **3.2.3. Driver servomotor trifásico Ac SG -30A**

El driver del servomotor SG – 30A es un dispositivo electrónico encargado de controlar y gestionar la operación de un servomotor, proporcionando una energía y una señal necesaria para su funcionamiento podemos visualizar en la Figura 3. 3.[14].



*Figura 3. 3 Driver de un servomotor SG – 30 A*

### **Funciones Principales:**

- **Amplificación de Señales:** El driver es el encargado de amplificar las señales de control provenientes de un controlador que nuestro caso es del PLC S7-1200, para proporcionar la potencia necesaria para que entre ejecución el servomotor.
- **Control de Corriente:** encargado de regular la corriente suministrada al servomotor para mantener un funcionamiento seguro y potente, evitando sobrecargas y protegiendo el servomotor AC, modelo 110JK.
- **Control de Velocidad y Posición:** Cumple con la necesidad de controlar con alta precisión la velocidad y la posición del servomotor, asegurando un movimiento suave y preciso en las aplicaciones.
- **Interfaz de Comunicación:** dependiendo a la casa comercial de donde provengan hay drivers de servomotor que incluyen interfaces de comunicación (como RS-485, CAN bus, EtherCAT, etc.) para la conexión con sistemas de control y la transmisión de datos.

### **Componentes Principales:**

- **Etapa de Potencia:** Esta sección del driver es el encargado de amplificar la señal de control para abastecer la corriente necesaria al servomotor.
- **Circuito de Protección:** Integran protecciones contra sobre corriente, sobretensión, sobrecalentamiento y otros fenómenos que puedan dañar el motor o el driver.
- **Circuitos de Control:** Coordina las señales de entrada, el control de velocidad, posición y otras variables en ejecución del servomotor.

### 3.3. Comunicación industrial

La comunicación industrial se considera un área clave que se enfoca en los sistemas y tecnologías que permiten el flujo de información entre equipos y sistemas dentro de entornos industriales. Esta transmisión de datos resulta esencial para mantener el control y la supervisión de los procesos como puede ser mediante lógica cableada como se muestra en las Tabla 3. 3Tabla 3. 4. Lo que facilita una operación que sea continua segura y productiva en distintos sectores como energía manufactura logística entre otros.[15].

Por otra parte, las redes industriales cumplen la función de crear la estructura que permite conectar dispositivos como sensores actuadores y controladores dentro de una planta. Estas redes están preparadas para enfrentar condiciones complicadas como interferencias eléctricas y ambientes exigentes por lo tanto aseguran que la comunicación se mantenga estable y sin interrupciones incluso en escenarios críticos.[16].

*Tabla 3. 3 Comunicación mediante lógica cableada*

| <b>Estándar</b> | <b>Descripción</b>  |
|-----------------|---|
| PROFINET        | Es un estándar de comunicación industrial que se basa en tecnología Ethernet y se emplea para lograr una comunicación en tiempo real al mismo tiempo que permite integrar diversos dispositivos dentro de entornos industriales automatizados por lo tanto facilita el intercambio rápido y fiable de datos entre controladores sensores actuadores y otros equipos esenciales en procesos productivos complejos. |
| Modbus          | Corresponde a un protocolo de comunicación de tipo serial que ha sido ampliamente adoptado en la industria debido a su simplicidad y confiabilidad ya que permite establecer conexión directa entre equipos de control como PLCs y sistemas de supervisión o monitorización lo cual lo convierte en una herramienta versátil dentro de múltiples aplicaciones industriales.                                       |

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| OPC (OLE for Process Control) | <p>Se refiere a un estándar orientado a facilitar la interoperabilidad entre diferentes sistemas de automatización y control permitiendo que los datos se transfieran en tiempo real entre dispositivos de distintas marcas o tecnologías por esta razón resulta fundamental en entornos industriales donde se requiere una integración fluida y efectiva sin importar el fabricante de cada componente.</p> |
| Profibus                      | <p>Es un sistema de bus de campo diseñado para facilitar la comunicación entre diversos dispositivos que forman parte de un sistema de automatización industrial lo que incluye la conexión directa de sensores actuadores y módulos de control lo cual permite mantener una red robusta eficiente y centralizada dentro de entornos industriales exigentes.</p>   |

*Tabla 3. 4 Comunicación inalámbrica*

| <b>Estándar</b> | <b>Descripción</b>   |
|-----------------|--|
| Wi-Fi           | <p>Tecnología inalámbrica comúnmente utilizada en entornos industriales para la comunicación de datos y el control de dispositivos a través de redes locales inalámbricas.</p> |
| Zigbee          | <p>Estándar de comunicación inalámbrica de baja potencia y corto alcance utilizado en entornos industriales para la conexión y control de dispositivos IoT.</p>                |
| WirelessHART    | <p>Tecnología de comunicación inalámbrica basada en el estándar HART, utilizada para la monitorización y el control de procesos en entornos industriales.</p>                  |

### 3.3.1. Normativas en comunicaciones industriales

- La normativa **IEC 61158** junto con la **IEC 61784** corresponde a un conjunto de estándares internacionales diseñados para regular la comunicación en tiempo real dentro de los sistemas de automatización industrial por lo tanto su aplicación resulta clave en

entornos donde la precisión la sincronización y la compatibilidad entre dispositivos son esenciales.[17]

- En primer lugar, la **IEC 61158** establece los lineamientos para las redes de comunicación en tiempo real definiendo una variedad de tecnologías utilizadas en la industria como por ejemplo Profinet EtherCAT y EthernetIP entre otras lo que permite adaptar estos protocolos a distintos niveles de complejidad y necesidad dentro de las plantas de producción. [17]
- Por otro lado, la normativa **IEC 61784** complementa a la anterior al definir los perfiles de comunicación que deben cumplir los dispositivos de automatización es decir establece un marco que permite asegurar que diferentes equipos puedan integrarse correctamente dentro de una misma red garantizando así la interoperabilidad y una comunicación efectiva entre componentes que muchas veces provienen de distintos fabricantes.
- La normativa **IEC 61158** junto con la **IEC 61784** incorpora una amplia gama de estándares diseñados para asegurar la comunicación en tiempo real dentro de entornos industriales entre los cuales se incluyen tecnologías ampliamente utilizadas como Profinet que se basa en Ethernet así como también EtherCAT Modbus TCP y EthernetIP lo cual permite adaptar la red según las características del sistema automatizado y las necesidades de cada proceso.[18]
- Uno de los principales objetivos de estos estándares es garantizar la interoperabilidad entre dispositivos provenientes de diferentes fabricantes de modo que puedan integrarse de forma eficiente dentro de un mismo sistema de automatización permitiendo una comunicación fluida y confiable entre controladores sensores actuadores y demás componentes esenciales en la operación industrial.
- Además, estas normativas establecen parámetros técnicos que deben cumplirse en cuanto al rendimiento de la red lo cual incluye aspectos como la latencia en la transmisión de datos la sincronización precisa de la información entre dispositivos y la confiabilidad del intercambio de datos lo que resulta especialmente importante en entornos donde las condiciones de operación son exigentes y la precisión del sistema es crítica para mantener la continuidad del proceso.[18]

### 3.4. Protocolo Profinet

El protocolo PROFINET que se ilustra en la Figura 3. 4 corresponde a una tecnología de comunicación industrial fundamentada en Ethernet y se utiliza en sistemas de automatización y control de procesos donde resulta clave facilitar la transmisión de datos tanto en tiempo real como en aplicaciones que no requieren dicha condición por lo tanto su diseño apunta a ofrecer una comunicación que sea eficiente confiable y con comportamiento determinístico dentro de las redes industriales lo cual permite una interacción rápida y precisa entre diferentes equipos como los controladores los sensores los actuadores y los sistemas de visualización.[19].

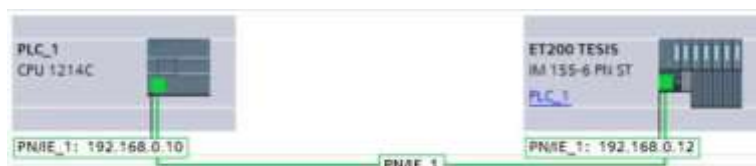


Figura 3. 4 Protocolo de comunicación Profinet

Esta tecnología destaca principalmente por su compatibilidad con la infraestructura Ethernet existente lo que posibilita aprovechar redes ya implementadas además permite alcanzar velocidades de transmisión elevadas que resultan indispensables en entornos donde la velocidad y la precisión son factores críticos como se puede apreciar en la Tabla 3. 5 asimismo su capacidad para operar de forma determinística asegura tiempos de respuesta predecibles y controlables lo cual resulta fundamental en aquellos procesos que requieren sincronización precisa y ejecución en tiempo real para garantizar el funcionamiento coordinado de las operaciones industriales.[19].

Tabla 3. 5 Ventajas y desventajas de la red Profinet

| Ventajas de PROFINET                   | Desventajas de PROFINET                               |
|--|---|
| Alta velocidad de transmisión de datos | Requiere una infraestructura de red Ethernet adecuada |
| Compatibilidad con Ethernet            | Costo inicial de implementación puede ser elevado     |

---

|   |   |
|---|---|
| Capacidad determinística para tiempos de respuesta predecibles            | Configuración inicial puede ser compleja  |
| Flexibilidad para la integración de diferentes dispositivos               | Requiere personal capacitado para su implementación                                       |
| Integración con tecnologías emergentes como IIoT y computación en la nube | Posible vulnerabilidad a ciberataques si no se implementan medidas de seguridad adecuadas |
| Ampliamente adoptado y respaldado por la industria                        | Posible necesidad de actualizaciones y mantenimiento periódico                            |
| Mejora la eficiencia y la conectividad en entornos industriales modernos  | Puede presentar limitaciones en entornos con interferencias electromagnéticas             |

---

### 3.4.1. Modelo cliente – servidor

- **Servidor PROFINET:** Dentro del modelo de comunicación se puede apreciar ventajas y desventajas según se muestra en la tabla 3.5, para ello cliente servidor que emplea PROFINET se conoce como servidor al dispositivo encargado de proporcionar servicios o recursos a otros equipos de la red. Este tipo de servidor puede estar integrado en un PLC o en cualquier equipo industrial que tenga la capacidad de gestionar solicitudes provenientes de los clientes y responder con los datos o funciones requeridas para el proceso. A través de este intercambio se logra una comunicación continua que permite mantener operativos los sistemas automatizados sin interrupciones innecesarias.[20].
- **Cliente PROFINET:** En una red PROFINET se denomina cliente a los dispositivos que realizan solicitudes de datos o servicios al servidor ya que su función principal es iniciar la comunicación dentro del sistema automatizado. Estos equipos tienen la capacidad de solicitar acceso a información ajustes diagnósticos o cualquier otra función

que resulte necesaria para mantener el proceso operativo de forma eficiente.[20].

- **Comunicación Bidireccional:** Dentro de una red PROFINET se establece una conexión en la que los dispositivos pueden enviar y recibir información en tiempo real lo que permite tanto la consulta como la transmisión de comandos de control según lo

requiera cada proceso gracias a este intercambio constante se garantiza una operación estable y eficiente de los sistemas industriales en entornos exigentes y dinámicos

- **Ejemplos de aplicación:** En situaciones reales dentro de la industria suele observarse que un controlador lógico programable también llamado PLC asume el papel de servidor PROFINET ya que desde ahí se distribuyen los datos necesarios para supervisar el proceso mientras tanto dispositivos como sensores o actuadores cumplen la función de clientes PROFINET pues son estos los encargados de enviar solicitudes al PLC o de transmitir comandos con el propósito de ejecutar acciones específicas que aseguren el control y la eficiencia en cada etapa del sistema

### 3.4.2. Protocolo Profibus

Es un estándar de comunicación de bus de campo de acuerdo a lo presentado en la Figura 3. 5 que nos permite control y monitoreo de dispositivos en tiempo real, ampliamente utilizado en entornos industriales para la comunicación entre dispositivos, como sensores, actuadores, controladores entre otros equipos de automatización.[21]

..



Figura 3. 5 Protocolo de comunicación Profibus

---

### Modelo Maestro – Esclavo

- **Maestro (Master):** En el modelo de comunicación maestro-esclavo es el responsable de controlar la comunicación y coordina las operaciones en la red se conoce como maestro. Los maestros son responsables de iniciar y controlar la comunicación con los dispositivos esclavos.[22]

- **Esclavo (Slave):** Los equipos que responden al comando del maestro se denominan esclavos, los esclavos en una comunicación actúan según las instrucciones del maestro para ello proceden a brindar información o realizan acciones según sea necesario.
- **Interacción Maestro-Esclavo:** En una comunicación los maestros envían señales y solicitudes a los módulos esclavos para obtener información, configurar parámetros o controlar procesos, los dispositivos esclavos responden a la señal o solicitudes y proporcionan los datos o variables requeridos al maestro.[16], [22].
- **Ventajas:** Este modelo de comunicación nos brinda un tiempo de respuesta rápida entre módulos, lo cual facilita el control y monitoreo de procesos industriales de equipos y de sistemas de automatización.

### 3.5. Protocolo WirelessHart

Es un protocolo de comunicación industrial que se basa en comunicación inalámbrica que opera con una frecuencia de 2.4 GHz y se basa en la tecnología de redes de malla (mesh networks) para permitir la comunicación inalámbrica confiable y segura en entornos industriales. Figura 3. 6 se muestra el Protocolo WirelessHart y en Tabla 3. 6 sus ventajas y desventajas.[23].



Figura 3. 6 Protocolo de comunicación WirelessHart

#### Características de WirelessHart:

- **Red de Malla:** Se basa en topología de una red de malla que permite que los módulos puedan comunicarse directamente, mejorando la cobertura y comunicación de la red.
- **Seguridad:** ofrece medidas de seguridad robustas, como autenticación de mensajes de datos esto quiere decir que cada mensaje tiene un código de autenticación MAC de

igual manera también ofrece autenticación de dispositivos, para proteger la integridad de la comunicación inalámbrica para evitar interrupciones.

- Interoperabilidad: Está diseñado para ser compatible con dispositivos HART existentes, lo que facilita la integración de la comunicación inalámbrica en sistemas ya establecidos.[23].

*Tabla 3. 6 Ventajas y desventajas de la red WirelessHart*

| <b>Ventajas de WirelessHart</b>                                    | <b>Desventajas de WirelessHart</b>   |
|--|--|
| Facilidad de instalación y reconfiguración                         | Posibles interferencias de otras redes inalámbricas                                      |
| Comunicación inalámbrica confiable y segura                        | Limitaciones de energía en algunos dispositivos  |
| Integración sencilla con dispositivos HART existentes              | Necesidad de gestión cuidadosa de la duración de la batería en dispositivos inalámbricos |
| Red de malla que mejora la cobertura y redundancia                 | Posible complejidad en la configuración inicial  |
| Facilita el diagnóstico remoto                                     | Requiere medidas de seguridad adicionales para proteger la comunicación inalámbrica      |
| Escalable para incluir un gran número de dispositivos inalámbricos | Puede requerir una infraestructura de red inalámbrica más robusta                        |

### **3.6. Controlador lógico programable**

Es un dispositivo electrónico programable ilustrado en la Figura 3. 7 que se emplea una lógica para supervisar y controlar sistemas automatizados en entornos industriales. Funciona

ejecutando programas dedicados para dirigir máquinas y procesos al leer entradas, procesar información y activar salidas correspondientes de la misma manera se ilustra en la Tabla 3. 7 las ventajas y desventajas del protocolo.[24].

La normativa IEC 61131 establece estándares para la programación de Controladores Lógicos Programables (PLC). Al seleccionar un PLC bajo esta normativa, se deben considerar varios criterios importantes, como:

- **Lenguajes de programación compatibles:** Verificar que el PLC soporte los cinco tipos lenguajes de programación normalizados en la norma IEC 61131 (Ladder, Instruction List, Function Block Diagram, Structured Text, Sequential Function Chart) con el fin de adaptarse a las necesidades del programador.
- **Facilidad de programación:** Evaluar la facilidad de programación y depuración del PLC, asegurando que el software de programación sea intuitivo y eficiente para el programador.
- **Capacidad de E/S:** evaluar el número y tipo de entradas y salidas que el PLC puede manejar para asegurar que satisfaga los requisitos del sistema a controlar.
- **Rendimiento y velocidad de procesamiento:** Evaluar la velocidad de procesamiento del PLC y su capacidad para manejar tareas complejas en tiempo real, de acuerdo con las necesidades del proceso industrial.
- **Confiabilidad y robustez:** Seleccionar un PLC que sea robusto y confiable, capaz de funcionar de manera continua en entornos industriales adversos.
- **Capacidad de comunicación:** Verificar que el PLC cuente con opciones de comunicación adecuadas para la comunicación con dispositivos y sistemas en la planta, como redes industriales o interfaces de usuario.



*Figura 3. 7 Controlador lógico programable*

### **3.6.1. Lenguaje de programación**

Los Controladores Lógicos Programables (PLC) utilizan varios lenguajes como se muestra en la tabla 3.7 características de los lenguajes, de programación para desarrollar la lógica de

control. Los cinco lenguajes de programación estándar definidos en la normativa IEC 61131-3 son los siguientes:[25]

*Tabla 3. 7 Características de los lenguajes de programación de un PLC*

| <b>Lenguaje</b>                    | <b>Característica</b>   |
|------------------------------------|---|
| Lenguaje de Escalera               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Basado en diagramas de contactos eléctricos.</li> <li>- Fácil de comprensión para ingenieros eléctricos y técnicos.</li> <li>- Se basa en lógica de control tales como de contactos y bobinas.</li> <li>- Semejante a un lenguaje ensamblador simplificado.</li> </ul> |
| Lista de Instrucciones             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliza una lista de instrucciones para programar la lógica de control.</li> </ul>   |
| Diagrama de Bloques de Funciones   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliza bloques gráficos para expresar funciones y su interconexión.</li> <li>- Ideal para programar funciones complejas reutilizables.</li> <li>- Similar a un lenguaje de programación de alto nivel como Pascal o C.</li> </ul>                                     |
| Texto Estructurado                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Permite una programación más flexible y avanzada.</li> </ul>   |
| Diagrama de Funciones Secuenciales | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliza gráficos para representar secuencias de acciones.</li> <li>- Eficaz para programar en secuencias de control secuenciales y paralelas.</li> </ul>   |

### **3.6.2. Aplicaciones de un PLC Siemens**

Los autómatas programables ofrecen una serie de ventajas clave en una amplia gama de aplicaciones, como la automatización industrial, que les permite adaptarse a una gran variedad de procesos industriales; las funciones de programación facilitan la aplicación eficaz de los cambios de programa, lo que los convierte en una solución efectiva en entornos industriales complejos, donde pueden funcionar de forma fiable incluso en condiciones de vibración, temperaturas extremas y humedad.[26].

Los PLC son más factibles por su capacidad para mejorar la eficiencia energética al permitir la programación perfecta de sistemas como calefacción, ventilación, aire acondicionado e iluminación, este control de automatización reduce el consumo de energía, también mejora la comodidad y la seguridad de los ocupantes al facilitar actividades como el control de acceso y el tema de sistemas de seguridad, de igual manera en sistemas de energía, los PLC ofrecen un monitoreo y control preciso en tiempo real de instalaciones eléctricas para generación de energía y distribución, lo cual permite detectar y corregir problemas de forma rápida además de facilitar la implementación de estrategias de mantenimiento predictivo para prevenir fallos y reducir tiempos de inactividad no planificados.

### **3.7. Interfaz Hombre Máquina (HMI)**

Los Interfaces Hombre-Máquina (HMI, por sus siglas en inglés) son dispositivos o software que permiten la interacción entre humanos y máquinas. Como se aprecia en la Figura 3. 8, este sistema muestra una interfaz que facilita la manipulación y el control de procesos industriales. Sistemas automatizados y maquinaria se caracterizan.[27]

- **Visualización de Datos:** Presentación de datos en tiempo real en forma de gráficos, tablas, iconos y referencias para facilitar la manipulación y toma de decisiones.
- **Interacción:** Permiten a los operadores controlar y ajustar parámetros de la maquinaria o del proceso a través de botones, pantallas táctiles, teclados u otros dispositivos de entrada.
- **Alarmas y Notificaciones:** Emiten alertas visuales o auditivas en caso de eventos importantes o situaciones de emergencia.
- **Historial y Registro:** Almacenan datos para análisis posterior y generación de informes.
- **Compatibilidad:** Pueden comunicarse con sistemas de control como PLC, SCADA y otros dispositivos para una operación coordinada y eficiente.



Figura 3. 8 Pantalla HMI programable

#### 4. METODOLOGÍA

En el presente capítulo se detallaron los métodos y procedimientos utilizados para solventar la propuesta tecnológica, de igual manera las estrategias para alcanzar los objetivos conjuntamente con sus actividades como: selección de equipos, selección de software, diseño de los protocolos e implementación física en el módulo de comunicación HF, según se muestra en Figura 4. Metodología de diseño del sistema.

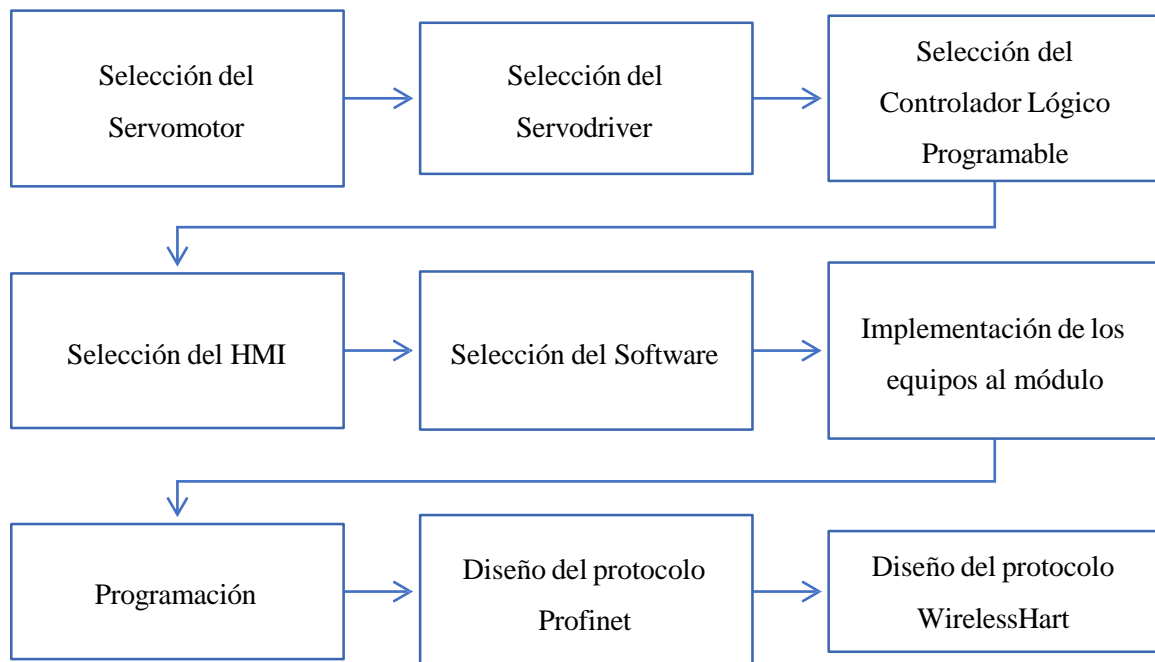


Figura 4. 1 Metodología de diseño del sistema

#### 4.1. Variables del proceso

Las variables de estudio en este caso se determinaron según la relación de dependencia. La variable independiente fue definida como “Redes Industriales” y la variable dependiente como “Control del Servomotor”.

##### 4.1.1. Variable independiente

Definición: Redes industriales.

Concepto: son estructuras de comunicación automatizada que gestionan procesos industriales que involucran actuadores y equipos de control. Como se presenta en la Tabla 4. 1 se evidencia las características de las variables independientes.

Tabla 4. 1 Variable independiente

| Categoría               | Unidad de medida            | Técnica                | Instrumento                           |
|-------------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| Tipos de red industrial | Cualitativo de tipo nominal | Implementación técnica | PLC, Driver, PLC Gateway WirelessHart |

##### 4.1.2. Variable dependiente

Definición: Parámetros eléctricos del Servomotor AC 110JK

Concepto: fueron valores que se obtienen durante el funcionamiento del sistema cuando opera bajo diferentes redes industriales ya que refleja cómo responde el servomotor ante cada tipo de comunicación implementada. Como se ilustra en la Tabla 4. 2 se evidencian las características de las variables dependientes.

Tabla 4. 2 Variable dependiente

| Categoría           | Unidad de medida | Técnica      | Instrumento  |
|---------------------|------------------|--------------|--------------|
| Corriente eléctrica | A                |              |              |
| Voltaje             | V                | Programación | PLC y Driver |
| Frecuencia          | Hz               |              |              |



## 4.2. Equipos e instrumentos

La selección correcta de equipos e instrumentos es fundamental para el diseño de redes industriales sea utilizando el protocolo Profinet o mediante Wireless Hart, el primer elemento de interés es el servomotor a controlar.

### 4.2.1. Servomotor trifásico AC 110JK

Para comprender y analizar el funcionamiento del control de un servomotor, se muestran en la Tabla 4. 3 las características y la Figura 4. 1 del servomotor AC, se ha optado por seleccionar un servomotor trifásico de baja potencia. A través de ello, se busca simplificar la comprensión de los principios de control de este tipo de motores al utilizar un dispositivo de menor potencia.[28]

*Tabla 4. 3 Características del servomotor trifásico AC 110JK*

| <b>Característica</b> | <b>Descripción</b> |
|-----------------------|--------------------|
| Modelo                | 110JK-M040020LF    |
| Potencia nominal      | 0,8 kW             |
| Voltaje nominal       | 220 V AC           |
| Corriente nominal     | 3,2 A              |
| Velocidad rotacional  | 2500 rpm           |
| Torque nominal(Par)   | 4.0 N*m            |
| Grado de protección   | IP65               |



Figura 4. 2 Servomotor AC 110JK

#### 4.2.2. Servodriver SG – 30A

Para la selección del driver lo cual se ilustra en la Figura 4. 3 este dispositivo debe controlar el servomotor, es importante tener un conocimiento de las características de acuerdo como se lo presenta en la Tabla 4. 1 del Servodrive, particularmente su potencia, la cual se especifica es de 1000 W el driver para el funcionamiento. Es fundamental que el driver pueda satisfacer estas especificaciones para garantizar su funcionamiento del sistema en su conjunto. En la siguiente tabla se puede observar las características técnicas del servo driver.[28]

Tabla 4. 4 Características del Servodriver SG – 30A

| Característica              | Descripción                                      |
|-----------------------------|--|
| Modelo                      | SG-30 A  |
| Tipo de alimentación        | 220V AC-Trifásica                                |
| Potencia de salida          | 1.0-2.3kw  |
| Frecuencia de entrada       | 50 Hz  |
| Frecuencia máxima de pulso  | Hasta 500kHz(en modo diferencial)                |
| Torque nominal del motor    | 4.0-15.0N*m                                      |
| Certificación               | JB/T8832-2001(estándar Chino)                    |
| Inspección de fabrica       | Producto aprobado y certificado                  |
| Modos de control soportados | Posición, velocidad y Torque                     |
| Sistema de enfriamiento     | Convección natural (ventilación forzada interna) |

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Protecciones               | Sobrevoltaje, sobrecorriente, sobrecalentamiento, fallo de encoder, fallo de freno, entre otros |
| Interfaces disponibles     | CN1: Señales de control, CN2: feedback encoder  |
| Compatibilidad del encoder | Incremental con salida diferencial ABZ  |
| Grado de aislamiento       | Requiere conexión a tierra adecuada (PE)  |



Figura 4. 3 Servodrive para control del servomotor trifásico AC 110JK

#### 4.2.3. Controlador lógico programable PLC S7-1200 DC/DC/DC

Es necesario seleccionar un Controlador Lógico Programable (PLC) según como se muestra en la Figura 4. 4, este equipo tiene la capacidad de gestionar y coordinar las operaciones para el control de las variables del servomotor como: velocidad, posición y torque. Así como también debe ser capaz de integrar los protocolos de comunicación como PROFINET y WirelessHART como se evidencia en la Tabla 4. 1 las características para realizar el diseño de la red industrial.

Tabla 4. 5 Características del PLC S7-1200 siemens DC/DC/DC

| Característica                 | Descripción                            |
|--------------------------------|--|
| Fuente de alimentación         | 20.1-28.8V DC (24V nominal)            |
| Cantidad de entradas digitales | 6 entradas 24VDC (tipo, sink o source) |
| Cantidad de salidas digitales  | 4 salidas 24VDC, 0.5 A por canal       |

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Cantidad de entradas analógicas | 2 integradas (0-10 V, 10bits)                        |
| Memoria de programa             | 50kB   |
| Memoria de datos                | 2MB ( Total: retenida y no retenida combinada)       |
| Interfaces de comunicación      | 1 puerto ethernet RJ45(soporta Modbus TPC, S7, etc.) |
| Soporte de protocolos           | S7 Comm, Nodbus TPC, Web Server, OPC Ua (con FW)     |
| Reloj en tiempo real            | Interno con retención                                |
| Montaje                         | Carril DIN (35 mm)                                   |
| Certificación                   | CE, UL, cULus, UKCA, KC, RCM                         |
| Clase de protección             | IP20   |
| Temperatura                     | -20 °C a +60°C                                       |
| Firmware                        | Version S V-S34DW220 (Año 2024)                      |



Figura 4. 4 PLC siemens DC/DC/DC

#### 4.2.4. Interfaz hombre – máquina HMI KTP600

Otro equipo de interés es el HMI KTP600 lo cual podemos visualizar en la Figura 4. 5, que se seleccionó también por sus características presentadas en la Tabla 4. 6 de la misma marca que el PLC siemens DC/DC/DC por su fácil programación y compatibilidad. Este equipo permite

supervisar en tiempo real las variables del servomotor trifásico AC, como son la velocidad, posición y torque, además el entorno del HMI KTP 600 se puede personalizar según las necesidades específicas del usuario.

*Tabla 4. 6 Características del HMI KTP 600*

| <b>Característica</b>         | <b>Descripción</b>     |
|-------------------------------|------------------------|
| Teclado                       | Táctil                 |
| Cantidad de colores           | 256 colores            |
| Tamaño                        | 6 pulgadas             |
| Interfaz                      | Profinet IO            |
| Cantidad de teclas de función | 6                      |
| Tensión de alimentación       | 24 VDC, 5 <sup>a</sup> |
| Corriente eléctrica           | 0,35 A                 |
| Potencia                      | 9 W                    |
| Software para configuración   | TIA Portal – WinCC     |



*Figura 4. 5 Pantalla HMI KTP 600*

#### **4.2.5. Fuente de alimentación VL – F24V 5A**

Para garantizar el funcionamiento de los equipos como el PLC siemens DC/DC/DC y el HMI KTP 600 que operan a 24 V en corriente continua, se selecciona una fuente de alimentación que proporcione la energía necesaria de manera estable y confiable. En la siguiente Tabla 4. 7

se observan las características de la fuente de alimentación. Figura 4. 6 se ilustración una fuente de 24V a 5A.[29].

*Tabla 4. 7 Características de la fuente de alimentación VL – F24V 5A*

| <b>Característica</b> | <b>Descripción</b> |
|-----------------------|--------------------|
| Tensión de entrada    | 110 – 265 VAC      |
| Tensión de salida     | 24 VDC             |
| Corriente de salida   | 5 A Max.           |
| Potencia máxima       | 120 W              |



*Figura 4. 6 Fuente de alimentación 24V DC*

#### **4.2.6. Dispositivo de monitoreo remoto industrial HF9606W**

Este equipo se puede evidenciar en la Figura 4. 7. Dispositivo de monitoreo remoto industrial se utiliza para recopilar datos de forma remota sobre el estado y operación del control del servomotor, transmitiendo la información recopilada a través de una red de comunicación, como Internet, para su visualización y análisis desde ubicaciones remotas. Tabla 4. 8 se muestra las características de este equipo.[30]



Figura 4. 7 Dispositivo de monitoreo remoto industrial HF9606W

Tabla 4. 8 Características del dispositivo de monitoreo remoto industrial HF9606W

| Característica          | Descripción  |
|-------------------------|--|
| Rango de frecuencia     | 2,412 GHz – 2,484 HGz  |
| Protocolos              | IP, TCP, UDP, DHCP, DNS, HTTP<br>Server/Client, ARP, BOOTP, AutoIP,<br>ICMP, Web socket, Telnet, uPNP, NTP |
| Antena                  | 3dBi Stick Antenna   |
| Puertos de comunicación | 4 x RJ45, 1 WAN/LAN, 3 LAN   |
| Tensión de entrada      | 9 – 36 VDC   |
| Corriente eléctrica     | 300 mA   |

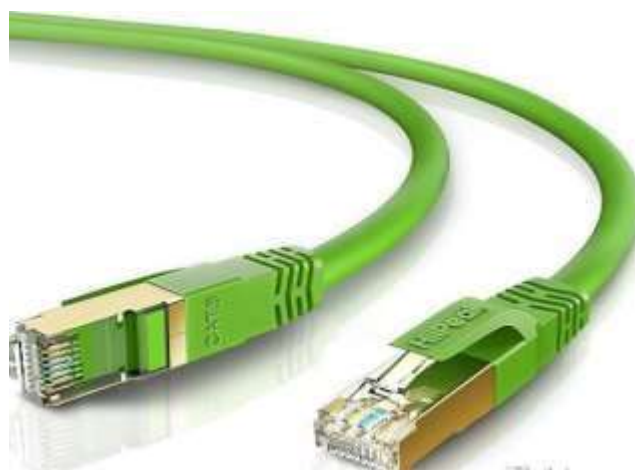
Este equipo necesita una antena para la transmisión inalámbrica de datos para lo cual se ha optado por una con características sobresalientes que mejoran la comunicación entre dispositivos. En la Figura 4. 8 se observa antenas de transmisión de datos.[30]



*Figura 4. 8 Antenas para transmisión de datos*

#### **4.2.7. Cable Ethernet HilPeak CAT8 SFTP Patch**

El cable Ethernet HilPeak categoría 8 tipo SFTP conocido como patch cord como se puede apreciar en la Figura 4. 9 es un medio físico que permite transmitir datos de forma rápida y segura en sistemas de comunicación industrial este tipo de cable cuenta con blindaje individual para cada par trenzado además de una pantalla general lo cual mejora su resistencia frente a interferencias electromagnéticas por esta razón es ideal para entornos exigentes donde se requiere una conexión estable y de alto rendimiento especialmente en redes que manejan gran cantidad de información como las que utilizan protocolos industriales avanzados sus características se puede apreciar en la Tabla 4. 9.[31].



*Figura 4. 9 Cable ethernet CAT8*

Tabla 4. 9 Características del cable ethernet CAT8

| Tipo de conector              | RJ45 con recubrimiento en aluminio   |
|-------------------------------|--|
| Material del conductor        | Cobre puro   |
| Compatibilidad                | Retrocompatible con CAT 7, CAT 6A, CAT 6 y CAT 5e                                  |
| Revestimiento exterior        | PVC flexible resistente al uso y fácil de instalar                                 |
| Longitud típica               | Disponibles en 0.50 hasta 10 metros  |
| Aplicaciones recomendadas     | Redes industriales, centro de datos, equipos de automatización de alto rendimiento |
| Resistencias a interferencias | Alta gracias al blindaje múltiple  |
| Entornos de uso               | Ideal para lugares con alta demanda de datos y condiciones exigentes.              |

#### 4.2.8. Encoder incremental E6B2

Se implementará un encoder incremental como se presenta en la Figura 4. 10 este componente de medición en la posición y velocidad del servomotor para proporcionar una retroalimentación al sistema de control. El encoder se energiza con 24 VDC siendo compatible con la fuente de alimentación seleccionada lo que garantiza su integración sin problemas. En la Tabla 4. 10 se muestra las características del encoder incremental. La precisión del encoder depende de su resolución para lo cual se selecciona uno que tenga 2000 pulsos por rotación, la conexión del encoder incremental E6B2 ilustro en el anexo C.[32]



Figura 4. 10 Encoder incremental E6B2

Tabla 4. 10 Características del encoder incremental E6B2

| Característica          | Descripción         |
|-------------------------|---------------------|
| Modelo                  | Encoder incremental |
| Pulsos por rotación     | 2000 P/R            |
| Señales de salida       | A, B, Z             |
| Diámetro del eje        | 6 mm                |
| Voltaje de alimentación | 5 – 24 Vdc          |
| Tipo de salida          | NPN                 |
| Método de conexión      | Por cable           |
| Longitud del cable      | 2 metros            |

#### 4.2.9. Software TIA Portal V16

Para la selección del software se consideró que los equipos que se van a utilizar son de la marca Siemens, para lo cual se ha seleccionado el software TIA Portal V16 como la plataforma central para la programación y configuración de todos los dispositivos en el sistema. En la Figura 4. 11 se muestra el entorno del TIA Portal V16, la programación para su funcionamiento se muestra en el Anexo A.[33].

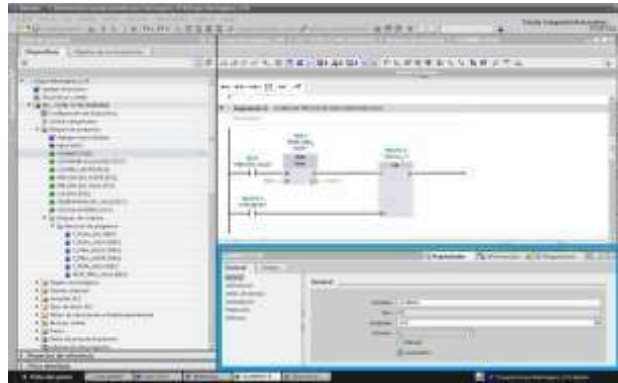


Figura 4. 11 Entorno de TIA Portal V16

### 4.3. Implementación en el módulo de comunicación HF

Los equipos e instrumentos seleccionados son colocados en un módulo de comunicación HF de entrenamiento para el desarrollo de redes industriales, se cuenta con una estructura metálica de soporte que proporciona la base sólida y resistente. Además, se incorpora una plancha de MDF de 9 mm de espesor que actúa como superficie de trabajo y apoyo para los equipos. Esta plancha de MDF, por su resistencia y durabilidad, ofrece una plataforma confiable para la disposición organizada de los dispositivos y facilita el acceso a los componentes durante el desarrollo de las prácticas relacionadas con redes industriales y el control del servomotor. En la Figura 4. 12 se ilustra las medidas del módulo de comunicación HF. En el anexo B se ilustra la conexión eléctrica de los equipos.

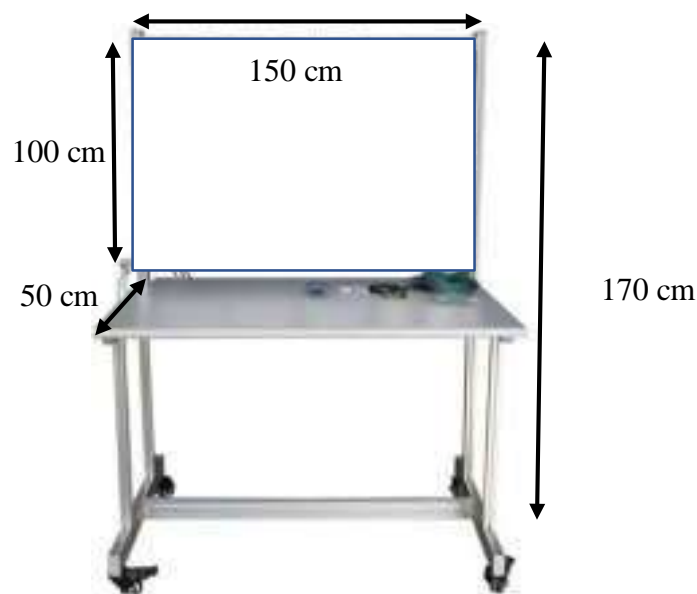


Figura 4. 12 Medidas del módulo de comunicación HF

En la siguiente Figura 4. 13 se puede observar que los equipos e instrumentos fueron colocados en la plancha de MDF de manera organizada para el desarrollo de las redes industriales a lo cual en la Tabla 4. 11 se puede observar la disposición de cada elemento, la distribución se muestra en el anexo B.

