



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA COMUNICACIÓN PUNTO A PUNTO RS485 SEMIDÚPLEX
PARA PRÁCTICAS DE COMUNICACIONES INDUSTRIALES EN EL LABORATORIO DE
INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL”.**

Ordoñez Sandoval, Junior Fabricio

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo en Electrónica Mención
Instrumentación y Aviónica

Ing. Sandoval Vizuite, Paola Nataly

15 de septiembre del 2020



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA COMUNICACIÓN PUNTO A PUNTO RS485 SEMIDÚPLEX PARA PRÁCTICAS DE COMUNICACIONES INDUSTRIALES EN EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL”** fue realizado por el señor **ORDOÑEZ SANDOVAL, JUNIOR FABRICIO**, la cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 11 de septiembre del 2020

Firma:

Una firma manuscrita en tinta azul, que parece ser la de Paola Nataly Sandoval Vizuetes.

.....
ING. Sandoval Vizuetes, Paola Nataly

C.C.: 0503254005

URKUND

Document Information

Analyzed document	JUNIOR ORDOÑEZ.docx (D78865223)
Submitted	9/10/2020 6:22:00 AM
Submitted by	
Submitter email	jfordonez5@espe.edu.ec
Similarity	4%
Analysis address	pnsandoval.espe@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / TESIS LEÓN REVISIÓN FINAL.pdf Document TESIS LEÓN REVISIÓN FINAL.pdf (D78463902) Submitted by: lgleon4@espe.edu.ec Receiver: aaavila1.espe@analysis.orkund.com		1
SA	MONOGRAFIA COMPLETA -CAISA PAMELA.pdf Document MONOGRAFIA COMPLETA -CAISA PAMELA.pdf (D62153025)		2
SA	TESIS_CACHAGO JONATHAN.docx Document TESIS_CACHAGO JONATHAN.docx (D63054341)		4
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / plagio cbop viteri carlos - copia.docx Document plagio cbop viteri carlos - copia.docx (D25958122) Submitted by: memo4367fae@hotmail.com Receiver: jjespinoza.espe@analysis.orkund.com		3
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Narváez Raúl.docx Document Narváez Raúl.docx (D24157494) Submitted by: raulnarvaezgrga7@gmail.com Receiver: jjespinoza.espe@analysis.orkund.com		1
W	URL: https://docplayer.es/79861634-Universidad-del-azuay-facultad-de-ciencia-y-tecnolog ... Fetched: 11/13/2019 8:11:51 AM		3
W	URL: https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatiza/automatizacionindustrial.htm ... Fetched: 9/10/2020 6:22:00 AM		1
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / PROYECTO DE TITULACION_AMORES_QUINGATUÑA.docx Document PROYECTO DE TITULACION_AMORES_QUINGATUÑA.docx (D2608685) Submitted by: anita.amores92@gmail.com Receiver: fwsalazar.espe@analysis.orkund.com	 	1



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **ORDOÑEZ SANDOVAL, JUNIOR FABRICIO**, con cédula de ciudadanía N° 1900854108, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **IMPLEMENTACIÓN DE UNA COMUNICACIÓN PUNTO A PUNTO RS485 SEMIDÚPLEX PARA PRÁCTICAS DE COMUNICACIONES INDUSTRIALES EN EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 15 de septiembre del 2020

Firma

Una firma manuscrita en tinta azul que parece leerse 'Junior Fabricio Ordoñez Sandoval'.

.....
Ordoñez Sandoval, Junior Fabricio

C. C.: 1900854108



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **ORDOÑEZ SANDOVAL, JUNIOR FABRICIO**, con la cedula de ciudadanía N^º 1900854108, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, publicar la monografía: **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA COMUNICACIÓN PUNTO A PUNTO RS485 SEMIDÚPLEX PARA PRÁCTICAS DE COMUNICACIONES INDUSTRIALES EN EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL”**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 15 de septiembre del 2020

Firma

.....
Ordoñez Sandoval, Junior Fabricio

C. C.:1900854108

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo dedico principalmente a Dios por darme la salud, sabiduría y fortaleza ya que nunca me abandonó en los momentos más difíciles a lo largo de mi formación como profesional.

A mis padres Damián Ordoñez y Lucia Sandoval quienes con esfuerzo y amor me dieron todo lo necesario para hacer realidad este sueño, ellos son mi motor de vida y mi gran inspiración para seguir adelante.

