

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**  
**SEDE DE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA**

**IMPLEMENTACIÓN DE RED PROFINET Y MODBUS/TCP PARA  
COMUNICACIÓN ENTRE CONTROLADORES EN EL LABORATORIO DE  
CONTROL.**

Trabajo de Titulación para optar al Título  
Profesional de INGENIERA DE  
EJECUCIÓN EN CONTROL E  
INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

Alumna:

Judith del Carmen Carvallo Carvallo.

Profesor Guía:

Nelson Vásquez Concha

### ***Dedicatoria***

Quisiera en primera instancia agradecer a cada persona que me ayudo, aconsejó y confió en que lograría esto. También extender estos agradecimientos a cada profesional de la universidad que me brindo su apoyo o ayuda, en especial el profesor Nelson Vásquez, el profesor Iván Acencio y la psicóloga Leslie Delteil.

Continuando, quiero agradecer a cada amigo y amiga que siempre estuvieron dándome ánimos, apoyo y aconsejándome en todo momento, gracias a ustedes tuve compañía en este gran proceso.

Además, agradecer a mi pequeña y gran familia, sin ustedes no seria lo que soy, sin ustedes muchas cosas en mi vida no las lograría, gracias por siempre ser y estar conmigo.

Por último, dicen que lo mejor es para el final y efectivamente mis agradecimientos de corazón son para mi querido tío, gracias a su apoyo estoy escribiendo esto, gracias a sus consejos elegí este camino, gracias a el tengo todo en mi vida. Sin ti mi querido viejo no seria nadie, gracias por tanto tío Tito.

## **Resumen**

Al existir una coexistencia de diversos equipos y componentes de diferentes fabricantes en un entorno industrial, surgen dificultades para intentar establecer comunicación entre ellos. Aquí radica la importancia crucial de dar solución a este problema que se presenta al establecer comunicaciones industriales, en lo particular, utilizando protocolos diversos.

Estas comunicaciones juegan un papel fundamental en la efectividad y eficiencia de los procesos, es por esto, que, frecuentemente se utilizan diferentes formas para lograr dicha comunicación.

Este trabajo de título aborda la implementación de una red de comunicación basada en los protocolos PROFINET y MODBUS/TCP para facilitar la interconexión y comunicación eficiente entre dos controladores de diferentes fabricantes ubicados en el laboratorio de control de la carrera.

## **Índice de Materias**

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| Resumen                                                          | 3  |
| Glosario                                                         | 6  |
| Capítulo I                                                       | 7  |
| 1. Introducción                                                  | 1  |
| 1.1 Descripción del problema                                     | 2  |
| 1.2 Objetivo general                                             | 2  |
| 1.3 Objetivos específicos                                        | 2  |
| 1.4 Alcance de la propuesta.                                     | 2  |
| Capítulo II                                                      | 1  |
| 2. Levantamiento de componentes e información de softwares.      | 4  |
| 2.1 PLC S7-1200 CPU 1212C AC/DC/RLY de SIEMENS                   | 4  |
| 2.2 PLC Modicon M221 de Schneider Electric                       | 5  |
| 2.3 Periferia Simatic ET 200SP                                   | 5  |
| 2.4 Acoplador Modbus/TCP de Helmholz                             | 6  |
| 2.5 TIA PORTAL (Totally Integrated Automation Portal)            | 7  |
| 2.6 EcoStruxure Machine Expert Basic                             | 8  |
| Capítulo III                                                     | 4  |
| 3. Estudio de protocolos de comunicación                         | 9  |
| 3.1 Red de comunicación PROFINET                                 | 9  |
| 3.2 Red de comunicación MODBUS/TCP.                              | 10 |
| Capítulo IV                                                      | 9  |
| 4. Comunicación de diferentes protocolos a través de TIA PORTAL  | 13 |
| 4.1 Desarrollo de la implementación para comunicación PROFINET   | 13 |
| 4.2 Desarrollo de la implementación para comunicación MODBUS/TCP | 15 |
| 4.3 Topología de Red.                                            | 22 |
| Conclusiones y Recomendaciones.                                  | 24 |
| Bibliografía y Linkografía                                       | 25 |
| Anexos.                                                          | 25 |

## Índice de Figuras

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2-1. PLC S7-1200 de SIEMENS. _____                                                      | 4  |
| Figura 2-2. PLC Modicon M221 de SCHNEIDER ELECTRIC. _____                                      | 5  |
| Figura 2-3. Periferia Simatic ET-200 SP _____                                                  | 6  |
| Figura 2-4. Acoplador MODBUS/TCP de HELMHOLZ _____                                             | 7  |
| Figura 2-6. EcoStruxure Machine Expert Basic _____                                             | 8  |
| Figura 4-1. Software TIA PORTAL V17 _____                                                      | 13 |
| Figura 4-2. Conexión de dispositivos en TIA PORTAL _____                                       | 14 |
| Figura 4-3. Código en KOP para comunicación PROFINET _____                                     | 14 |
| Figura 4-5. Bloque MB_CLIENT _____                                                             | 16 |
| Figura 4-6. Bloque de datos de configuración MB_CLIENT. _____                                  | 17 |
| Figura 4-7. Bloque MB_SERVER. _____                                                            | 17 |
| Figura 4-8. Bloque de datos de configuración MB_SERVER. _____                                  | 18 |
| Figura 4-9. Configuración periferia TB20-C _____                                               | 18 |
| Figura 4-10. Código KOP para recibir datos a través de MODBUS/TCP. _____                       | 19 |
| Figura 4-11. Código KOP para enviar datos a través de MODBUS/TCP. _____                        | 19 |
| Figura 4-12. Bloque de datos donde se registran datos enviados y recibidos. _____              | 20 |
| Figura 4-13. Configuración de IP en software EcoStruxure Machine Expert Basic ____             | 20 |
| Figura 4-14. Código LADDER para enviar datos. _____                                            | 21 |
| Figura 4-15. Código LADDER para recibir datos. _____                                           | 21 |
| Figura 4-16. Tabla de animación donde quedan registrados los datos enviados y recibidos. _____ | 22 |
| Figura 4-17. Topología de red de la implementación. _____                                      | 23 |

## **Glosario**

### **PLC (Controlador Lógico Programable):**

Dispositivo electrónico programable utilizado en sistemas de automatización industrial para controlar procesos. Ejecuta lógica de control basada en un programa almacenado y se comunica con otros dispositivos para supervisar y gestionar operaciones.

### **Red de Comunicación:**

Infraestructura que permite la transferencia de datos entre dispositivos. En el contexto industrial, las redes de comunicación conectan PLC's, HMI, periféricas y otros equipos, facilitando la interacción y el intercambio de información.

### **TIA PORTAL (Totally Integrated Automation Portal):**

Plataforma de software que proporciona un entorno integrado para el diseño, la programación y el mantenimiento de sistemas de automatización industrial. Facilita la configuración y gestión de dispositivos como PLC's, periféricas, HMI, entre otros pertenecientes al fabricante SIEMENS.

### **Periféricas:**

Dispositivos adicionales conectados a un sistema principal, como un PLC, para realizar funciones específicas. En sistemas de automatización, las periféricas incluyen sensores, actuadores, módulos de entrada/salida, entre otros.

### **HMI (Interfaz Hombre-Máquina):**

Pantalla gráfica que proporciona una interfaz visual entre los operadores humanos y el sistema de control. Permite la supervisión y la interacción con los procesos industriales, mostrando información de manera intuitiva.

# Capítulo I

## **1. Introducción**

La comunicación efectiva entre dispositivos es esencial para garantizar el funcionamiento óptimo de los sistemas. En este contexto, los Controladores Lógicos Programables (PLC's por sus siglas en inglés) son elementos claves que permiten controlar y supervisar una amplia variedad de procesos industriales. Sin embargo, en entornos donde coexisten PLC's de distintos fabricantes surge el desafío de establecer una comunicación fluida entre ellos.

Este trabajo se enfoca en explorar la interconexión entre dos PLC's de fabricantes diferentes, utilizando dos protocolos de comunicación distintos. Específicamente, se centra en la importancia de esta comunicación para la interconexión de los sistemas y la optimización de los procesos industriales.

Este trabajo se divide en cuatro capítulos para ofrecer una explicación completa de su implementación. En cada uno de ellos se entregan los antecedentes que dan forma a este trabajo escrito que se presenta.

El primer capítulo proporciona los objetivos en los que se sustenta el desarrollo de este trabajo, comenzando con una introducción al proyecto, para luego explicar la justificación del porqué del desarrollo de este tema.

El segundo capítulo aborda el marco teórico, detallando conceptos e información técnica sobre los equipos y softwares empleados en la implementación para este trabajo.

En el tercer capítulo se estudian los protocolos de comunicación utilizados, entregando tanto antecedentes de creación como también datos técnicos necesarios e importantes para su implementación y correcto funcionamiento.

Finalmente, el cuarto y último capítulo aborda la explicación del desarrollo del proyecto, con los detalles de la comunicación realizada y los por menores existente en el logro de esta.

### **1.1 Descripción del problema**

Debido al nuevo equipamiento didáctico que ha llegado al laboratorio de control, se presenta este trabajo de título para implementar la comunicación de dos redes industriales.

### **1.2 Objetivo general**

Establecer el funcionamiento de maleta didáctica para la comunicación industrial de protocolos de distintos fabricantes

### **1.3 Objetivos específicos**

- Realizar levantamiento de los componentes que se encuentran en las maletas didácticas.
- Estudio de protocolos, PROFINET y MODBUS/TCP.
- Comunicación de diferentes protocolos a través de TIA PORTAL.