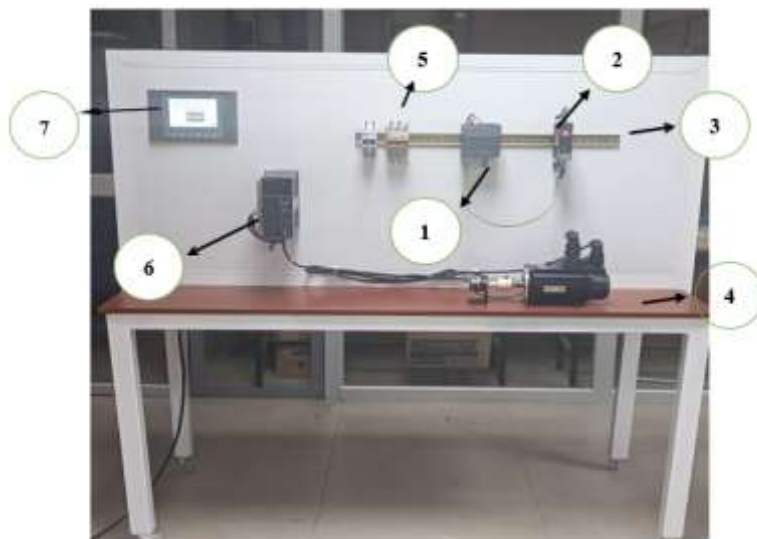


Figura 4. 13 Distribución de los equipos en el módulo de comunicación HF

Tabla 4. 11 Descripción de la distribución de los equipos en el módulo de comunicación HF

| Numeración | Descripción             |
|------------|-------------------------|
| 1          | PLC siemens DC/DC/DC    |
| 2          | Módulo remoto           |
| 3          | Riel Din                |
| 4          | Servomotor trifásico AC |
| 5          | Protecciones eléctricas |
| 6          | Servo driver            |
| 7          | HMI KTP 600             |
| 8          | Encoder incremental     |
| 9          | Antenas WirelessHart    |

#### 4.4. Diseño de la comunicación Profinet

Para diseñar la comunicación PROFINET, como se ilustra en el anexo E la cual nos muestra la comunicación PROFINET, para ello se utilizará un dispositivo de monitoreo remoto como equipo central. Este dispositivo tiene la capacidad de transmitir datos mediante la lógica cableada para el PLC, el HMI, el PC y el driver. Figura 4. 14 muestra la estructura de esta comunicación.[34].

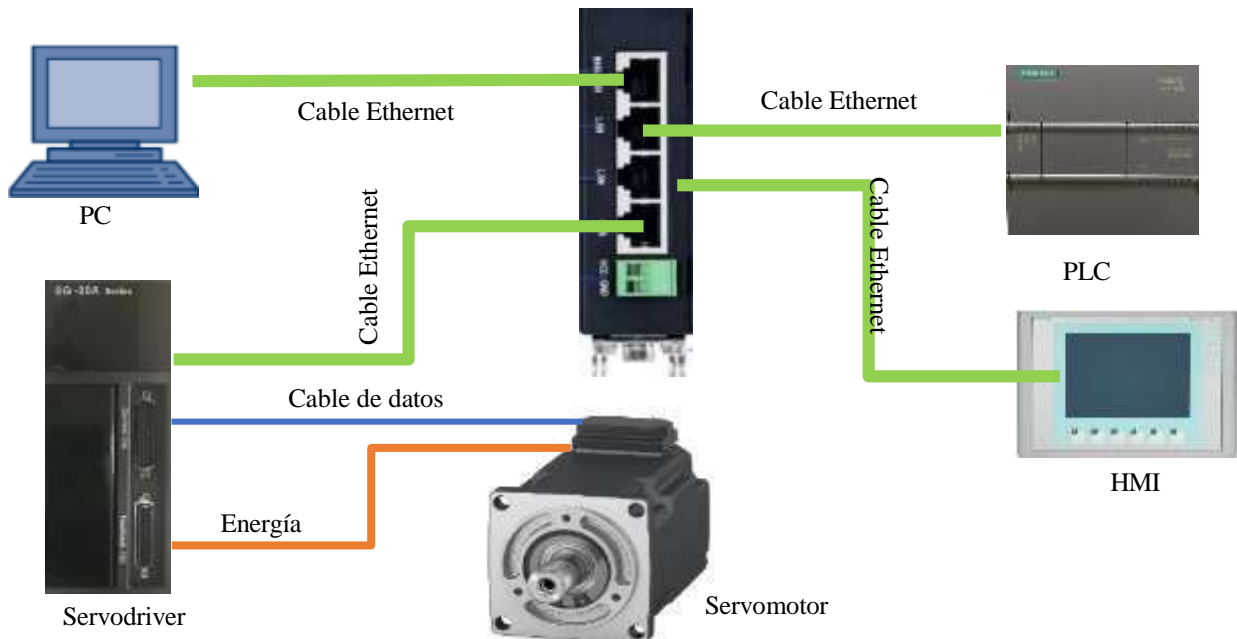


Figura 4. 14 Esquema Profinet

#### 4.5. Diseño de la comunicación WirelessHart

El dispositivo de monitoreo remoto tiene la capacidad de conectarse a una red inalámbrica como se ilustra en anexo F de comunicación WirelessHart, para lo cual se necesita internet para realizar el intercambio de información entre la PC y el PLC, en la Figura 4. 15 se muestra el esquema donde se observa la comunicación WirelessHart:[35].

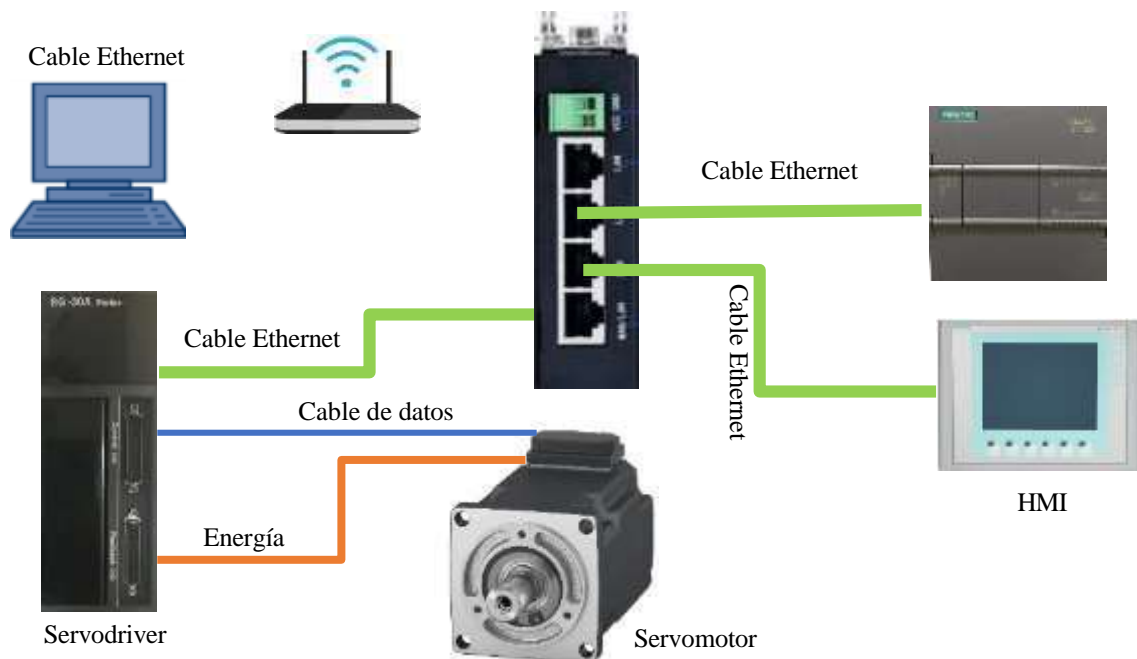


Figura 4. 15 Esquema WirelessHart

#### 4.6. Cálculo de velocidad angular del servomotor AC 110J

La velocidad angular representa qué tan rápido gira un eje o rotor en un sistema rotacional se expresa en radianes por segundo y permite conocer la rapidez con la que cambia la posición angular de un cuerpo giratorio en relación al tiempo si la velocidad está dada en revoluciones por minuto se puede transformar a radianes por segundo aplicando la siguiente ecuación (4. 1).

$$\omega = \frac{2\pi \cdot N}{t} \quad (4. 1)$$

Donde:

- $\omega$ : la velocidad angular en radianes por segundos
- $N$ : velocidad en revoluciones por segundo
- $t$ : el tiempo en segundos

#### 4.7. Cálculo de la posición angular del servomotor AC 110J

La posición angular describe el cambio de ubicación de un objeto giratorio respecto a un punto de referencia inicial permite saber cuántos radianes ha girado un eje desde su punto de partida y se utiliza para controlar con precisión el movimiento rotacional en sistemas como servomotores o mecanismos automatizados si se conoce la velocidad angular constante y el

tiempo transcurrido se puede estimar la posición mediante la ecuación **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

$$\theta = \omega * t + \theta_0 \quad (4. 2)$$

Donde:

- $\theta$ : theta es la posición angular final
- $\omega$ : omega es la velocidad angular en radianes por segundo
- $t$ : es el tiempo
- $\theta_0$ : theta cero representa la posición inicial

#### 4.8. Cálculo de la aceleración angular del servomotor AC 110JK

La aceleración angular indica qué tan rápido cambia la velocidad de rotación de un eje en un periodo determinado refleja si el motor está aumentando o disminuyendo su velocidad de giro con el tiempo y es clave para controlar movimientos precisos en aplicaciones industriales cuando hay un cambio de velocidad en un intervalo se puede calcular usando la siguiente ecuación (4. 3).

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \quad (4. 3)$$

Donde:

- $\alpha$ : alfa representa la aceleración angular en radianes por segundo al cuadrado
- $\Delta\omega$ : delta omega es la variación de la velocidad angular
- $\Delta t$ : es el tiempo que tarda en producir ese cambio

#### 4.9. Impulsos por revolución del encoder del servomotor trifásico AC 110JK

En la ecuación (4. 4) nos permite calcular los impulsos que tiene el encoder que viene incorporado en conjunto con servomotor AC 110JK.

$$velocidad\ maxima\ (impulsos/s) = \frac{RPM * impulsos/rev}{t} \quad (4. 4)$$

## **5. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **5.1. Análisis de comunicación Profinet y WirelessHart**

#### **5.1.1. Señal y rendimiento de la comunicación Profinet**

Profinet es una comunicación basada en Ethernet para obtención de respuesta en tiempo real, lo cual nos permite una señal de respuesta estable y alta velocidad en un rango de 100 Mbps con latencias muy bajas entre 1 a 5 ms. Lo que garantiza un control exacto del servomotor trifásico AC. Esto lo podemos apreciar en el anexo G donde se realiza las pruebas del sistema de comunicación Profinet.

El estado de conexión no depende de una red inalámbrica ya que se basa principalmente en comunicación mediante cable, esto elimina pérdidas por interferencias o obstáculos físicos. La distancia máxima entre dispositivos puede aumentar usando dispositivos como switches y cables de categoría industrial (CAT5e, CAT6 o superior), así aumentando la comunicación sin pérdida de calidad.

#### **5.1.2. Costos de la instalación Profinet**

La instalación de Profinet es más costosa ya que son costos elevados debido al tipo de cable, switches industriales y la instalación de la misma, Cabe recalcar en el ámbito de mantenimiento los costos son bajos y la confiabilidad de comunicación es efectiva sin pérdidas de comunicación.

### **5.2. Comunicación WirelessHart**

#### **5.2.1. Señal y rendimiento de la comunicación WirelessHart**

WirelessHART se basa en comunicación inalámbricas mediante WiFi para comunicar dispositivos, lo que ofrece facilidad de instalación y reducción de cableado. Esto nos da como resultado la señal es más propensa a interferencias si se excede de en un rango de 10 a 15 metros en ambientes industriales para mantener buena señal) y latencias más altas de 15 ms en adelante. La comunicación remota es posible, pero depende de la calidad de redes WiFi y acceso a Internet en ambos extremos, lo que puede afectar la estabilidad y precisión del control.

#### **5.2.2. Costos de la comunicación WirelessHart**

WirelessHART reduce costos de instalación al no requerir cableado extensivo. Sin embargo, puede implicar costos adicionales en equipos repetidores de señal, mantenimiento para evitar

desconfiguraciones que pueden causar fallas prolongadas de hasta 24 horas y una posible necesidad de infraestructura de red robusta para garantizar conectividad. Para ello podemos visualizar la comunicación WirelessHart en el Anexo F.

### 5.3. Análisis de resultados Profinet y WirelessHart

El rendimiento y señal Profinet supera en estabilidad, velocidad y latencia a WirelessHART, siendo ideal para aplicaciones críticas donde el control en tiempo real es vital. WirelessHART es adecuado para aplicaciones con menos exigencias o donde la flexibilidad es prioridad.

En el ámbito de los costos WirelessHART tiene menor inversión inicial, pero puede generar costos adicionales a largo plazo por mantenimiento y riesgos de desconfiguración. PROFINET requiere mayor inversión inicial, pero ofrece mayor confiabilidad y menor mantenimiento.

### 5.4. Verificación de transmisión WirelessHart

Figura 5. 1 se muestran las instrucciones de transmisión de datos de WirelessHart configurado para la lectura de datos de la red creada. En el anexo G podemos apreciar el manual donde se verifica las pruebas de funcionamiento con la comunicación WirelessHart.

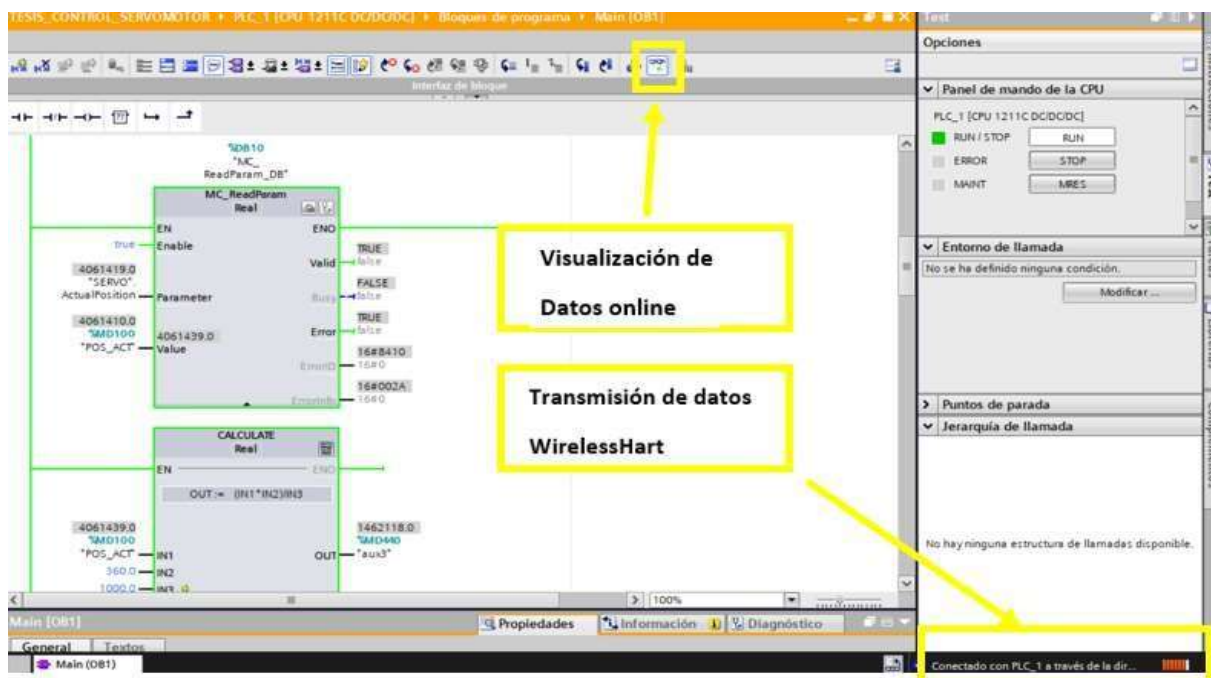


Figura 5. 1 Transmisión de datos de WirelessHart

### 5.4.1. Verificación de comunicación Virtual WirelessHart

Figura 5. 2 se evidencia la red virtual que se crea entre la PC y el PLC siemens DC/DC/DC

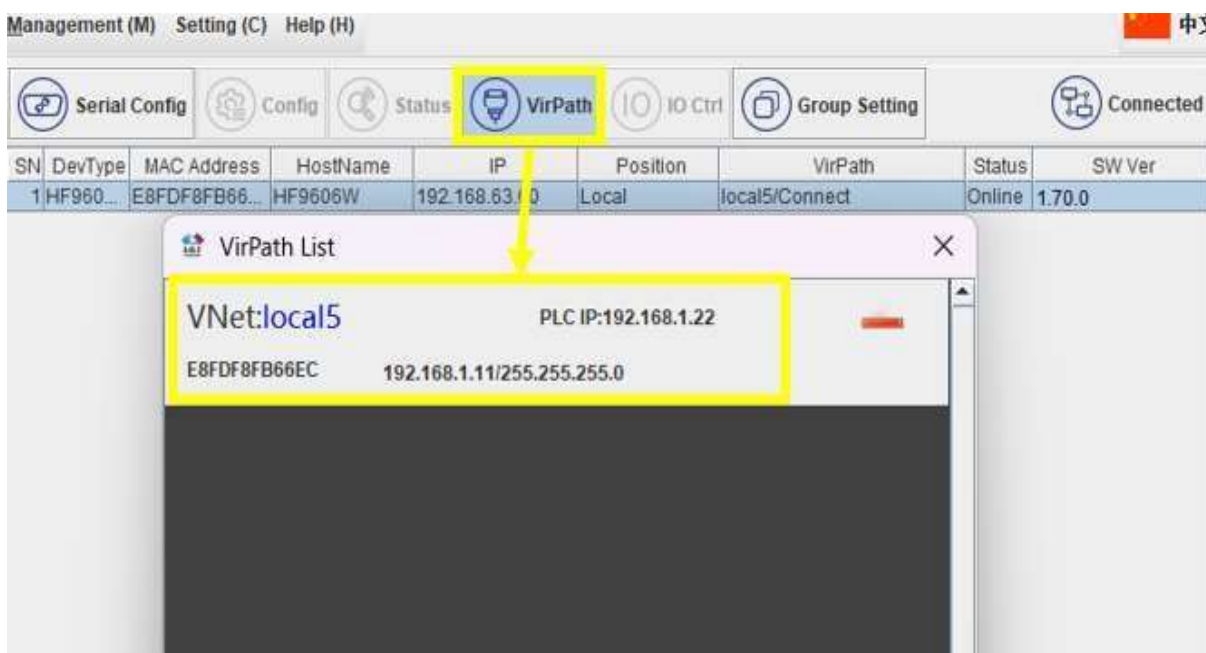


Figura 5. 2 Comunicación Virtual WirelessHart

### 5.4.2. Lógica de programación en TIA Portal V16

### 5.3.3 Diagrama de flujo del PLC siemens DC/DC/DC

En la Figura 5. 3 se ilustran las tareas que lleva a cabo la programación dentro del sistema, empleando las direcciones proporcionadas por el servo driver.

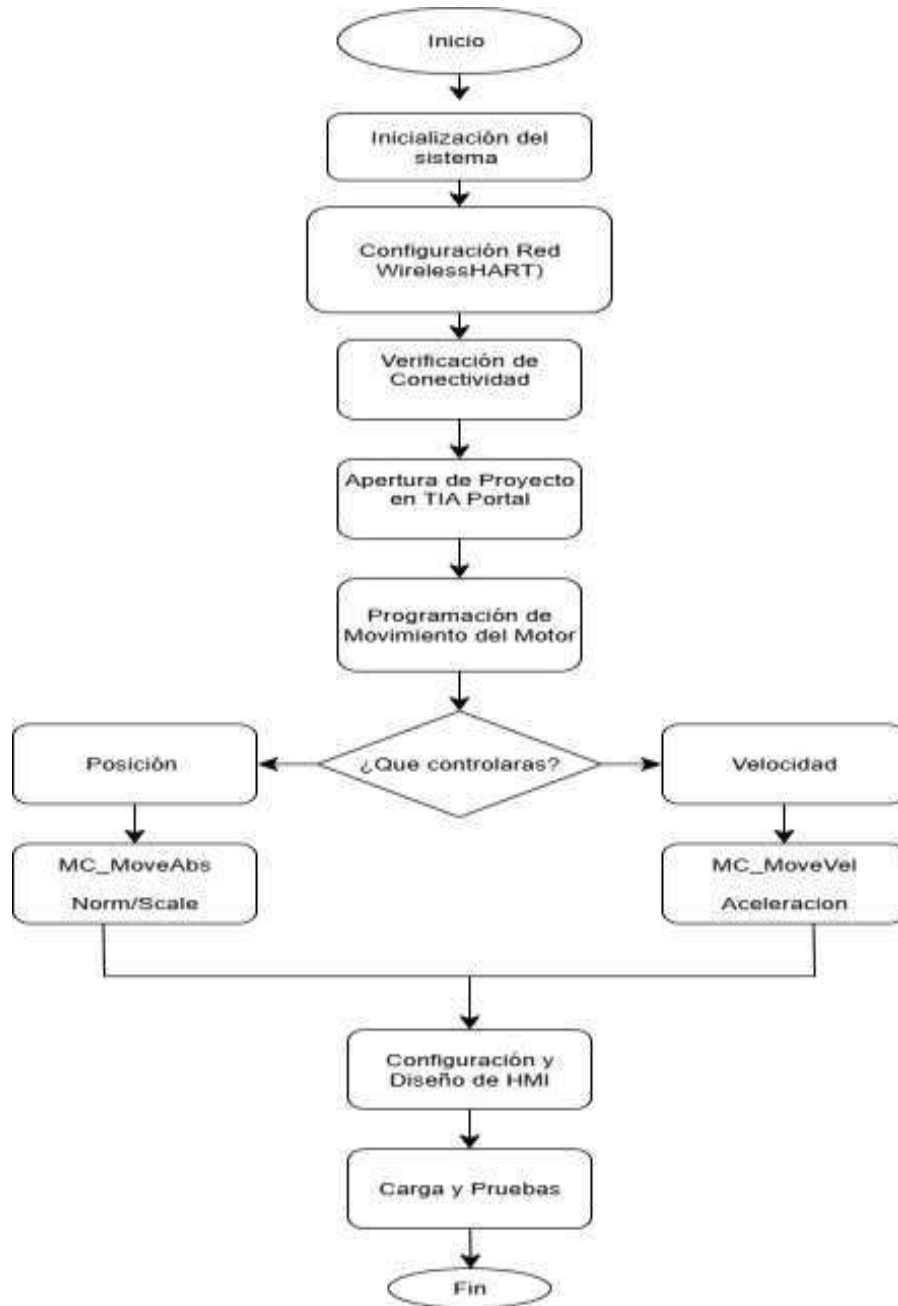


Figura 5. 3 Diagrama de control del sistema del PLC S7 1200

#### 5.4.3. Diagrama de flujo la pantalla HMI KTP 600

Dado que el HMI KTP 600 permite ingresar los parámetros de funcionamiento del servomotor y supervisar su operación, en la Figura 5. 4 se representan mediante un diagrama las funciones programadas dentro de la lógica de control.

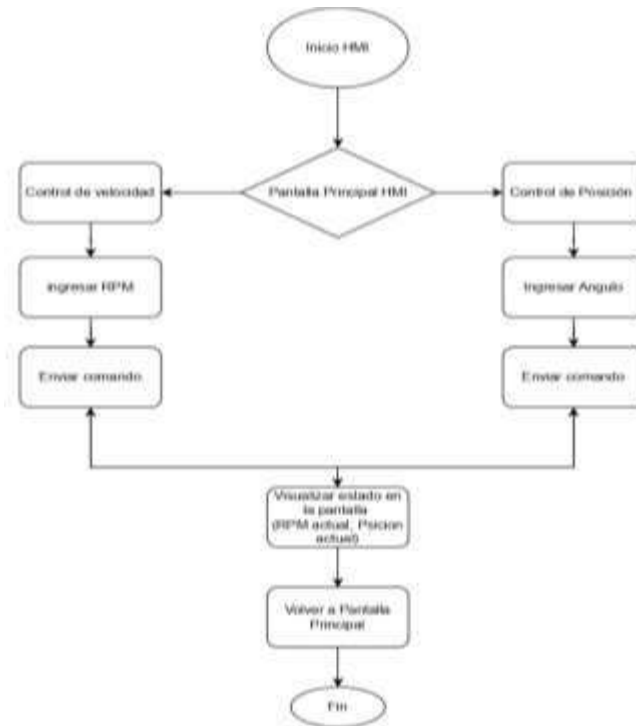


Figura 5. 4 Diagrama para el monitoreo del sistema HMI KTP 600

### 5.5. Resultados de monitoreo y control de las variables del sistema

Formulas a aplicarse para los cálculos respectivos para las variables posición, velocidad y aceleración

Datos

- Servomotor: 2500 RPM
- Impulsos por revolución del encoder : 1000 impulsos
- Tiempo: 60s

Formula velocidad máxima

$$velocidad\ maxima\ \left(\frac{impulsos}{s}\right) = \frac{RPM * impulsos/rev}{t}$$

$$velocidad\ maxima\ \left(\frac{impulsos}{s}\right) = \frac{2500RPM * 1000impulsos/rev}{60s}$$

$$velocidad\ maxima\ \left(\frac{impulsos}{s}\right) = 416667\ impulsos$$

Nota: En esta parte se calcula la velocidad máxima de impulsos que tendremos si ejecutamos nuestro motor a 2500RPM, que como resultado de impulsos en el encoder obtenemos 416667 impulsos.

### 5.5.1. Tiempo de aceleración del servomotor con respecto al eje en base a formulas

#### Formula

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$
$$\alpha = \frac{2\pi * RPM}{60}$$
$$\alpha = \frac{2\pi * 2000RPM}{60}$$
$$\alpha = 20.944 \frac{rad}{s^2}$$

Nota: Mediante los cálculos realizados se observó que la aceleración angular alcanzada a 2000 RPM correspondió a 20.944 rad/s<sup>2</sup> ya que en ese momento el sistema no operaba a su velocidad máxima, sino que se tomó un valor aleatorio con el fin de analizar la aceleración del eje y verificar su comportamiento general este dato permitió comprobar la validez del funcionamiento del sistema tal como se muestra en la Figura 5.7

### 5.5.2. Monitoreo y control de la velocidad en el tablero comunicación HF

En la Figura 5. 5 se puede evidenciar los componentes del entorno de la interfaz HMI KTP 600 lo cual se ha enumerado en orden numerico:

- (1) Señala la activación del servomotor trifásico AC 110JK.
- (2) De forma similar permite activar el parámetro de velocidad correspondiente al servomotor trifásico AC.
- (3) Aquí se ingresa un valor deseado para el arranque del servomotor es importante mencionar que el dato ingresado está expresado en RPM.
- (4) Esta opción sirve para detener el motor durante su funcionamiento cuando se requiere una pausa o apagado inmediato.
- (5) Desde este menú principal se accede a las diferentes opciones relacionadas con el control de posición del servomotor.
- (6) A través de este icono se visualiza en tiempo real si el servomotor trifásico AC está activo junto con su velocidad actual expresada en revoluciones por minuto.

- (7) En esta sección se observa la lectura del drive del servomotor donde los valores se muestran en segundos según la configuración del punto (3).
- (8) Aquí se realiza la lectura del valor ingresado en el punto tres y se representa en RPM utilizando para ello el encoder incremental E6B2.
- (9) También se puede visualizar la velocidad del eje de acuerdo al valor definido anteriormente punto (3) mostrando los resultados en radianes por segundo al cuadrado.
- (10) Este icono permite iniciar la puesta en marcha del servomotor trifásico AC de manera directa.
- (11) En esta parte se observa la velocidad en revoluciones por minuto del servomotor visualizada en la pantalla del drive.
- (12) Finalmente se muestra el tiempo que tarda el sistema en alcanzar el valor ingresado en el punto (3) y esta información se presenta mediante el software LabVIEW.

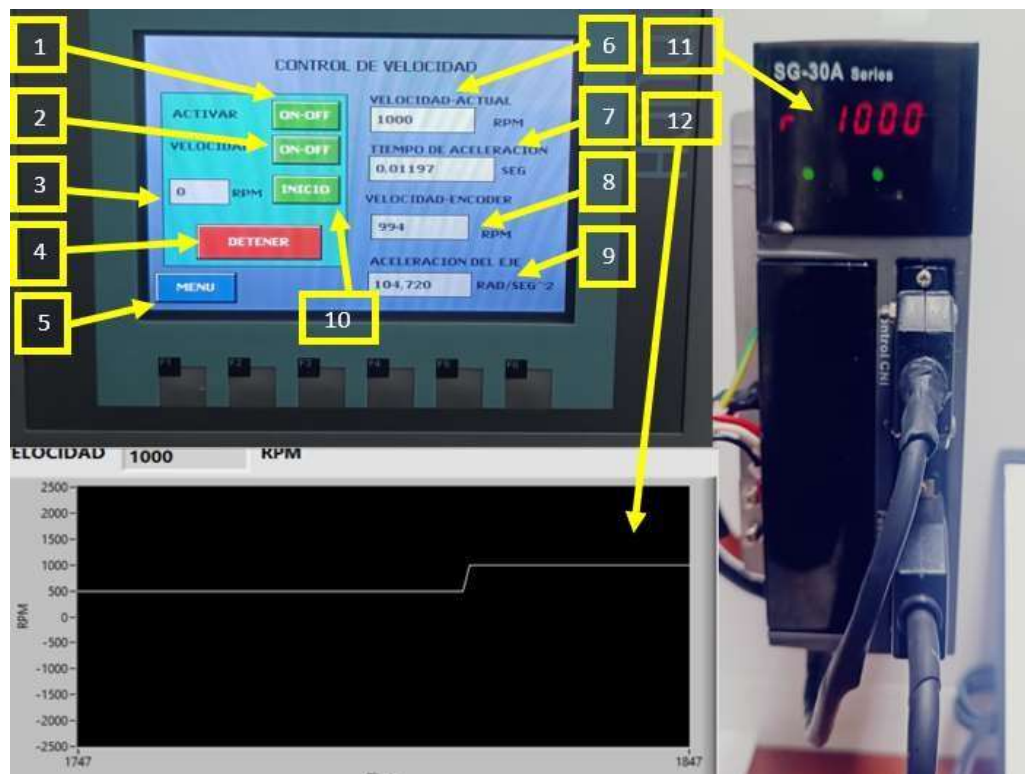


Figura 5. 5 Componentes del HMI KTP 600 control velocidad

Se ilustra en la Figura 5. 6 la prueba 1 de funcionamiento con un valor de 1000 rpm para lo cual obtenemos un tiempo de respuesta perfecto ya que se puede visualizar en el drive de la misma manera la lectura en el HMI KTP 600, también la lectura del encoder incremental y la onda de aceleración del servomotor trifásico AC.



Figura 5. 6 Prueba 1 de velocidad con 1000 rpm

Se realizaron en la Figura 5. 7 la prueba 2 de funcionamiento con 2000 rpm como se ilustra en la figura 5.7 lo cual de la misma manera podemos apreciar un correcto tiempo de respuesta del servomotor trifásico AC, a su vez la onda de aceleración.

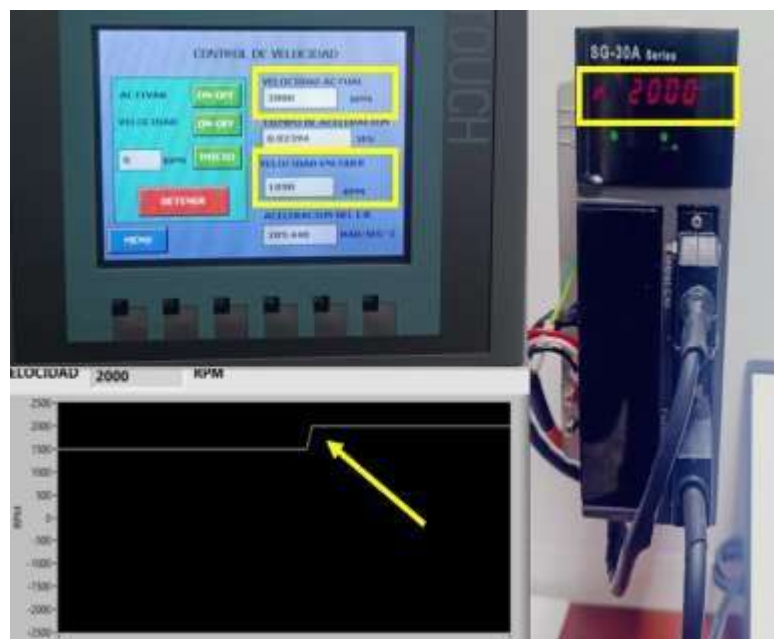


Figura 5. 7 Prueba de velocidad 2000 rpm

Cabe recalcar que la máxima capacidad del servomotor trifásico AC es de 2500 rpm, En la Figura 5. 8 procedemos a hacer la prueba 3 y obtenemos un tiempo de respuesta perfecto.



Figura 5. 8 Prueba 3 de velocidad 2500 rpm

### 5.5.3. Análisis y resultado del control de velocidad en el módulo de comunicación HF

Considerando visualizada y registrada en el HMI KTP 600 son exactas, procedemos a la toma de datos con el siguiente instrumento de medición denominado encoder de la Figura 5. 9 a partir del cual se efectuará el cálculo del error mediante la comparación entre los datos del equipo patrón y la velocidad registrada del servomotor trifásico AC. Para lo cual en el anexo G en el manual se puede visualizar las pruebas realizadas.



Figura 5. 9 Encoder incremental E6B2

Los datos registrados en la HMI KTP 600, según lo detallado en la Tabla 5. 1 permiten realizar el cálculo del error entre el valor deseado y la lectura real proporcionada por el encoder, cuya precisión se ve afectada por un error del 3.78%.

Tabla 5. 1 Calculo de errores en el valor deseado del módulo de comunicación HF

| Monitoreo de velocidad (rpm) | Encoder (rpm) | % de error |
|------------------------------|---------------|------------|
| 1000                         | 994           | 0.60%      |
| 1200                         | 1190          | 0.83%      |
| 1500                         | 1481          | 1.27%      |
| 2000                         | 1890          | 5.50%      |
| 2500                         | 2223          | 10.72%     |

#### 5.5.4. Monitoreo y control de Posición del servomotor trifásico AC 110JK

En la Figura 5. 10 de igual manera como el apartado de la Figura 5. 5 se observaron el interfaz del HMI KTP 600, para comprobación de las pruebas se los realizo en el manual en el anexo G

- (1) Nos indica la activación del servomotor trifásico AC,
- (2) La velocidad del Angulo (con que velocidad se va a mover)
- (3) Activación del servomotor trifásico AC, en este caso para que accione los ángulos deseados
- (4) Angulo relativo deseado para el control de posición del servomotor trifásico AC
- (5) Angulo absoluto deseado para el control de posición del servomotor trifásico AC
- (6) Este icono detiene el servomotor trifásico AC
- (7) En este apartado de menú principal nos lleva al control de velocidad del servomotor trifásico AC
- (8) Home nos sirve para hacer regresar el Angulo a su posición inicial ejemplo si el ángulo deseado está en 90 grados, damos clic en el icono home automáticamente el ángulo regresa a la su posición inicial de 0 grados
- (9) Activación del servomotor trifásico AC, en este caso para que accione los ángulos absoluto deseados
- (10) En este ámbito observamos la velocidad en rpm con lo que se mueve los ángulos deseados

- (11) De igual manera en este icono podemos observar la aceleración que se mueve el servomotor trifásico AC en segundos
- (12) Podemos observar la posición actual donde se encuentra el servomotor trifásico AC
- (13) En este apartado con el RESET esto nos resetea todos los ángulos ejemplo si el ángulo rotado este recorrido 600 grados damos clic en el icono RESET se nos resetea y nos queda en 0.

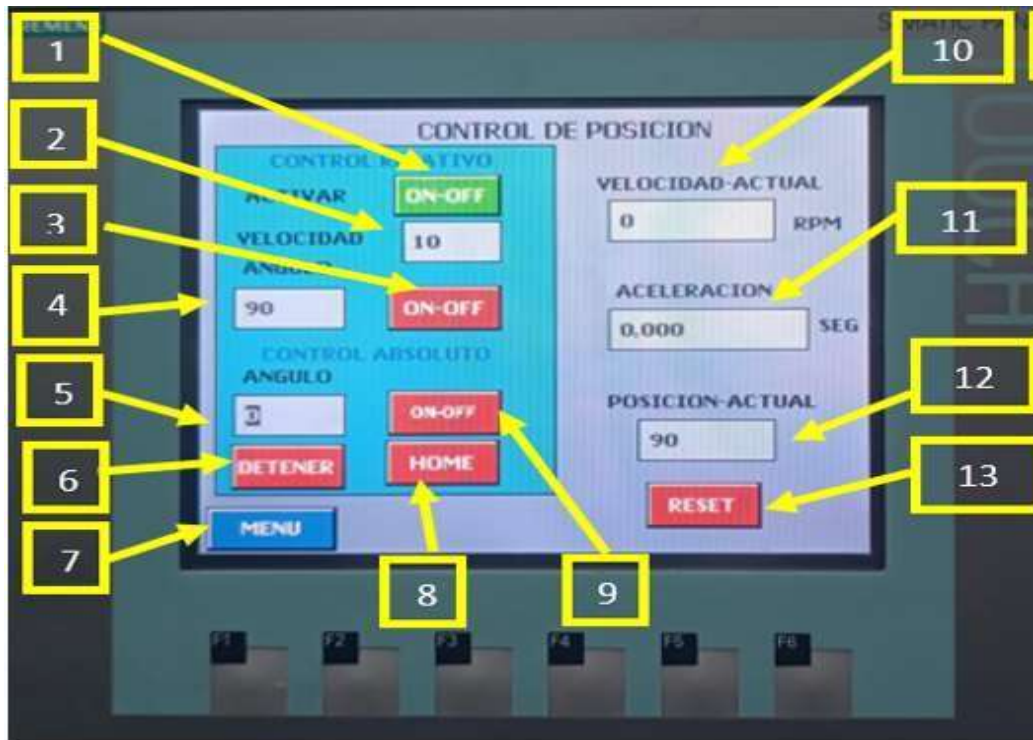


Figura 5. 10 Componentes del HMI KTP 600 control de posición

En la Figura 5. 11 se realizaron una prueba de posición para ello colocamos un ángulo de 90° lo cual podemos apreciar una respuesta exacta, de la misma manera observamos la misma precisión y el incremento de la onda del ángulo en LabVIEW.



Figura 5. 11 Prueba 1 de control y posición ángulo 90°

En la Figura 5. 12 se ilustra un control de posición exacto en este caso se hizo con un ángulo de 180° lo cual podemos apreciar una respuesta exacta, de la misma manera observamos la misma precisión y el incremento de la onda del ángulo en LabVIEW.