A mis hermanos Cristian y Ximena que me apoyaron incondicionalmente y mediante sus palabras me hacían sentir especial y orgulloso de lo que soy y podría llegar a ser.

A mi novia Yadira P. quien fue la que me brindó su apoyo en buenas y malas, confió en mis sueños y sobre todo que nunca me abandonó.

Ordoñez Sandoval, Junior Fabricio

AGRADECIMIENTO

A Dios por bendecirme y guiado por buen camino en el trayecto de mi formación académica, por darme la salud y fortaleza para enfrentar adversidades.

A mis maestros quienes me vieron crecer como persona y dedicaron su tiempo para impartir sus conocimientos durante toda mi carrera profesional, por aquellos consejos y experiencias compartidas que influyeron positivamente en mí.

A mi tutora de tesis Ing. Paola Sandoval por haberme guiado en la elaboración de mi trabajo de titulación y sobre todo por la paciencia y enseñanza que me brindó.

A mis padres que gracias a su apoyo moral y económico no me permitieron decaer, también por inculcarme en ser perseverante para enfrentar cualquier obstáculo.

A mi novia Yadira por ser una parte importante en mi vida por su amor incondicional y sobre todo que día a día me motivaba para que no desmaye en mis metas.

Ordoñez Sandoval, Junior Fabricio

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	1
CERTIFICACIÓN.....	2
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA.....	4
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	5
DEDICATORIA.....	6
AGRADECIMIENTO	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	10
ÍNDICE FIGURAS	11
RESUMEN.....	13
ABSTRACT	14
CAPITULO I	
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1. Antecedentes.....	15
1.2. Planteamiento del problema	16
1.3. Justificación	16
1.4. Objetivos.....	17
1.4.1. Objetivo General	17
1.4.2. Objetivos específicos	17
1.5. Alcance.....	18

CAPITULO II

2.	Marco teórico	19
2.1.	Comunicaciones Industriales	19
2.2.	Modos de comunicación punto a punto.....	23
2.3.	Estándar de Comunicación	24
2.4.	Fieldbus	27
2.5.	Controlador Lógico Programable (PLC)	30
2.6.	Módulo de comunicación CM-1241.....	32
2.7.	Software TIA PORTAL V15.....	32

CAPITULO III

3.	Desarrollo del tema	35
3.1.	Descripción del proceso.....	35
3.2.	Configuración de la comunicación entre el PLC maestro y esclavo.	36
3.3.	Agregar los módulos CM1241 (RS422/485) al PLC maestro y esclavo.....	43
3.4.	Programación del PLC maestro en lenguaje Ladder.....	44
3.5.	Programación del PLC esclavo.....	52
3.6.	Programación del HMI y diseño del P&ID de la estación de caudal.	58
3.7.	Simulación general del proceso	59

CAPITULO IV

4.1.	Conclusiones.....	61
4.2.	Recomendaciones.....	61
	Referencias bibliográficas.....	62
	ANEXOS.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de la pirámide de la automatización	20
Tabla 2. Tipos de topologías de una red industrial	22
Tabla 3. Características del estándar RS232	25
Tabla 4. Características del estándar RS-422	26
Tabla 5. Características del estándar RS-485	27
Tabla 6. Características del PLC S7 1200 1215 AC/DC/RLY	31
Tabla 7. Características técnicas del módulo CM1241	32
Tabla 8. Variables del PLC maestro	45
Tabla 9. Valores para normalizar y escalar la señal	55

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Niveles de la pirámide de la automatización industrial	20
Figura 2. Topología de redes	22
Figura 3. Modos de comunicación punto a punto.....	24
Figura 4. Características del Modbus TCP.....	29
Figura 5. Partes del PLC Simatic S7 1200-1215C AC/DC/RLY.....	30
Figura 6. Software TIA portal.....	33
Figura 7. Vista del proyecto	33
Figura 8. Vista del portal.....	34
Figura 9. Forma de ejecutar como administrador.....	36
Figura 10. Creación de un proyecto para el PLC maestro.....	37
Figura 11. Configuración del PLC como maestro.....	37
Figura 12. Selección del PLC 1200 CPU 1215 AC/DC/RLY.....	38
Figura 13. Agregar la subred y ajustar la dirección IP del PLC maestro.....	39
Figura 14. Activación de marcas de sistema y ciclo	40
Figura 15. Creación de PLC 1200 como esclavo	41
Figura 16. Añadir una subred y ajustar la dirección IP del esclavo	42
Figura 17. Comprobación de la conexión de los CPU´s	42
Figura 18. Activación de las marcas de sistema y de ciclo del PLC esclavo	43
Figura 19. Insercción del módulo CM1241 (RS422/485).....	44
Figura 20. Asignación de variables del PLC maestro	46
Figura 21. Forma de como insertar un bloque de datos	47
Figura 22. Rotulación de los datos que se almacenarán.....	48
Figura 23. Modificación del nombre al bloque de programación principal	48
Figura 24. Determinación del valor máximo de la potencia	49
Figura 25. Transferencia del valor de la potencia a un bloque de datos.....	50