### **1.4 Alcance de la propuesta.**

- El alcance de este proyecto es establecer la comunicación de dos protocolos industriales diferentes en las maletas didácticas del laboratorio.

## Capítulo II

## 2. Levantamiento de componentes e información de softwares.

### 2.1 PLC S7-1200 CPU 1212C AC/DC/RLY de SIEMENS

Es un controlador lógico programable diseñado para aplicaciones industriales de tamaño pequeño a mediano. Este PLC ofrece una combinación de entradas y salidas digitales y analógicas, así como relés integrados para control de dispositivos de potencia tanto en corriente alterna (AC) como en corriente continua (DC).

Posee un procesador de alto rendimiento, que garantiza una ejecución rápida y precisa de todas las instrucciones de control. Es su flexibilidad en términos de conectividad que ofrece múltiples puertos de comunicación, como Ethernet y RS-485, facilitando así la integración con otros dispositivos y sistemas de control.

Por último, ofrece una interfaz de programación intuitiva que permite desarrollar y depurar programas de control de manera eficiente, esto admite la compatibilidad con una variedad de herramientas de programación, incluyendo el software de TIA PORTAL de SIEMENS, que facilita la configuración y puesta en marcha del sistema.



Figura 2-1. PLC S7-1200 de SIEMENS.

**2.2PLC Modicon M221 de Schneider Electric**

Es un controlador lógico programable diseñado para aplicaciones industriales de tamaño pequeño a mediano. Destaca por su tamaño compacto y su capacidad para ofrecer un rendimiento confiable en entornos industriales exigentes. Cuenta con una variedad de entradas y salidas digitales, así como entradas analógicas, lo que lo hace adecuado para una amplia gama de aplicaciones de control. Además, ofrece opciones de comunicación versátiles, incluyendo puertos Ethernet y serie, que permiten la conexión con otros dispositivos y sistemas de control.

Una de las características destacadas del M221 es su facilidad de programación. Utiliza un software de programación intuitivo que facilita el desarrollo y la depuración de programas de control. También se distingue por su robustez y fiabilidad. Está diseñado para soportar condiciones adversas, incluyendo altas temperaturas, vibraciones y ambientes con polvo o humedad.



Figura 2-2. PLC Modicon M221 de SCHNEIDER ELECTRIC.

**2.3Periferia Simatic ET 200SP**

Es un componente de la marca SIEMENS, es esencial en el entorno de la automatización industrial. Este sistema está diseñado para ofrecer flexibilidad, modularidad y eficiencia

en la conexión y control de dispositivos de entrada y salida en diversos procesos industriales.

Su característica principal es su diseño compacto y modular, lo que permite una fácil integración en diferentes aplicaciones y espacios reducidos. Sus módulos se pueden combinar de manera flexible para adaptarse a las necesidades específicas de cada proceso, lo que facilita su instalación y ampliación en el futuro. Este sistema es compatible con una variedad de protocolos de comunicación industrial estándar, lo que facilita la integración con otros dispositivos y sistemas de control.



Figura 2-3. Periferia Simatic ET-200 SP

**2.4 Acoplador Modbus/TCP de Helmholtz**

El acoplador TB20-C de Helmholtz es un dispositivo diseñado para facilitar la comunicación en sistemas de automatización industrial mediante el protocolo MODBUS TCP/IP. Este dispositivo actúa como un intermediario entre los dispositivos de campo y los sistemas de control, permitiendo la integración de equipos que utilizan este protocolo en redes Ethernet industriales.

Una de las características destacada del TB20-C es su capacidad para actuar como maestro o esclavo en la red, lo que le permite adaptarse a diferentes configuraciones de red y requerimientos de comunicación.



Figura 2-4. Acoplador MODBUS/TCP de HELMHOLZ

## 2.5 TIA PORTAL (Totally Integrated Automation Portal)

Es la solución integral de SIEMENS para la automatización industrial. Es una plataforma de software que reúne todas las herramientas necesarias para el diseño, programación, configuración y puesta en marcha de sistemas de control y automatización en un solo lugar.

Con este software se puede trabajar de manera eficiente y productiva, ya que proporciona una interfaz intuitiva y unificada para todas las etapas del proceso de automatización. Desde la configuración de hardware hasta la programación de PLC's, HMI y drives, todo se gestiona de manera integrada en esta plataforma. Lo destacable es su capacidad para simplificar y agilizar el desarrollo de proyectos, ya que ofrece herramientas avanzadas de programación, simulación y diagnóstico que permiten trabajar de manera más rápida y precisa.

Por último, esta plataforma promueve la interoperabilidad al ser compatible con una amplia gama de dispositivos y protocolos de comunicación industrial. Esto facilita la integración de sistemas de diferentes fabricantes y la adaptación a las necesidades específicas de cada aplicación.



Figura 2-5. TIA PORTAL V17

2.6 EcoStruxure Machine Expert Basic

Es una plataforma de software desarrollada por SCHNEIDER ELECTRIC que proporciona un entorno de programación intuitivo y versátil para el diseño y la configuración de máquinas industriales. Este software está diseñado para simplificar el proceso de desarrollo de máquinas al ofrecer herramientas de programación avanzadas y una interfaz de usuario intuitiva. Una característica destacada de este software es su enfoque basado en bloques de funciones predefinidos, lo que permite a los usuarios crear lógica de control de manera rápida y eficiente mediante la combinación de funciones y elementos gráficos predefinidos. Esto simplifica la programación y reduce el tiempo de desarrollo de la máquina.



Figura 2-6. EcoStruxure Machine Expert Basi

## Capítulo III

### **3. Estudio de protocolos de comunicación**

#### **3.1 Red de comunicación PROFINET**

PROFINET se ha establecido como un protocolo de comunicación altamente eficiente para intercambiar datos entre controladores y dispositivos en entornos de automatización industrial. Este protocolo permite la comunicación fluida entre controladores como PLC's, DCS o PAC, y una amplia gama de dispositivos, incluyendo bloques de I/O, sistemas de visión, lectores RFID, accionadores, instrumentos de procesos, proxies y otros controladores.

##### **Arquitectura y Capas del Modelo OSI:**

PROFINET se basa en el modelo OSI (Open Systems Interconnection), que consta de siete capas. La arquitectura PROFINET se integra principalmente en las capas de aplicación (7), presentación (6) y sesión (5). A través de estas capas, PROFINET facilita la comunicación transparente entre dispositivos y sistemas en una red industrial.

##### **Tipos de Dispositivos PROFINET:**

PROFINET ofrece la posibilidad de conectar una amplia gama de dispositivos, desde controladores lógicos programables (PLC's) hasta sistemas de accionamiento y dispositivos de medición. La versatilidad de PROFINET se refleja en la capacidad de estos dispositivos para funcionar tanto en ubicaciones fijas como en móviles, lo que aumenta su utilidad y adaptabilidad en diversos entornos industriales.

##### **Topologías de Red:**

Admite varias topologías de red y esta flexibilidad facilita la adaptación del protocolo a diferentes requisitos de la planta, permitiendo una configuración eficiente y escalable.

##### **Comunicación en Tiempo Real:**

Una de las características distintivas de PROFINET es su capacidad para la comunicación en tiempo real. Esto se logra mediante la implementación de mecanismos de sincronización y la asignación eficiente de recursos de red para garantizar que los datos

críticos se transmitan con mínima latencia. Cabe destacar que también PROFINET puede utilizarse sin la necesidad de que sea en tiempo real.

#### **Seguridad y Diagnóstico:**

PROFINET incorpora funciones avanzadas de seguridad, como la autenticación de dispositivos y la encriptación de datos, para garantizar la integridad y confidencialidad de la información. Ofrece herramientas de diagnóstico integradas que facilitan la detección y resolución de problemas.

#### **Integración con Estándares Industriales:**

Se integra sin problemas con otros estándares industriales, como PROFIBUS, facilitando la interoperabilidad entre dispositivos de diferentes fabricantes. Esta compatibilidad garantiza una implementación fluida en entornos industriales diversificados.

#### **Configuración:**

La configuración de una red PROFINET se realiza mediante herramientas especializadas. Las personas pueden utilizar software como TIA PORTAL (Totally Integrated Automation) para diseñar, configurar y diagnosticar redes PROFINET, simplificando el ciclo de vida del proyecto.

#### **Conclusión de este protocolo:**

En resumen, el protocolo de comunicación PROFINET ocupa un lugar destacado en el campo de la comunicación industrial, ya que ofrece una arquitectura flexible, comunicación con diversos equipos, seguridad avanzada y compatibilidad con estándares.

### **3.2 Red de comunicación MODBUS/TCP.**

El protocolo de comunicación MODBUS surgió en 1973 con la necesidad de comunicar equipos en el sector industrial, especialmente los equipos Modicon. Desde entonces, ha evolucionado y se ha adaptado para satisfacer las demandas cambiantes de la industria. Proporcionando una interfaz robusta y eficiente para la comunicación entre dispositivos en entornos de control y monitoreo.

#### **Origen e Historia:**

Este protocolo surge en respuesta a la necesidad de comunicación entre equipos en el sector industrial, específicamente para los equipos Modicon. Creado en 1973, ha experimentado mejoras continuas, especialmente después de que Modicon fuera adquirido

por SCHNEIDER ELECTRIC en 1997. Esta adquisición facilitó la evolución tanto del hardware como del protocolo, permitiendo su expansión y mejora continua.