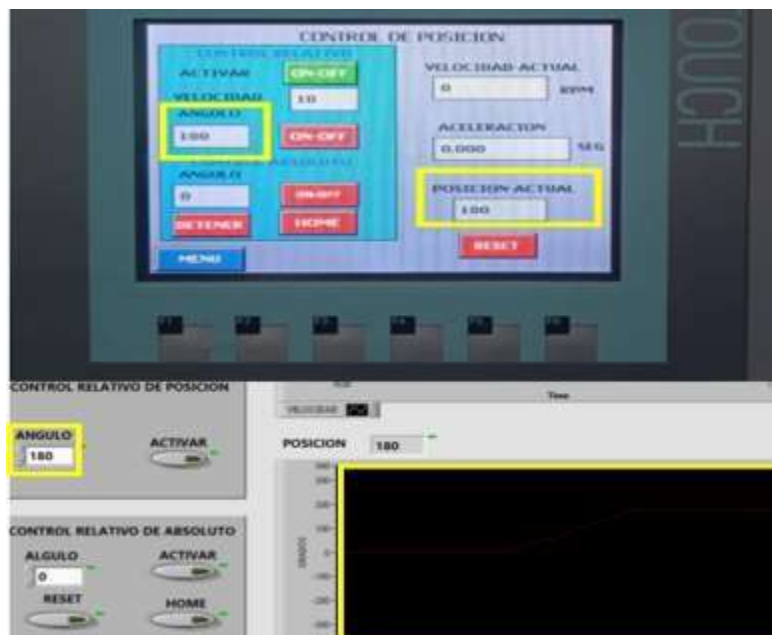


Figura 5. 12 Prueba 2 de control y posición ángulo 180°

En la Figura 5. 13 se puede visualizar ahora con un ángulo de 360 ° de igual manera tenemos un tiempo de respuesta perfecto. En el LabVIEW de la misma forma los ángulos son exactos

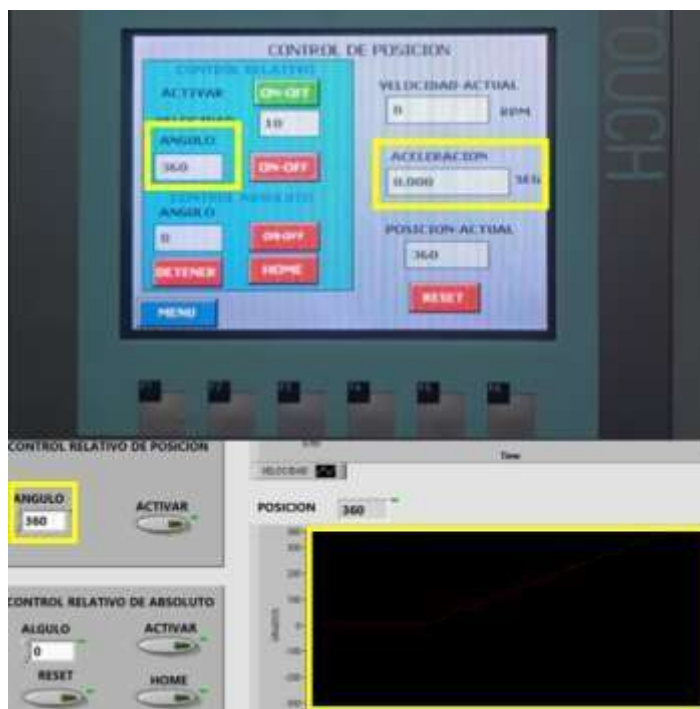


Figura 5. 13 Prueba de control y posición ángulo 360°

## 5.6. Análisis y resultados de control de posición

En las pruebas realizadas en el apartado 5.5.5 se obtuvo tiempo de respuestas exactos y lecturas exactas las cuales se pudo visualizar en la interfaz del HMI KTP 600, de la misma manera en el drive del servomotor trifásico AC, por lo cual podemos concluir la exactitud de la posición al 100%

### 5.6.1. Monitoreo y control de aceleración del eje angular

En las Figura 5. 14 y la Figura 5. 15 se introduce un valore deseado de 2000 rpm lo cual se muestra en la interfaz del HMI KTP 600 lo cual podemos observar el tiempo de aceleración que se demora en llegar a 2000 rpm, de igual manera la aceleración del eje angular, en la Tabla 5. 2 se muestran los tiempos de respuesta entre dos valores deseados.

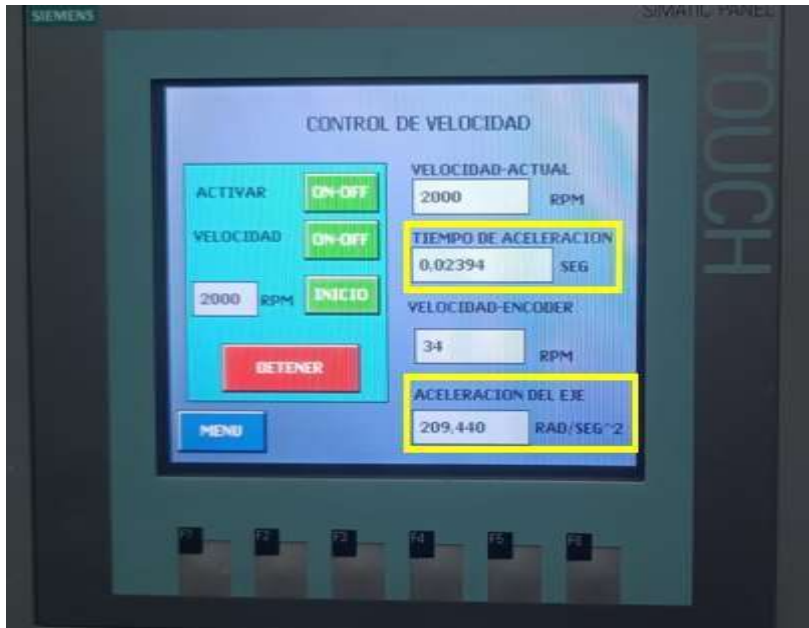


Figura 5. 14 Prueba 1 aceleración a 200 rpm



Figura 5. 15 Prueba 2 aceleración a 2500 rpm

Tabla 5. 2 Tiempo de aceleración obtenidos en módulo de HF

| Intervalo de velocidad (RPM) | Tiempo inicial (s) | Tiempo final(s) | $\Delta$ Tiempo (s) |
|------------------------------|--------------------|-----------------|---------------------|
| 1000 → 1200                  | 0.01197            | 0.01436         | 0.00239             |
| 1200 → 1500                  | 0.01436            | 0.01795         | 0.00359             |
| 1500 → 2000                  | 0.01795            | 0.02394         | 0.00599             |
| 2000 → 2500                  | 0.02394            | 0.02992         | 0.00598             |

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

- Las pruebas realizadas entre los datos de velocidad registrados en la HMI KTP 600 y los obtenidos mediante el encoder incremental E6B2 permitió identificar un margen de error del 3.78 %. Este resultado refleja una buena precisión del sistema de monitoreo, del drive del servomotor trifásico AC.
- Las pruebas evidenciaron alta precisión en el control del servomotor, con lecturas exactas en la HMI y LabVIEW, confirmando una exactitud del 100 % en posición. El análisis de aceleración mostró que el tiempo de respuesta aumenta con la velocidad, pero de forma no lineal, validando un control preciso y eficiente del sistema.
- Para aplicaciones que requieran alta precisión y estabilidad en tiempo real, se recomienda utilizar la comunicación PROFINET, ya que su conexión cableada ofrece menor latencia, mayor confiabilidad y un control más directo desde la HM.

### 6.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda cuidar los equipos del módulo de comunicación hf ya que son quipos delicados y costosos como en el caso del servomotor trifásico AC con su respectivo drive son muy sensibles.

- Evitar el contacto en la parte de atrás del módulo de comunicación hf para evitar desconexión de los equipos
- Prevenir el contacto con las antenas de WirelessHart las que se encuentran en la parte superior del módulo de comunicación HF, en caso de manipulación afectara en la comunicación del sistema.

## 7. REFERENCIAS

- [1] «anexo áreas unesco.pdf». Accedido: 28 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://vinculacion.utpl.edu.ec/sites/default/files/2018/documentosconsulta/anexo%20%C3%A1reas%20unesco.pdf>
- [2] «Universidad Técnica de Cotopaxi > INVESTIGACIÓN > Líneas Investigación». Accedido: 28 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <http://www.utc.edu.ec/INVESTIGACION/Lineas-Investigacion>
- [3] «Códigos UNESCO». Accedido: 28 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.um.es/documents/1235915/3330673/codigosUNESCO-ciencia-tecnologia.pdf/85d6ff59-e7bf-46a1-9619-fc33859e87c3>
- [4] «Revista ElectroIndustria - Soluciones de Instrumentación WirelessHART: La revolución inalámbrica llega al proceso». Accedido: 28 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1929&ni=soluciones-de-instrumentacion-wirelesshart-la-revolucion-inalambrica-llega-al-proceso>
- [5] J. J. Cueva Lara y A. F. Carangui Herrera, «Desarrollo de aplicativo de simulación de procesos haciendo uso de redes de comunicaciones industriales con TIA PORTAL y PROFINET, para la enseñanza en cursos de Laboratorio de postgrado en modalidad híbrida o presencial», 2023, Accedido: 28 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/60538>
- [6] K. A. Maiquiza Toapanta y M. F. Cando Pillo, «Desarrollo de una red de comunicación Modbus para el monitoreo y control de un servomotor»», Accedido: 28 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://reopadmin.utc.edu.ec/items/1d77e42e-5949-4985-bd2c-86fe2da2ed83>
- [7] A. Staff, «Qué es un servomotor: Definición, orígenes, componentes, tipos y aplicaciones - ADVANCED Motion Controls», ADVANCED Controles de movimiento. Accedido: 28 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.a-m-c.com/es/servomotor/>
- [8] «En la intersección de innovación y precisión, los servomotores están transformando el panorama de la industria moderna. | SICMA21». Accedido: 28 de julio de 2025. [En línea].

Disponible en: [https://es.linkedin.com/posts/sicma21\\_automatizaci%C3%B3n-innovaci%C3%B3n-industrial-servomotores-activity-7199666674994659328-hOY6](https://es.linkedin.com/posts/sicma21_automatizaci%C3%B3n-innovaci%C3%B3n-industrial-servomotores-activity-7199666674994659328-hOY6)

[9] T. Agarwal, «Servo Motors - Working Principle, Controlling and Applications», ElProCus - Electronic Projects for Engineering Students. Accedido: 28 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.elprocus.com/servo-motor/>

[10] «Conoce el funcionamiento de los servomotores», Urany@. Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://urany.net/blog/conoce-el-funcionamiento-de-los-servomotores>

[11] B. A. Barrientos Morales, «Aplicaciones de los servomotores controlados por PLC en movimientos de precisión», other, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2021. Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://biblioteca.ingenieria.usac.edu.gt/>

[12] P. Mera y V. Alfonso, «Sistema electrónico para el control de posición angular del eje de un motor trifásico asíncrono», Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/items/af4b5aad-8bd0-4335-a675-fc46fa1102ee>

[13] «Campo Magnético Rotativo | PDF | Campo magnético | Corriente eléctrica». Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/393676055/Campo-Magnetico-Rotativo>

[14] E. D. Villamarín Aucapiña, M. Á. Calderón Mora, y A. Larco, «Desarrollo de un sistema HMI para el control de servomotores mediante el uso de coordenadas de posicionamiento hexadecimal», Thesis, ESPOL.FIEC, 2025. Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/66054>

[15] «Servomotor 1,50 kW - AC-M06025 - Şahin Rulman». Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.sahinrulman.com/en/servo-motor-1-50-kw-ac-m06025/>

[16] «Tecnologías de comunicación en tiempo real en entornos de automatización industrial. Análisis de la problemática y alternativas». Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://openaccess.uoc.edu/items/9b0ab2c1-eaf9-42a5-ad87-743199a96158>

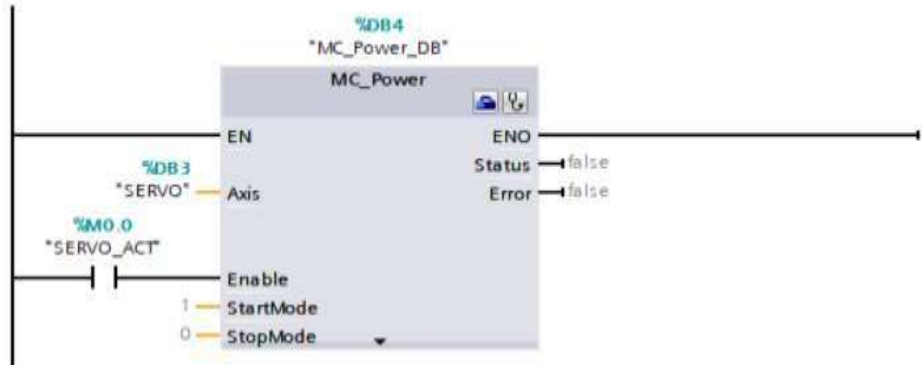
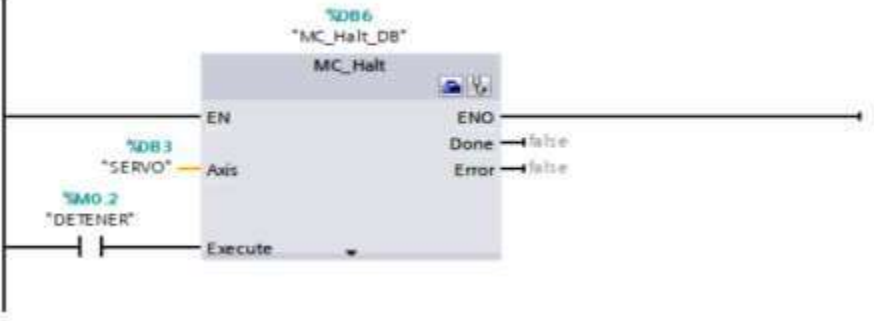
[17] H. Loayza y G. Eduardo, «Desarrollo e Implementación de un Banco de Laboratorio para el Estudio de Automatización de Subestaciones bajo la norma IEC 61850», 2023, Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/58463>

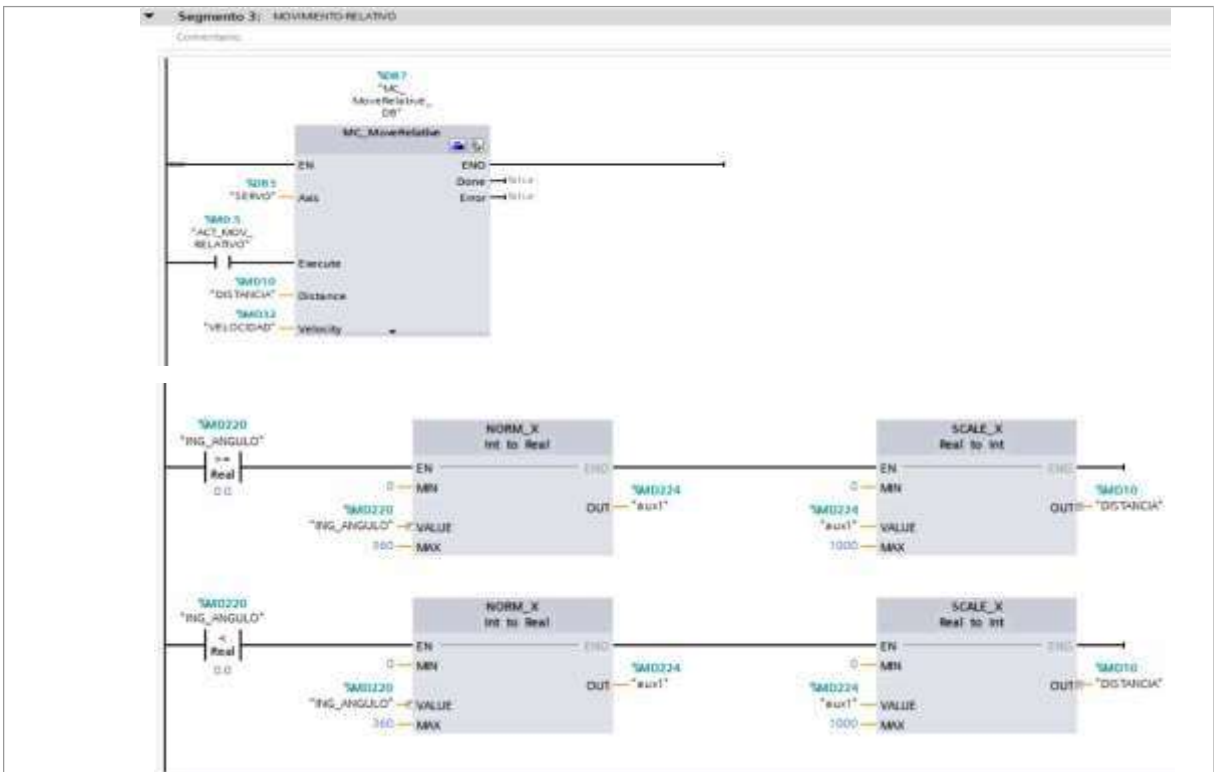
- [18] S. Sánchez y D. Javier, «Implementación de los protocolos de comunicación industrial mediante Simatic S7-1200 para el laboratorio de automatización de la Universidad del Azuay», bachelorThesis, Universidad del Azuay, 2016. Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/5479>
- [19] «Implementación de un módulo de redes industriales en el laboratorio de control y manipulación automática de la Facultad de Mecánica». Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/4a4c4c72-8073-46fc-a2cb-b56fc239f035>
- [20] «Diseño e implementación de una red de comunicación ethernet didáctica con PLC's para el control y monitoreo de procesos modulares». Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/6f9a4e2e-90c3-4752-9e25-ebd638ddbfc1>
- [21] K. A. Maiquiza Toapanta y M. F. Cando Pillo, «Desarrollo de una red de comunicación Modbus para el monitoreo y control de un servomotor»», Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.utC.edu.ec/items/1d77e42e-5949-4985-bd2c-86fe2da2ed83>
- [22] B. Jordán y F. Marcelo, «Adquisición de Datos de un Sistema Maestro – Esclavo utilizando Microcontroladores Mediante Comunicación Serial para M&B Automatización», Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/items/505022ef-ec66-4489-aa85-12e6532c8ee9>
- [23] S. Montero Selma, «Protocolos de Comunicación para Redes Inalámbricas Industriales con Movilidad», abr. 2019, Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.umh.es/handle/11000/5118>
- [24] L. E. P. Picazo y J. A. M. Smeke, «PROGRAMACIÓN Y APLICACIÓN DE REDES INDUSTRIALES CON CONTROLADORES LÓGICOS».
- [25] A. F. Barrera Cuestas y M. G. Mantilla Castañeda, «Caracterización de los lenguajes de programación de alto nivel structured text y sequential function chart, basados en el estándar IEC 61131-3», Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/items/ff3f0b75-d8ec-48ad-850b-33af35f7a6ad>

- [26] H. Medina y Y. Herber, «Biblioteca Digital Universidad Nacional de Educación Enrique Gúzman y Valle», Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.une.edu.pe/entities/publication/repositorio.une.edu.pe>
- [27] O. Loayza y G. Armando, «Desarrollo de una interfaz hombre-máquina aplicado a un sistema de detección de fallos en una planta intercambiador de calor», Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://tesis.pucp.edu.pe/items/9098f418-44f5-4383-a174-e846513b6b53>
- [28] «Servomotores manual de configuración y puesta en marcha», SlideShare. Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/slideshow/servomotores-manual-de-configuracin-y-puesta-en-marcha/264958184>
- [29] «Fuente Conmutada 24V 5A - AC110-220V 50/60Hz», UNIT Electronics. Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://uelectronics.com/producto/fuente-conmutada-24v-5a/>
- [30] «Ethernet + Wi-Fi». Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <http://www.hi-flying.com/ethernet-wi-fi>
- [31] «Vention Cat8 SFTP Ethernet Patch Cable», Vention. Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://ventiontech.com/products/cotton-braided-cat8-sftp-ethernet-patch-cable>
- [32] «Q085E11C». Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://docs.rs-online.com/35ca/0900766b80383981.pdf>
- [33] «TIA Portal V16 Grundkurs - BÜCHER - VDE VERLAG». Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.vde-verlag.de/buecher/315714/tia-portal-v16-grundkurs.html>
- [34] «Diseño e implementación de un banco de prueba de redes industriales de tipo PROFINET, PROFIBUS, mediante un sistema de comunicación ETHERNET industrial para la Facultad de Mecánica». Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/27d00139-3523-4355-831d-796129334c4e>

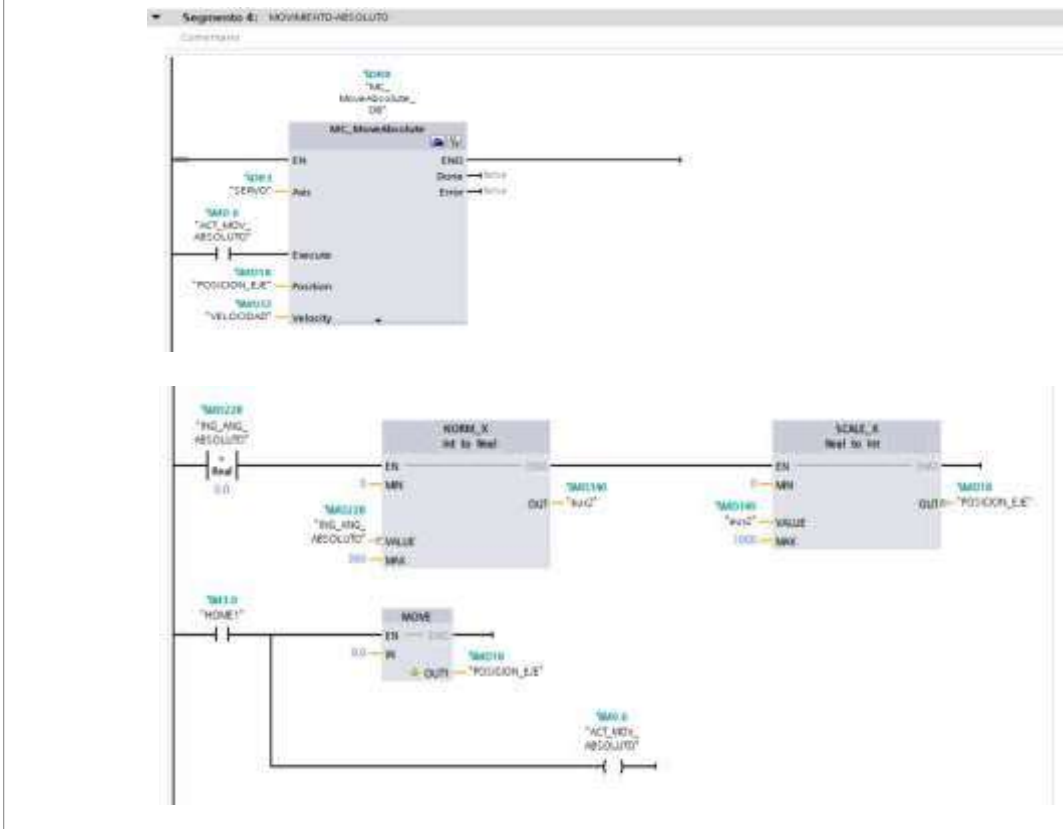
[35] N. A. González Ochoa y J. M. Villamizar Ochoa, «Estado del arte del protocolo de comunicaciones industriales Wireless Hart», sep. 2014, Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/10324>

## 8. ANEXOS

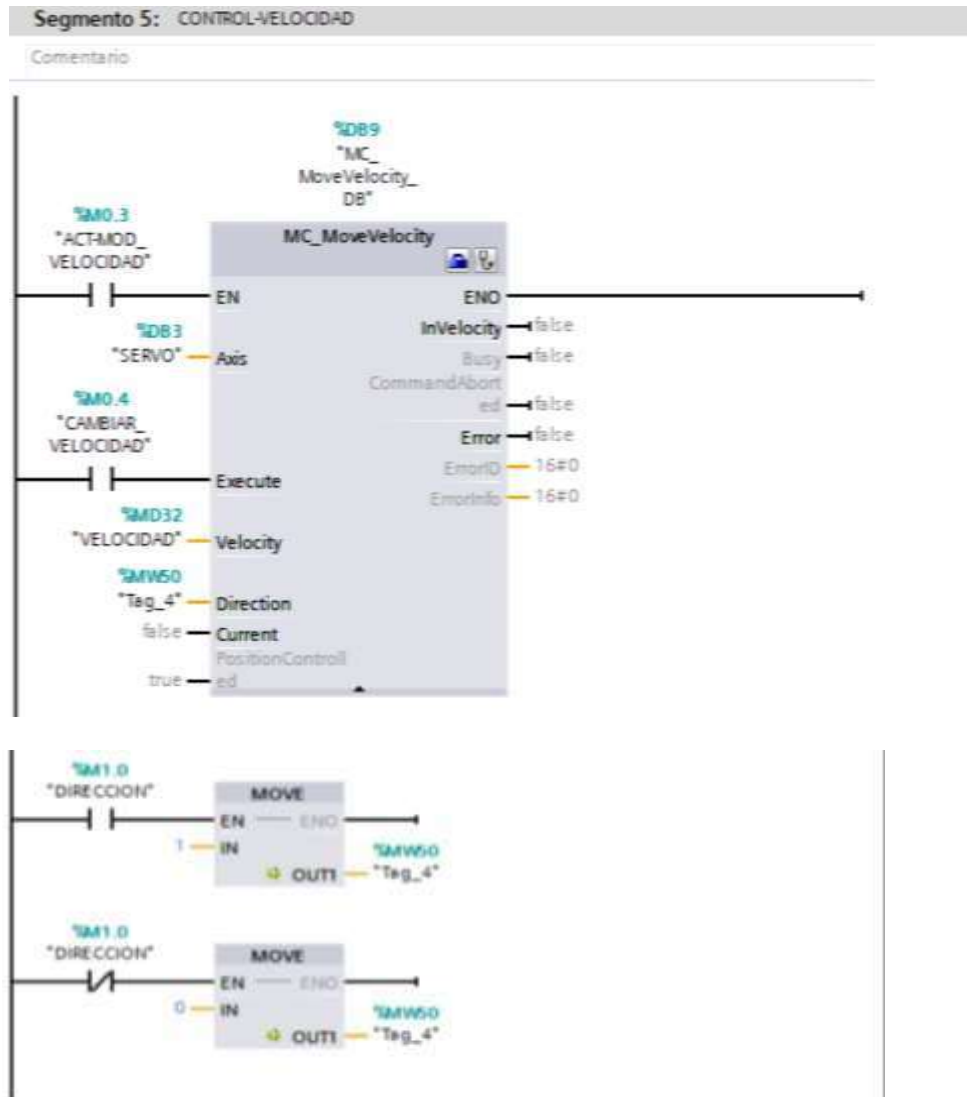
| ANEXOS A   | PROGRAMACIÓN EN TIA PORTAL | 1 DE 8 |
|--|----------------------------|--------|
| <p data-bbox="293 421 1433 510">1. Inserción del bloque de control encargado de iniciar el contador, permitiendo la comunicación bidireccional con el servo driver.</p> <div data-bbox="373 528 1394 976"><p data-bbox="395 533 756 560"><b>Segmento 1: ACTIVAR SERVODRIVER</b></p><p data-bbox="395 568 507 591">Comentario</p></div> <p data-bbox="293 999 1433 1146">2. Implementación del bloque de control para detener el movimiento del eje del servomotor mediante la instrucción <b>MC_Halt</b>, la cual interrumpe de forma segura la operación cuando se activa la señal de paro.</p> <div data-bbox="373 1160 1394 1559"><p data-bbox="395 1164 651 1187"><b>Segmento 2: DETENEREJE</b></p><p data-bbox="395 1196 507 1218">Comentario</p></div> <p data-bbox="293 1581 1433 1841">3. En esta parte del programa se toma una señal analógica que representa un ángulo y se convierte en una distancia que el servomotor debe recorrer. Primero se normaliza y escala el valor para que sea útil en el control, y luego se usa la función <b>MC_MoveRelative</b> para que el motor realice un movimiento relativo, es decir, se desplace desde su posición actual una cierta distancia a la velocidad indicada.</p> |                            |        |



4. Se configuró el eje para que se desplace hacia una posición absoluta predefinida, utilizando la función `MC_MoveAbsolute`, con control sobre la velocidad y distancia desde el punto de referencia cero.



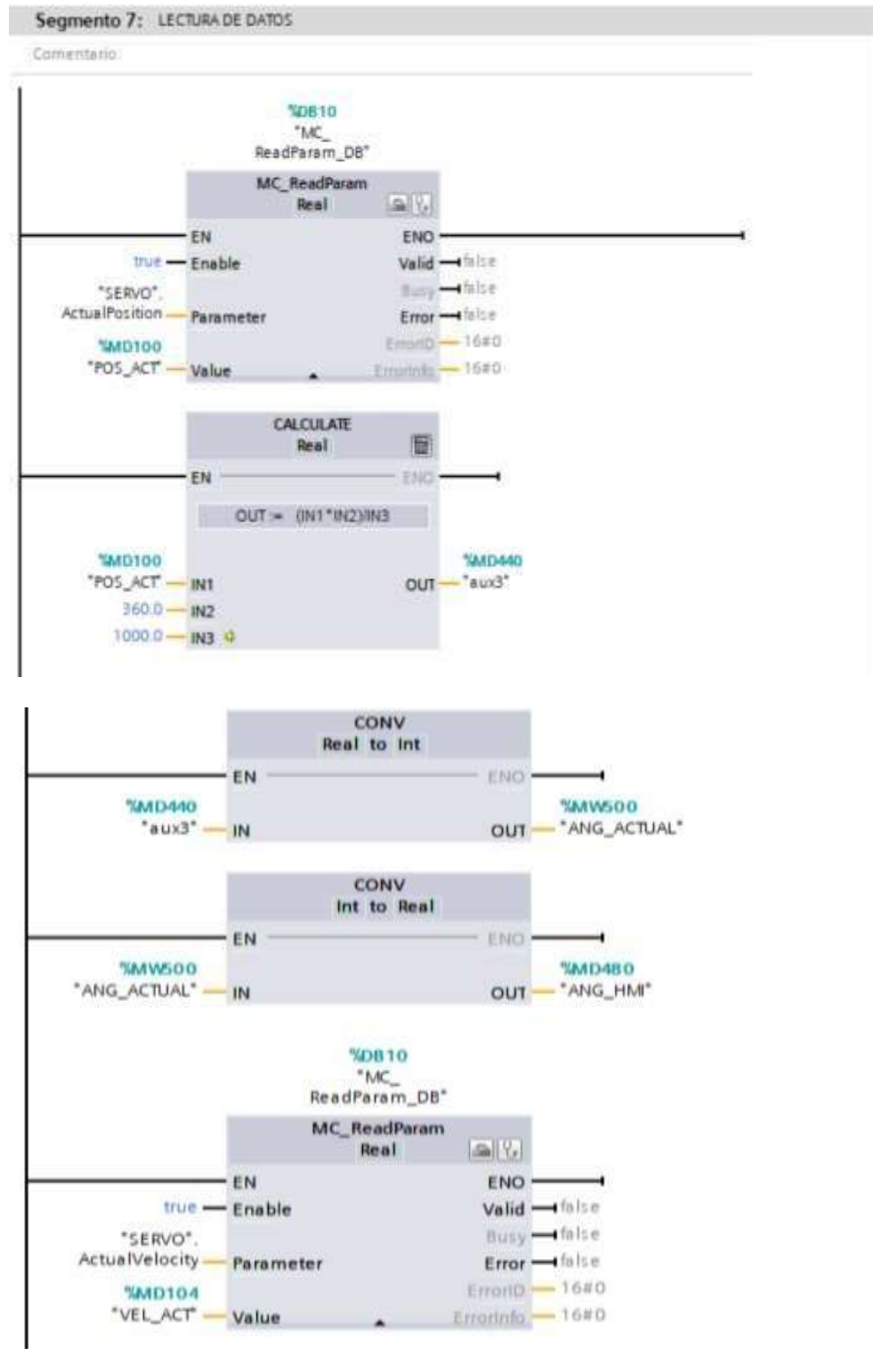
5. Programación de control de velocidad (RPM), visualización en la pantalla HM

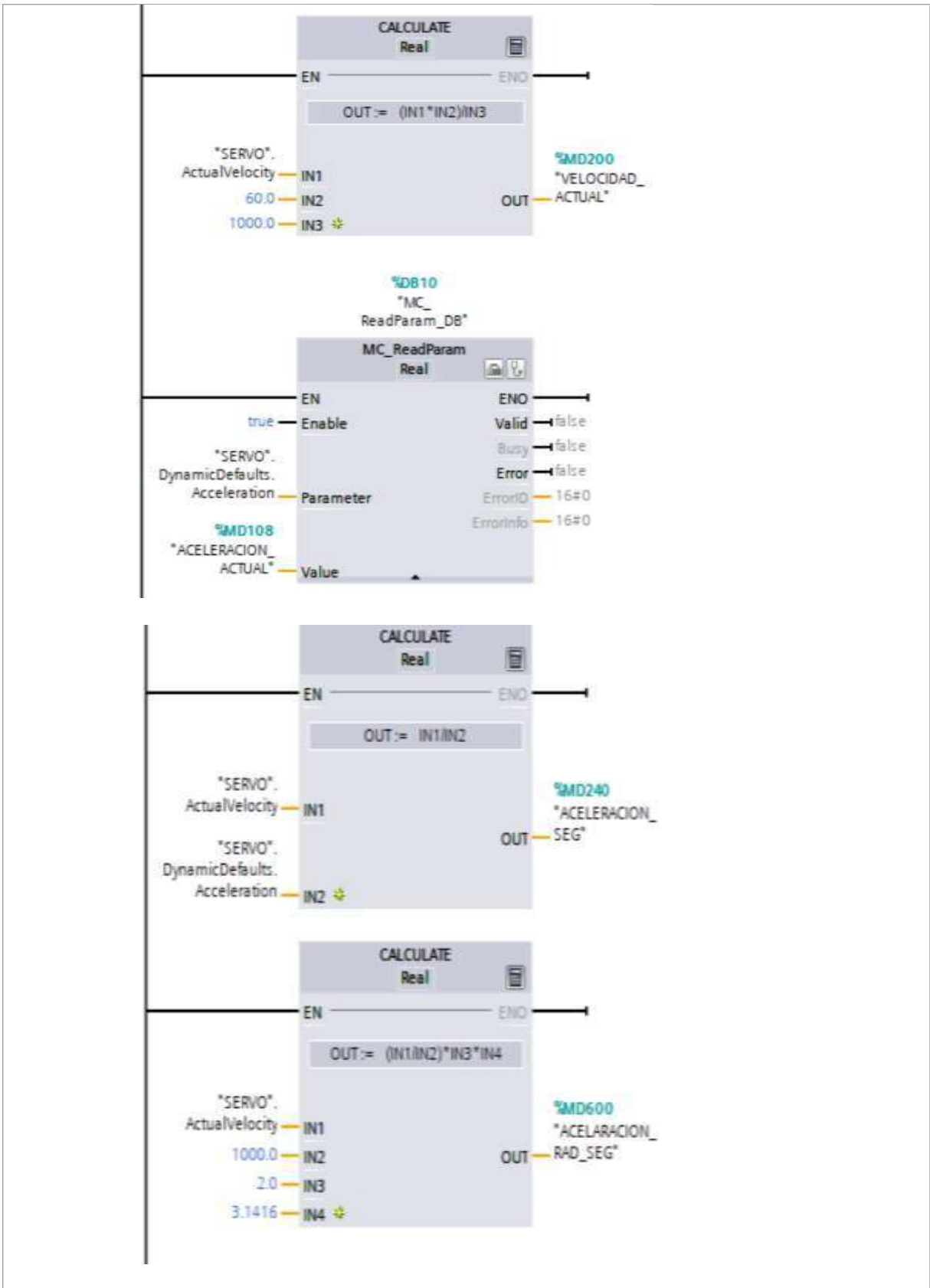


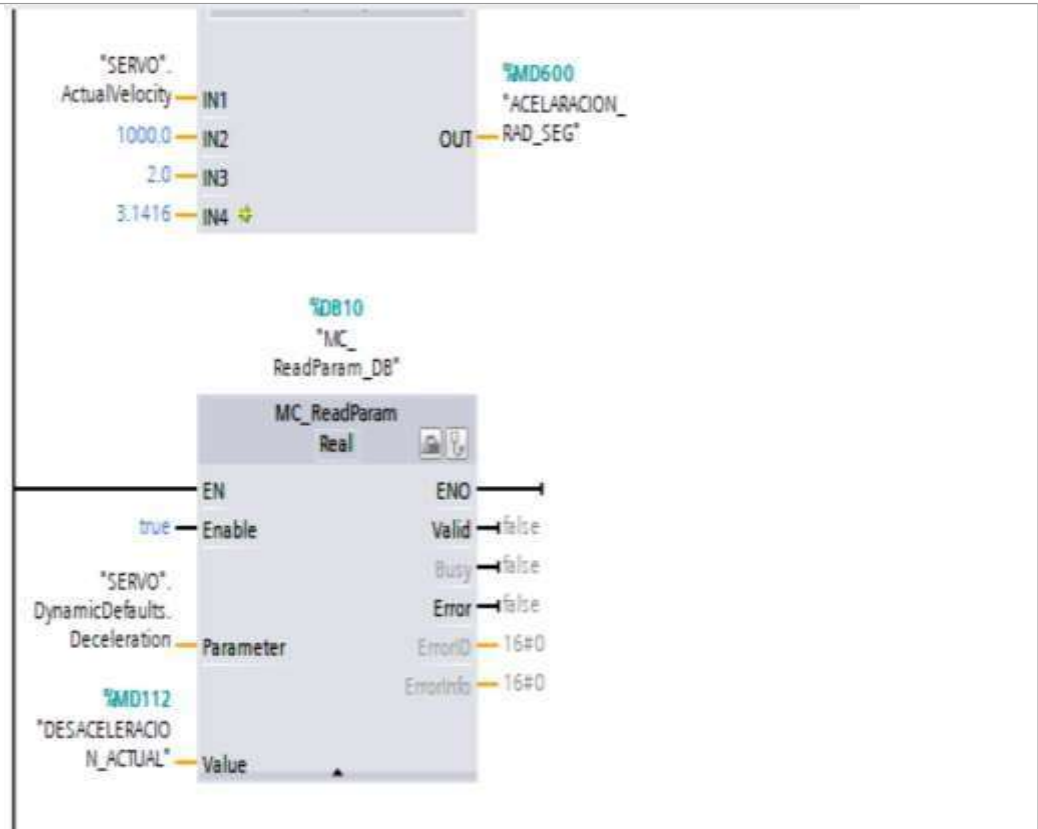
6. Se implementó CALCULATE del servomotor mediante el cual se calcula previamente la velocidad de desplazamiento a partir de un valor analógico escalado. Esto permite posicionar el eje en un punto fijo dentro del sistema de coordenadas, controlando la velocidad con precisión.



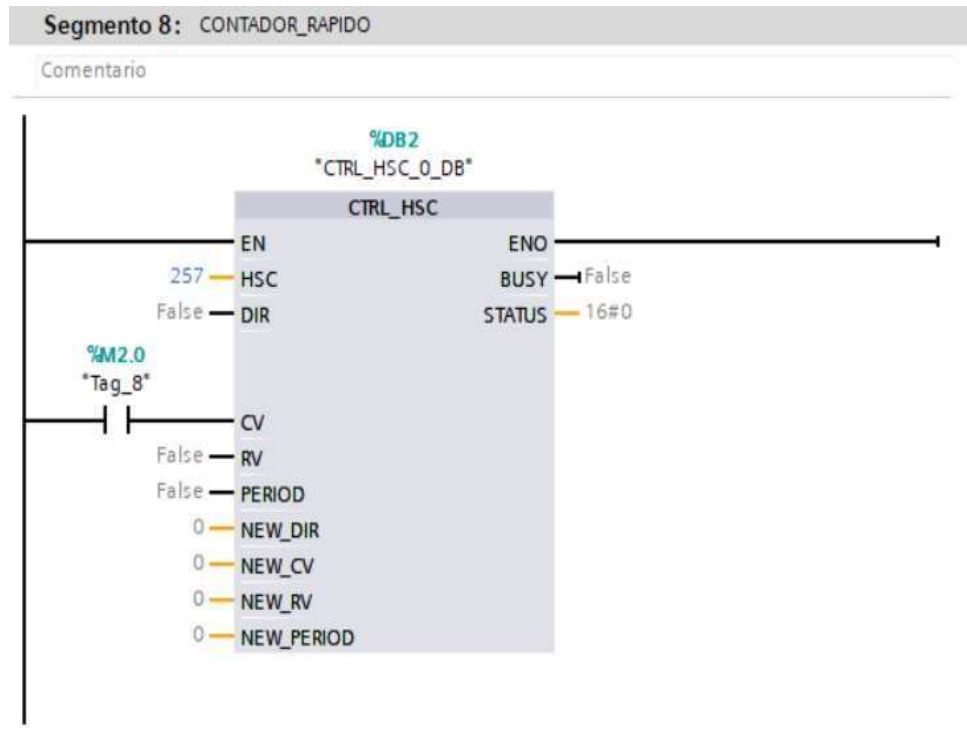
7. Se programó la lectura continua de variables clave del servomotor, como posición, velocidad y aceleración, a través del intercambio de datos con el servodriver. Estos valores son obtenidos desde registros específicos y permiten el monitoreo en tiempo real del comportamiento del eje.