Figura 26. Configuración de la instrucción TSEND	50
Figura 27. Configuración de la instrucción TCRV.....	51
Figura 28. Transferir la variable Galones a una marca del HMI	52
Figura 29. Variables del PLC esclavo	52
Figura 30. Bloque de datos del PLC esclavo	53
Figura 31. Configuración de la instrucción TRCV del PLC esclavo	53
Figura 32. Transferir el valor de la potencia a una marca del PLC.....	54
Figura 33. Líneas de programación del control del proceso.....	54
Figura 34. Conversión de la salida analógica de 10 VDC	55
Figura 35. Normalización de la señal analógica del caudal.....	55
Figura 36. Parametrización de la señal de caudal.....	56
Figura 37. Transferencia del valor de la señal de caudal	57
Figura 38. TSEND envía información al PLC maestro	57
Figura 39. Pasos para agregar un Sistema PC.....	58
Figura 40. Diseño del HMI con los elementos de control	59
Figura 41. Control y monitoreo de las variables	60

RESUMEN

El presente proyecto consiste en la simulación de una comunicación punto a punto entre dos autómatas programables bajo el estándar RS485 semidúplex para prácticas de comunicaciones industriales del laboratorio de instrumentación virtual. Un autómata programable hará de maestro que mediante el HMI se permitirá el encendido y apagado del proceso y el otro autómata programable actuará como esclavo, el cual pertenece al módulo de estación de caudal CCP-001 y su función es de controlar la operación del proceso. Así mismo, se utiliza como software de programación de los autómatas programables el TIA PORTAL V15, puesto que es compatible y posee el paquete de SIMATIC WinCC para el desarrollo del HMI. El proceso se inicia cuando a través del HMI se presiona el pulsador de inicio y el PLC maestro se encarga de establecer una conexión y enviar la información de la potencia de la bomba a través de un bloque TSEND con límite máximo el 100%, entonces el PLC esclavo asume su rol y recepta aquella información mediante el bloque TRCV, luego el PLC maestro solicita información de los GPM del módulo de estación de caudal CCP-001 y el PLC esclavo se encarga de enviar aquella información para que se visualice en el HMI.

PALABRAS CLAVE:

- **ESTÁNDAR RS485**
- **CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE**
- **SIMULACIÓN VIRTUAL**

ABSTRACT

The present project consists of the simulation of a point-to-point communication between two programmable controllers under the RS485 semi-duplex standard for industrial communications practices in the virtual instrumentation laboratory. One PLC will act as a master that through the HMI will allow the switching on and off the process and the other PLC will act as a slave, which belongs to the flow station module CCP-001 and its function is to control the operation of the process. Likewise, TIA PORTAL V15 is used as programming software for the PLCs, since it is compatible and has the SIMATIC WinCC package for the development of the HMI. The process starts when you press the start button through the HMI and the master PLC is responsible for establishing a connection and send the information of the pump power through a TSEND block with a maximum limit of 100%, then the slave PLC assumes its role and receives that information through the TRCV block, then the master PLC requests information from the GPM of the flow station module CCP-001 and the slave PLC is responsible for sending that information to be displayed on the HMI.

KEY WORDS

- STANDARD RS485
- PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER
- VIRTUAL SIMULATION

CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

La Unidad de Gestión de Tecnologías perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" tiene como misión formar los mejores profesionales, íntegros e innovadores competitivos y entusiastas, a través del aprendizaje por logros aportando así, al desarrollo de nuestra Patria.

Como institución de educación superior cuenta con el laboratorio de instrumentación virtual para la carrera de Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica, con el fin, de que los estudiantes puedan desarrollar destrezas y competencias y enfrentarse al campo laboral. Sin embargo, con los avances tecnológicos que se presentan en la actualidad es menester ir a la par de la misma.