### **Características Principales**

El Protocolo MODBUS se destaca por su simplicidad y versatilidad. Se basa en un modelo de comunicación maestro/esclavo, donde algunos equipos pueden actuar como maestros, esclavos o configurarse para ambos roles. Sus principales variaciones incluyen MODBUS RTU, MODBUS ASCII y MODBUS/TCP, adaptándose a diferentes necesidades de comunicación y tecnologías de red.

### **Arquitectura y Capas del Modelo OSI:**

MODBUS/TCP se fundamenta en el modelo OSI, compuesto por siete capas. Este protocolo opera principalmente en las capas de transporte (4) y aplicación (7). La simplicidad de su arquitectura permite una implementación ágil y eficiente.

### **Estructura de los Mensajes MODBUS/TCP:**

La estructura de los mensajes en MODBUS/TCP es un aspecto crítico de su funcionalidad. Los mensajes están organizados en paquetes que contienen información esencial, como la dirección del dispositivo, el código de función y los datos específicos de la operación. Esta estructura proporciona una forma clara de intercambiar información en una red industrial.

### **Modos de Operación y Tipos de Dispositivos:**

MODBUS/TCP ofrece modos de operación versátiles, incluyendo modos de lectura y escritura. Es compatible con una amplia variedad de dispositivos, desde controladores lógicos programables (PLC's) hasta dispositivos de adquisición de datos y sistemas de supervisión y control. Esta flexibilidad lo convierte en una opción atractiva para entornos industriales diversos.

### **Comunicación Asíncrona y Sincronización:**

La comunicación asíncrona es una característica central de MODBUS/TCP, permitiendo que múltiples dispositivos compartan información de manera eficiente. La sincronización se logra mediante la asignación de un marco de tiempo específico para la respuesta de cada dispositivo, asegurando una comunicación fluida y evitando conflictos en la red.

### **Seguridad y Protocolos Complementarios:**

La seguridad en la comunicación industrial es esencial, y MODBUS/TCP aborda esta preocupación mediante el uso de protocolos de seguridad complementarios. La implementación de capas adicionales, como TLS/SSL, proporciona un nivel adicional de protección, asegurando la integridad y confidencialidad de los datos transmitidos.

**Conclusión de este protocolo:**

MODBUS/TCP es un pilar fundamental en el ámbito de la comunicación industrial. Su diseño simple, combinado con una funcionalidad poderosa, lo coloca en una posición de liderazgo. Las futuras direcciones de investigación podrían centrarse en la mejora continua de la seguridad, la integración con tecnologías emergentes y la expansión de su presencia en la Industria 4.

## Capítulo IV

**4.Comunicación de diferentes protocolos a través de TIA PORTAL**

**4.1 Desarrollo de la implementación para comunicación PROFINET**

Para la implementación de este proyecto se comenzó utilizando el software TIA PORTAL V17(Figura 4-1.), el cual es una herramienta de programación grafica diseñada para el desarrollo, configuración y puesta en marcha de autómatas y periferias SIEMENS. En este caso se utilizó para el PLC S7-1200 y la periferia ET-200.

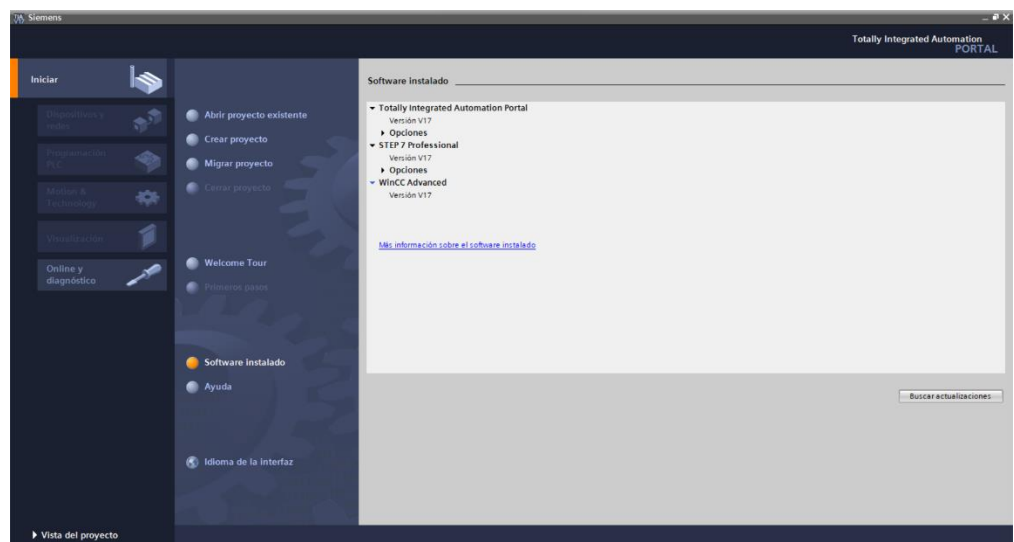


Figura 4-1. Software TIA PORTAL V17

Para la comunicación realizada ente el PLC y la periferia ET-200, físicamente se utilizó un cable PROFINET y en el programa de TIA PORTAL ambos componentes se agregaron en “Dispositivos y redes” donde se debe:

- Agregar dispositivos
- Asignar direcciones para la comunicación.
- Asociar dispositivo maestro a esclavos

Como se puede apreciar en la Figura 4-2.

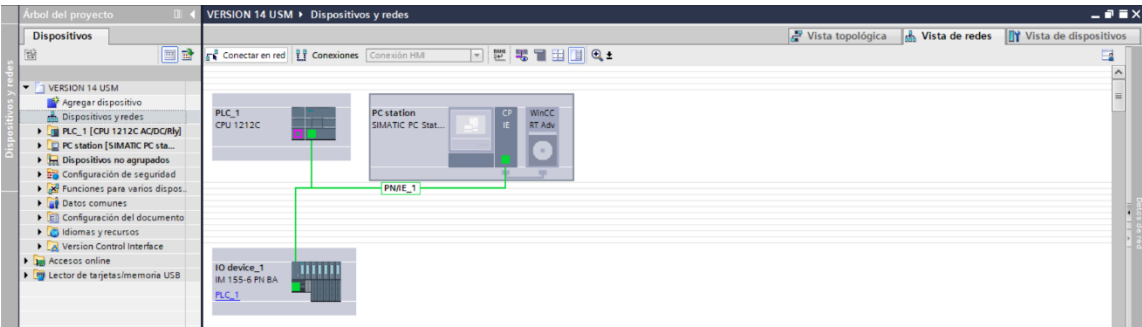


Figura 4-2. Conexión de dispositivos en TIA PORTAL

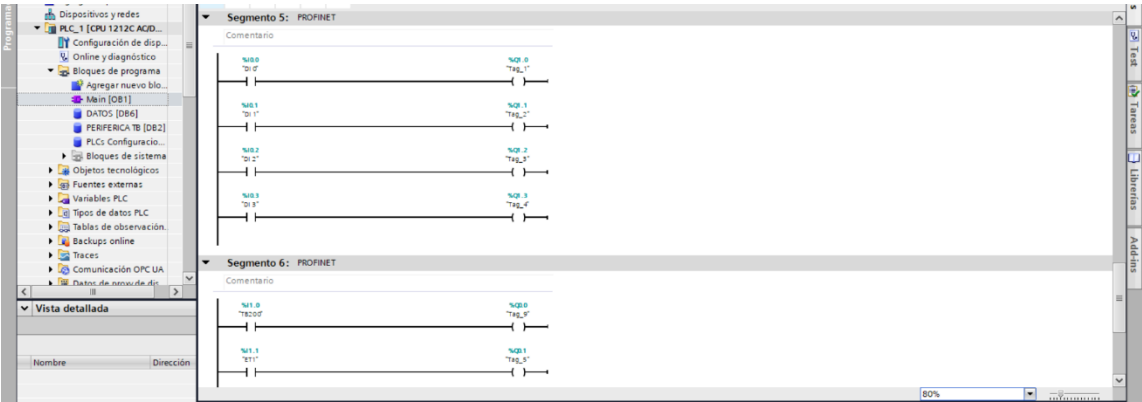


Figura 4-3. Código en KOP para comunicación PROFINET

Por consiguiente, en la Figura 4-3. se presenta el código creado en KOP, en el cual consiste en crear una entrada y una salida, lo cual físicamente la entrada es activada por un interruptor que corresponde a una entrada del PLC y se activa una salida que corresponde a la periferia ET-200. Esto se realiza luego de manera inversa, es decir, desde una entrada activada por un interruptor de la periferia ET-200 se activará una salida del PLC. Al realizar lo mencionado queda lista la comunicación que existe entre ambos componentes y esto corresponde a comunicación PROFINET.

La comunicación PROFINET físicamente se ve reflejada en ambos componentes y además en una HMI creada para realizar la visualización de esto mismo y en ella a su vez se observará la comprobación de comunicación MODBUS/TCP.