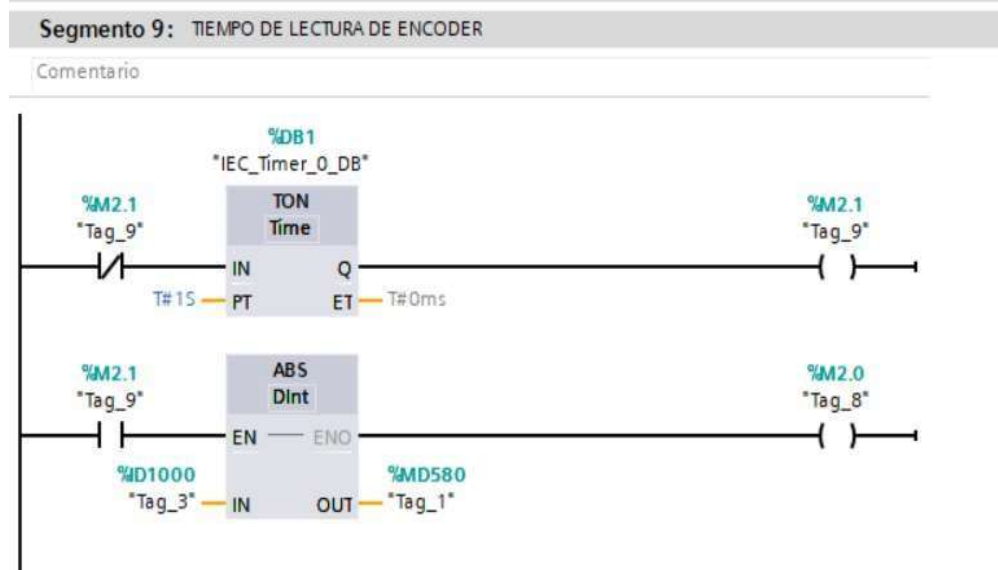




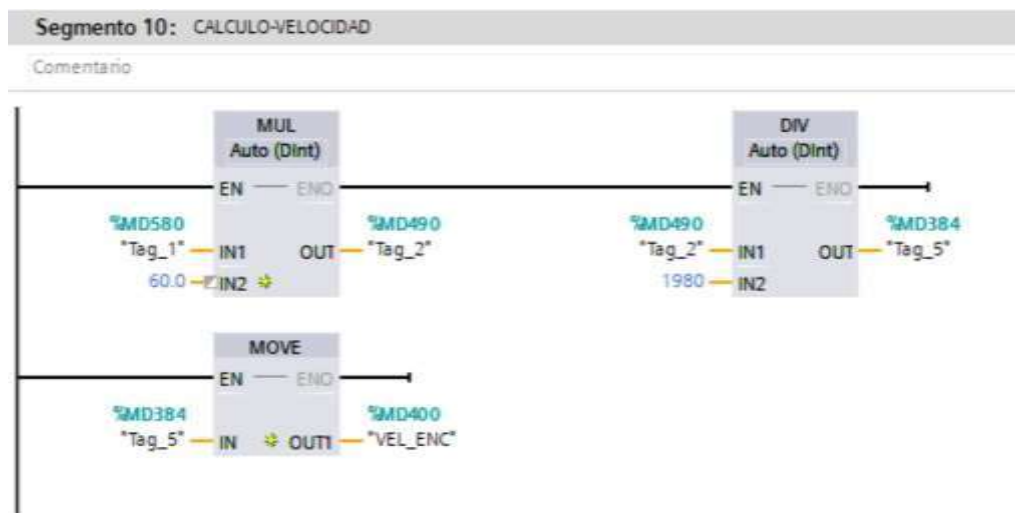
8. A través de esta configuración, fue posible capturar cambios sutiles en el movimiento del eje, permitiendo una lectura más estable de la velocidad y facilitando el cálculo posterior de aceleración en condiciones de carga variable.



9. Se configuró un contador rápido para leer los pulsos del encoder en menor tiempo. Esto permite obtener datos más precisos sobre la posición y calcular la velocidad del eje según el tiempo entre pulsos.



10. Se calculó la velocidad del eje usando los pulsos del encoder y el tiempo entre ellos, y el valor obtenido se guarda como “VEL\_ENC” para su uso en el monitoreo.

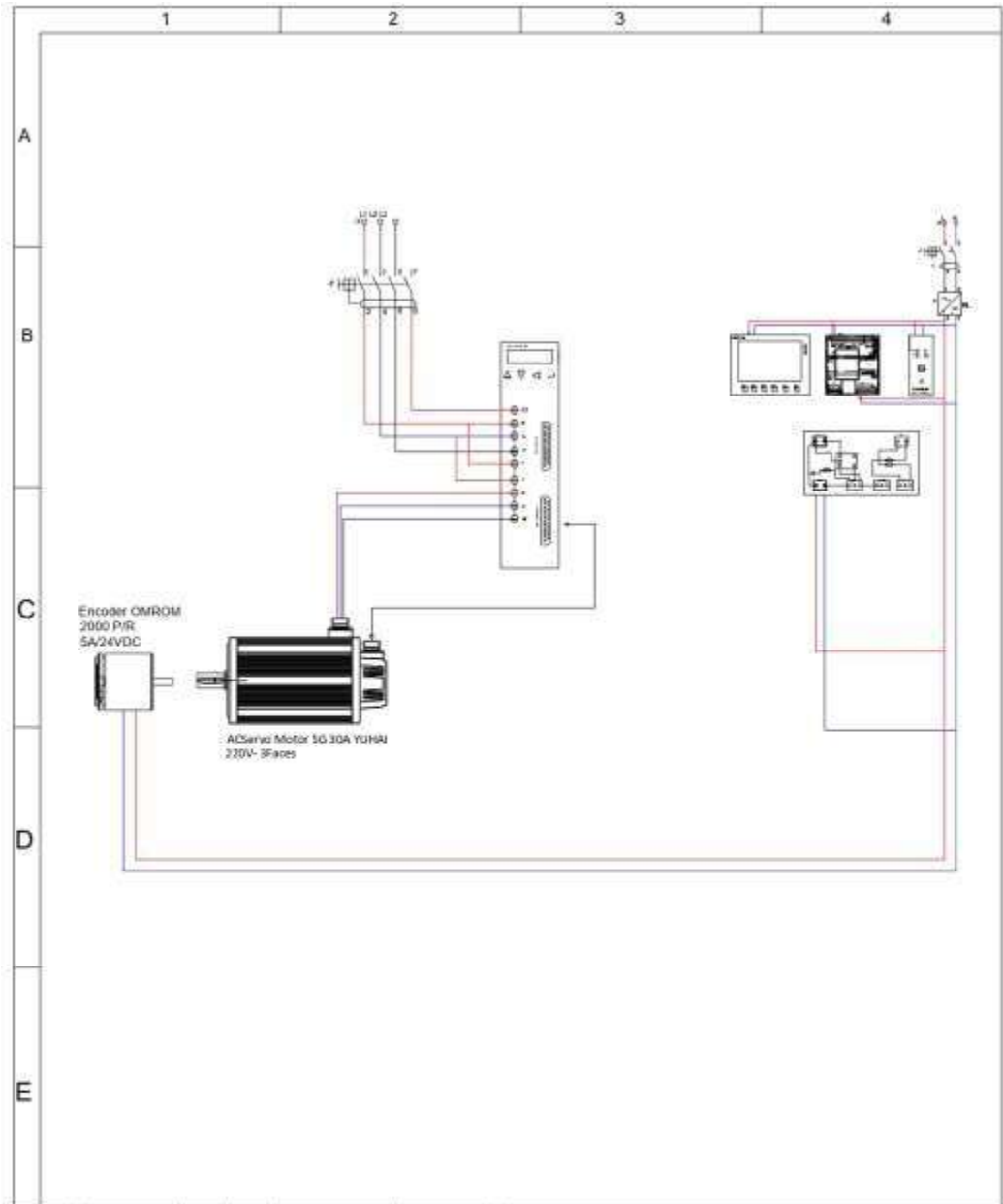


|         |  |        |
|---------|--|--------|
| ANEXO B | <b>CONEXIONES DE EQUIPOS ELÉCTRICOS</b><br><b>PARTE FÍSICA</b> | 2 DE 8 |
|---------|--|--------|

1. Modulo que se implementó donde se realizó el diseño de red una red industrial con profinet, wirelessHart



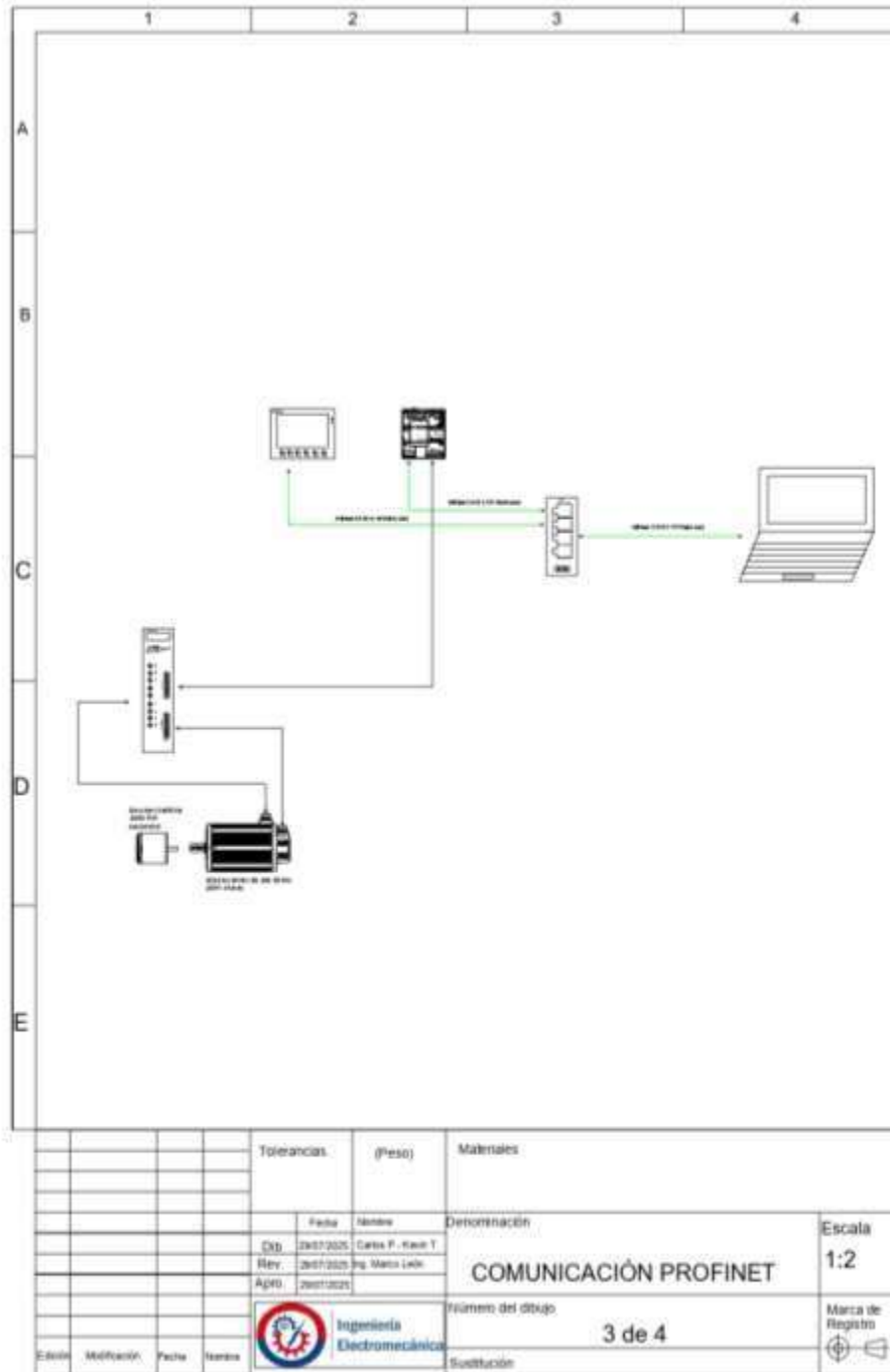
1. Diagrama de conexión eléctrica de cada uno de los equipos.



|         |              |       |        |  |            |                    |   |
|---------|--------------|-------|--------|--|------------|--------------------|---|
|         |              |       |        | Tolerancias:   | (Paso)     | Materiales         |   |
|         |              |       |        | Fecha  | Nombre     | Denominación       | Escala  |
|         |              |       |        | Dib.   | 29/07/2025 | Carlos P - Kevin T | 1:2   |
|         |              |       |        | Rev.   | 29/07/2025 | Ing. Marco León    |   |
|         |              |       |        | Apro.  | 29/07/2025 | Ing. Marco León    |   |
|         |              |       |        |  Ingeniería Electromecánica |            | Número del dibujo  | Marca de Registro   |
|         |              |       |        |  |            | 1 de 4             |  |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |  |            | Sustitución        |   |



1. Comunicación de Profinet, y su esquema respectivo.







## **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

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

#### **INGENIERIA ELECTROEMECÁNICA**

**Manual para el diseño de una red industrial utilizando protocolo Profinet,  
Wireless Hart para monitoreo y control de variables de posición, velocidad  
y aceleración de un servomotor**

#### **AUTORES:**

Pillapaxi Moro Carlos Daniel

Toaquiza Puco Kevin Alexis

#### **Docente tutor :**

Ing. Marco León

**Latacunga, 15 julio 2025**

## TIA Portal

(Totally Integrated Automation Portal) es un software de ingeniería creado por Siemens, diseñado para programar, configurar y diagnosticar dispositivos de automatización.

## HF9606W

El **HF9606W** es un **gateway IoT industrial** diseñado para conectar **PLCs** con redes **Wi-Fi o Ethernet**, permitiendo **programación, monitoreo y control remoto**.

**Objetivo:** Servir de puente entre sistemas de control (PLC) y redes industriales modernas para facilitar la comunicación, integración en entornos.

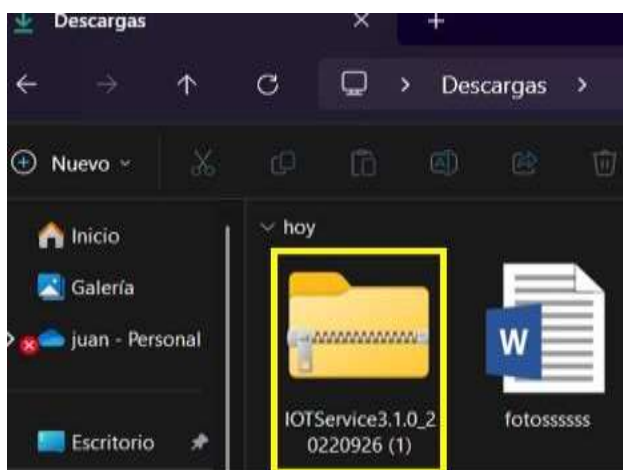
## PASOS:

1. Descargar la herramienta de IOTService desde el siguiente link.

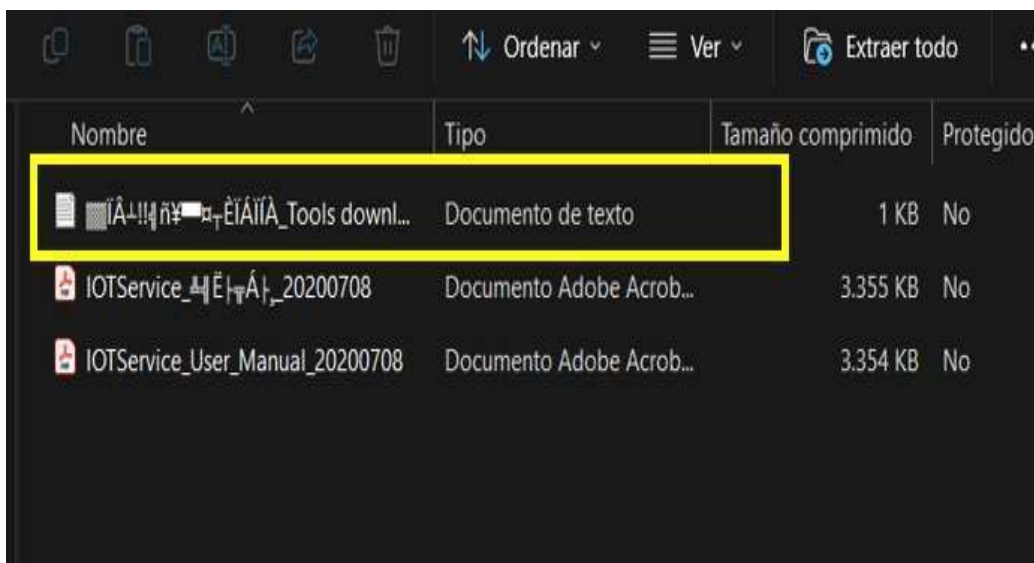
<http://www.hi-flying.com/download-item-iot-service>



2. Una vez descargado abrimos el archivo.

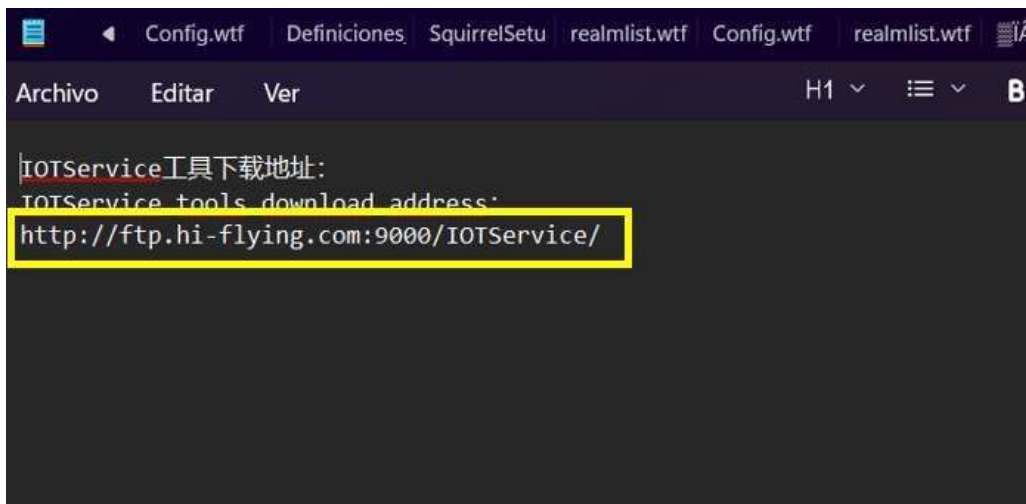


3. Ingresamos a nuestra carpeta de **descargas** abrimos el archivo le damos clic en donde dice **start** para comenzar la instalación.



4. Al momento de abrir nos abrirá un apartado de block de notas tenemos que copiar el link que nos aparece y pegarlo en el navegador de su confianza.

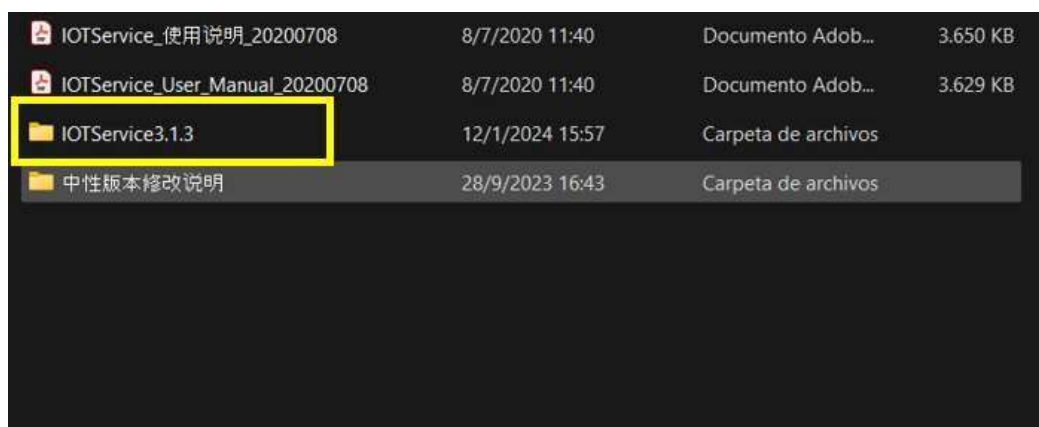
<http://ftp.hi-flying.com:9000/IOTService/>



5. En este punto debemos descargar la opción seleccionada.



6. No dirigimos al icono señalado y procedemos a instalar.



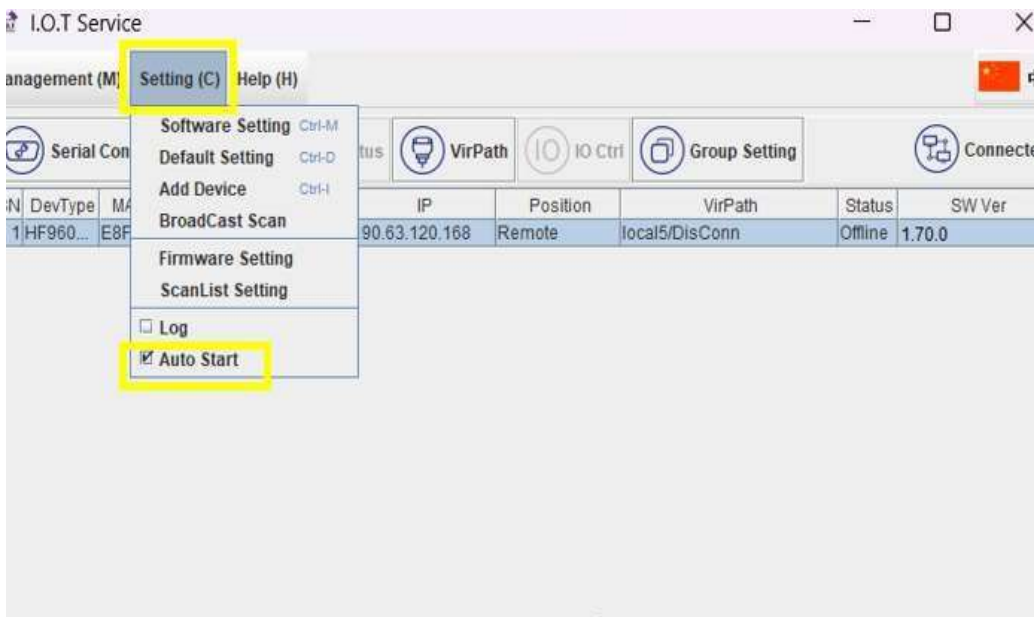
7. Una vez tengamos instalado ejecutamos como administrador.



8. Nos encontraremos con la aplicación de esta manera.



9. Debemos proceder a habilitar el inicio automático.



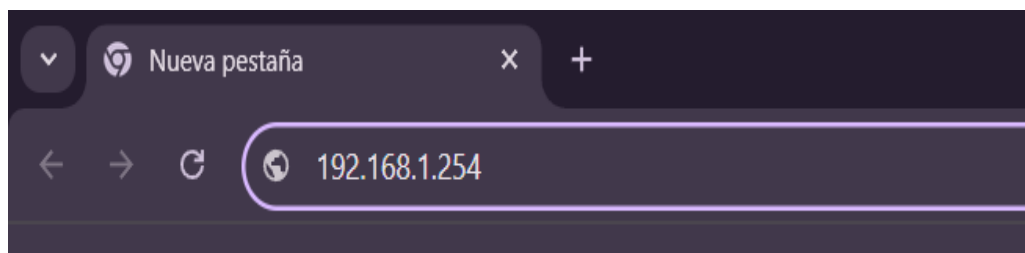
10. Ahora procedemos a energizar el equipo.



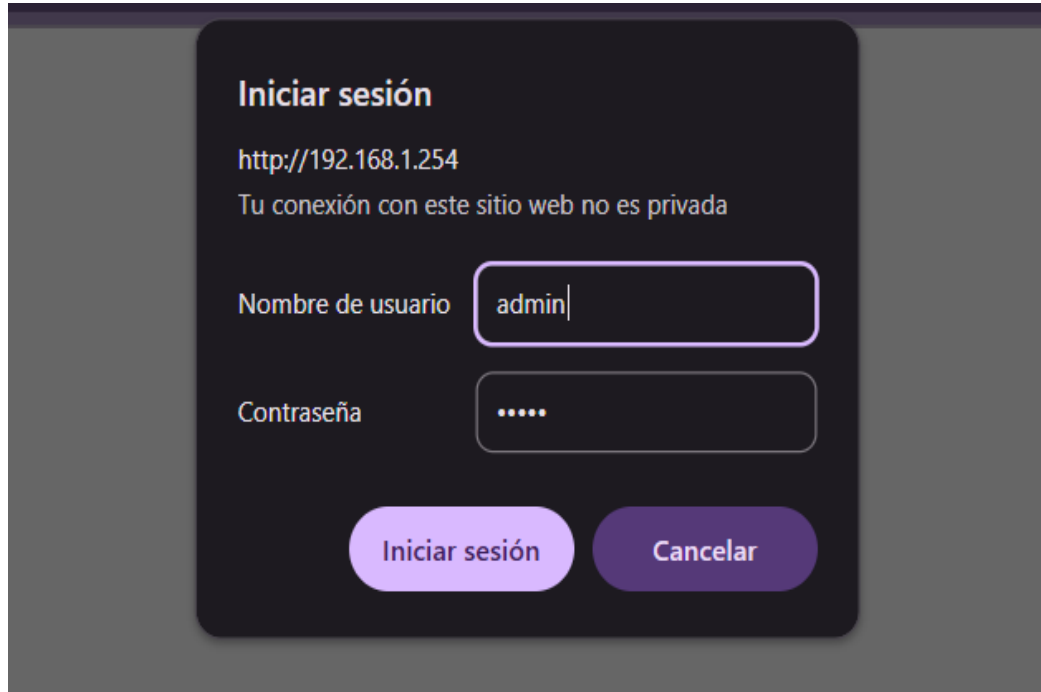
11. Al momento de energizar el modulo se crea una red wifi a la cual debemos conectarnos para poder configurarlo.



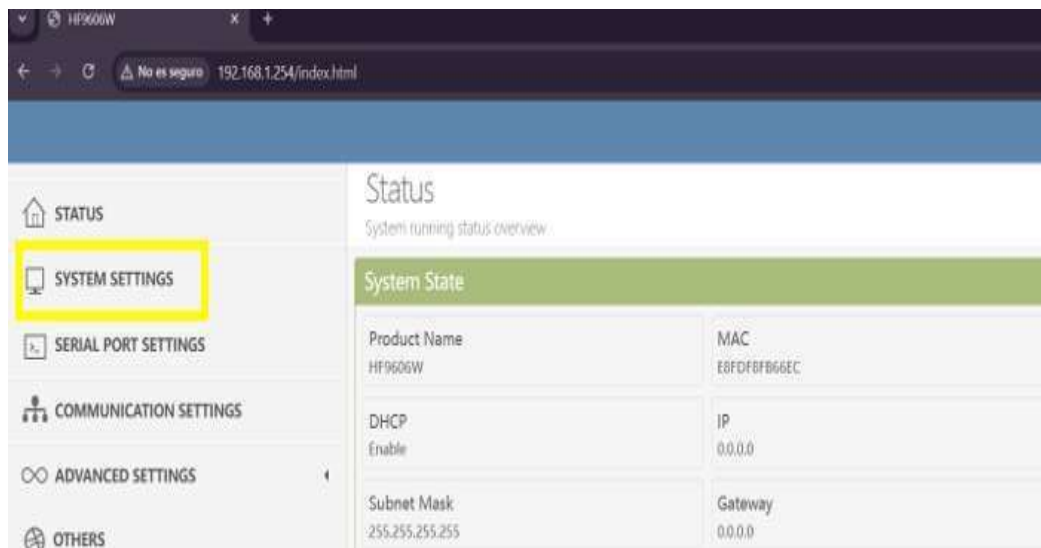
12. Una vez conectado al wifi debemos ir al navegador de confianza y colocar la IP 192.168.1.254 he ingresamos.



13. Una vez ingresado nos pedirá un usuario y contraseña para ingresar a la configuración lo cual pondremos Nombre de Usuario: admin / Contraseña: admin como podemos observar en la imagen.



14. Una vez ingresado nos aparecerá de esta forma en este paso lo que debemos hacer es ingresar al icono marcado con amarillo para poder configurarlo.



15. En este punto de **Host Name**: colocamos el nombre del dispositivo de la misma manera en la opción de **Network Mode** : escogemos la opción de Router, también procedemos en la opción de **DHCP**: ON activamos.

The screenshot displays three sections of the router's configuration interface:

- Authentication**: Shows 'User Name' as 'admin' and 'Password' as '\*\*\*\*\*' with an eye icon for toggling visibility.
- Basic Settings**: Shows 'Host Name' as 'HF9606W', 'Network Mode' as 'Router', 'Longitude' as '0', and 'Latitude' as '0'. The 'Host Name' and 'Network Mode' fields are highlighted with yellow boxes.
- WAN Settings**: Shows 'DHCP' as 'ON' (highlighted with a yellow box) and 'DNS' as '223.5.5.5'.

16. Procedemos a asignar IP en la Opción de **LAN IP: 192.168.1.254** / **Mask: 255.255.255.0** una vez asignados la IP procesamos a activar la opción **DHCP Server: ON**.

The screenshot displays two sections of the router's configuration interface:

- LAN Settings**: Shows 'LAN IP' as '192.168.1.254', 'Mask' as '255.255.255.0', and 'DHCP Server' as 'ON'. The IP and Mask fields are highlighted with yellow boxes.
- Ip And MAC Binding**: A table with columns for 'IP Address' and 'MAC Address', and a '+' icon for adding entries.
- Ethernet Port Mode**: A dropdown menu set to 'LAN'.

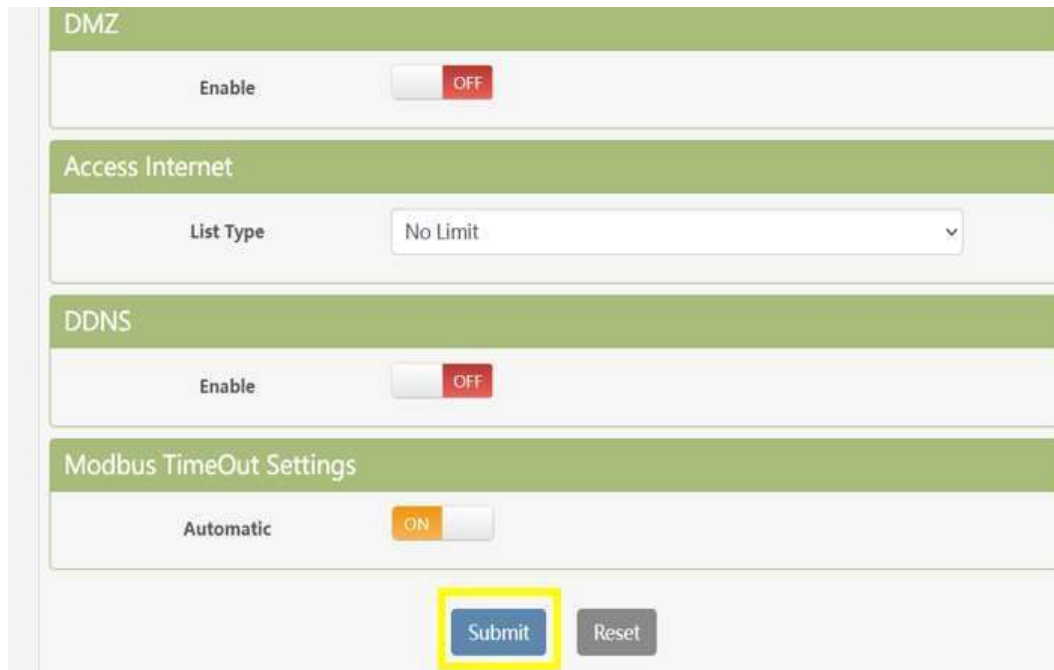
17. Colocamos los siguientes puntos en las opciones **Wifi Mode: AP+STA** en la opción de **STA SSID: WIFI UTC** de la misma manera **STA KEY**: en este punto va la contraseña de la red (en la opción de **STA SSID** en este apartado puede ir cualquier red o la red

donde se vaya a instalar el dispositivo, también marcamos ON los iconos marcados con amarillo como se muestra en la imagen.

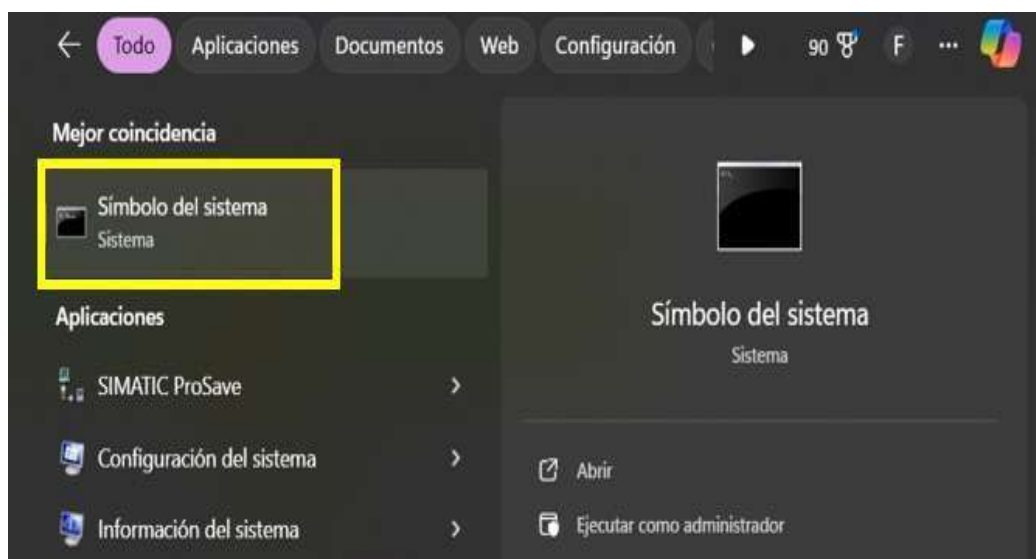
The image shows a configuration interface with three sections: WiFi Settings, Telnet Settings, and Web Settings. Each section has an 'Enable' toggle switch and a 'Web Port' input field. In the WiFi Settings section, the 'WiFi Mode' dropdown is set to 'AP+STA', 'AP SSID' is 'HF9606W\_66EC', 'AP Channel' is 'CH1', and 'STA SSID' is 'WIFI UTC'. The 'Enable' toggle and 'Web Port' (80) are highlighted with yellow boxes. In the Telnet Settings section, the 'Enable' toggle and 'Web Port' (23) are highlighted with yellow boxes. In the Web Settings section, the 'Enable' toggle and 'Web Port' (80) are highlighted with yellow boxes.

| Section         | Field       | Value        | Highlighted |
|-----------------|-------------|--------------|-------------|
| WiFi Settings   | Enable      | ON           | Yes         |
|                 | WiFi Mode   | AP+STA       | Yes         |
|                 | AP SSID     | HF9606W_66EC | No          |
|                 | AP KEY      | AP KEY       | No          |
|                 | AP Channel  | CH1          | No          |
|                 | STA SSID    | WIFI UTC     | Yes         |
|                 | STA KEY     | .....        | No          |
| Telnet Settings | Enable      | ON           | Yes         |
|                 | Telnet Port | 23           | Yes         |
|                 | Echo        | ON           | Yes         |
| Web Settings    | Enable      | ON           | Yes         |
|                 | Web Port    | 80           | Yes         |

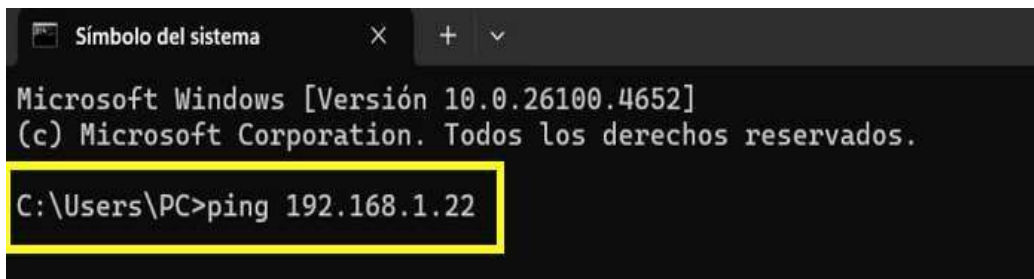
18. Una vez terminado debemos deslizar el cursor del mouse para la parte de abajo y damos clic en el icono marcado para que el dispositivo se conecte a la red Wifi asignada



19. Para comprobar la conexión de nuestro modulo nos dirigimos al buscador de nuestra PC y buscamos **símbolo del sistema** he ingresamos.