La utilización de los equipos de comunicación MODBUS/RTU vía RS-485 es importante ya que con la aplicación y uso de los mismos contaremos con módulos capaces de interactuar entre sí y realizar prácticas de automatización con mayor eficiencia en transferencia de datos, es por esta razón que el Señor René Eduardo Zambrano Monserrate de la Universidad Politécnica Salesiana, en el año 2018. En su proyecto de graduación titulado "Diseño e implementación de una red MODBUS/RTU entre dos autómatas programables S7-1200 basado en el estándar RS485.", determinó que el uso del PLC es considerable en procesos industriales y que el uso de la red MODBUS/RTU es muy usada para ayudar a concatenar procesos en plantas industriales, como comunicar dos autómatas y variadores de frecuencia que integran de serie el puerto RS 485. (MONSERRATE & CABALLERO, 2018)

En la Universidad Politécnica de Cartagena, Francisco José Menchón Ruiz, en el año 2006. En su proyecto de grado titulado “Configuración y puesta en marcha de una red de autómatas programables basada en PROFIBUS, MPI y GSM para el control y monitorización de módulos de fabricación flexible.”, determinó que la comunicación mediante el bus PROFIBUS DP entre autómatas programables es una tecnología fácil y sencilla de implementar, que permite la descentralización del sistema de control, dotando de esta forma al sistema de más versatilidad, más robustez y más flexibilidad. (Ruiz, 2006)

1.2. Planteamiento del problema

El laboratorio de instrumentación virtual de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de Fuerzas Armadas – ESPE, está equipado con una gran variedad de módulos, estaciones y dispositivos que actualmente son utilizados en la industria de automatización.

Sin embargo, los conocimientos que los estudiantes adquieren de manera teórica deben ser repotenciados con prácticas que están en el auge en la industria aplicando nuevas tecnologías en redes industriales.

Por tal motivo, es importante contar con prácticas que permitan la implementación de una comunicación punto a punto RS-485 semidúplex que complemente los conocimientos adquiridos y permita al estudiante familiarizarse con el campo laboral.

1.3. Justificación

En el transcurso de los años la tecnología sigue en desarrollo, de tal forma, que los dispositivos e instrumentos en el campo de la comunicación industrial son una tendencia en la actualidad.

En la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE se dispone de un laboratorio de instrumentación virtual que permite al estudiante familiarizarse con dispositivos e instrumentos que están presentes en la industria de tal forma que compensan esas dudas que necesita ser repotenciado con herramientas académicas como la que se presenta en la presente propuesta.

La implementación de una comunicación punto a punto RS 485 semidúplex se realiza con el PLC S7-1200 y el módulo de comunicación CM-124, para adquirir la señal del transmisor de la estación de caudal. El software para el desarrollo de la programación es TIA PORTAL V15, esto es relevante ya que facilita al estudiante conocimientos que, en el campo laboral actual, además podrá realizar prácticas de redes industriales eficientes, seguras y confiables desde su proceso enseñanza/aprendizaje.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Implementar una comunicación punto a punto RS 485 semidúplex mediante el PLC S7-1200 y el módulo de comunicación CM-1241 para prácticas de comunicaciones industriales en el laboratorio de instrumentación virtual.

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar las características técnicas y el principio de funcionamiento del PLC S7-1200 y del módulo CM-1241.
- Establecer la configuración del PLC S7 1200 para que se comunique con los módulos de comunicación CM-1241 bajo el estándar RS 485
- Desarrollar la red de comunicación punto a punto RS 485 mediante el software TIA PORTAL V15.

1.5. Alcance

El presente proyecto se realizará en el laboratorio de automatización y control de procesos de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, con el fin, de brindar a los estudiantes el material didáctico donde puedan desarrollar prácticas de comunicación punto a punto RS 485 semidúplex mediante el PLC S7-1200 y el módulo de comunicación CM-1241 de manera que puedan aplicar los conocimientos adquiridos, lo cual permitirá obtener mayor experiencia para posteriormente desempeñarse de mejor manera en el ámbito laboral, demostrando que son profesionales altamente capacitados y competitivos.

CAPITULO II

2. Marco teórico

2.1. Comunicaciones Industriales

La comunicación industrial se da origen cuando aumentó la complejidad de los procesos productivos y surgió la necesidad de utilizar máquinas enfocadas a cada área de manufactura; es así, que apareció el primer dispositivo programable de control en el año de 1968, mismo que carecía de la capacidad de comunicarse (Sánchez, 2016), por su parte (Engineering, 2018) complementa este avance con el surgimiento de Modbus en el año de 1979, siendo un protocolo de comunicación entre diferentes dispositivos, dando lugar a la primera red de comunicaciones industriales en la historia, de tal manera, que el usuario podía interactuar mediante ordenadores con los controladores.