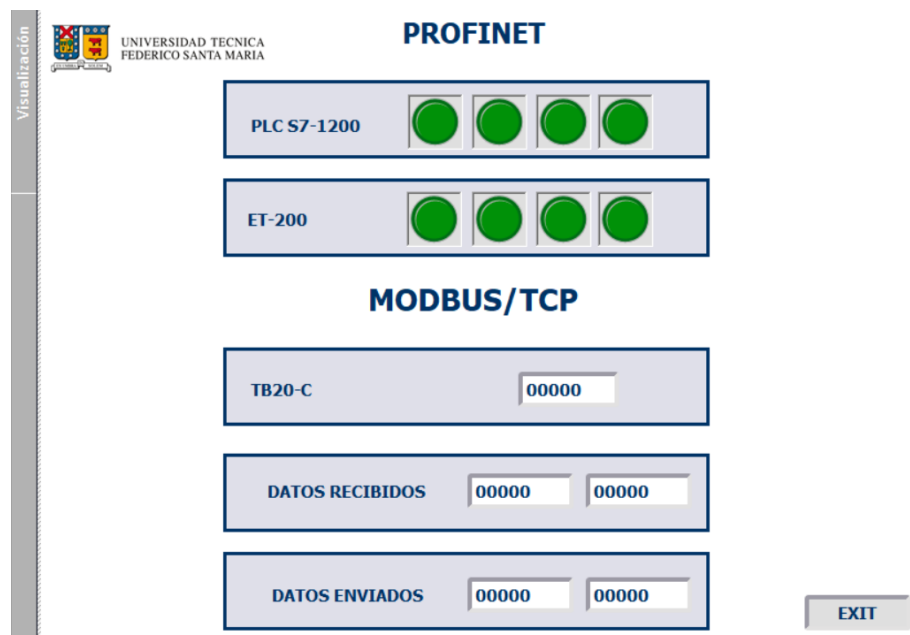


Figura 4-4. HMI

**4.2 Desarrollo de la implementación para comunicación MODBUS/TCP**

Para la comunicación realizada entre el PLC S7-1200, la periférica TB20-C y el PLC M221, físicamente se utilizó el cable MODBUS/TCP. En este caso se volvió a utilizar el programa TIA PORTAL y a su vez un nuevo programa, el EcoStruxure Machine Expert Basic.

En el programa TIA PORTAL se realizó el siguiente código, el cual se divide en diversas figuras con una breve explicación de lo que se sucede en cada parte.

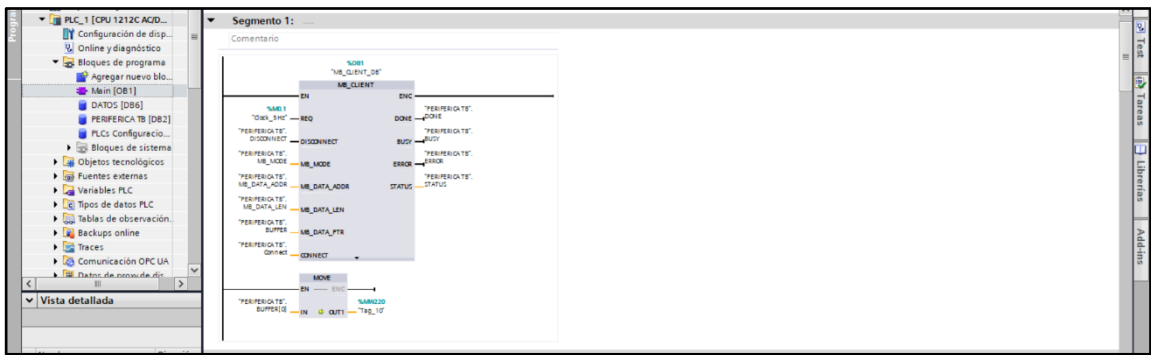


Figura 4-5. Bloque MB\_CLIENT

Como se puede observar en la Figura 4-5. se utilizó un bloque MOVE para mover el dato comunicado y así poder visualizarlo en la HMI, además, se configuro un bloque MB\_CLIENT, este bloque cumple la función de realizar la comunicación entre el PLC S7-1200 y la periférica TB20-C. Los datos de esta configuración y datos recibidos quedan guardados en un bloque datos (DB) como se puede apreciar en la Figura 4-6.

Cabe mencionar que la información para configurar este bloque es la siguiente y cualquier otra configuración o explicación para este bloque se puede encontrar en la ayuda de TIA PORTAL.

- Disconnect: ‘False’ por defecto. Para desconectar la conexión.
- MB\_Mode: “0” para lectura; “1” para escritura.
- MB\_Data\_Addr: Dirección inicial de los datos Modbus; “30001” para registros de entradas; “40001” para registros de salidas.
- MB\_Data\_Len: “1” para la lectura de 1 registro. Cantidad de palabras a leer; Entre 1 ... 125.
- Connect: “TCON\_IP\_V4” para comunicar TCP/IP

PERIFERICA (Instantánea generada: 06/03/2023 18:24:34)

|    | Nombre            | Tipo de datos        | Valor de arranq... | Remanen... | Accesible d... | Escrib... | Visible en... | Valor de a... | Comentario                                    |
|----|-------------------|----------------------|--------------------|------------|----------------|-----------|---------------|---------------|-----------------------------------------------|
| 1  | Static            |                      |                    |            |                |           |               |               |                                               |
| 2  | DISCONNECT        | Bool                 | false              |            |                |           |               |               |                                               |
| 3  | MB_MODE           | UDint                | 0                  |            |                |           |               |               |                                               |
| 4  | MB_DATA_ADDR      | UDint                | 30001              |            |                |           |               |               |                                               |
| 5  | MB_DATA_LEN       | UDint                | 1                  |            |                |           |               |               |                                               |
| 6  | Connect           | TCON_IP_v4           |                    |            |                |           |               |               |                                               |
| 7  | InterfaceId       | HWLARY               | 64                 |            |                |           |               |               | HWIdentifier of I/I-interface submodule       |
| 8  | ID                | CONNL_OUC            | 1                  |            |                |           |               |               | connection reference / identifier             |
| 9  | ConnectionType    | Byte                 | 11                 |            |                |           |               |               | type of connection: 11=TCP/IP, 19=UDP (17=TCP |
| 10 | ActiveEstablished | Bool                 | TRUE               |            |                |           |               |               | active/passive connection establishment       |
| 11 | RemoteAddress     | IP_V4                |                    |            |                |           |               |               | remote IP address (IPv4)                      |
| 12 | ADDR              | Array[1..4] of Byte  |                    |            |                |           |               |               | IPv4 address                                  |
| 13 | ADDR[1]           | Byte                 | 192                |            |                |           |               |               | IPv4 address                                  |
| 14 | ADDR[2]           | Byte                 | 168                |            |                |           |               |               | IPv4 address                                  |
| 15 | ADDR[3]           | Byte                 | 2                  |            |                |           |               |               | IPv4 address                                  |
| 16 | ADDR[4]           | Byte                 | 22                 |            |                |           |               |               | IPv4 address                                  |
| 17 | RemotePort        | UDint                | 502                |            |                |           |               |               | remote UDP/TCP port number                    |
| 18 | LocalPort         | UDint                | 0                  |            |                |           |               |               | local UDP/TCP port number                     |
| 19 | DONE              | Bool                 | false              |            |                |           |               |               |                                               |
| 20 | BUSY              | Bool                 | false              |            |                |           |               |               |                                               |
| 21 | ERROR             | Bool                 | false              |            |                |           |               |               |                                               |
| 22 | STATUS            | Word                 | 16#0               |            |                |           |               |               |                                               |
| 23 | STATUS            | Array[0..10] of Word |                    |            |                |           |               |               |                                               |
| 24 | BUFFER            | Word                 | 16#0               |            |                |           |               |               |                                               |
| 25 | BUFFER[0]         | Word                 | 16#0               |            |                |           |               |               |                                               |
| 26 | BUFFER[1]         | Word                 | 16#0               |            |                |           |               |               |                                               |
| 27 | BUFFER[2]         | Word                 | 16#0               |            |                |           |               |               |                                               |
| 28 | BUFFER[3]         | Word                 | 16#0               |            |                |           |               |               |                                               |
| 29 | BUFFER[4]         | Word                 | 16#0               |            |                |           |               |               |                                               |

Figura 4-6. Bloque de datos de configuración MB\_CLIENT.

Para continuar con la comunicación, se desarrolló nuevamente la configuración de un bloque, pero esta vez es un MB\_SERVER, este cumple la función de realizar la comunicación entre el PLC S7-1200 y el PLC M221. Estos datos quedan guardados nuevamente en otro bloque de datos (DB), como se puede apreciar en las Figuras 4-7. y 4-8.

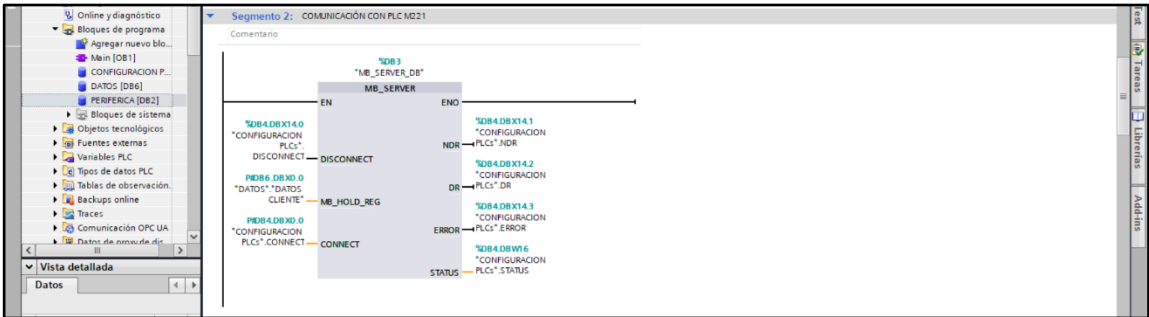


Figura 4-7. Bloque MB\_SERVER.