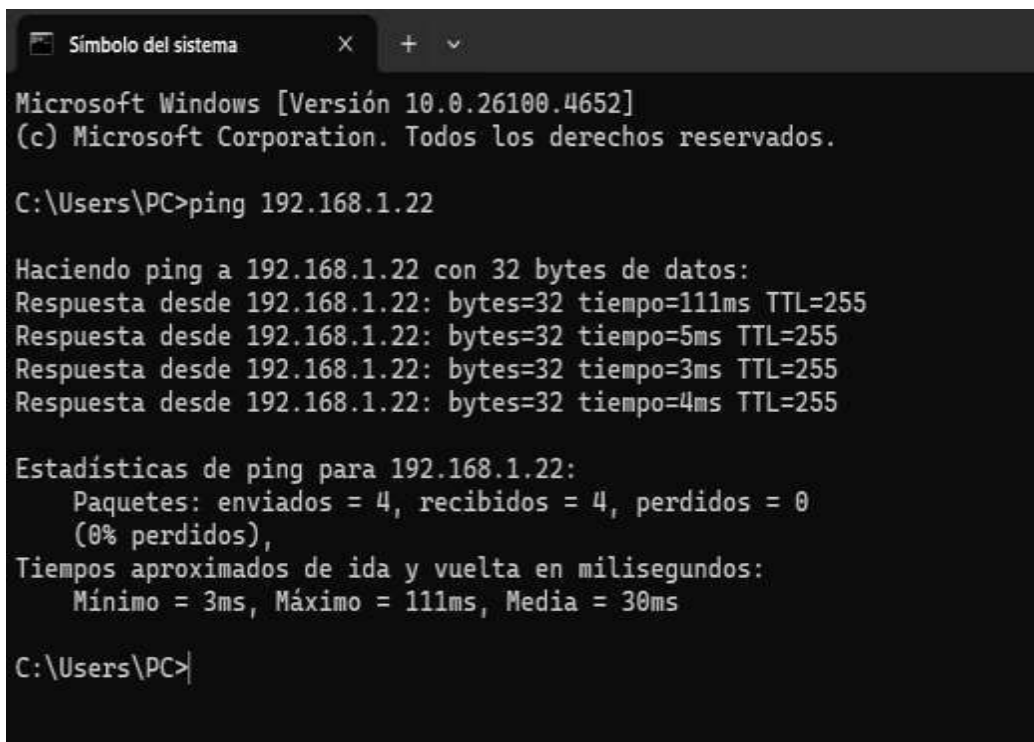


20. Una vez ingresado colocamos el código: ping 192.168.1.22 para comprobar la conexión.



```
Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 10.0.26100.4652]
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.
C:\Users\PC>ping 192.168.1.22
```

21. Una vez ingresado nos debe responder como se muestra en la imagen de esta manera comprobamos la conexión del módulo para evitar fallas.



```
Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 10.0.26100.4652]
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.
C:\Users\PC>ping 192.168.1.22

Haciendo ping a 192.168.1.22 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.22: bytes=32 tiempo=111ms TTL=255
Respuesta desde 192.168.1.22: bytes=32 tiempo=5ms TTL=255
Respuesta desde 192.168.1.22: bytes=32 tiempo=3ms TTL=255
Respuesta desde 192.168.1.22: bytes=32 tiempo=4ms TTL=255

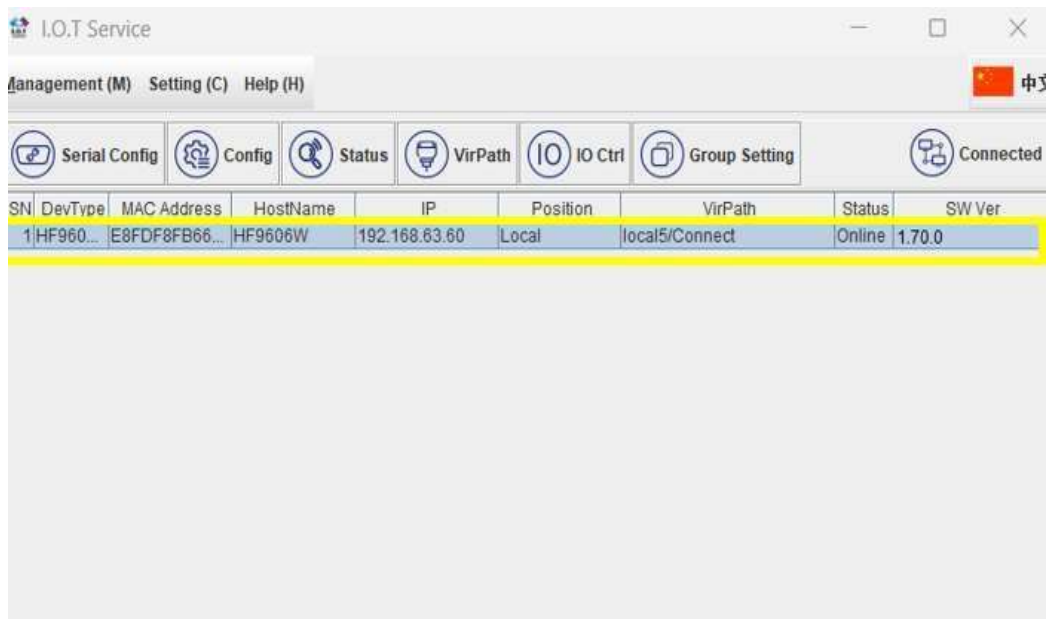
Estadísticas de ping para 192.168.1.22:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 3ms, Máximo = 111ms, Media = 30ms

C:\Users\PC>
```

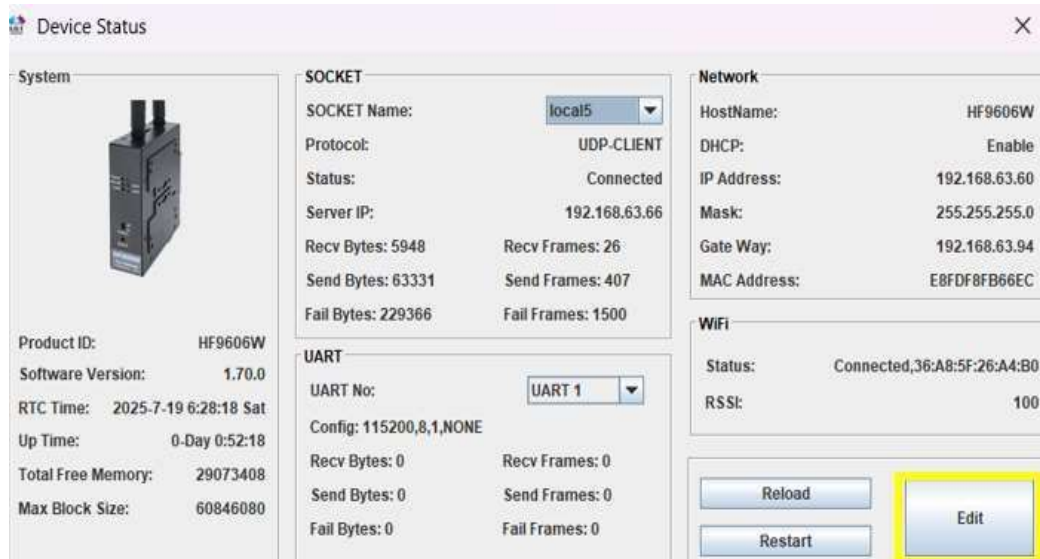
22. Ahora debemos proceder a conectarnos a una red WIFI donde vayamos a monitorear los equipos.



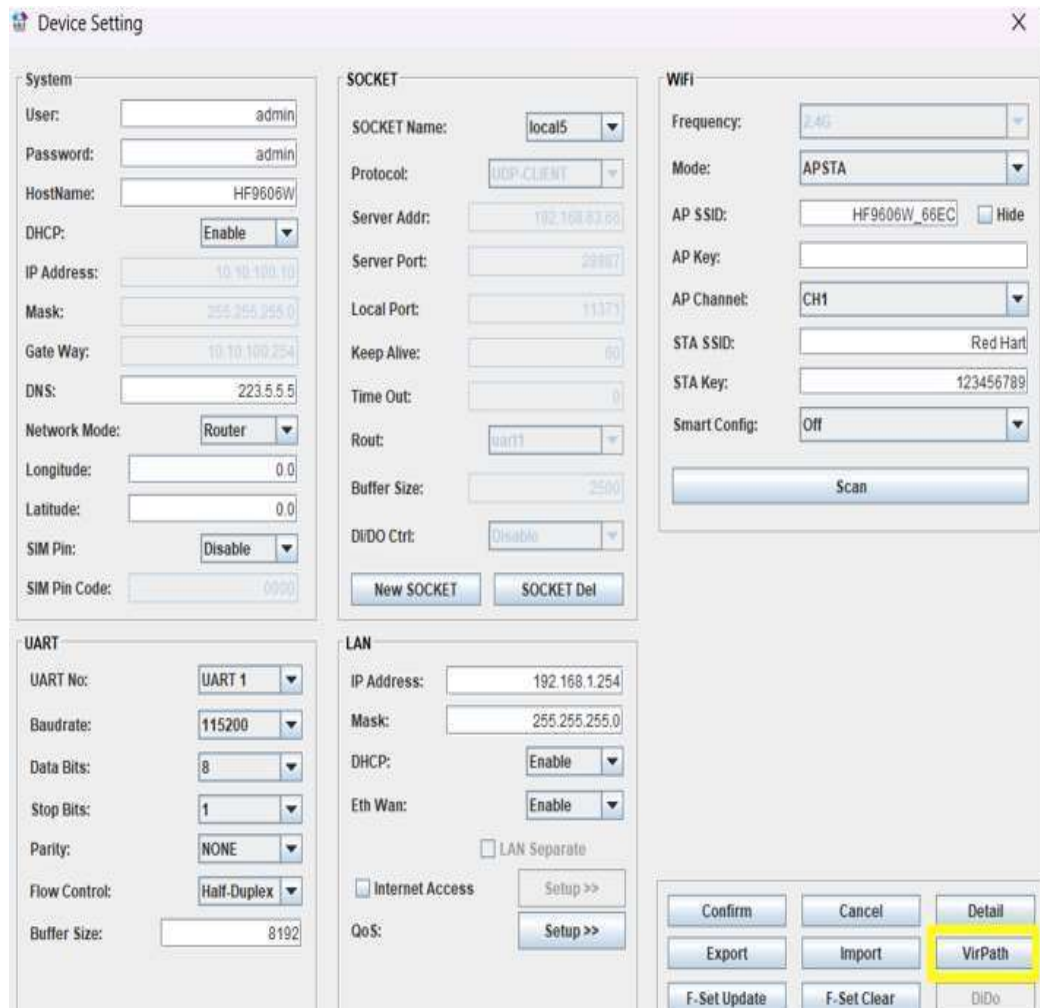
23. Ahora procedemos a la aplicación ya instalada, doble clic en la opción marcada para poder modificar la red.



24. Se abrirá el siguiente apartado debemos dar clic en la opción **Edit**.



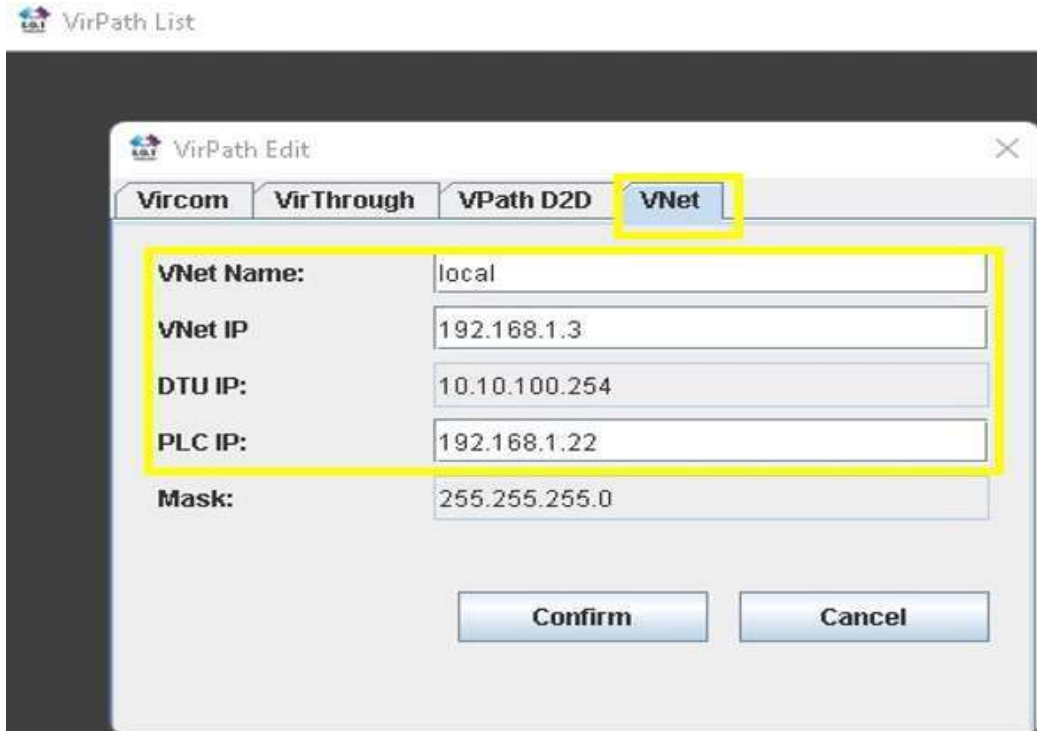
25. Ahora debemos dar clic en la opción de **VirPath**



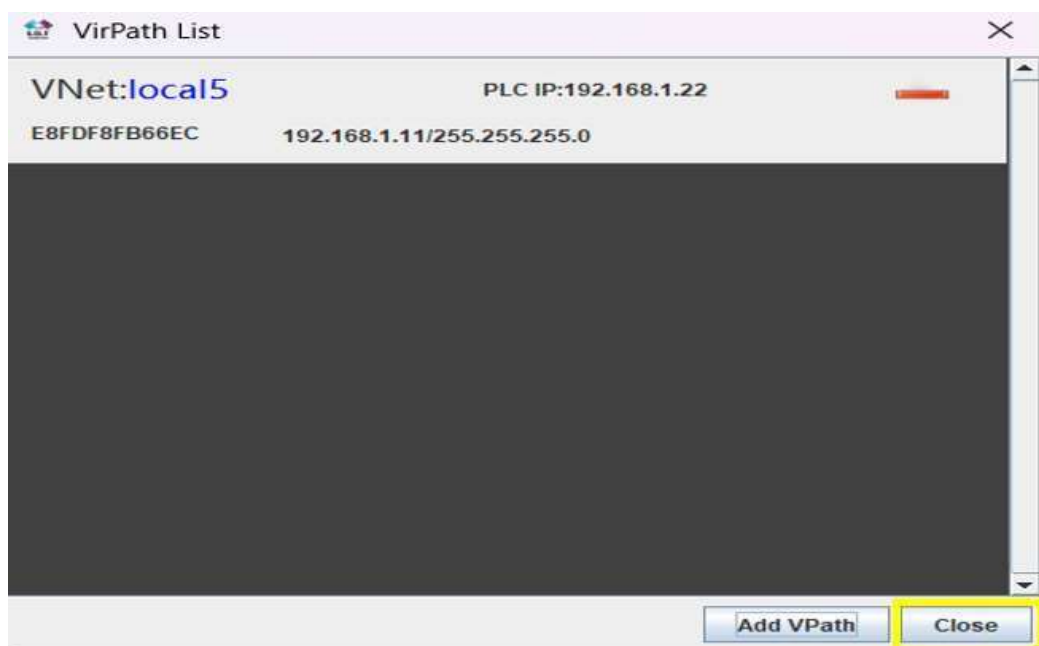
26. Una vez ingresado colocamos **VNET NAME:** local5 (es un nombre que le podemos dar)

En la opción de **VNet IP:192.168.1.11** ( esta IP puede variar porque es IP de la PC ya que cada usuario tiene diferente IP de su computadora.

En la opción de **PLC IP:192.168.1.22**



27. Una vez asignadas las IPs Anteriores mostradas nos debe quedar la red de comunicación hart creada como se muestra en la imagen procedemos da dar clic en la opción **Close**.



28. Damos click en **confirmar**.

The screenshot shows a configuration interface with several sections:

- System:** User: admin, Password: admin, HostName: HF9606W, DHCP: Enable, IP Address: 10.10.100.10, Mask: 255.255.255.0, Gate Way: 10.10.100.254, DNS: 223.5.5.5, Network Mode: Router, Longitude: 0.0, Latitude: 0.0, SIM Pin: Disable, SIM Pin Code: 0000.
- SOCKET:** SOCKET Name: local5, Protocol: UDP-CLIENT, Server Addr: 192.168.63.66, Server Port: 28867, Local Port: 11371, Keep Alive: 60, Time Out: 0, Rout: var11, Buffer Size: 2500, DI/DO Ctrl: Disable. Buttons: New SOCKET, SOCKET Del.
- WIFI:** Frequency: 2.4G, Mode: APSTA, AP SSID: HF9606W\_66EC (Hide), AP Key: (empty), AP Channel: CH1, STA SSID: Red Hart, STA Key: 123456789, Smart Config: Off. Button: Scan.
- UART:** UART No: UART 1, Baudrate: 115200, Data Bits: 8, Stop Bits: 1, Parity: NONE, Flow Control: Half-Duplex, Buffer Size: 8192.
- LAN:** IP Address: 192.168.1.254, Mask: 255.255.255.0, DHCP: Enable, Eth Wan: Enable, LAN Separate (unchecked), Internet Access (unchecked), QoS (unchecked). Buttons: Setup >>.

At the bottom right, there are buttons: Confirm (highlighted in yellow), Cancel, Detail, Export, Import, VirPath, F-Set Update, F-Set Clear, and DiDo.

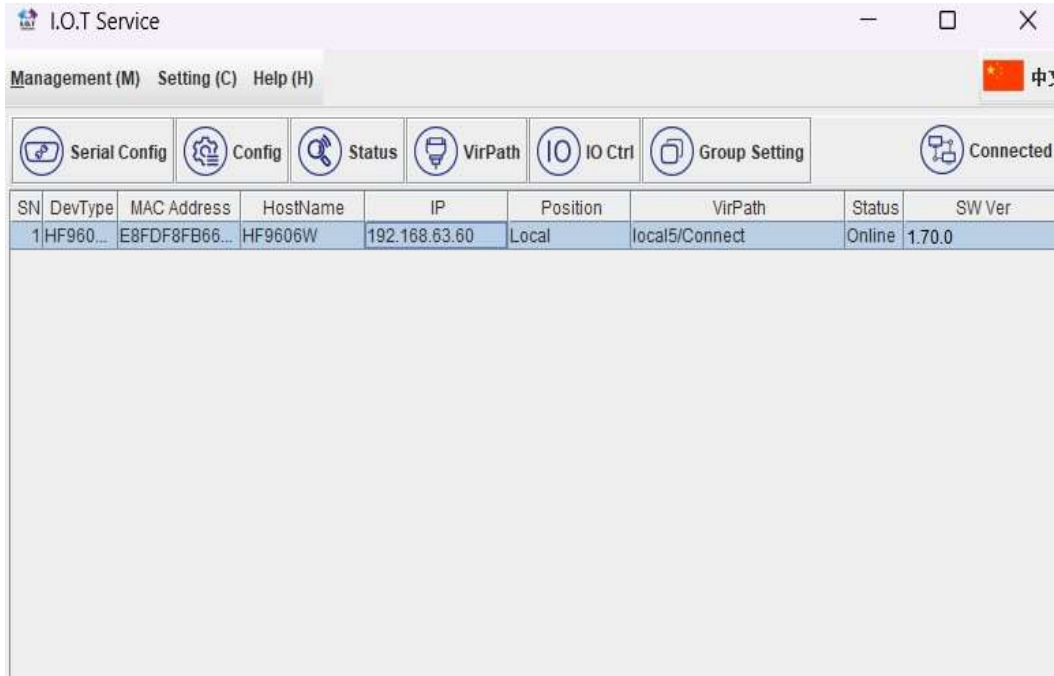
29. Para poder continuar debemos dar click en la opción de restaurar para evitar errores.

The screenshot shows the 'Device Status' window with the following information:

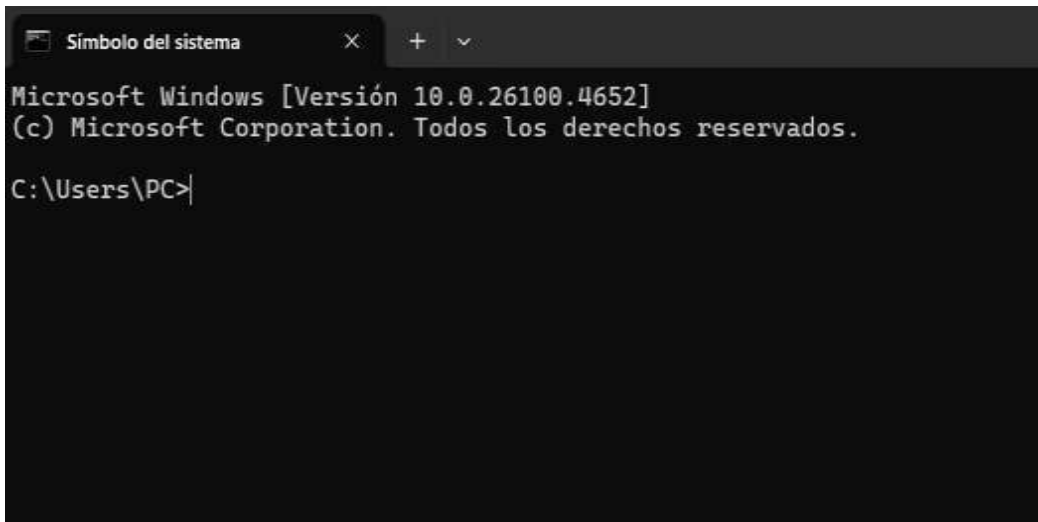
- System:** Product ID: HF9606W, Software Version: 1.70.0, RTC Time: 2025-7-19 6:52:1 Sat, Up Time: 0-Day 1:16:2, Total Free Memory: 29511680, Max Block Size: 60846080.
- SOCKET:** SOCKET Name: local5, Protocol: UDP-CLIENT, Status: Connected, Server IP: 192.168.63.66, Recv Bytes: 23493, Recv Frames: 128, Send Bytes: 193657, Send Frames: 1749, Fail Bytes: 229366, Fail Frames: 1500.
- UART:** UART No: UART 1, Config: 115200,8,1,NONE, Recv Bytes: 0, Recv Frames: 0, Send Bytes: 0, Send Frames: 0, Fail Bytes: 0, Fail Frames: 0.
- Network:** HostName: HF9606W, DHCP: Enable, IP Address: 192.168.63.60, Mask: 255.255.255.0, Gate Way: 192.168.63.94, MAC Address: E8FD8FB66EC.
- WiFi:** Status: Connected,36:A8:5F:26:A4:B0, RSSI: 100.

At the bottom right, there are buttons: Reload, Restart (highlighted in yellow), and Edit.

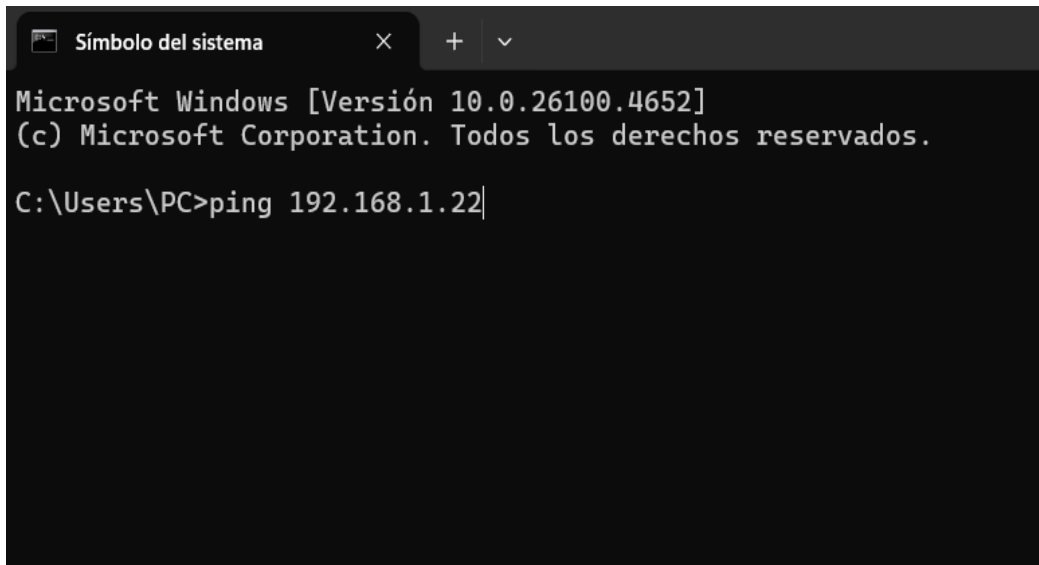
30. Una vez culminado nos debe quedar de esta forma, importante para tener la comunicación siempre debemos tener abierto la ventana de la aplicación de IOT Service de lo contrario no se podrá comunicar.



31. Para comprobar la comunicación creada nos dirigimos como anteriormente a símbolo de sistema.

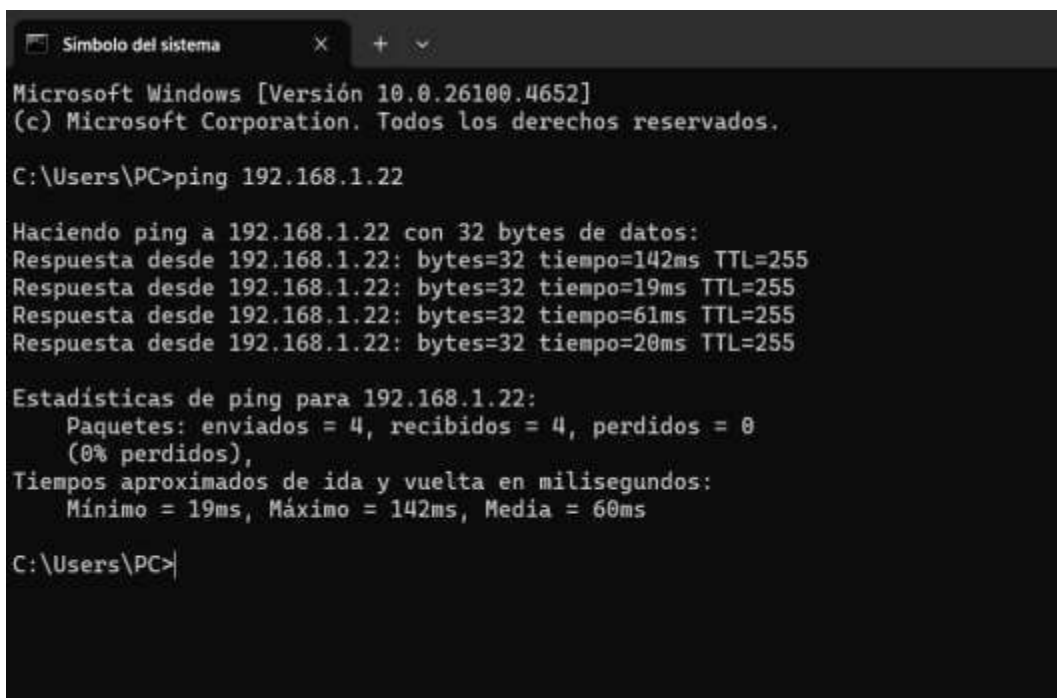


32. Colocamos el código Ping 192.168.1.22 para comprobar.



```
Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 10.0.26100.4652]
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.
C:\Users\PC>ping 192.168.1.22|
```

33. Una vez ingresado el ping podemos comprobar el funcionamiento correctamente de las dos redes Wifi uno donde se vaya a instalar como lo vimos anteriormente y con la segunda de donde se vaya a monitorear.



```
Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 10.0.26100.4652]
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.
C:\Users\PC>ping 192.168.1.22

Haciendo ping a 192.168.1.22 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.22: bytes=32 tiempo=142ms TTL=255
Respuesta desde 192.168.1.22: bytes=32 tiempo=19ms TTL=255
Respuesta desde 192.168.1.22: bytes=32 tiempo=61ms TTL=255
Respuesta desde 192.168.1.22: bytes=32 tiempo=20ms TTL=255

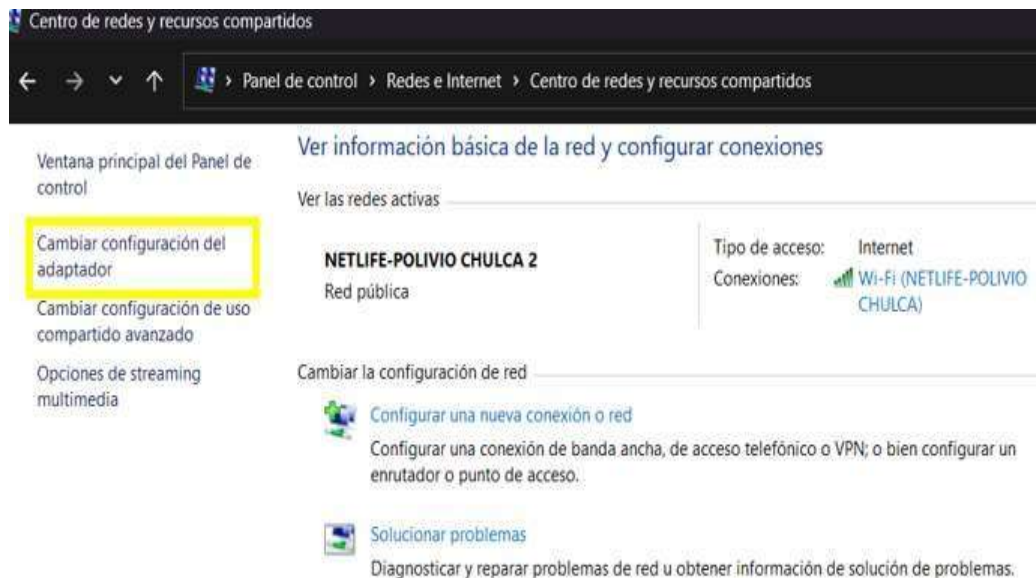
Estadísticas de ping para 192.168.1.22:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 19ms, Máximo = 142ms, Media = 60ms

C:\Users\PC>
```

34. Otra forma de comprobar en ingresar a panel de control he ingresamos a la opción ver estado y las tareas de red.



35. Damos click en **cambiar configuración** del adaptador.



36. Podemos apreciar una red virtual que se ha creado



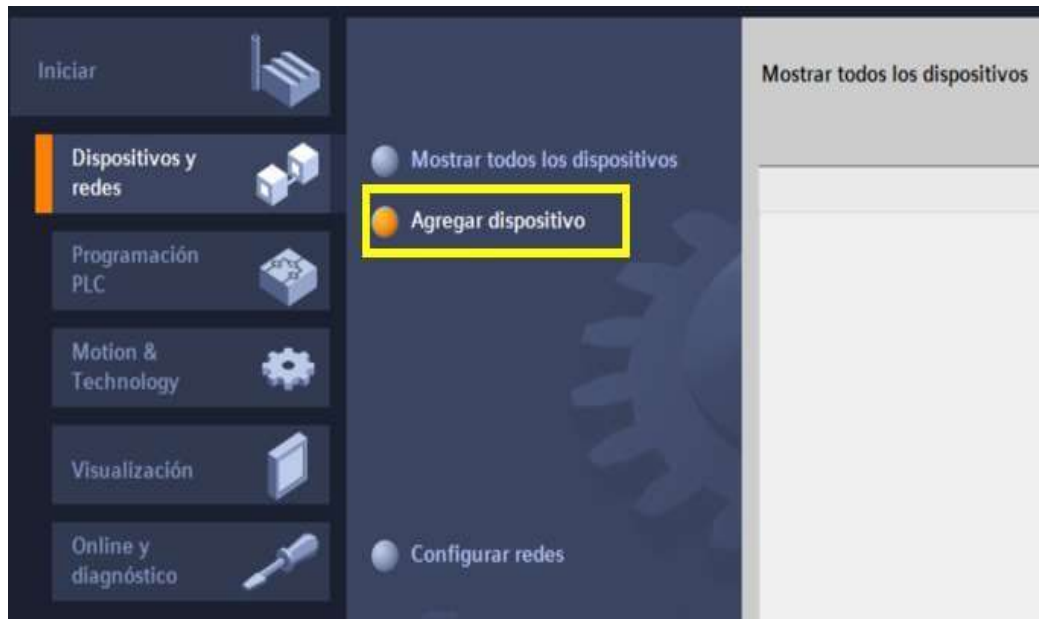
37. Ahora nos dirigimos al Tía portal lo abrimos y creamos asignando cualquier nombre.



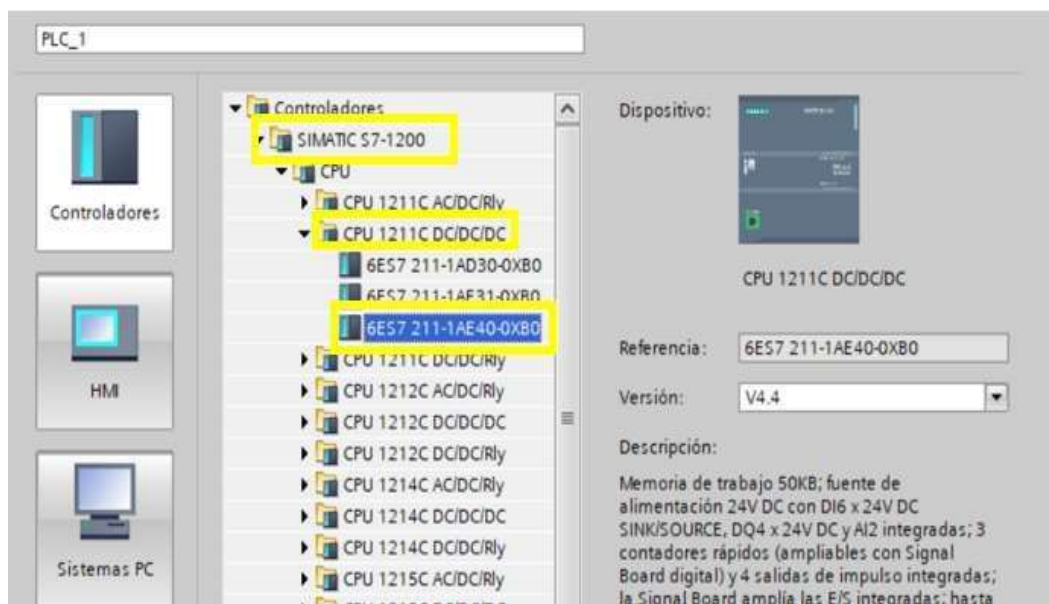
38. Click en el icono marcado.



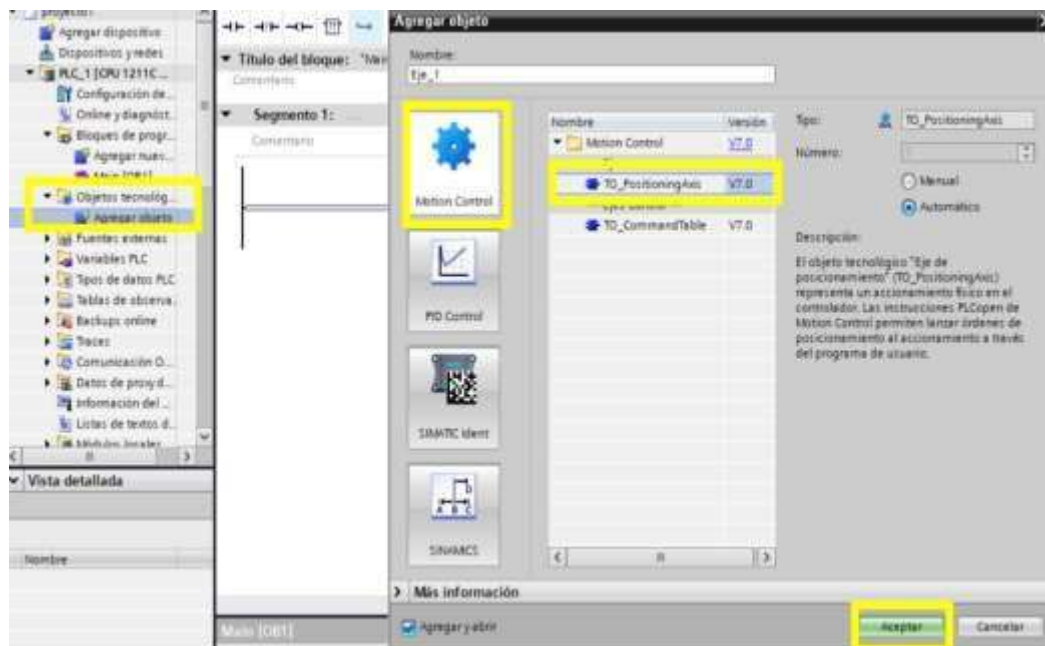
39. Agregamos dispositivo.



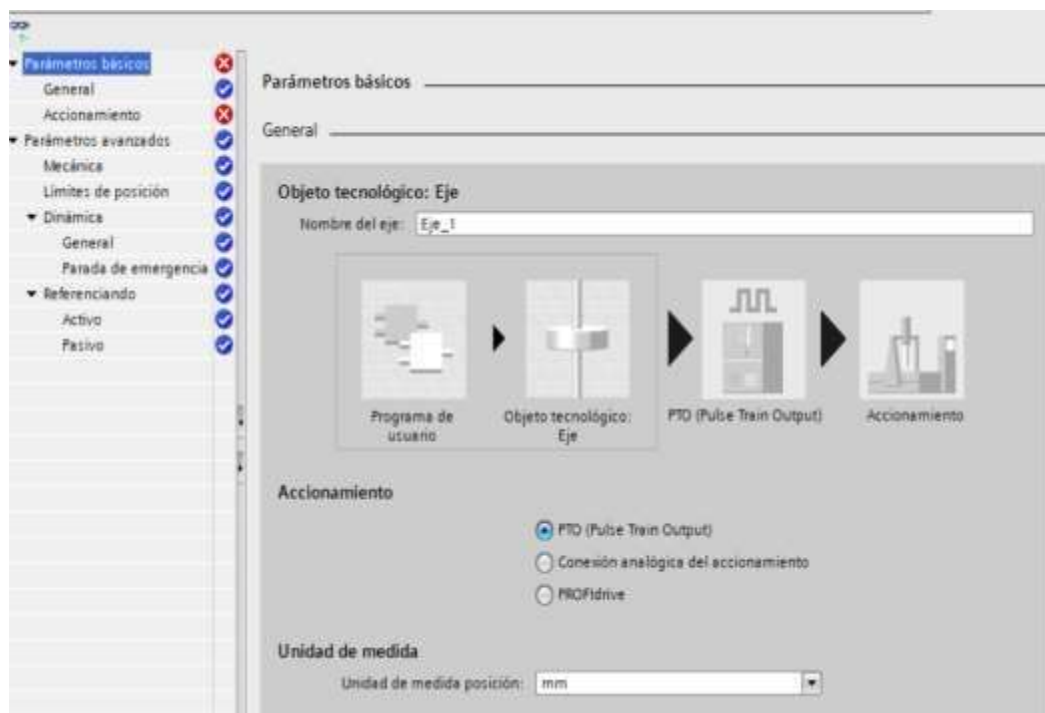
40. En este caso elegimos un **S7-1200 / CPU 1211C DC/DC/DC** la versión **6ES7-211-1AE-40-0XB0**.



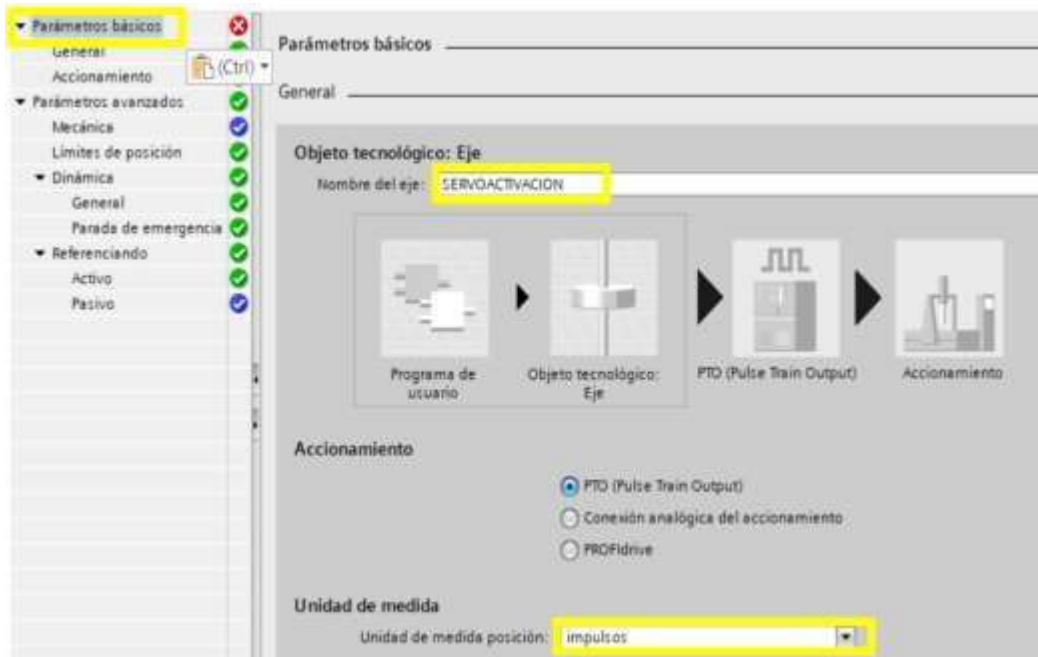
41. Ahora nos dirigimos a **objetos tecnológicos** y click en **agregar objeto** después elegimos la opción de **Motion Control** y click en **aceptar**.