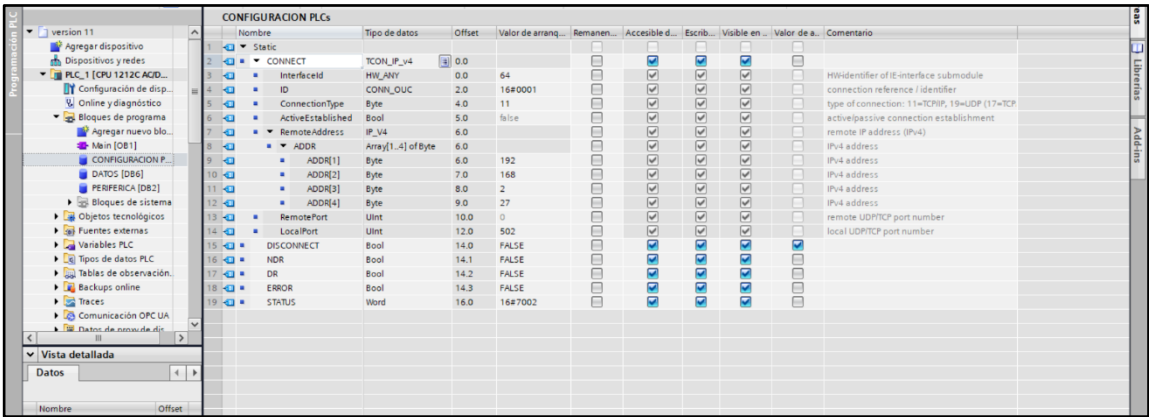


Figura 4-8. Bloque de datos de configuración MB\_SERVER.

Cabe destacar que los equipos mencionados anteriormente son de diferentes fabricantes por ende estos no se verán reflejados en la parte de “dispositivos y redes” de TIA PORTAL, pero si cada uno de los componentes se debe encontrar en la misma red. Otra mención más es que en el software TB20-C-ToolboxV2 del fabricante HELMHOLZ (Figura 4-9.) es importante ir a la sección de “editar parámetros” debido a que en ella se le asigna la dirección IP al dispositivo TB20-C y el puerto MODBUS, entre otras características.

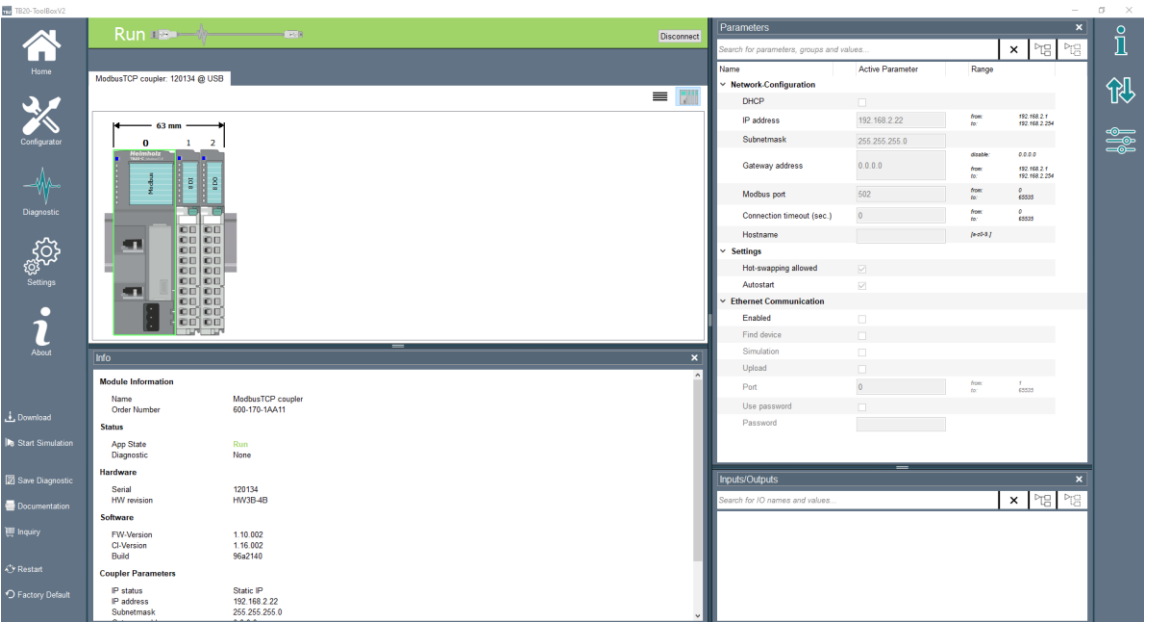


Figura 4-9. Configuración periferia TB20-C

Luego de tener esto configurado, se debe comprobar la comunicación efectiva entre estos dos PLC's, para ello se elaboró lo siguiente en el código KOP en TIA PORTAL que se puede observar en la Figura 4-10.

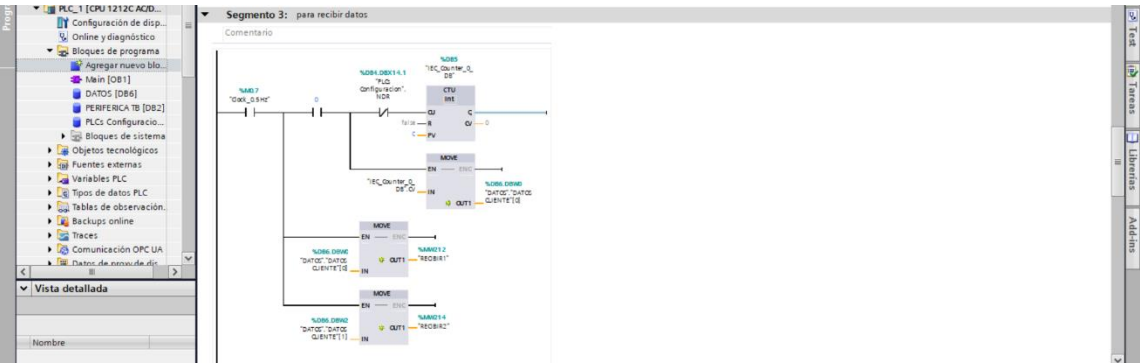


Figura 4-10. Código KOP para recibir datos a través de MODBUS/TCP.

La función que cumple esta parte del programa es la recepción de los datos que provienen desde el PLC M221. Se utiliza nuevamente dos bloques MOVE para mover los datos recibidos y así poder visualizarlo en la HMI.

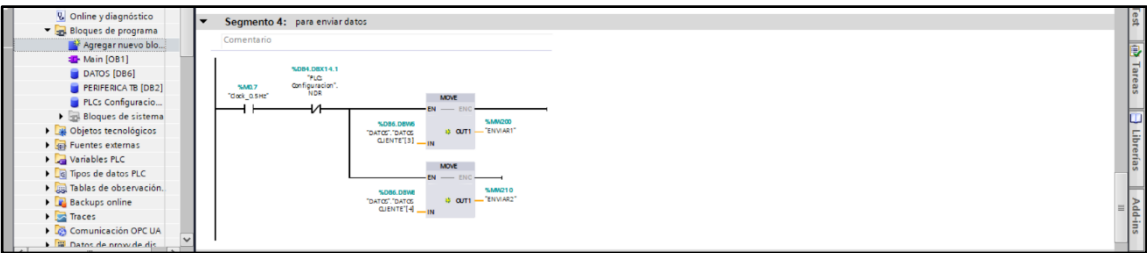


Figura 4-11. Código KOP para enviar datos a través de MODBUS/TCP.

Por otro lado, en la Figura 4-11. se puede observar el código para realizar el envío de datos desde el PLC S7-1200 y estos serán visualizados en una tabla en el PLC M221.

He de mencionar que estos datos son números enteros, que se almacenan en un bloque de datos (DB), es decir, desde este bloque se realiza la lectura de los datos recibidos y también la escritura de los datos a enviar como se puede ver en la Figura 4-12.

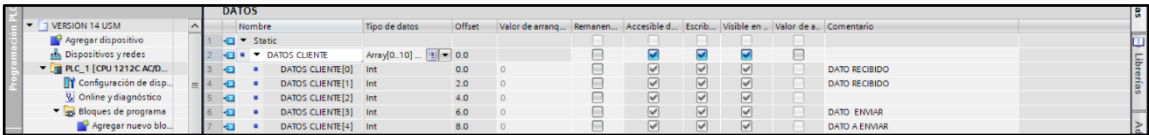


Figura 4-12. Bloque de datos donde se registran datos enviados y recibidos.

Continuando, se realizó un código en el programa EcoStruxure Machine Expert Basic. El cual es muy parecido al programa realizado en TIA PORTAL, prácticamente cumplen la misma, función, que es la comunicación entre ambos PLC's y al hacer esto se pueden enviar y recibir datos. En la Figura 4-13. se puede apreciar cómo se configura el PLC M221 para que exista la comunicación adecuada.

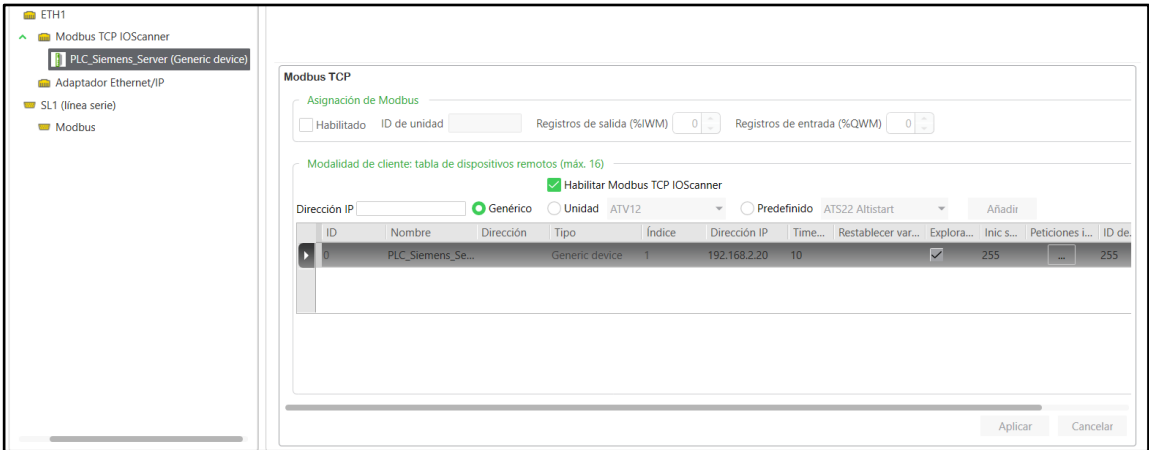


Figura 4-13. Configuración de IP en software EcoStruxure Machine Expert Basic

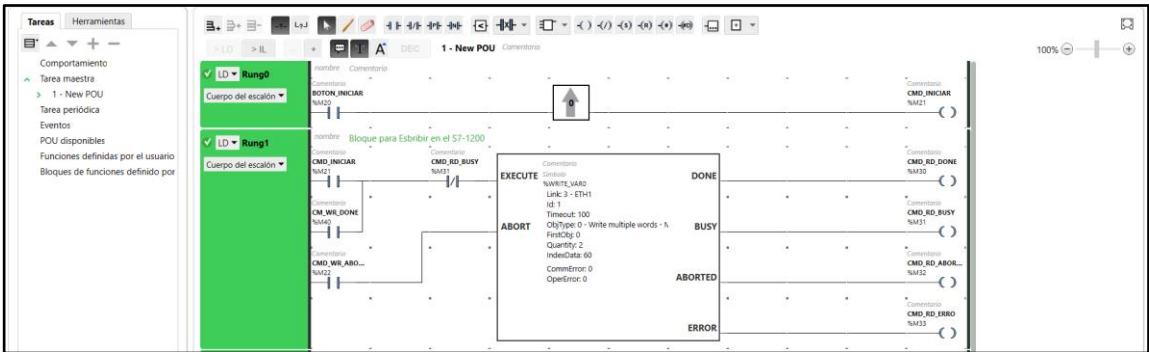


Figura 4-14. Código LADDER para enviar datos.

En la Figura 4-14. se visualiza el código y la configuración para poder escribir los datos a enviar. De la misma forma en la Figura 4-15. se observa un código muy parecido a lo anterior pero esta vez es para la lectura de los datos recibidos.

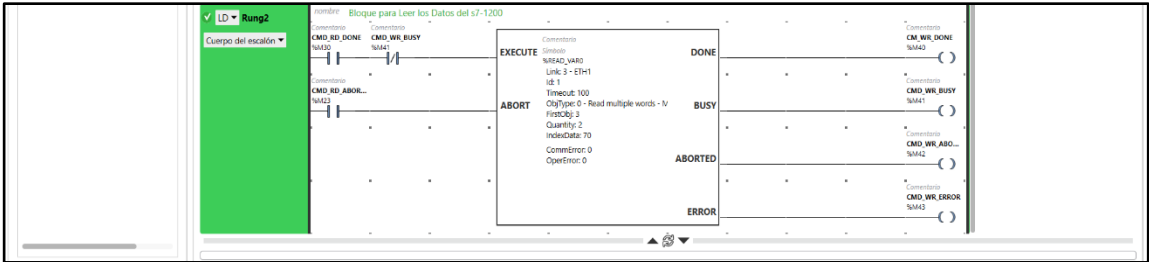


Figura 4-15. Código LADDER para recibir datos.

Finalmente, en la Figura 4-16. se puede observar la tabla donde se escriben los datos que deseamos enviar y se visualizan los datos que recibimos, de esta forma queda la comunicación implementada entre ambos PLC's de diferentes fabricantes a través de MODBUS/TCP.

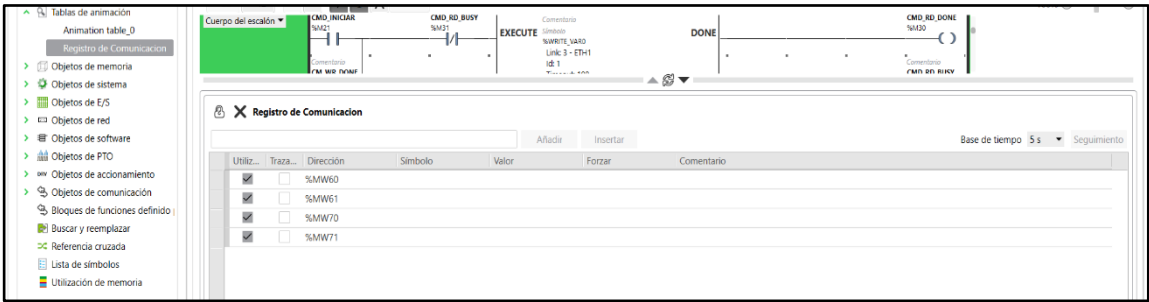


Figura 4-16. Tabla de animación donde quedan registrados los datos enviados y recibidos.

4.3 Topología de Red.

En la Figura 4-17. Se puede apreciar la conexión que existe entre los dispositivos de esta implementación, cabe destacar que son componentes de distintos fabricantes y comunicados con distintos protocolos, pero aun así deben encontrarse en la misma red. Las IP de cada equipo es:

PLC S7-1200: 192.168.2.20/24

ET-200: 192.168.2.21/24

TB20-C: 192.168.2.22/24

PLC M221: 192.168.2.27/24

HMI VIRTUAL: 192.168.2.30/24

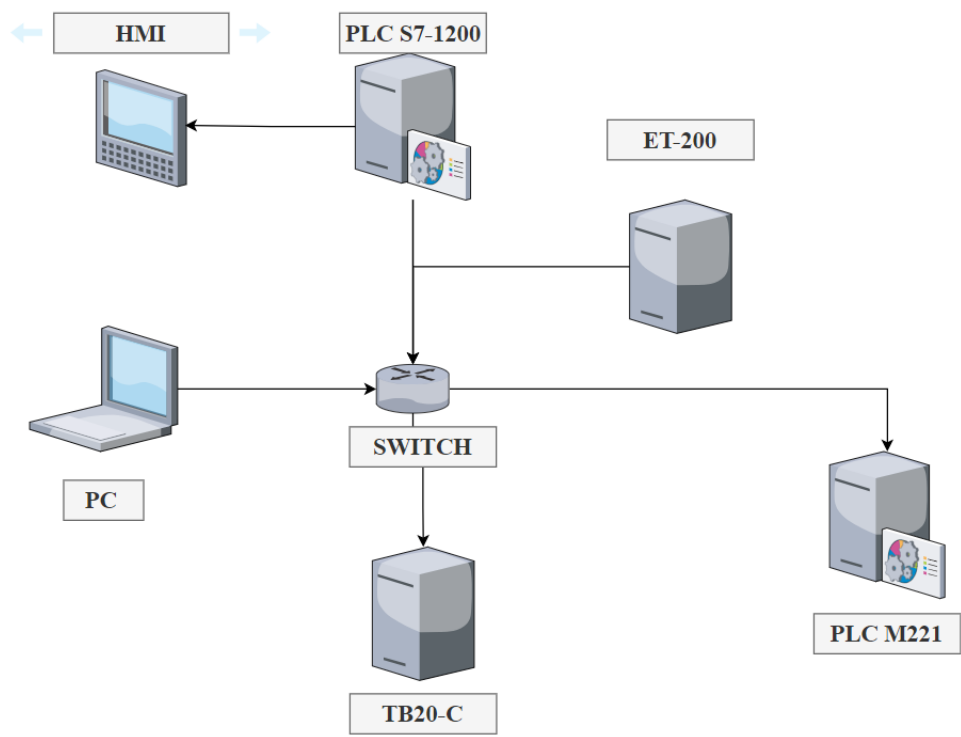


Figura 4-17. Topología de red de la implementación.

## **Conclusiones y Recomendaciones.**

Este trabajo ha explorado la interconexión entre dos Controladores Lógicos Programables (PLC's) de marcas diferentes, utilizando dos protocolos de comunicación distintos: PROFINET y MODBUS/TCP.

Como primer desafío en esta implementación se tuvo complicaciones con la configuración de la TB20-C, por esta razón se recomienda, al trabajar con esta periferia, descargar el software de configuración para revisar y realizar una buena configuración IP, junto a otras características relevantes.

Al realizar el estudio de ambos protocolos se debe comprender el origen de cada uno de ellos ya que así se comprenderá en detalle, el cómo se realiza la comunicación entre sí, el envío de datos y también si se necesitan componentes físicos como intermediarios.

Por otro lado, se recomienda revisar la ayuda que entrega cada software, esto entrega una guía bastante útil a la hora de configurar bloques en el código de programación.

Otro punto para destacar es que al momento de realizar la configuración de comunicación con el protocolo PROFINET, esta se pudo efectuar de forma bastante intuitiva, ya que el software TIA PORTAL posee variadas herramientas que favorecen este propósito, asociado a que los aspectos iniciales de configuración fueron vistos en una asignatura de las asignaturas cursadas en la universidad, lo ayudó a comprender como funcionan los variados elementos, el software y sus prestaciones.

Tras estudiar el protocolo de MODBUS/TCP, se pudo verificar que, según el contexto de aplicación, es posible optar por la variante más apropiada de MODBUS. Esto implica la selección precisa del tipo de MODBUS para la transmisión y recepción de datos, considerando aspectos como el tamaño de los datos, su direccionamiento, almacenamiento, entre otros.