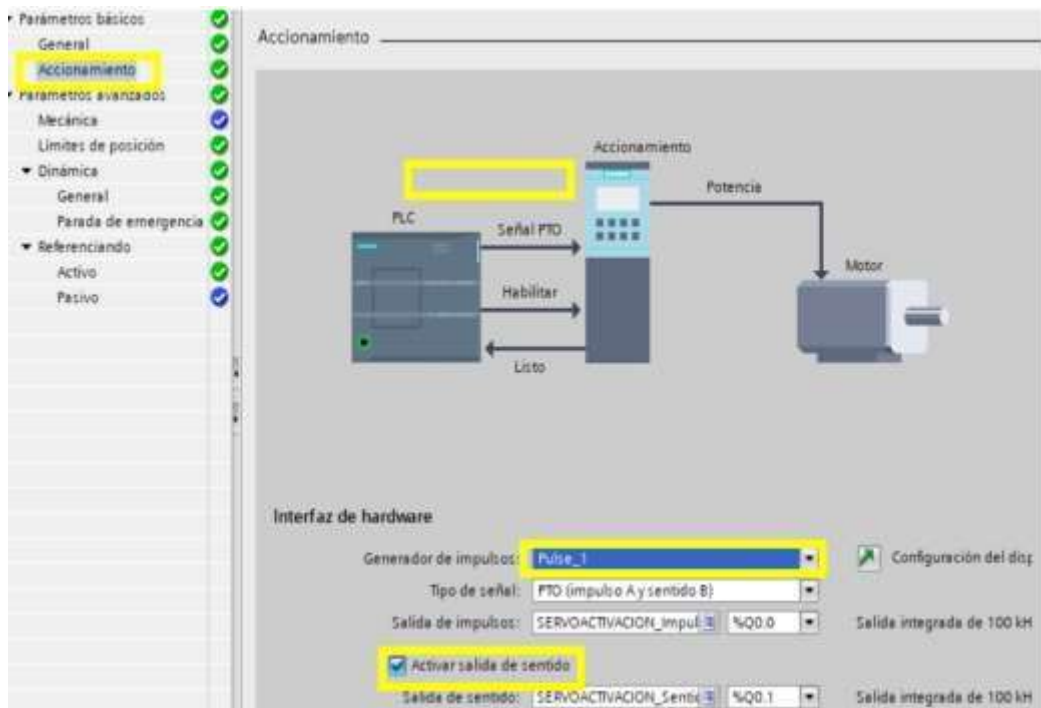
42. Una vez ingresado nos debe quedar de la siguiente forma para empezar a configurar.



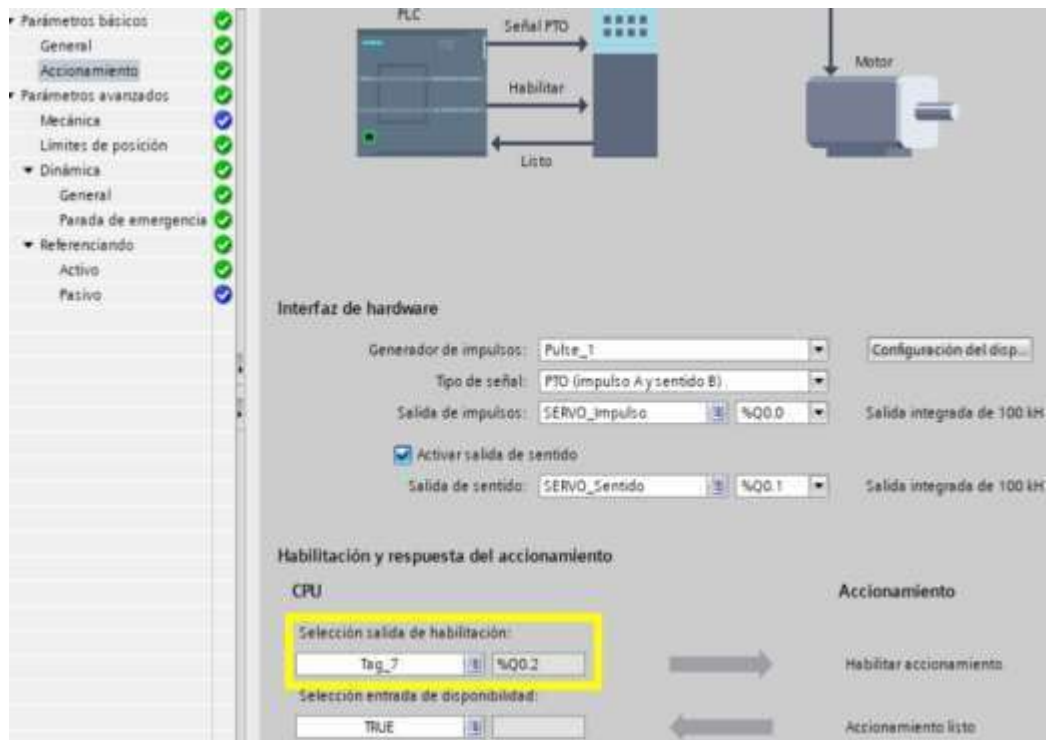
43. En la opción de **parámetros básicos** asignamos un nombre de la misma forma en la opción de unidad de medida de posición elegimos la opción de **impulsos**.



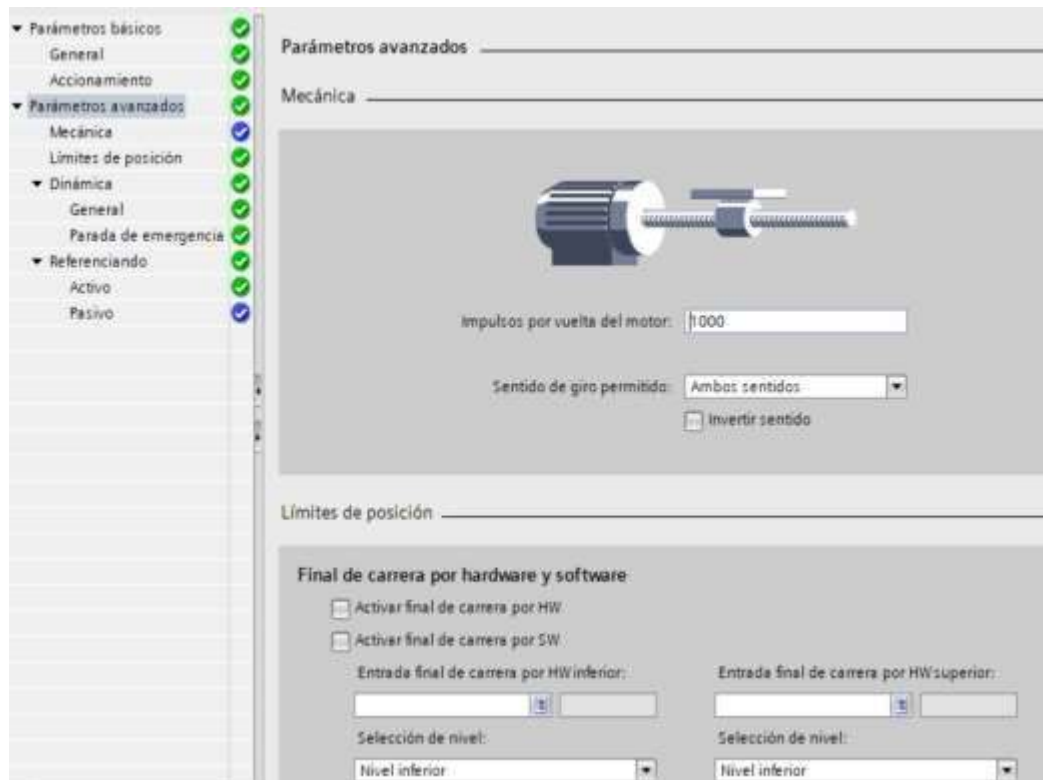
44. En **accionamientos** elegimos en la opción de generador de impulsos la primera opción de Pulse\_1 y activamos **Activar salida de sentido**.



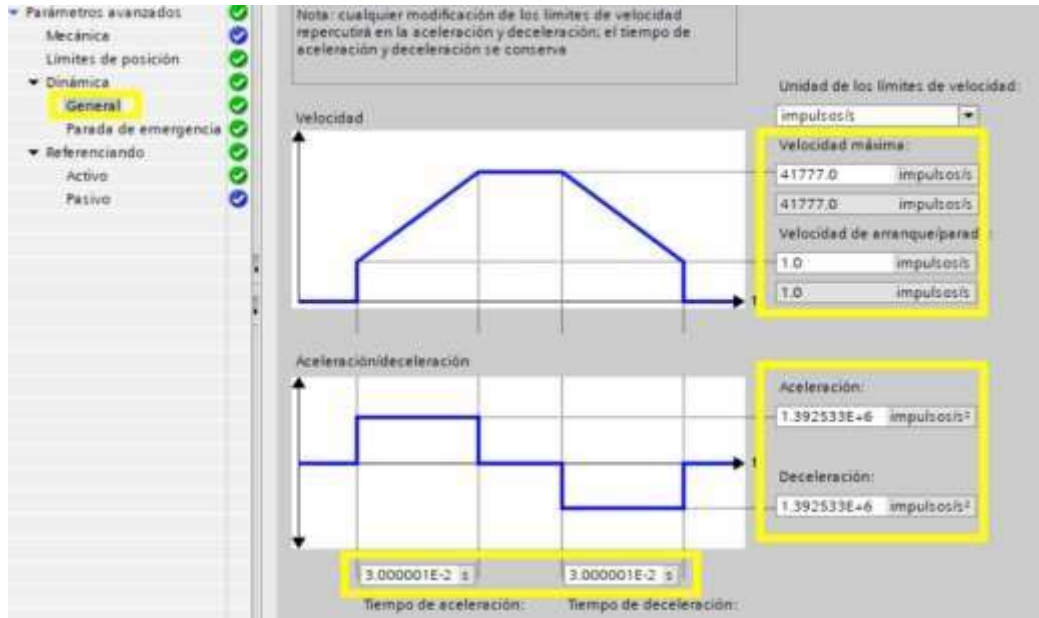
45. En el mismo apartado en la opción de selección salida de habilitación colocamos **Q0.2**.



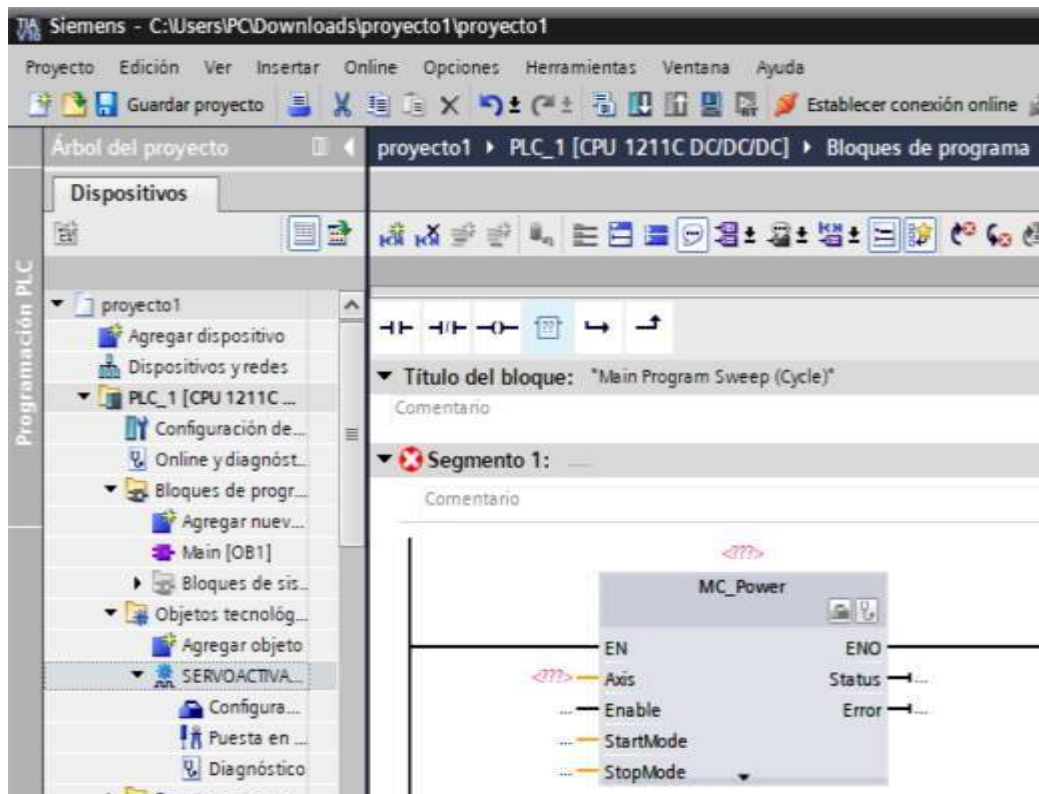
46. En parámetros avanzados nos percatamos que debe estar como en la imagen.



47. En la opción general colocamos **velocidad máxima: 41777.0 Impulsos/s** **velocidad de arranque/parada:1.0 Impulsos/s** **aceleración: 1.392533E+6** **Deceleración: 1.392533E+6** **Tiempo de aceleración : 3.000001E-2** **Tiempo de deceleración: 3.000001E-2.**



48. Una vez terminada la configuración nos queda de la forma que se muestra en la imagen.

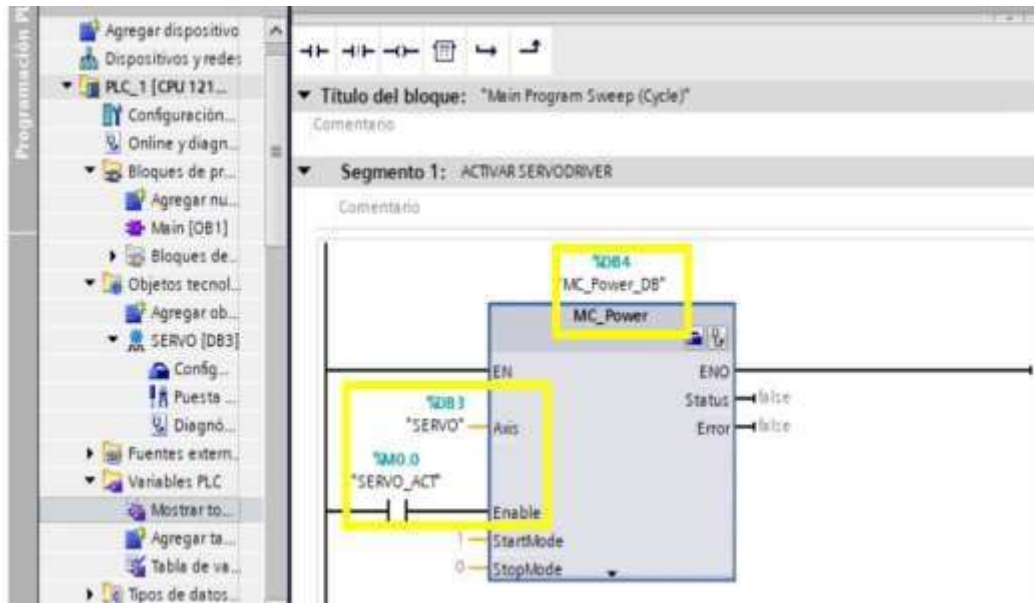




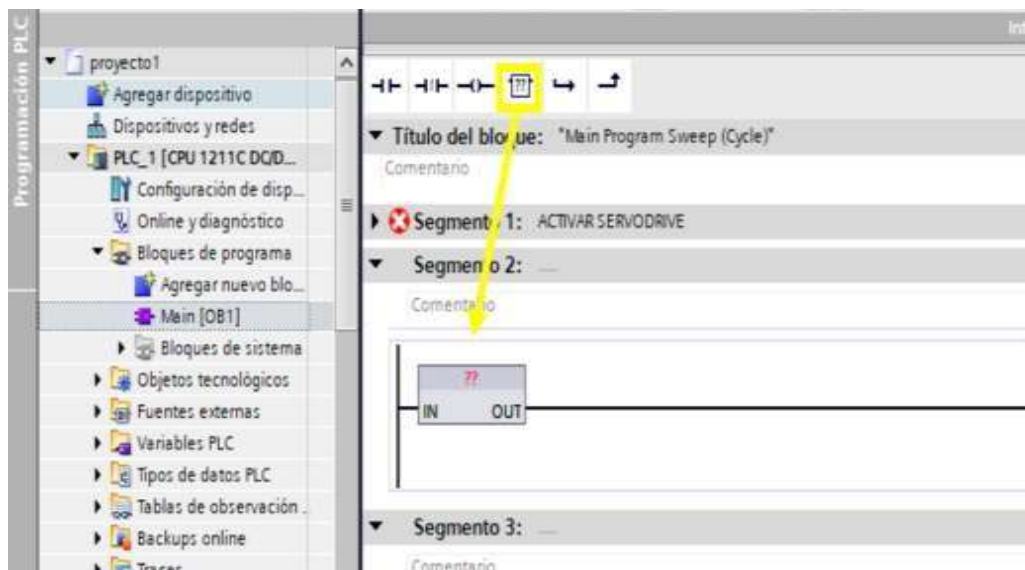
51. Nos debe quedar de la siguiente manera

| Variables PLC |                       |                       |               |           |                          |                                     |                                     |                                     |
|---------------|-----------------------|-----------------------|---------------|-----------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|               | Nombre                | Tabla de variables    | Tipo de datos | Dirección | Rema...                  | Acces...                            | Escrib...                           | Visibl...                           |
| 1             | SERVO_ACT             | Tabla de variables e. | Bool          | %M0.0     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2             | HOME                  | Tabla de variables e. | Bool          | %M0.1     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3             | Tag_3                 | Tabla de variables e. | DWord         | %M1000    | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4             | POS_ACT               | Tabla de variables e. | Real          | %M100     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 5             | VEL_ACT               | Tabla de variabl...   | Real          | %M104     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 6             | VELOCIDAD_ACTUAL      | Tabla de variables e. | Real          | %M200     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 7             | Tag_7                 | Tabla de variables e. | Bool          | %Q0.2     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 8             | SERVO_Impulso         | Tabla de variables e. | Bool          | %Q0.0     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 9             | SERVO_Sentido         | Tabla de variables e. | Bool          | %Q0.1     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 10            | Tag_8                 | Tabla de variables e. | Bool          | %M2.0     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 11            | Tag_9                 | Tabla de variables e. | Bool          | %M2.1     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 12            | DETENER               | Tabla de variables e. | Bool          | %M0.2     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 13            | ACT_MOV_RELATIVO      | Tabla de variables e. | Bool          | %M0.5     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14            | DISTANCIA             | Tabla de variables e. | Real          | %M10      | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 15            | VELOCIDAD             | Tabla de variables e. | Real          | %M32      | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 16            | ING_ANGULO            | Tabla de variables e. | Real          | %M220     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 17            | aux1                  | Tabla de variables e. | Real          | %M224     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 18            | ACT_MOV_ABSOLUTO      | Tabla de variables e. | Bool          | %M0.6     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 19            | POSICION_EJE          | Tabla de variables e. | Real          | %M18      | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 20            | ING_ANG_ABSOLUTO      | Tabla de variables e. | Real          | %M228     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 21            | HOME1                 | Tabla de variables e. | Bool          | %M0       | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 22            | aux2                  | Tabla de variables e. | Real          | %M340     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 23            | ACTMOD_VELOCIDAD      | Tabla de variables e. | Bool          | %M0.3     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 24            | CAMBIAR_VELOCIDAD     | Tabla de variables e. | Bool          | %M0.4     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 25            | ING_VELOCIDAD         | Tabla de variables e. | Real          | %M26      | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 26            | aux3                  | Tabla de variables e. | Real          | %M440     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 27            | ANG_ACTUAL            | Tabla de variables e. | Int           | %M500     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 28            | ACELERACION_ACTUAL    | Tabla de variables e. | Real          | %M108     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 29            | ACELERACION_SEG       | Tabla de variables e. | Real          | %M240     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 30            | DESACELERACION_ACTUAL | Tabla de variables e. | Real          | %M112     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 31            | VEL_ENC               | Tabla de variables e. | Dint          | %M400     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 32            | ANG_HM                | Tabla de variables e. | Real          | %M480     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 33            | Tag_2                 | Tabla de variables e. | Dint          | %M490     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 34            | DIRECCION             | Tabla de variables e. | Bool          | %M1.0     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 35            | DIR                   | Tabla de variables e. | Real          | %M50      | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 36            | Tag_4                 | Tabla de variables e. | Int           | %M50      | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 37            | Tag_5                 | Tabla de variables e. | Dint          | %M384     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 38            | ACELARACION_RAD_SEG   | Tabla de variables e. | Real          | %M600     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 39            | VEL_HM                | Tabla de variables e. | Real          | %M280     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 40            | Tag_1                 | Tabla de variables e. | Dint          | %M580     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 41            | Tag_6                 | Tabla de variables e. | Real          | %M680     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 42            | <-Agregar>            |                       |               |           | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

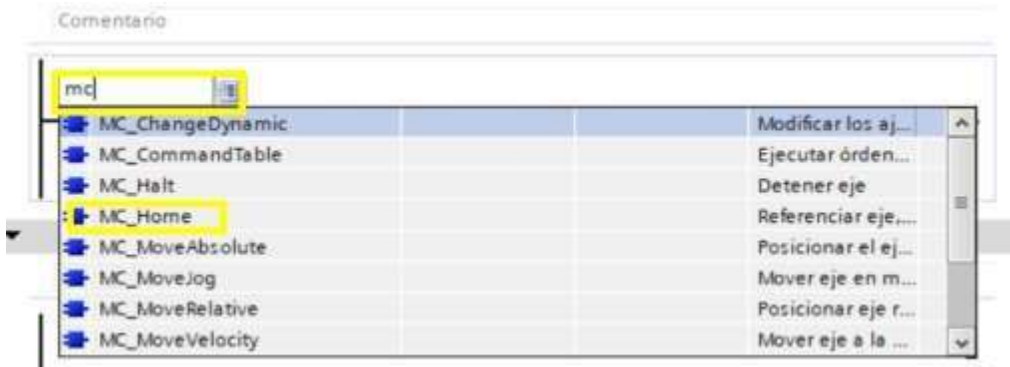
52. Asignamos variables al bloque y nos debe quedar como en la imagen.



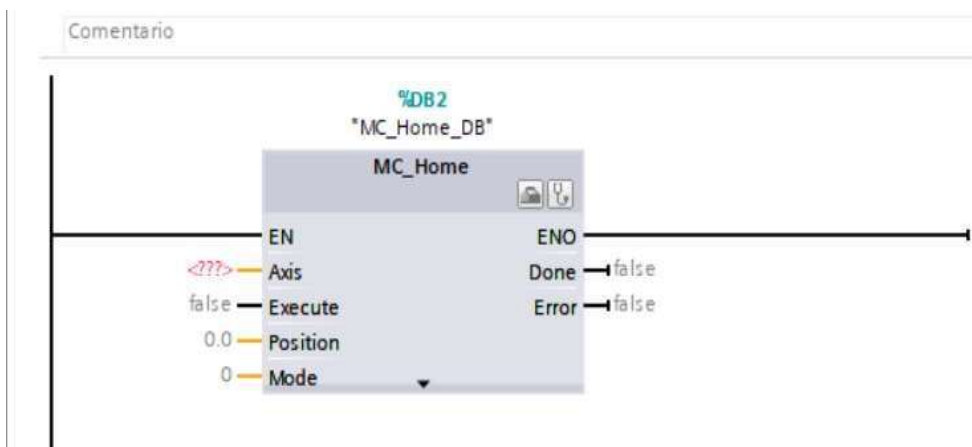
53. De la misma manera en el segmento 2 Arrastramos el bloque como se muestra en la imagen.



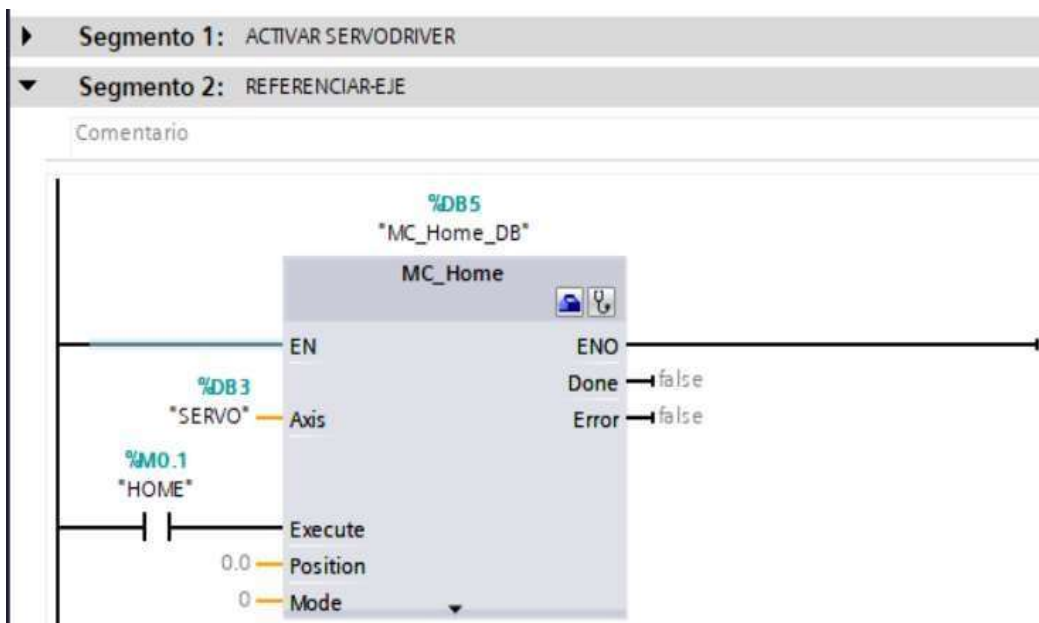
54. Encima del bloque escribimos MC\_HOMO y lo agregamos al Main.



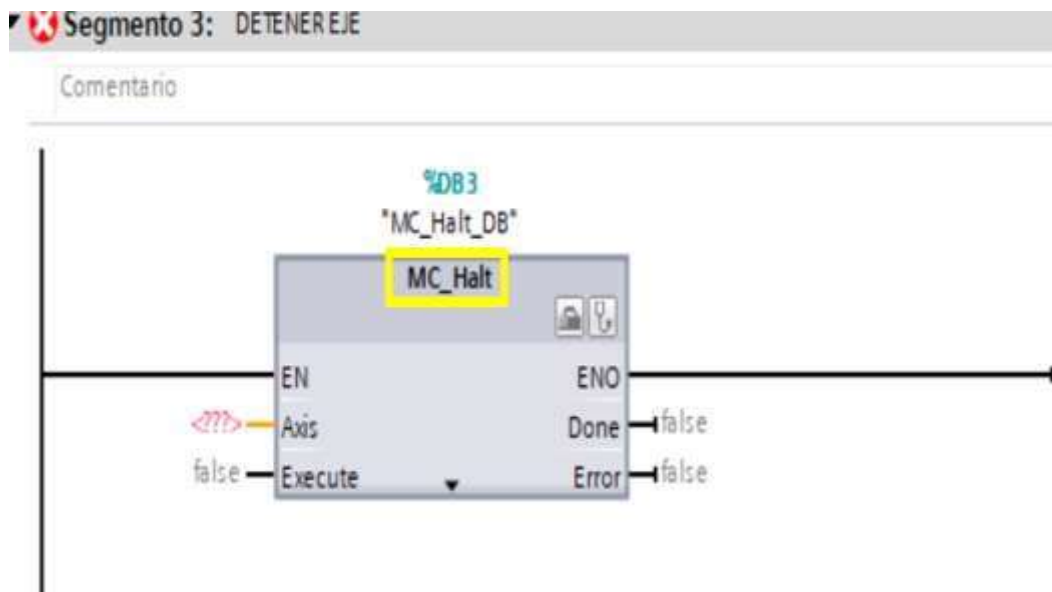
55. Ahora nos debe quedar agregado el bloque de esta manera.



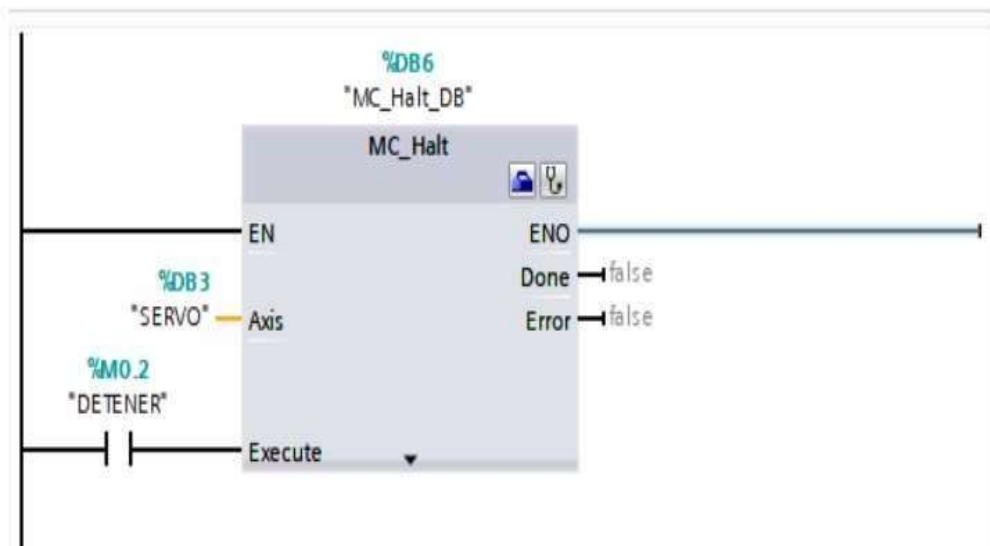
56. Ahora asignamos variables (de la misma manera configuramos como lo hicimos en el punto 43 -47).



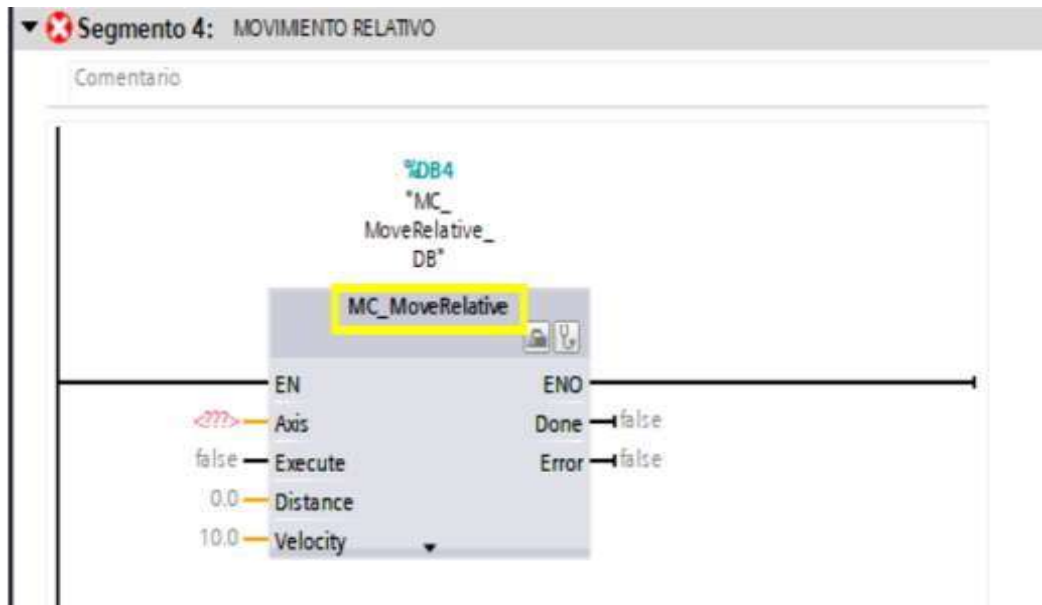
57. En el segmento 3 agregamos **MC\_Halt** y nos debe quedar el bloque como la imagen.



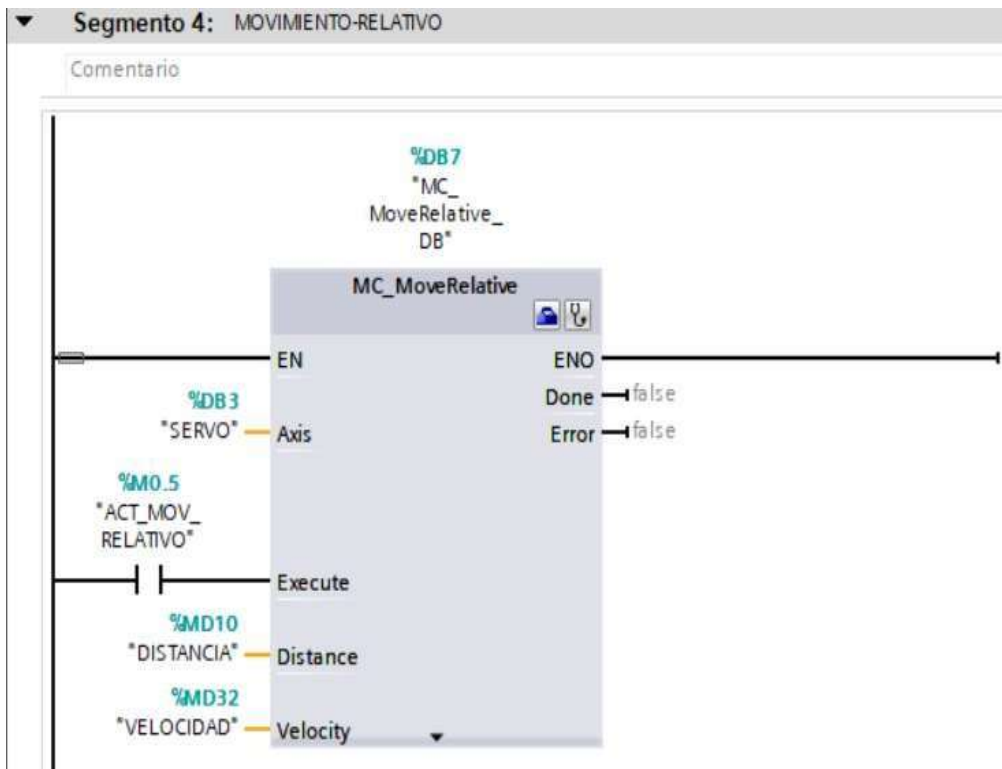
58. Ahora asignamos variables de la siguiente forma (configurar como en los puntos 43-47).



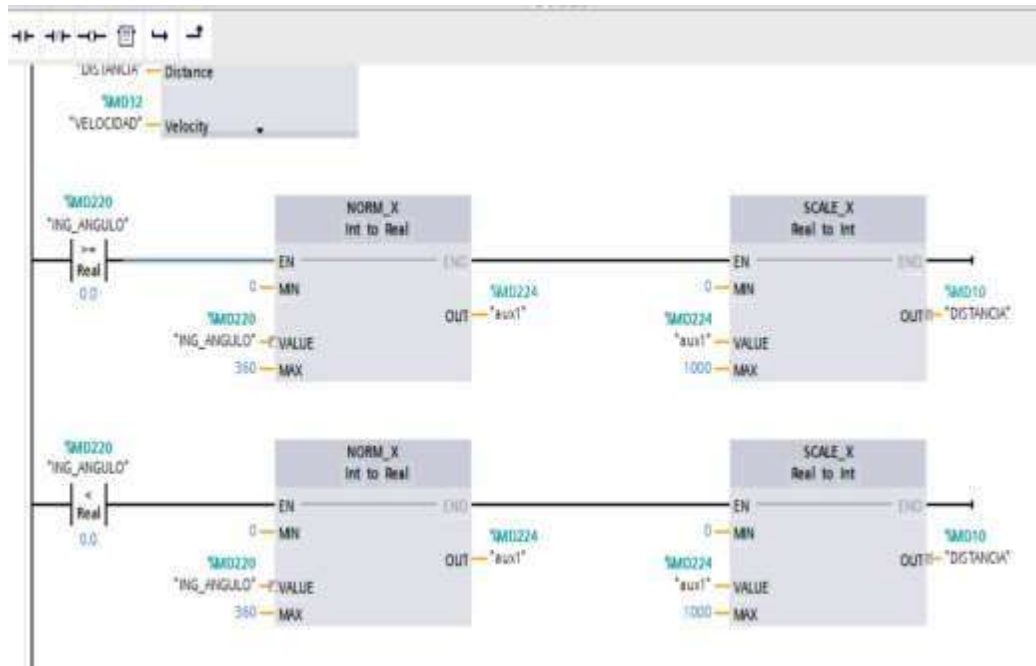
59. De la misma manera como lo hisimos anteriormente en el segmento 4 agregamos otro bloque con el nombre **MC\_MoveRelative**.



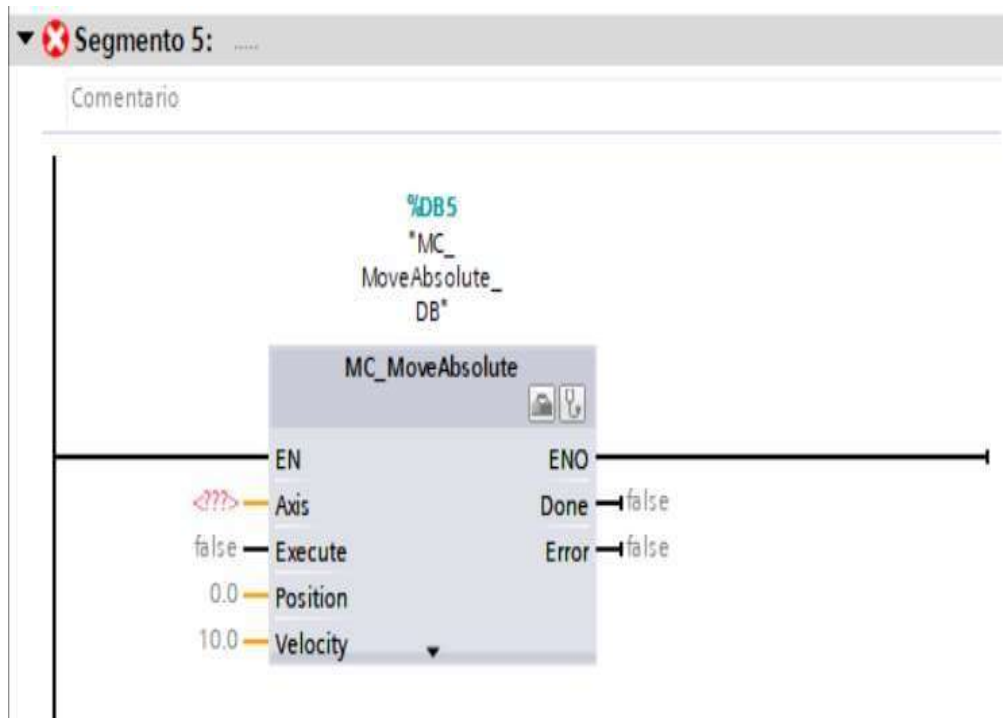
60. Asignamos las variables y nos debe quedar como se muestra en la imagen.



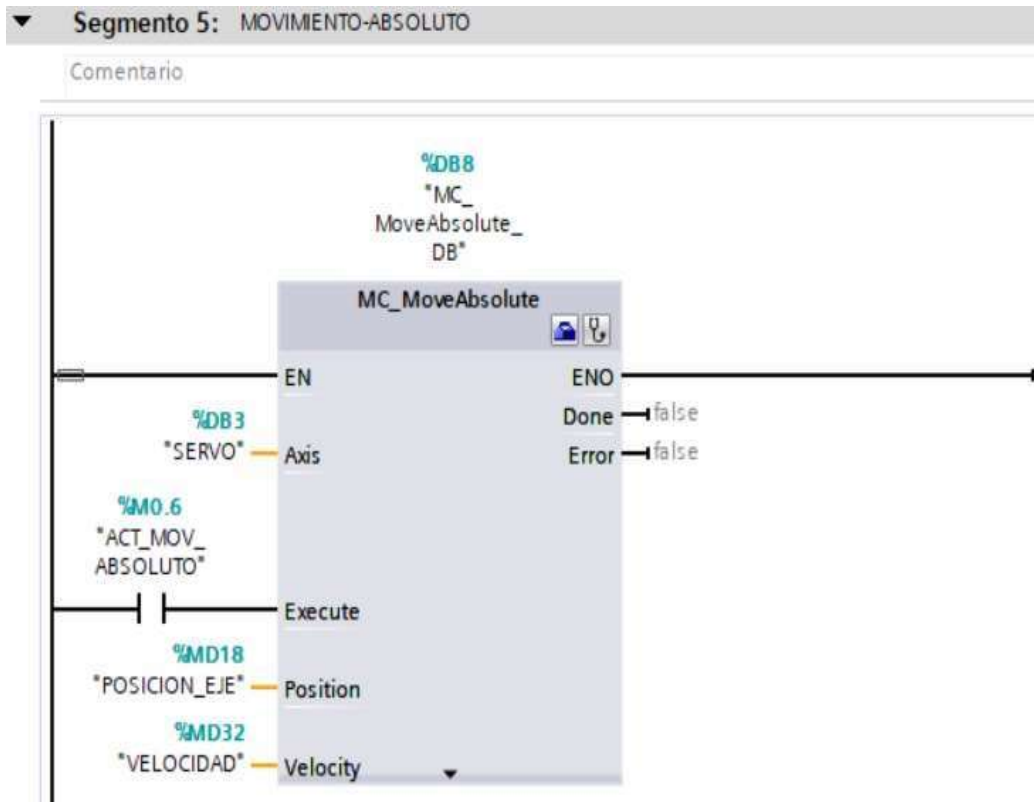
61. En el mismo segmento 4 agregamos un **NORM\_X** y el **SCALE\_X** y escalamos de **0** al **360** también de **0** al **1000**.



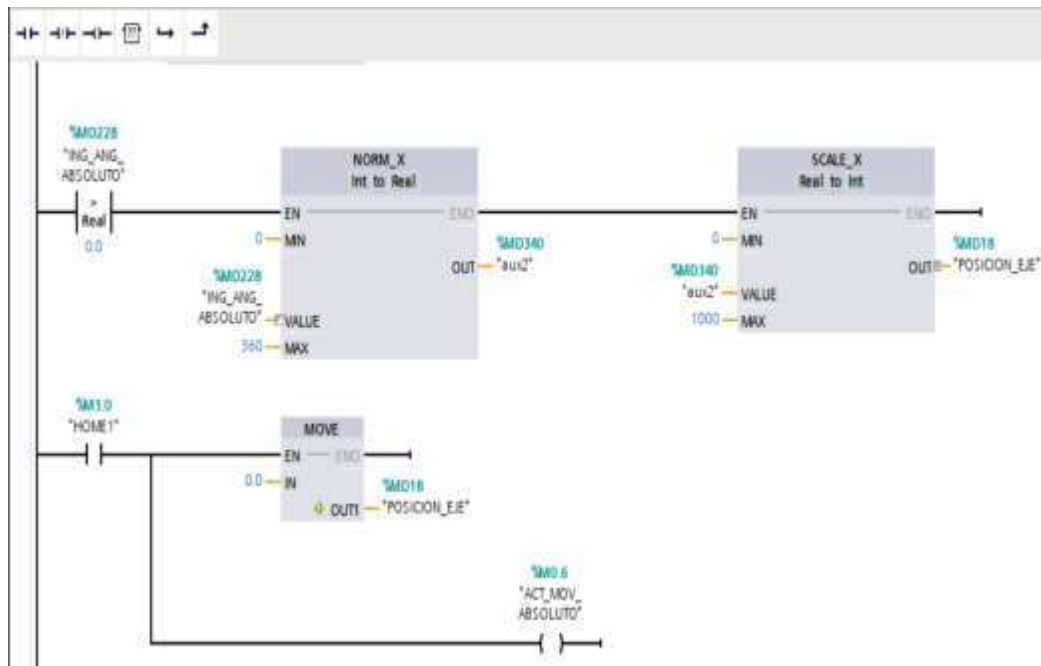
62. De igual manera en el segmento 5 agregamos MC\_MoveAbsolute



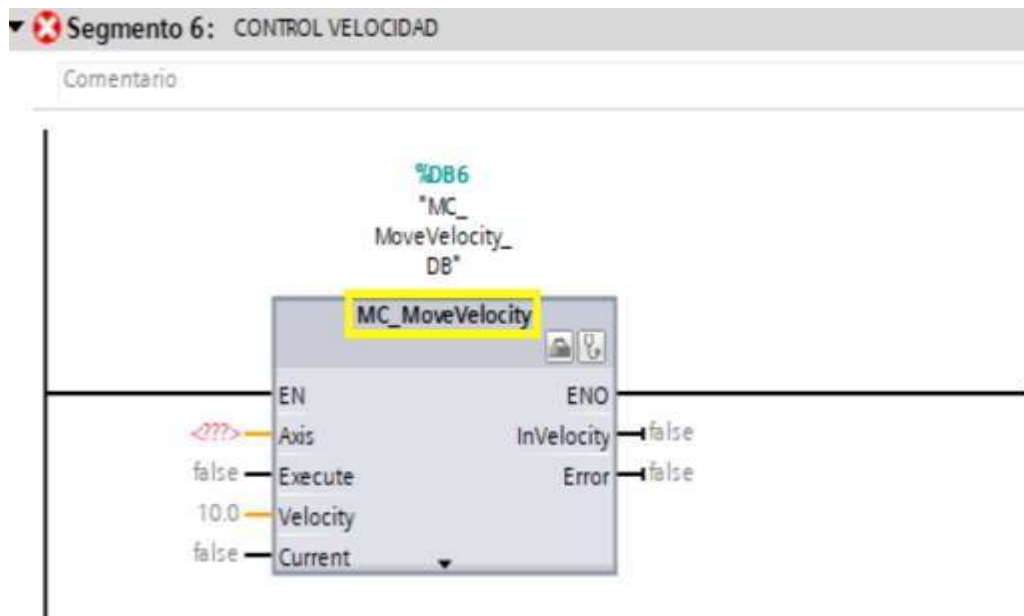
63. Asignamos variables.



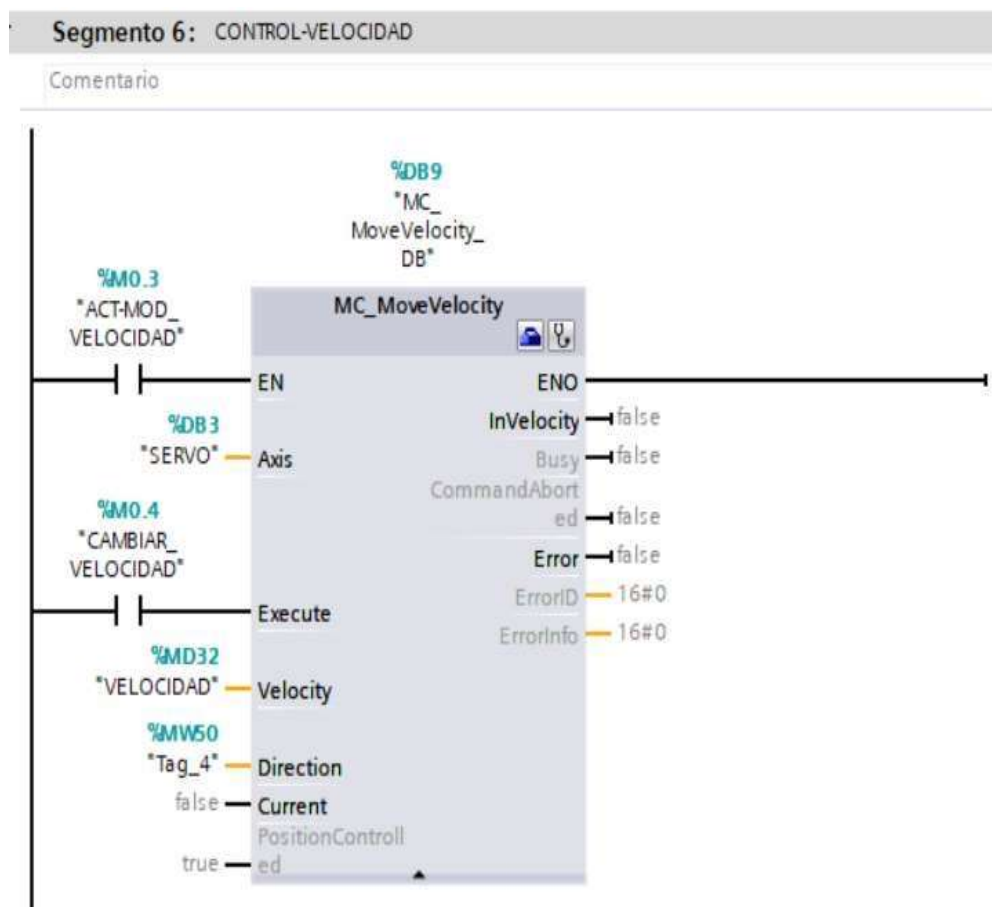
64. En el mismo segmento 5 agregamos **Norm\_X** y también un **Scale\_X** y escalamos de **0 a 360** y de **0 a 100**.



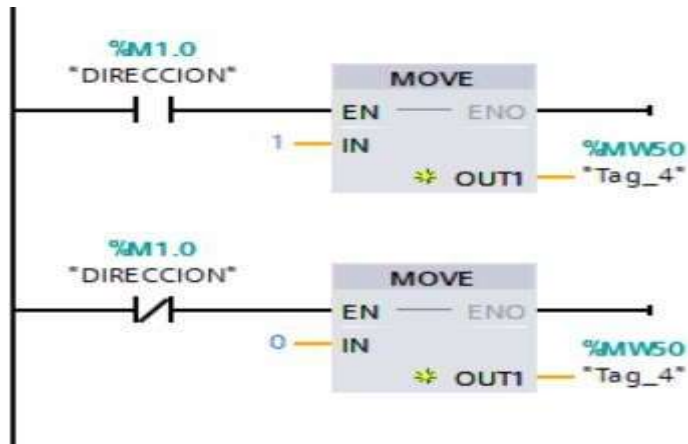
65. En el segmento 6 asignamos nuevo bloque con el Nombre **MC\_MoveVelocity**.



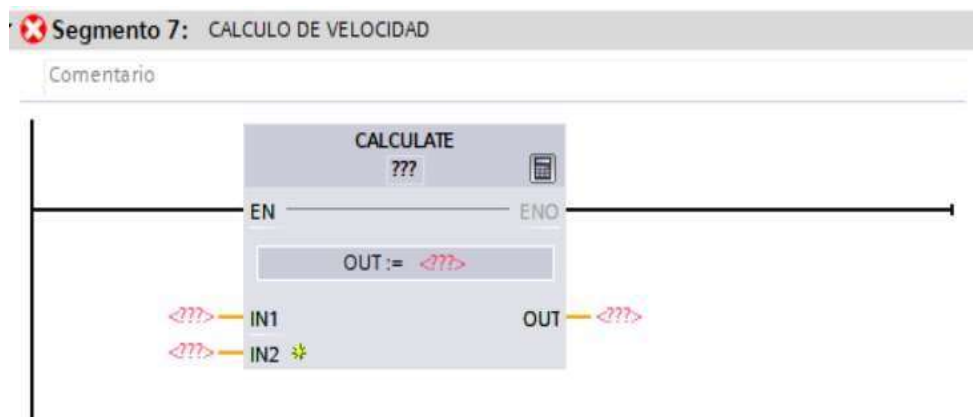
66. Asignamos variables y nos debe quedar como la imagen.



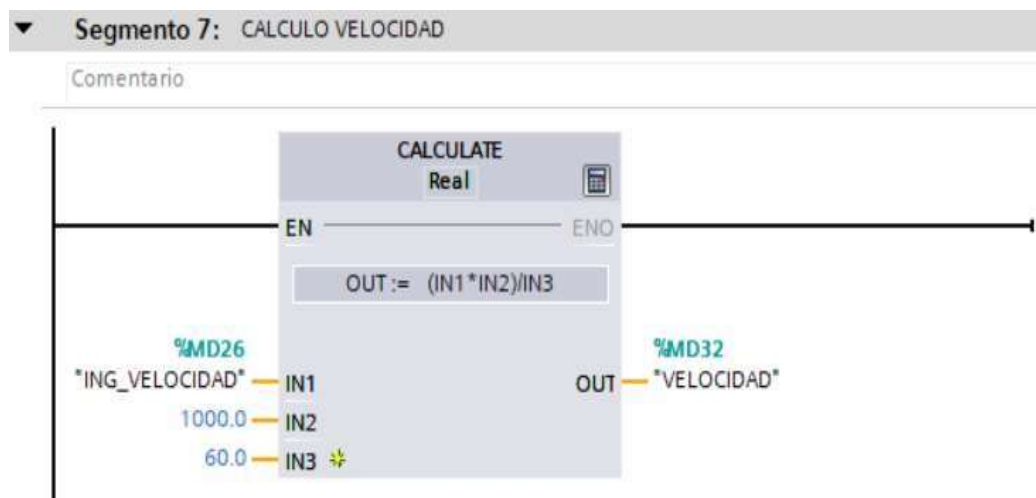
67. En el mismo segmento 6 Asignamos las siguientes variables.



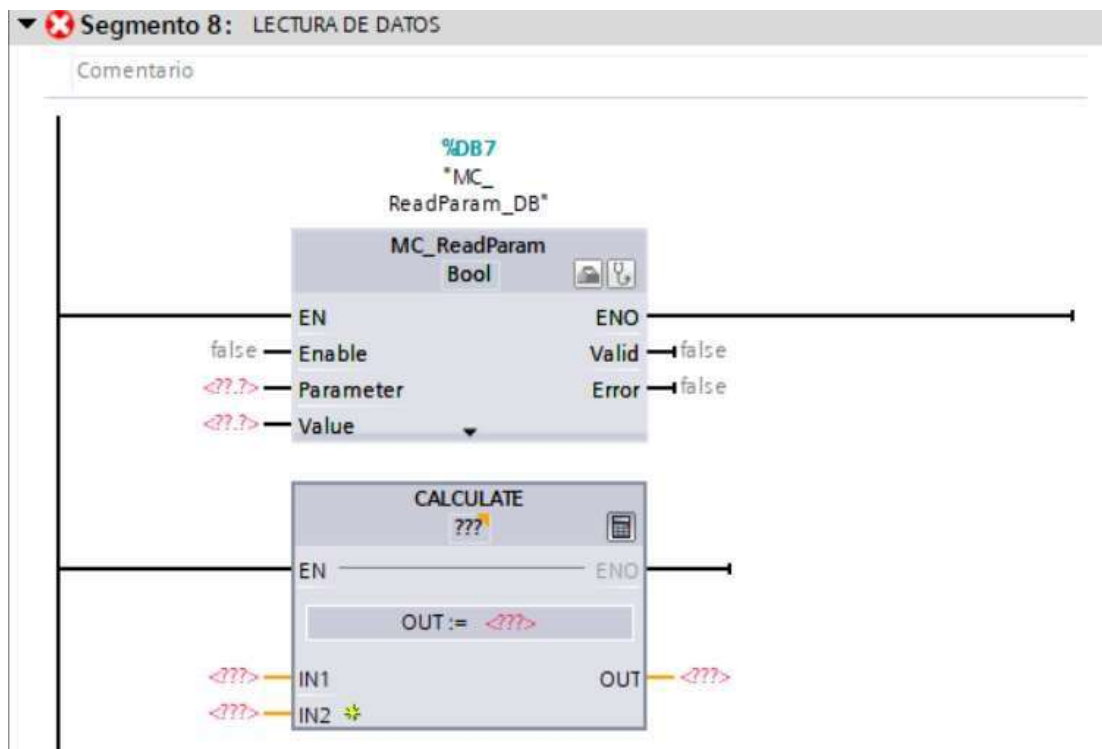
68. Ahora en el segmento 7 agregamos el CALCULATE.



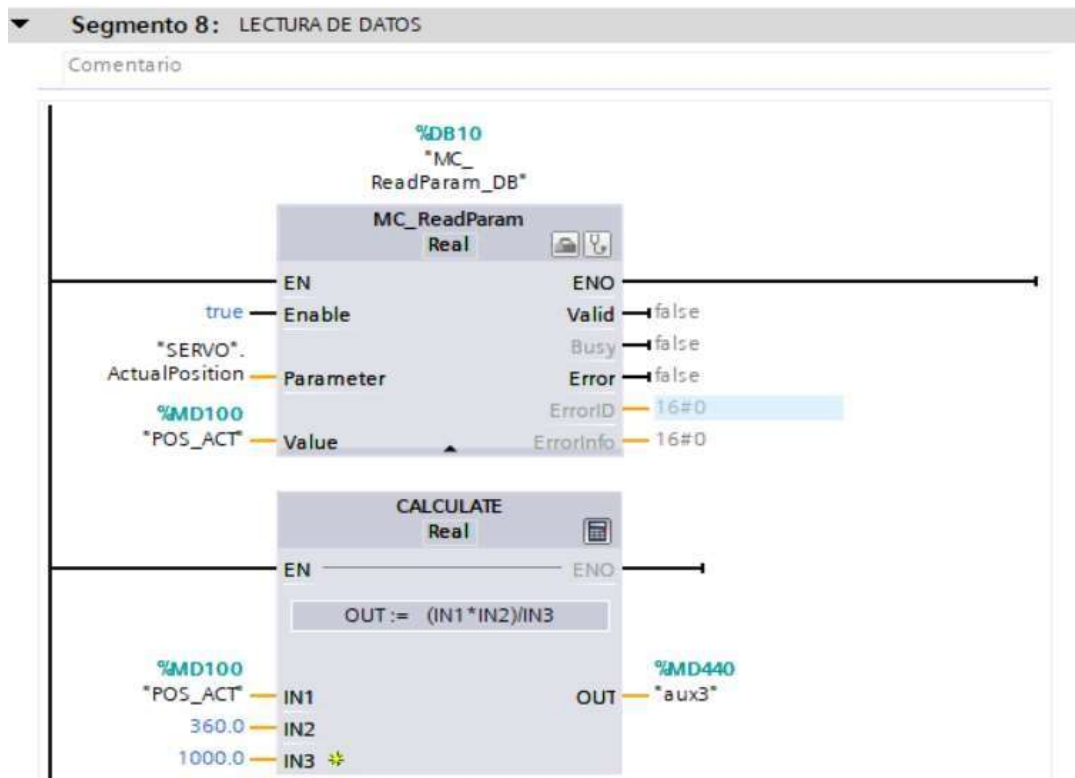
69. Asignamos variables.



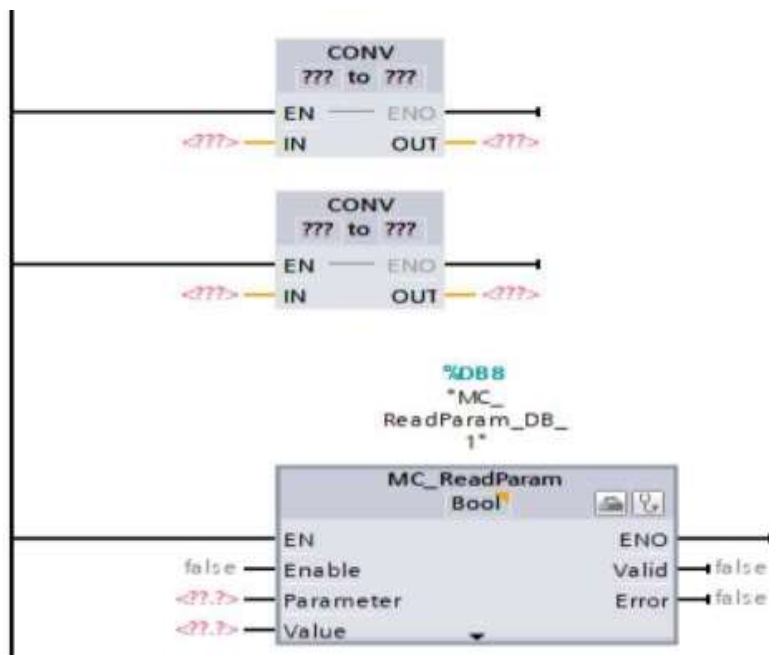
70. En el segmento 8 agregamos un bloque **MC\_ReadParam** y otro bloque **CALCULATE**.



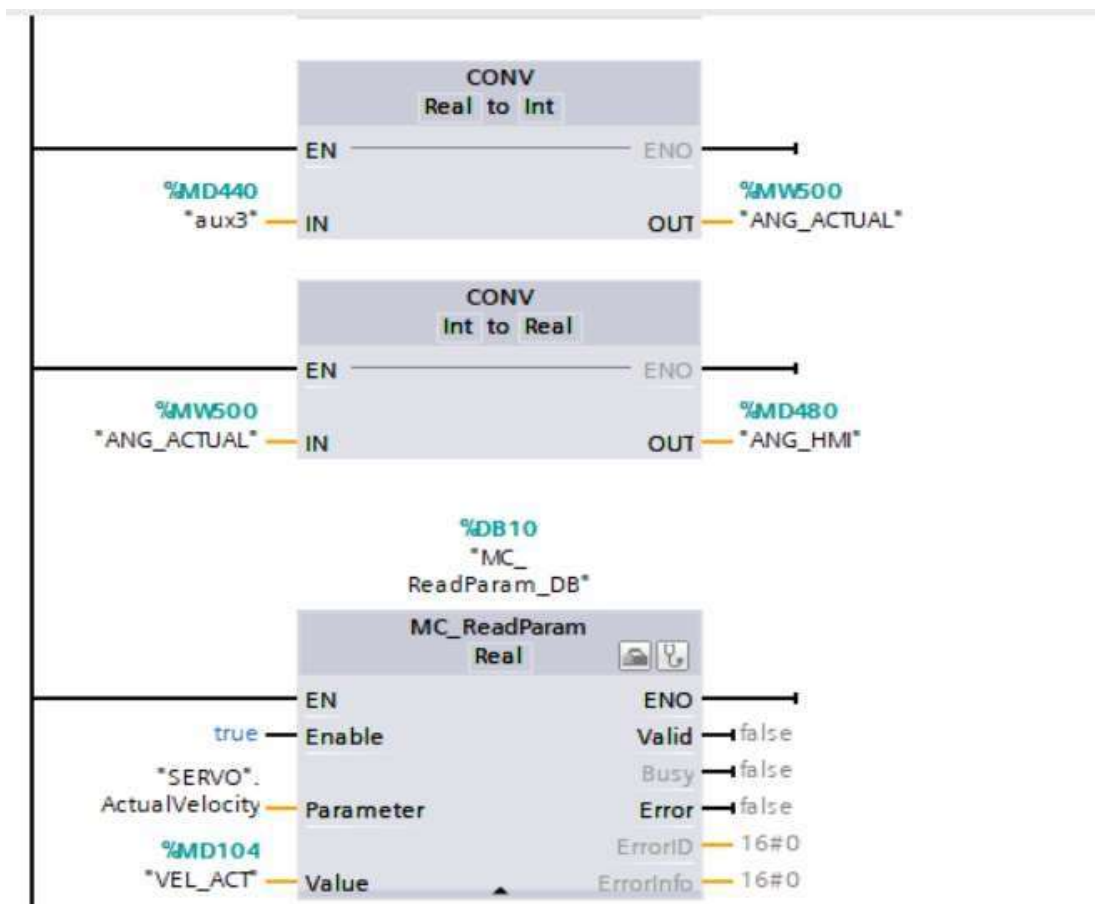
71. Asignamos variables.



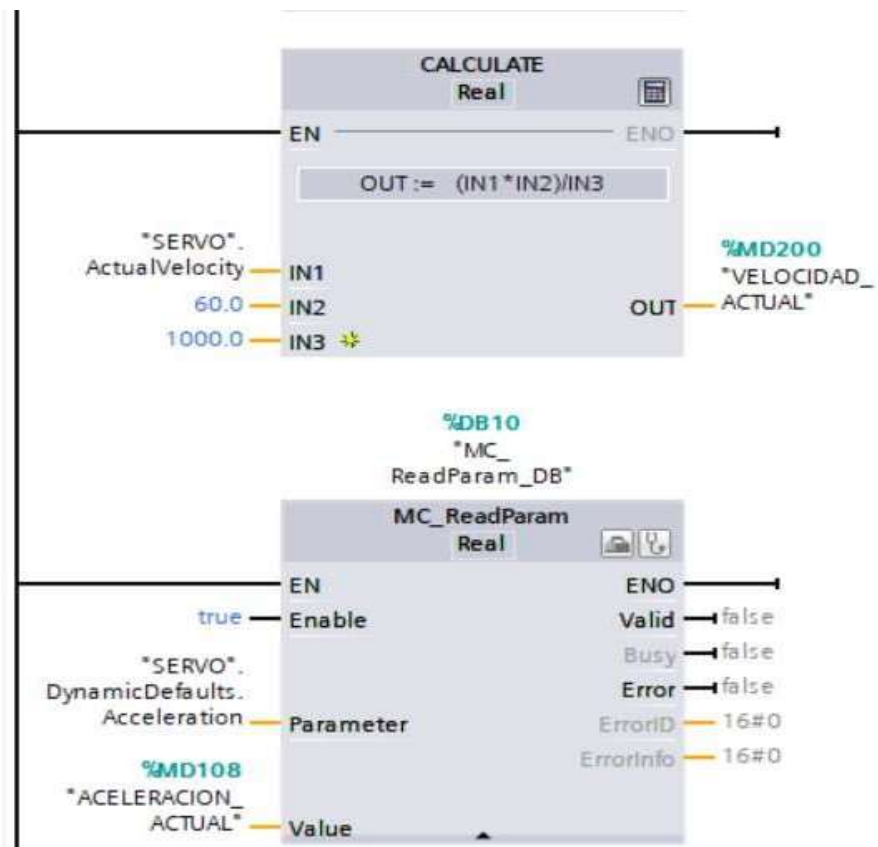
72. En el mismo segmento agregamos un bloque de 2 CONV y un bloque de MC\_ReadParam.



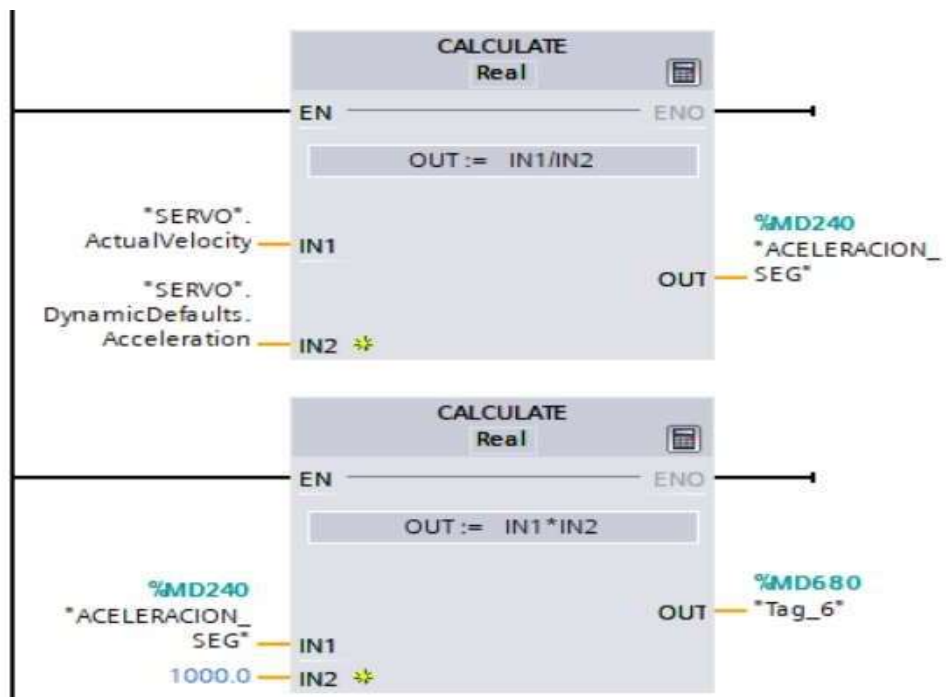
73. Asignamos variables.



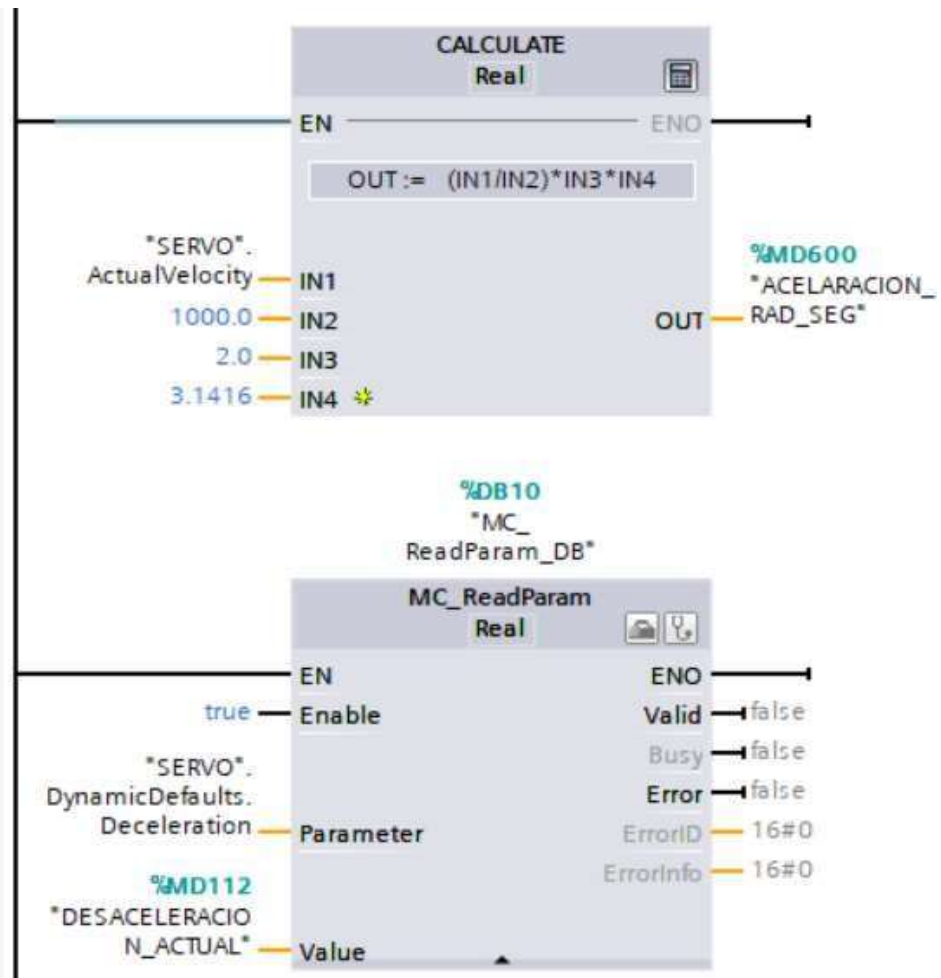
74. En el mismo segmento agregamos los bloques **CALCULATE** y **MC\_ReadParam** y asignamos variables.



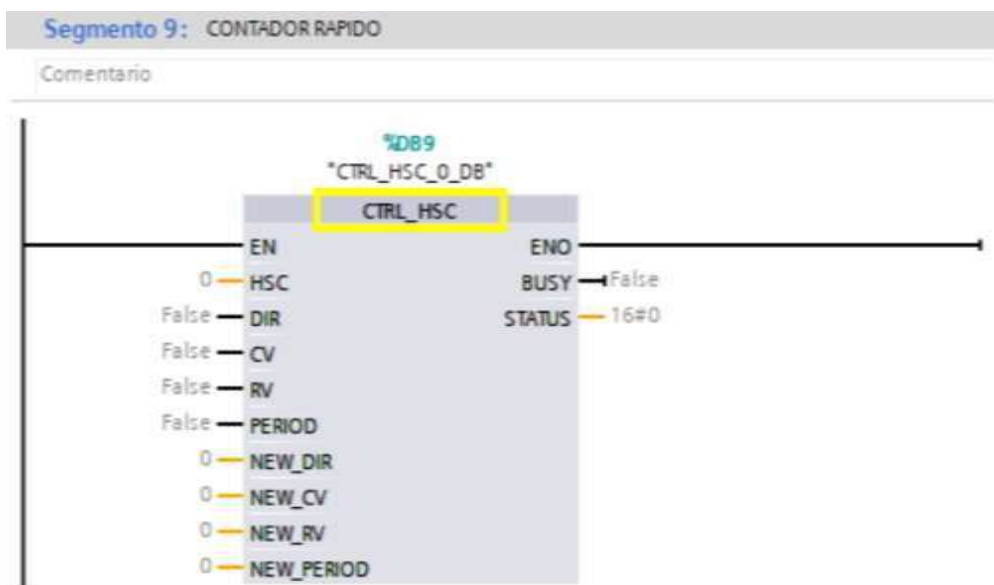
75. Agregamos y asignamos variables en el mismo segmento 8.



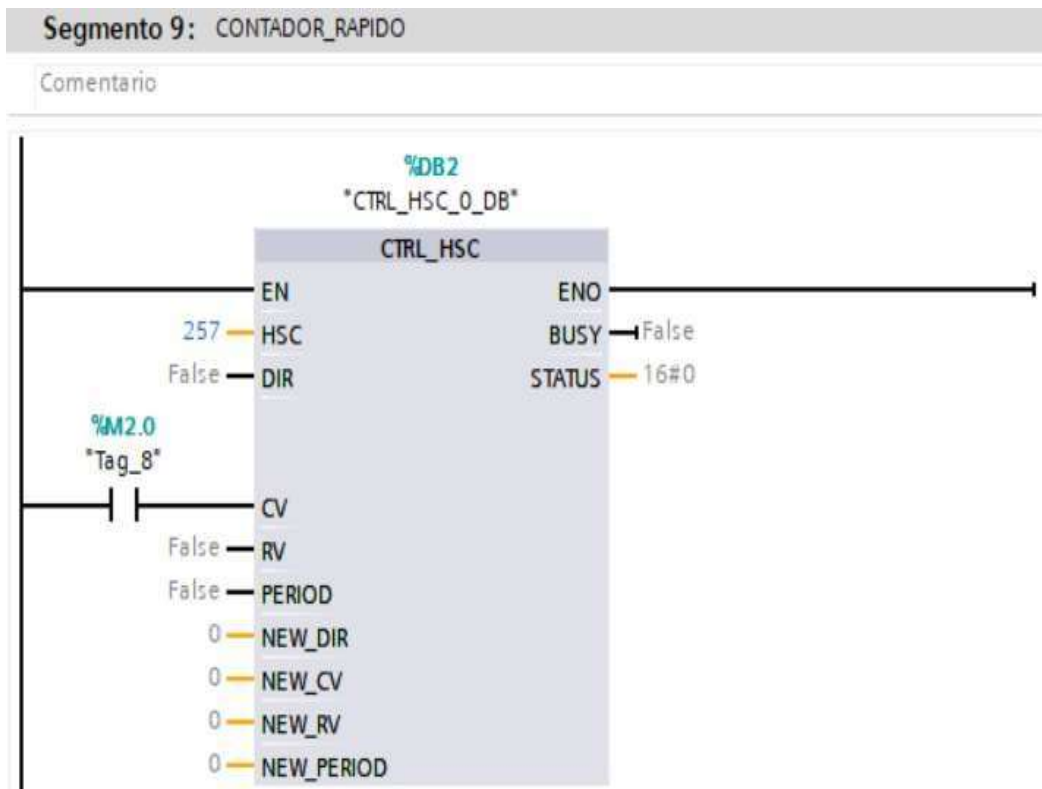
76. De la misma forma agregamos los dos últimos segmentos y asignamos variables.



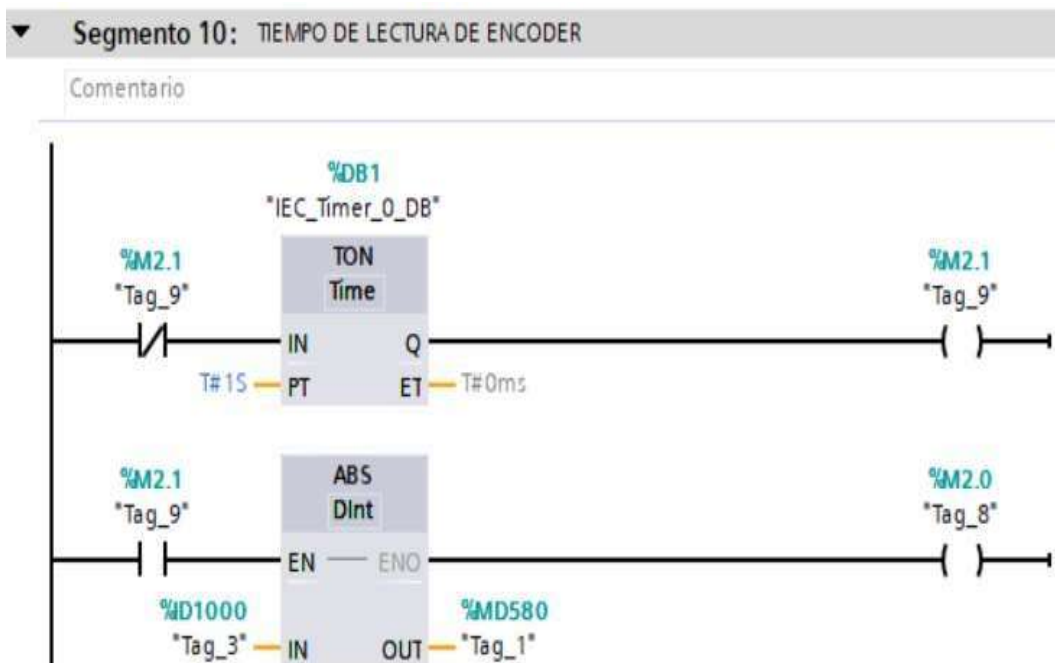
77. Ahora en el segmento 9 agregamos el segmento con el nombre **CTRL\_HSC**.



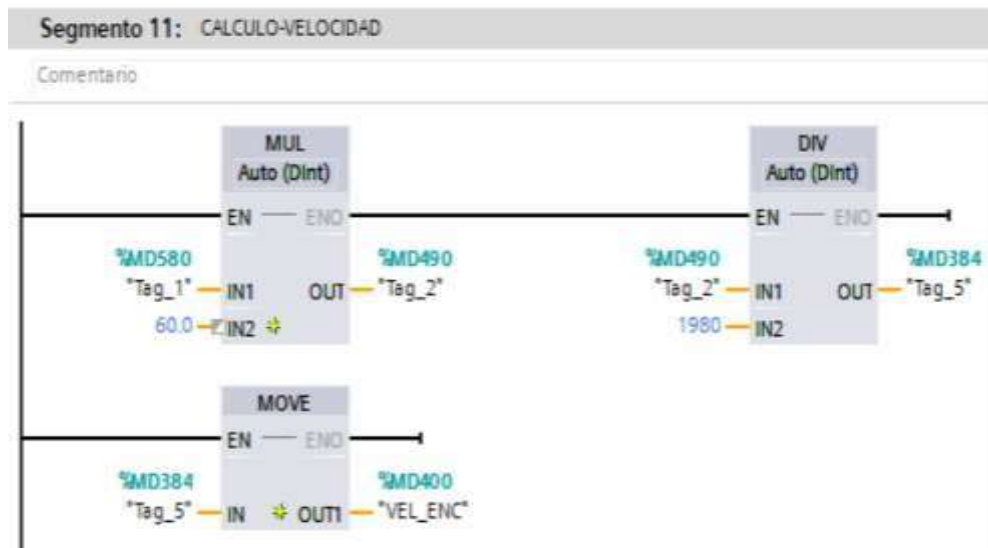
78. Asignamos variables al bloque.