**Bibliografía y Linkografía**

<https://us.profinet.com/tecnologia/profinet-es/>  
<https://www.siemens.com/cl/es/productos/tecnologias-de-automatizacion/sistemas/industrial/plc/s7-1200.html>  
<https://www.cursosaula21.com/modbus-que-es-y-como-funciona/>  
<https://www.se.com/cl/es/download/document/EIO0000001363/>

**Anexos.**

**Anexo 1**

En las siguientes figuras se observan los equipos utilizados en esta implementación. La maleta didáctica utilizada en el laboratorio de control es la número 2.



Figura 1-1. Implementación conectada en maleta didáctica



Figura 1-2. SWITCHES que activan las entradas de los equipos

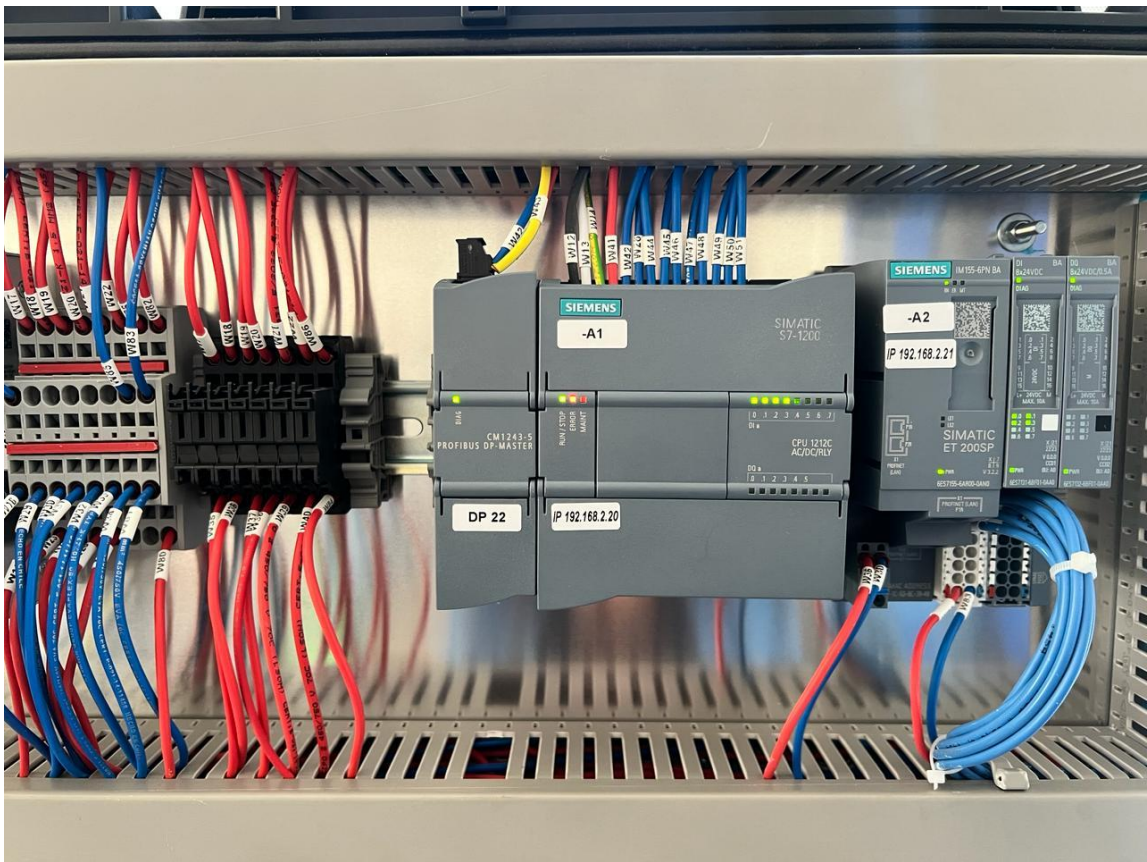


Figura 1-3. PLC S7-1200 y periferia ET-200.



Figura 1-4. Periférica TB20-C.

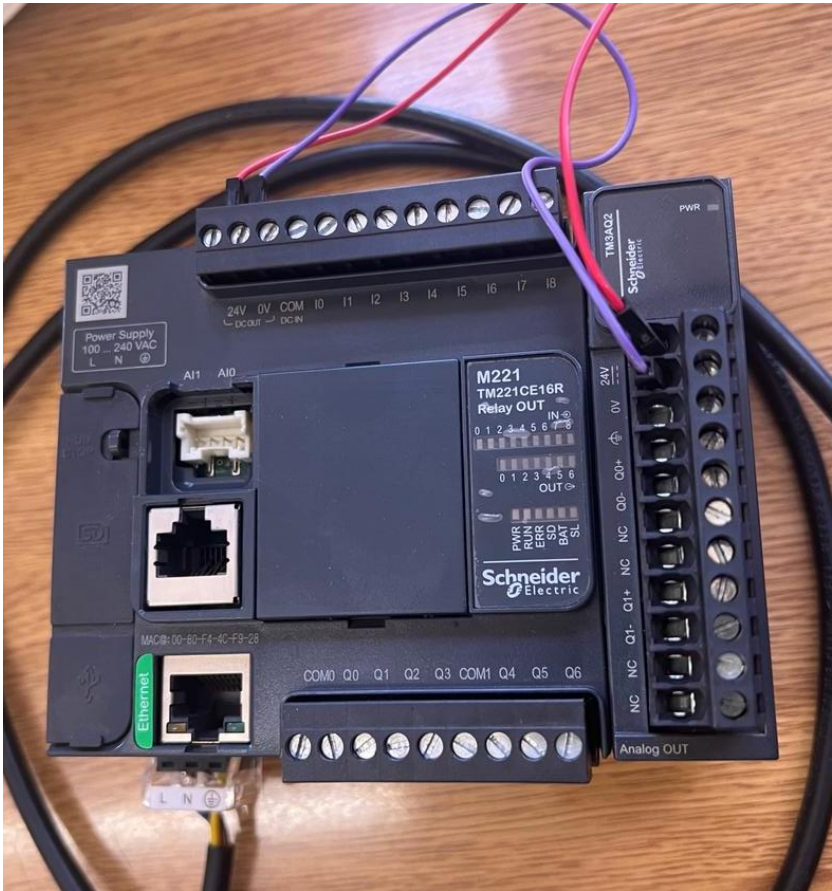


Figura 1-5. PLC M221

Anexo 2.

Hoja de datos sobre los equipos utilizados en esta implementación.

# SIEMENS

Hoja de datos

6ES7212-1BE40-0XB0



SIMATIC S7-1200, CPU 1212C, CPU compacta AC/DC/relé, E/S INTEGRADAS: 8 DI DC 24V; 6 DO, relé 2 A; 2 AI 0-10V DC, alimentación: AC 85-264 V AC con 47-63 Hz, Memoria de programas/datos 75 KB

|                                                                                                                           |                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Información general                                                                                                       |                                                                                               |
| Designación del tipo de producto                                                                                          | CPU 1212C AC/DC/Relais                                                                        |
| Versión de firmware                                                                                                       | V4.4                                                                                          |
| Ingeniería con                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"><li>Paquete de programación</li></ul> STEP 7 V16 o superior |
| Tensión de alimentación                                                                                                   |                                                                                               |
| Valor nominal (AC)                                                                                                        |                                                                                               |
| <ul style="list-style-type: none"><li>120 V AC</li><li>230 V AC</li></ul>                                                 | <div>SI</div> <div>SI</div>                                                                   |
| Rango admisible, límite inferior (AC)                                                                                     | 85 V                                                                                          |
| Rango admisible, límite superior (AC)                                                                                     | 264 V                                                                                         |
| Frecuencia de red                                                                                                         |                                                                                               |
| <ul style="list-style-type: none"><li>Rango admisible, límite inferior</li><li>Rango admisible, límite superior</li></ul> | <div>47 Hz</div> <div>63 Hz</div>                                                             |
| Intensidad de entrada                                                                                                     |                                                                                               |
| Consumo, máx.                                                                                                             | 240 mA con 120 V AC; 120 mA con 240 V AC                                                      |
| Intensidad de cierre, máx.                                                                                                | 20 A; con 264 V                                                                               |
| I <sub>t</sub>                                                                                                            | 0,8 A <sup>2</sup> ·s                                                                         |
| Intensidad de salida                                                                                                      |                                                                                               |
| Para bus de fondo (5 V DC), máx.                                                                                          | 1 000 mA                                                                                      |
| Pérdidas                                                                                                                  |                                                                                               |
| Pérdidas, típ.                                                                                                            | 11 W                                                                                          |
| Memoria                                                                                                                   |                                                                                               |
| Memoria de trabajo                                                                                                        |                                                                                               |
| <ul style="list-style-type: none"><li>integrada</li><li>ampliable</li></ul>                                               | <div>75 kbyte</div> <div>No</div>                                                             |
| Memoria de carga                                                                                                          |                                                                                               |
| <ul style="list-style-type: none"><li>integrada</li></ul>                                                                 | 2 Mbyte                                                                                       |
| Respaldo                                                                                                                  |                                                                                               |
| <ul style="list-style-type: none"><li>existente</li><li>libre de mantenimiento</li><li>sin pila</li></ul>                 | <div>SI</div> <div>SI</div> <div>SI</div>                                                     |
| Tiempos de ejecución de la CPU                                                                                            |                                                                                               |
| para operaciones de bits, típ.                                                                                            | 0,08 µs                                                                                       |
| para operaciones a palabras, típ.                                                                                         | 1,7 µs                                                                                        |
| para aritmética de coma flotante, típ.                                                                                    | 2,3 µs                                                                                        |
| CPU-bloques                                                                                                               |                                                                                               |