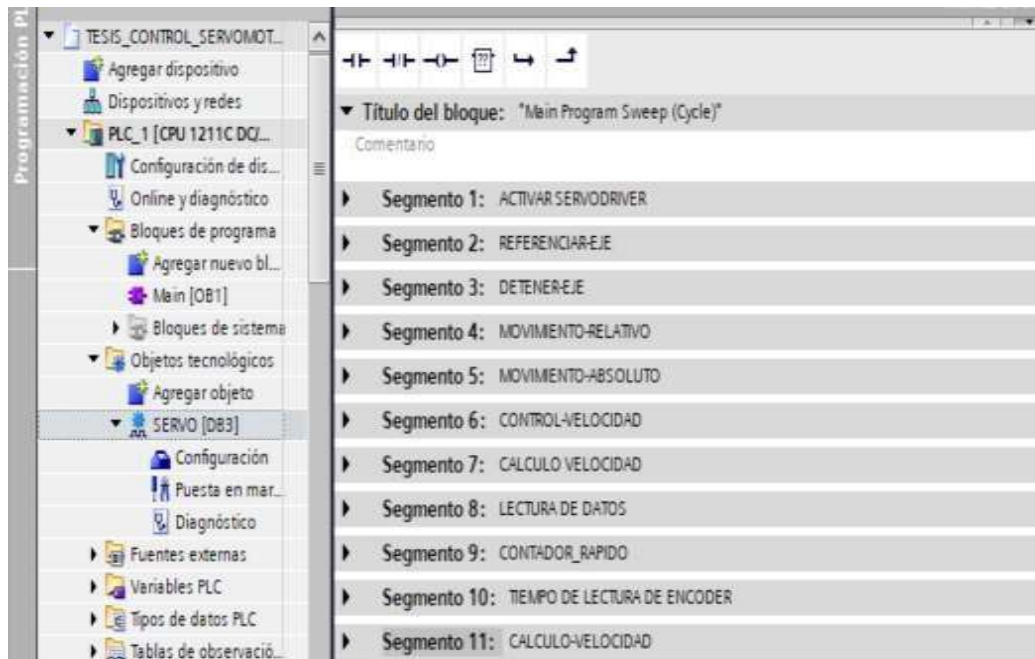
79. En el segmento 10 agregamos 1 TON y un ABS.



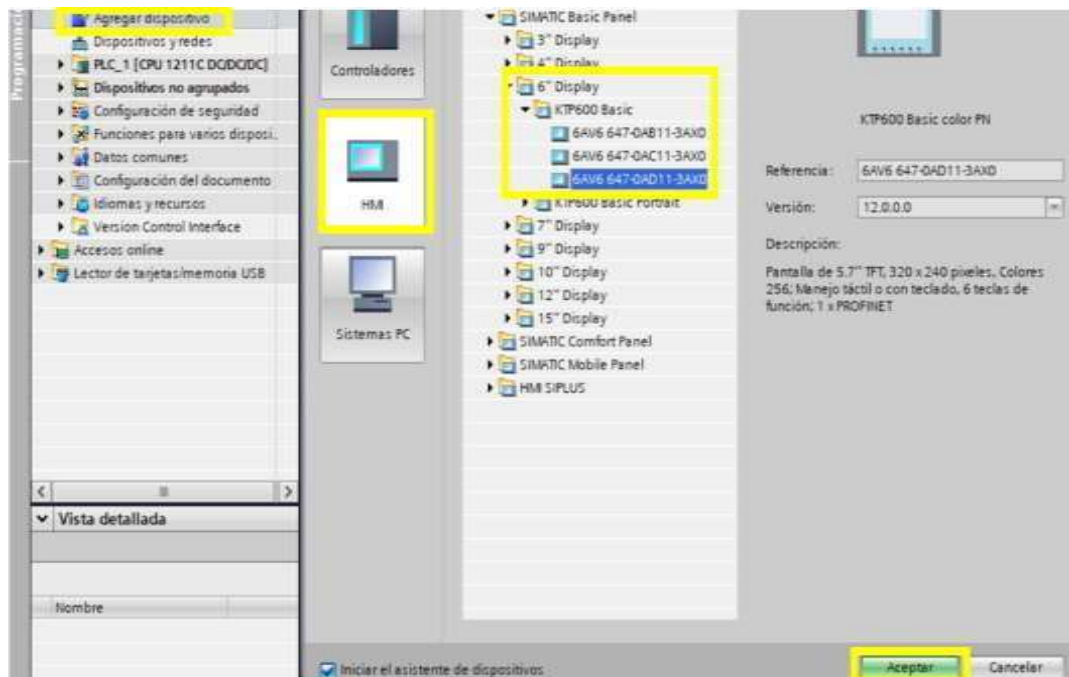
80. Por ultimo en el segmento 11 agregamos y asignamos MUL DIV y MOVE.



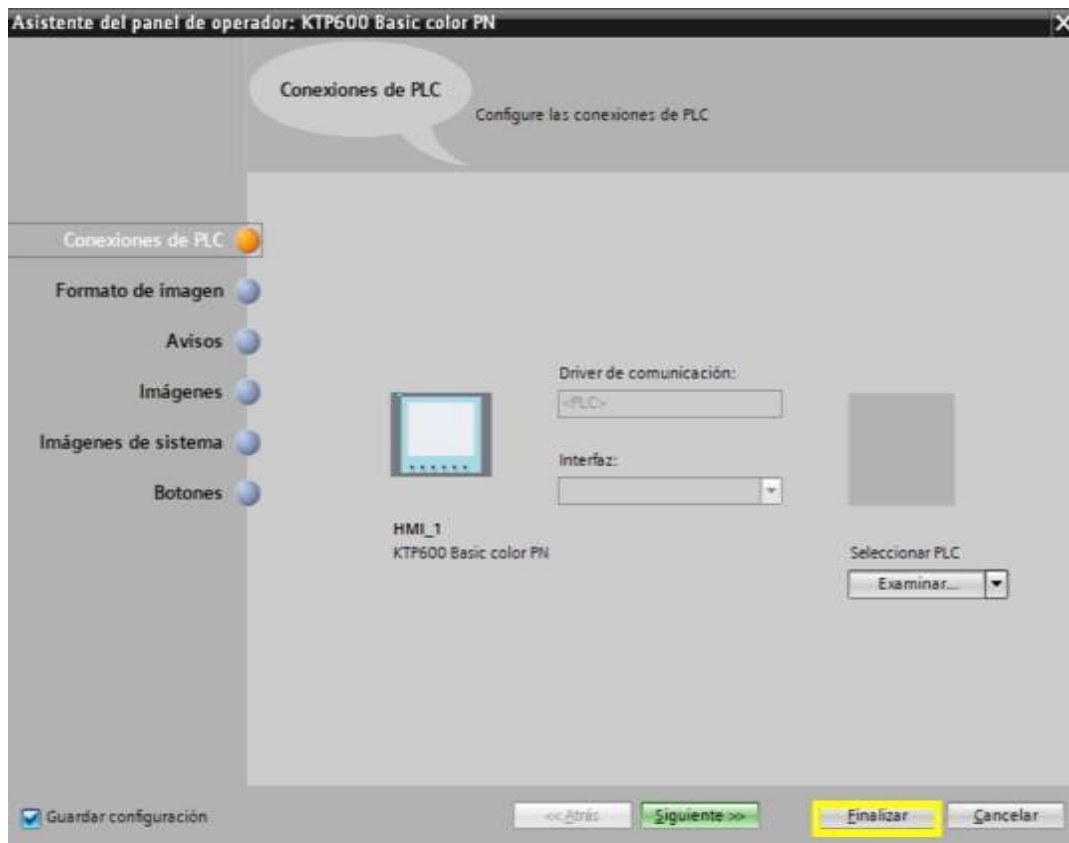
81. Una vez terminado la programación nos debe de quedar los segmentos como se muestra en la imagen.



82. Ahora nos dirigimos a agregar dispositivo elegimos **6" Display** la opción de **KTP600 Basic** y la versión **6AV6-647-0AD11-3AX0** y click en **agregar**.



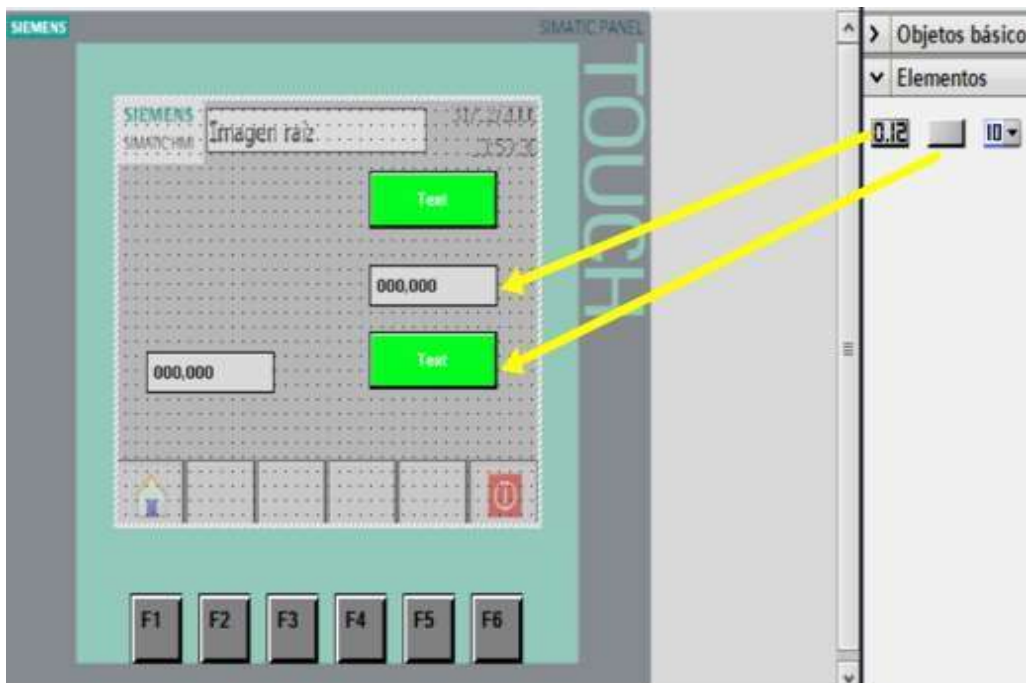
83. Una vez agregada clic en finalizar.



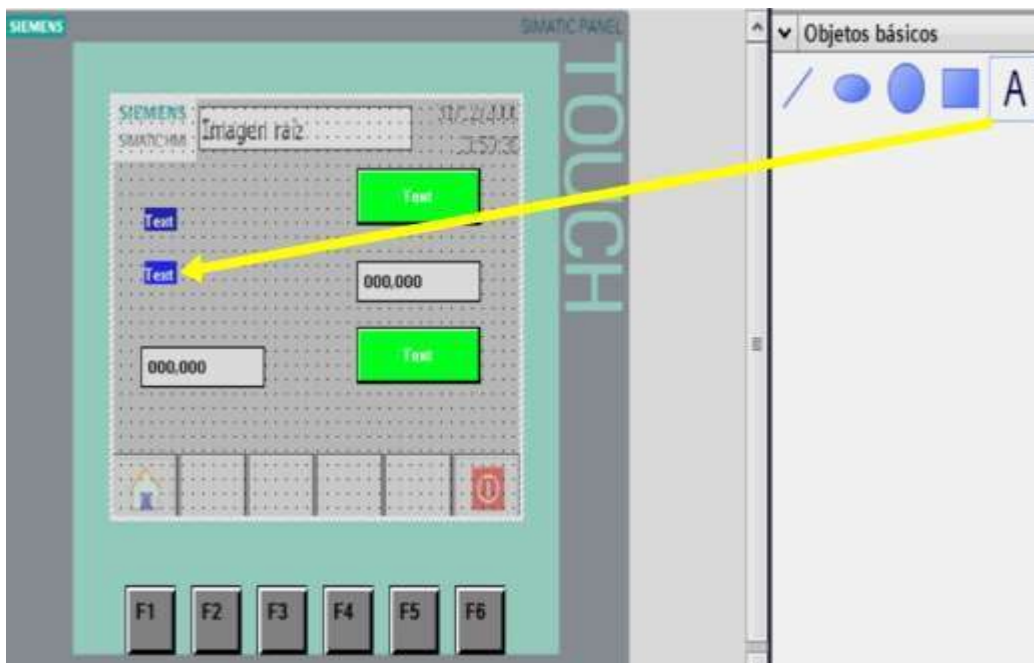
84. Una vez creada la pantalla nos debe de quedar como se muestra en la imagen.



85. Ahora empezamos a agregar los siguientes objetos de la opción de **Elementos** para poder visualizar la practica como se muestra en la imagen.



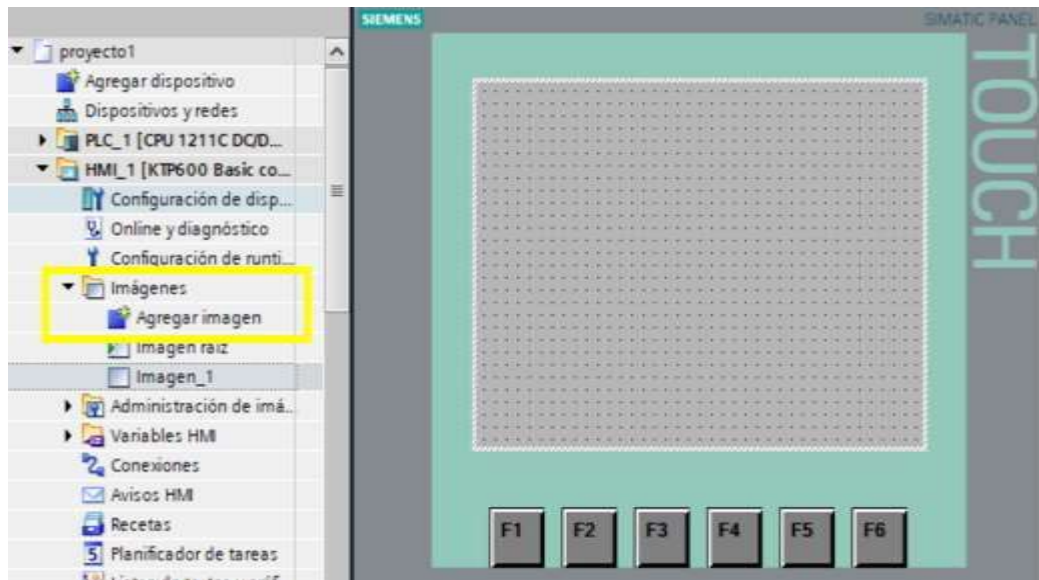
86. Ahora arrastramos el texto para poder colocar los nombres.



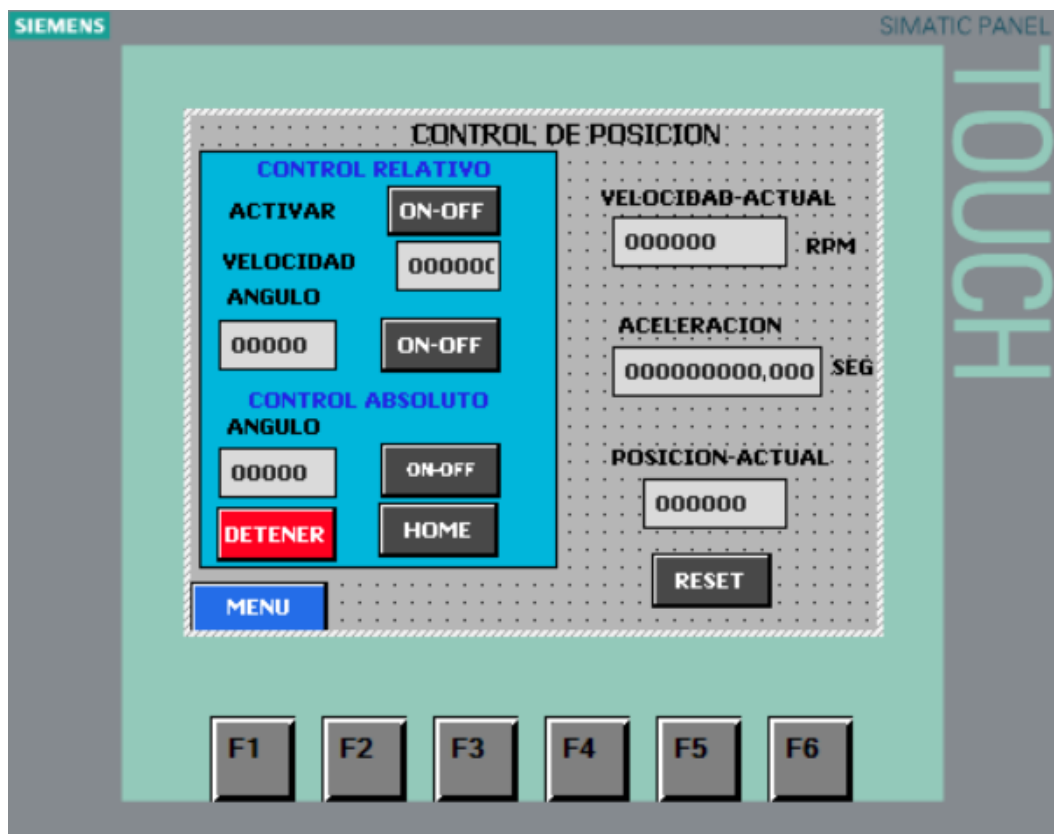
87. Una vez terminado nos debe de quedar de la siguiente manera como se muestra en la imagen.



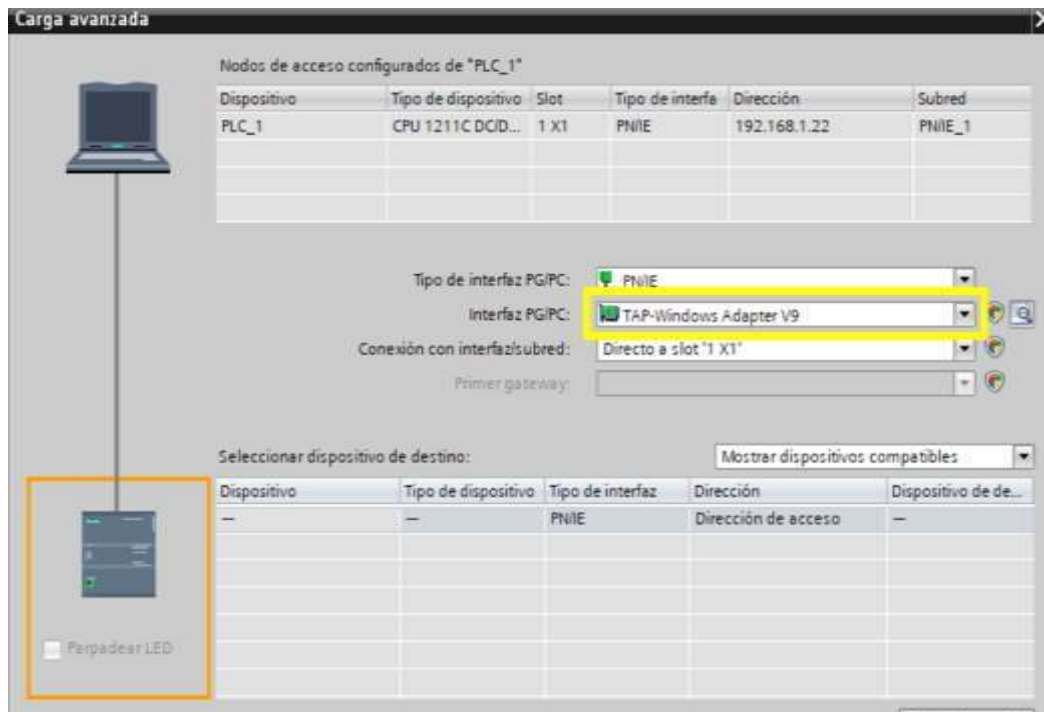
88. De la misma forma ahora nos dirigimos a imágenes y clic en agregar imagen para crear otra imagen.



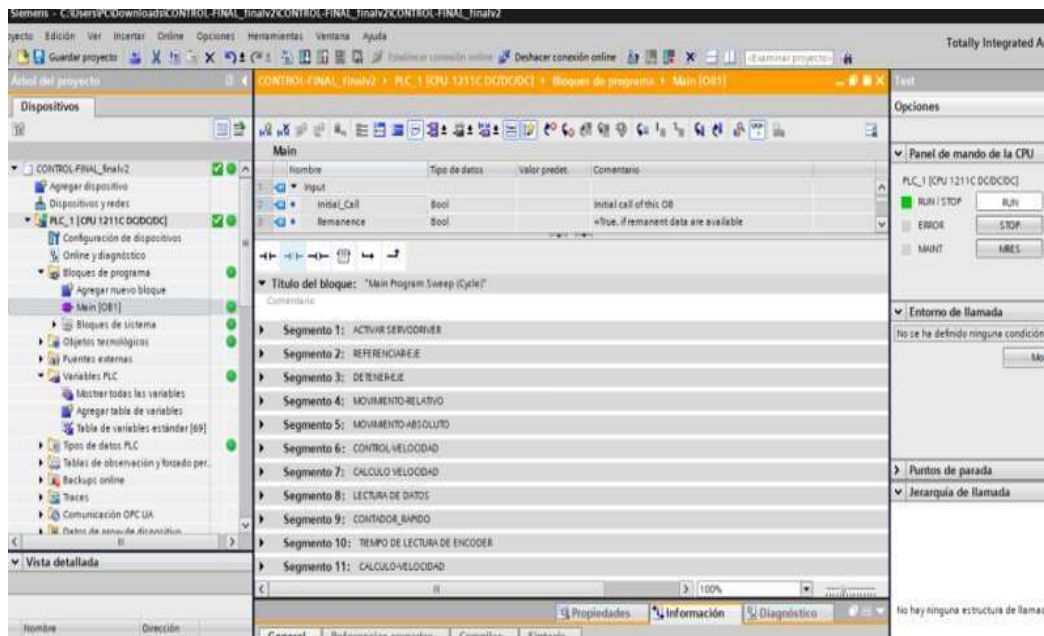
89. Una vez creada agregamos como lo hicimos anteriormente asignamos textos y bloques y nos debe de quedar como se muestra en la imagen.



90. Una vez tengamos las dos imágenes raíz cargamos el Main y las Imagen para esto se nos creó con anterioridad la ruta de conexión Hart la cual se está marcado con el Icono amarillo.



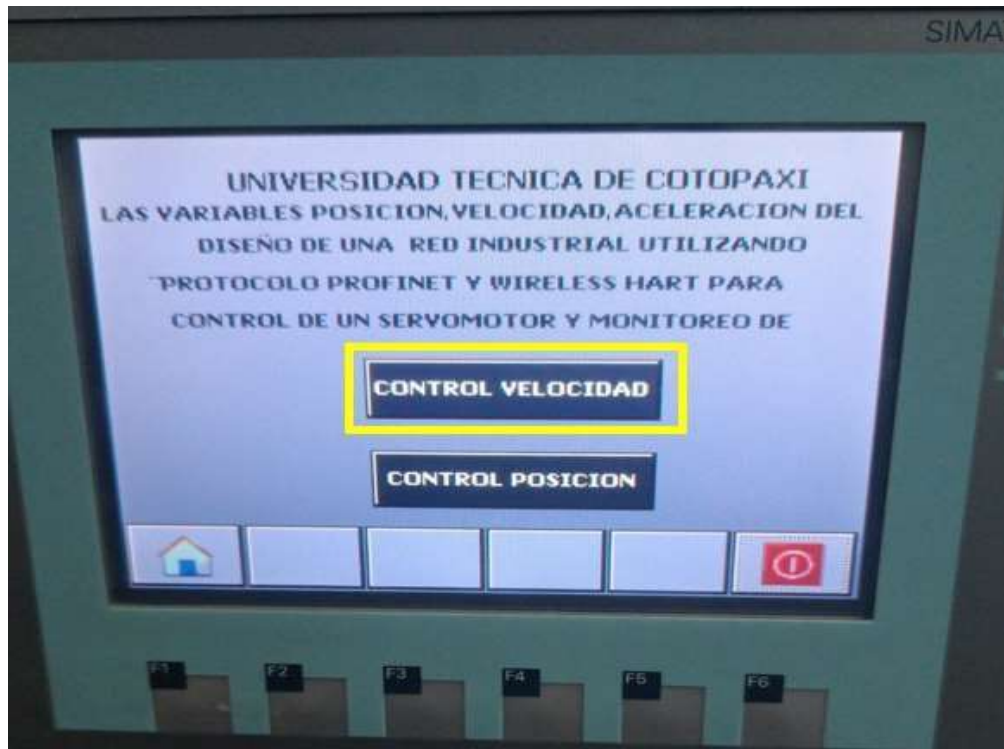
91. Una vez cargado establecemos conexión para poder iniciar con las pruebas.



92. Ahora procedemos a hacer las pruebas en este caso vamos a comenzar con una prueba de velocidad cabe recalcar que el servomotor es de 0 rpm – 2500 rpm para esto procedemos a encender el modulo.



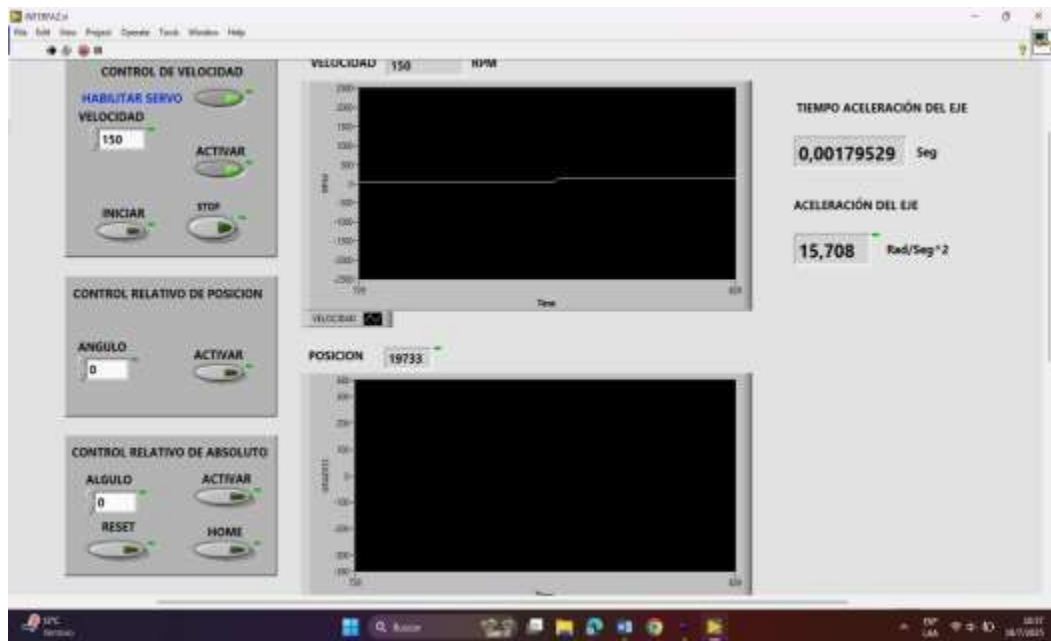
93. Nos dirigimos a la opción de control de velocidad como se muestra en el HMI.



94. En esta primera prueba lo realizamos con 150 rpm y podemos visualizar el funcionamiento correcto.



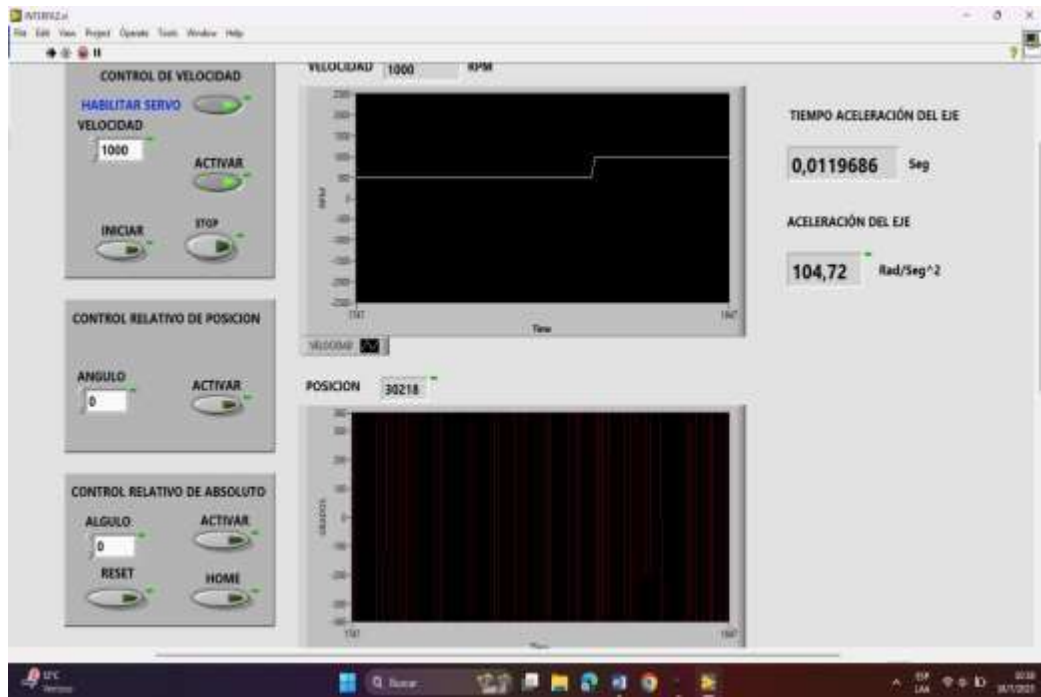
95. De la misma manera podemos observar en la aplicación LabVIEW en mismo valor, pero aquí podemos visualizar la onda del arranque al acelerar.



96. Realizamos la siguiente prueba ahora con 1000 rpm.



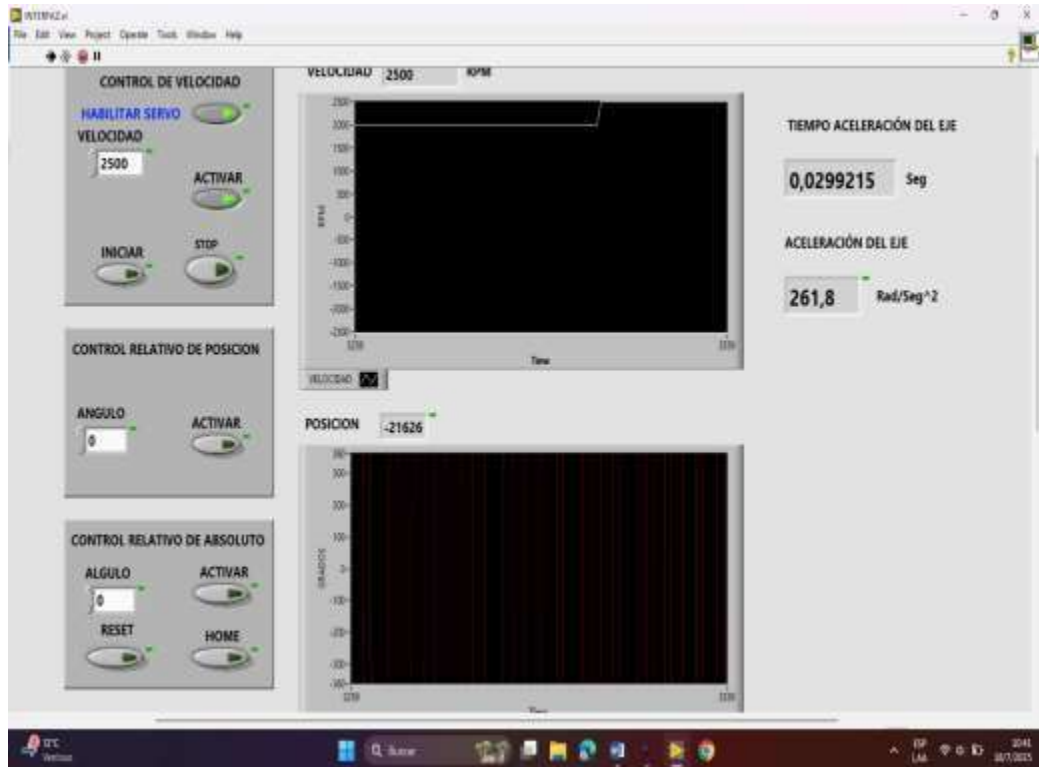
97. De la misma manera podemos ver como la aceleración ha aumentado.



98. De la misma manera hacemos una prueba el máximo de 2500 rpm.



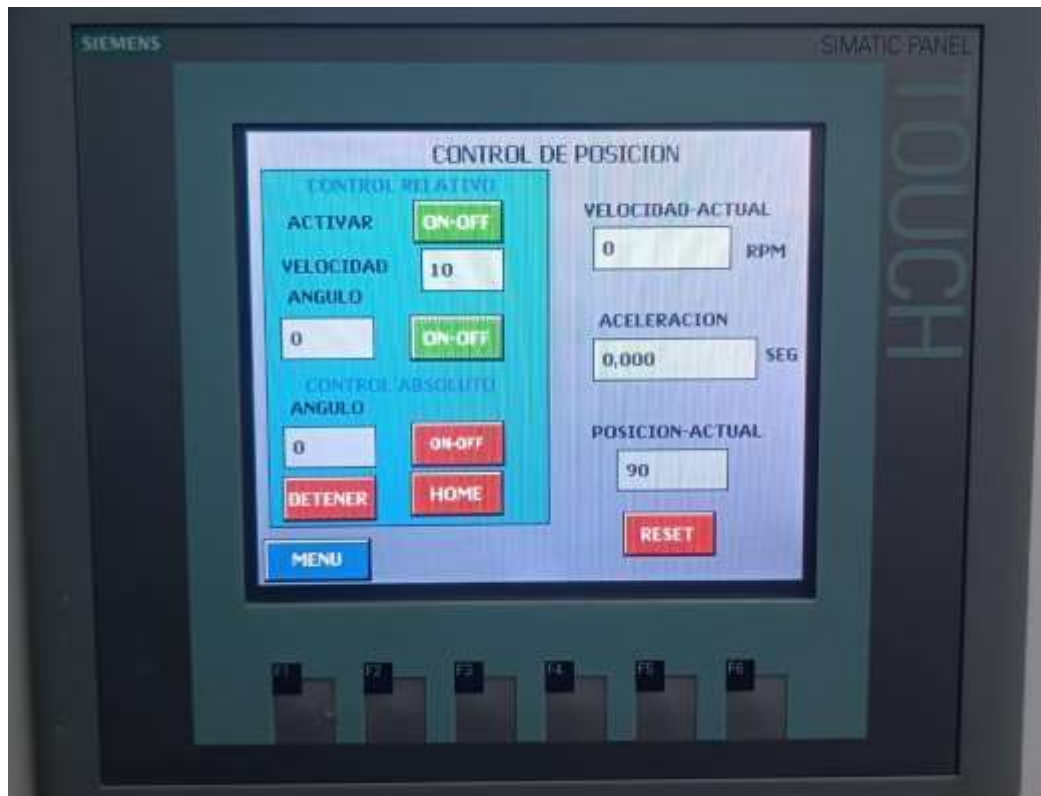
99. Podemos observar máximo 2500 rpm.



100. Ahora procedemos a hacer las pruebas de los ángulos en este caso vamos a colocar un Angulo de 90 grados para esto observamos el motor con el perno que tenemos colocado como muestra de referencia.



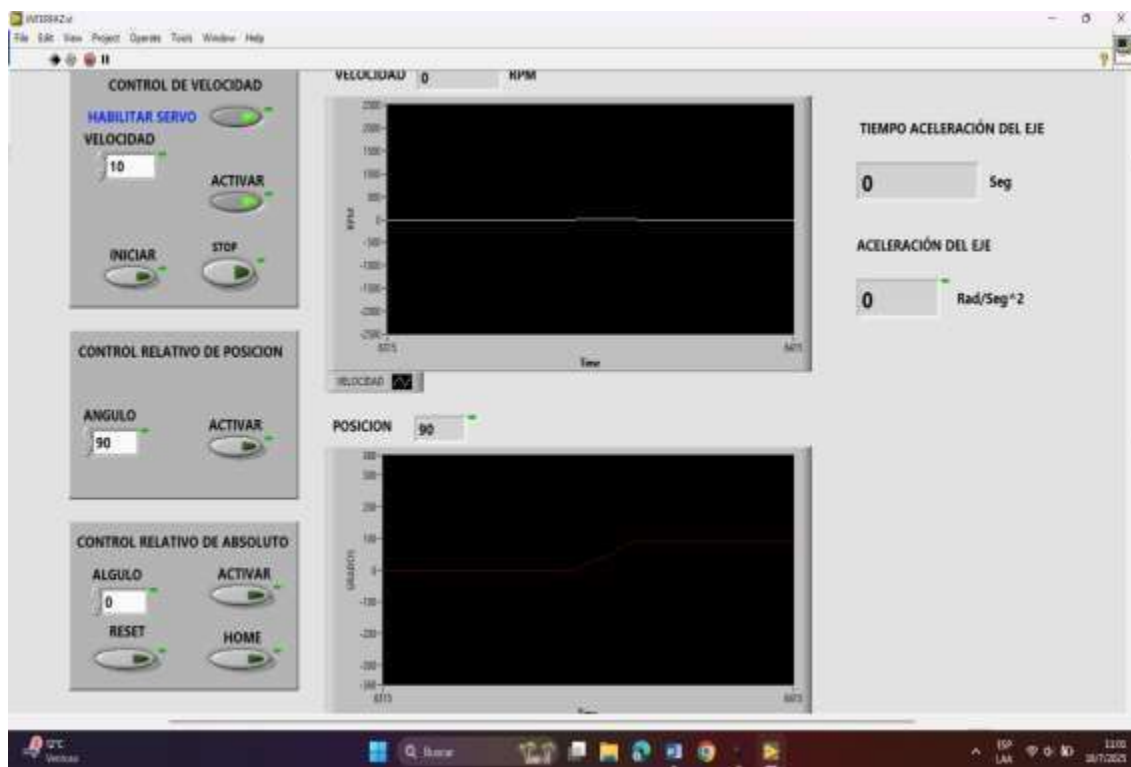
101. Ahora colocamos en el HMI 90 grados para poder ejecutar la acción.



102. Una vez realizado el comando podemos observar que el motor ha girado 90 grados de su eje de referencia.



103. Prueba de Angulo.



## ACTA DE ENTREGA

Nosotros Pillapaxi Moro Carlos Daniel con CI: 0550240824 y Toaquiza Pucó Kevin Alexis con CI: 0504315573 en calidad de estudiantes de Octavo ciclo paralelo "A" de la carrera de INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, realizamos la entrega del módulo de control industrial el mismo que está ubicado en el laboratorio de PLC, contiene los siguientes elementos:

| Material              | Cantidad | Marca           | Modelo                |
|-----------------------|----------|-----------------|-----------------------|
| Termo magnéticos (3P) | 1        | LS              | BKN-b C32             |
| termo magnéticos (2P) | 1        | CHNT            | NXB-63 C10            |
| PLC                   | 1        | SIEMENS S7-1200 | CPU 1211C DC/DC/DC    |
| Gateway PLC           | 1        | HF              | HF9606W               |
| Panel Básico HMI      | 1        | SIEMENS         | KTP600 Basic color PN |
| AC Servo Drive        | 1        | YUHAI           | SG-30A                |
| AC Servo Motor        | 1        | YUHAI           | 110JK-M04020LF        |
| Encoder               | 1        | OMRON           | E6B2-CW23E            |
| Fuente Conmutada      | 2        | VICTORIALE D    | VL-F24V 5A            |

Por la atención a la presente anticipamos nuestros agradecimientos

Atentamente:



Ing. Luis Eduardo Hinojosa

C.C. 0502365810



Pillapaxi Moro Carlos Daniel

C.C. 0550240824



Toaquiza Pucó Kevin Alexis

C.C. 0504315573