Figura 2-1. PLC S7-1200

Características

PLC industrial M221 c/ Ethernet 16 ES de tipo relé - 9 entradas digitales - 7 salidas relé



Principal

|                                       |                                                 |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Gama de producto                      | Modicon M221                                    |
| Tipo de Producto o Componente         | Autómata programable                            |
| [Us] tensión de alimentación asignada | 100...240 V CA                                  |
| De pie conducto                       | 9, entrada discreta acorde a IEC 61131-2 tipo 1 |
| Número de entrada analógica           | 2 en 0...10 V                                   |
| Tipo de salida digital                | Relé normalmente abierto                        |
| Número de salidas discretas           | 7 relé                                          |
| Tensión de salida                     | 5...125 V CC<br>5...250 V CA                    |
| Montado en la pared del conducto      | 2 A                                             |

Complementario

|                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Número de E/S digitales                    | 16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Numero de E/S del módulo de expansión      | 4 - tipo de cable: local<br>11 - tipo de cable: remoto                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Límites tensión alimentación               | 85...264 V                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Frecuencia de Red                          | 50/60 Hz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Corriente de entrada                       | 40 A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Consumo de potencia en VA                  | 49 VA en 100...240 V módulo de expansión con número máximo de E/S<br>33 VA en 100...240 V sin módulo de expansión E/S                                                                                                                                                                                                                                             |
| Corriente de salida fuente de alimentación | 0.325 A 5 V para bus de expansión<br>0.12 A 24 V para bus de expansión                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Entrada lógica                             | Receptor o suministro (positivo/negativo)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Tensión de entrada digital                 | 24 V                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Tipo de voltaje entrada discreto           | CC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Resolución de entrada analógica            | 10 bits                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Valor LSB                                  | 10 mV                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Tiempo conversión                          | 1 ms por canal + 1 controlador del ciclo de tiempo entrada analógica                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Sobrecarga permitida em entradas           | +/- 30 V DC para 5 min - tipo de cable: máximo) para entrada analógica<br>+/- 13 V DC - tipo de cable: permanente) para entrada analógica                                                                                                                                                                                                                         |
| Estado de tensión 1 garantizado            | >= 15 V para entrada                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Estado de tensión 0 garantizado            | <= 5 V para entrada                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Corriente de entrada discreta              | 7 mA para entrada digital<br>5 mA para entrada rápida                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Tapa de conexiones trasero                 | 3.4 kOhm para entrada digital<br>100 kOhm para entrada analógica<br>4.9 kOhm para entrada rápida                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Tiempo respuesta                           | 35 µs turn-off, I2...I5 terminales para entrada<br>10 ms turn-on para salida<br>10 ms turn-off para salida<br>5 µs turn-on, I0, I1, I6, I7 terminales para entrada rápida<br>35 µs turn-on, otros terminales terminales para entrada<br>5 µs turn-off, I0, I1, I6, I7 terminales para entrada rápida<br>100 µs turn-off, otros terminales terminales para entrada |
| Tiempo filtro configurable                 | 0 ms para entrada<br>3 ms para entrada<br>17 ms para entrada                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

Figura 2-2. PLC M221

Datenblatt

6AG2543-6WX00-4XE0

Produkttyp-Bezeichnung



SIPLUS ET 200SP CP 1543SP-1 ISEC TX RAIL

SIPLUS ET 200SP CP 1543SP-1 ISEC TX RAIL based on 6GK7543-6WX00-0XE0 mit Conformal Coating, -40...+70°C, OT4 mit ST1/2 (+85°C für 10min), Security (Firewall und VPN) Offene IE Kommunikation (TCP/IP, ISO-on-TCP, UDP) PG/OP, S7Routing, IP-Broadcast/Multicast, SNMPV1/V3, DHCP, Secure E-Mail, IPV4/IPV6, Unterstützung von SINEMARemote Connect mit Autokonfiguration, Uhrzeitsynchronisation über NTP, Zugang zum Webserver der CPU, Bus-Adapter notwendig

| Übertragungsrate                                                         |                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Übertragungsrate                                                         |                                                                                                                                                                                             |
| • an der Schnittstelle 1                                                 | 10 ... 100 Mbit/s                                                                                                                                                                           |
| Schnittstellen                                                           |                                                                                                                                                                                             |
| Anzahl der Schnittstellen / gemäß Industrial Ethernet                    | 1                                                                                                                                                                                           |
| Anzahl der elektrischen Anschlüsse                                       |                                                                                                                                                                                             |
| • an der Schnittstelle 1 / gemäß Industrial Ethernet                     | 2                                                                                                                                                                                           |
| Ausführung des elektrischen Anschlusses                                  |                                                                                                                                                                                             |
| • an der Schnittstelle 1 / gemäß Industrial Ethernet                     | über ET 200SP Busadapter (RJ45, FC, SCRJ), Switch integriert                                                                                                                                |
| Versorgungsspannung, Stromaufnahme, Verlustleistung                      |                                                                                                                                                                                             |
| Spannungsart / der Versorgungsspannung                                   | DC                                                                                                                                                                                          |
| Versorgungsspannung                                                      | 24 V                                                                                                                                                                                        |
| Versorgungsspannung                                                      | 19,2 ... 28,8 V                                                                                                                                                                             |
| Verlustleistung [W]                                                      | 6 W                                                                                                                                                                                         |
| Umgebungsbedingungen                                                     |                                                                                                                                                                                             |
| Umgebungstemperatur                                                      |                                                                                                                                                                                             |
| • bei senkrechter Installation / während Betrieb                         | -40 ... +50 °C                                                                                                                                                                              |
| • bei waagerechter Installation / während Betrieb                        | -40 ... +70 °C                                                                                                                                                                              |
| • während Lagerung                                                       | -40 ... +70 °C                                                                                                                                                                              |
| • während Transport                                                      | -40 ... +70 °C                                                                                                                                                                              |
| • Anmerkung                                                              | +85 °C für 10 min (OT4, ST1/ST2 nach EN 50155)                                                                                                                                              |
| Aufstellungshöhe / bei Höhe über NN / maximal                            | 2000 m                                                                                                                                                                                      |
| Umgebungsbedingung / bezogen auf                                         | Tmin ... Tmax bei 1 140 hPa ... 795 hPa (-1 000 m ... +2 000 m)                                                                                                                             |
| Umgebungstemperatur-Luftdruck-Aufstellungshöhe                           |                                                                                                                                                                                             |
| relative Luftfeuchte                                                     |                                                                                                                                                                                             |
| • mit Betauung / gemäß IEC 60068-2-38 / maximal                          | 100 %; RH inkl. Betauung / Frost (keine Inbetriebnahme im betauten Zustand), waagerechte Einbaulage                                                                                         |
| chemische Widerstandsfähigkeit / gegen handelsübliche Kühlschmierstoffen | Ja; inkl. Diesel und Öltröpfchen in der Luft                                                                                                                                                |
| Widerstandsfähigkeit gegen biologisch aktive Stoffe                      |                                                                                                                                                                                             |
| • Konformität gemäß EN 60721-3-3                                         | Ja; Klasse 3B2 Schimmel-, Pilz-, Schwammsporen (ausgenommen Fauna)Klasse 3B3 auf Anfrage                                                                                                    |
| • Konformität gemäß DIN EN 60721-3-5                                     | Ja; Klasse 5B2 Schimmel-, Pilz-, Schwammsporen (ausgenommen Fauna)Klasse 5B3 auf Anfrage                                                                                                    |
| Widerstandsfähigkeit gegen chemisch aktive Stoffe                        |                                                                                                                                                                                             |
| • Konformität gemäß EN 60721-3-3                                         | Ja; Klasse 3C4 (RH < 75 %) inkl. Salznebel gemäß EN 60068-2-52 (Schärfegrad 3). Die mitgelieferten Steckerabdeckungen müssen bei Betrieb auf den nicht genutzten Schnittstellen verbleiben! |
| • Konformität gemäß DIN EN 60721-3-5                                     | Ja; Klasse 5C3 (RH < 75 %) inkl. Salznebel gemäß EN 60068-2-52 (Schärfegrad 3). Die mitgelieferten Steckerabdeckungen müssen bei                                                            |

Figura 2-3. Periferia ET-200.

Anexo 3.

5. ModbusTCP Coupler Characteristics

The TB20 ModbusTCP coupler has the following characteristics:

- ModbusTCP protocol
- Modbus watchdog for monitoring the connection
- Integrated two-port switch
- Access from up to 10 stations simultaneously (TCP connections)
- A maximum of 64 modules
- Two RJ45 connectors
- 2,084 bytes of input data / 2,084 bytes of output data
- 126 bytes of parameter data per module
- With the help of "TB20 ToolBox", modules can be freely configured
- The coupler's behavior can be configured using control registers
- The coupler's state can be read from status registers
- Supports module diagnostics
- Supports hot-swap
- 24 VDC power supply
- Integrated power supply unit for powering peripheral modules (2.5 A)
- Supplies the system's I/O voltage (24 VDC)
- Seven LEDs, one of them bi-color
- USB device port for online diagnostics, configuring parameters, setup, and firmware updates with "TB20-ToolBox"
- Concealed switch for "factory reset" function



Figura 2-4. Periférica TB20-C

Anexo 3.

En la siguiente figura se puede observar el funcionamiento de la implementación, comunicando datos entre ambos PLC's.