Según, (Chiliquina Alvarez & Eugenio Eugenio, 2017) las comunicaciones industriales se han hecho muy relevantes en la actualidad ya que necesitan contar con características particulares para satisfacer las necesidades de la industria, cuyo objetivo es mejorar las acciones entre conjuntos automatizados.

Además, se refiere a las comunicaciones industriales como el área de estudio de la transmisión de información entre dispositivos electrónicos utilizados para efectuar tareas de control y gestión del ciclo de vida de los productos industriales.

2.1.1. Pirámide de Automatización

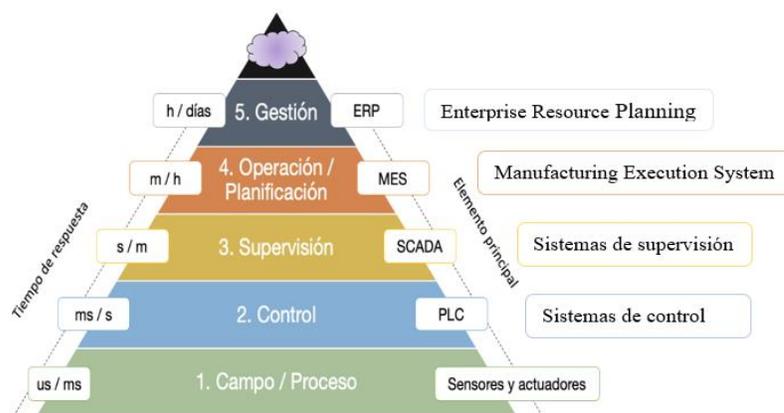
La pirámide de automatización representa los 5 niveles tecnológicos que se puede encontrar en una industria con procesos automatizados. Estos niveles tecnológicos se

requiere enlazarlos para que trabajen de forma integrada a través de los diferentes estándares de comunicación industrial.

En la Figura 1. , se muestra los niveles tecnológicos que está formada la pirámide de automatización.

Figura 1.

Niveles de la pirámide de la automatización industrial



Nota: El gráfico representa los 5 niveles tecnológicos de la pirámide de automatización, además señala que se podría añadir otro nivel por encima del quinto “la nube”. (Herrero, s. f.)

Tabla 1.

Niveles de la pirámide de la automatización

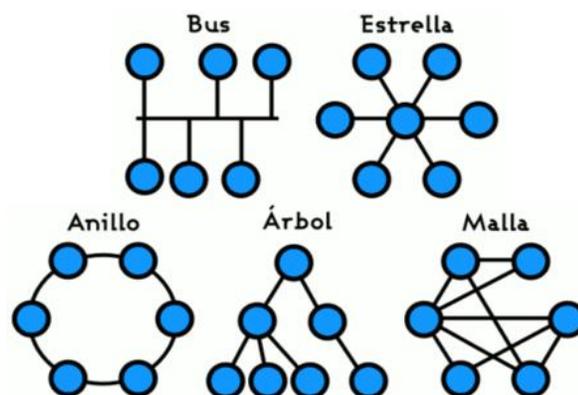
N. de campo	<p>Se localiza en la parte inferior de la pirámide.</p> <p>Están todos los equipos físicos como dispositivos, sensores y actuadores.</p> <p>Es un área de trabajo físico que requiere mayor cuidado y mantenimiento.</p>
N. de control	<p>Los controladores autónomos se encargan de controlar y correr actividades de producción.</p> <p>Mediante sistemas especializados como los controladores lógicos programables (PLC) y PID se realiza las tareas programadas en tiempos específicos.</p>

N. de supervisión	Llamado también nivel SCADA, su función principal es combinar los niveles anteriores para acceder a datos y sistemas de control mediante la representación gráfica HMI (interfaz hombre-máquina) y de esa manera facilitar el control y monitoreo del proceso en tiempo real.
N. de planificación	Este nivel utiliza un sistema de gestión informática llamado MES (Manufacturing Execution System). Es capaz de monitorear todo el proceso de fabricación en una planta desde las materias primas hasta el producto terminado. Esto permite a la gerencia ver lo que está sucediendo y tomar decisiones en base a la información obtenida.
N. de gestión	Se encuentra en la cúspide de la pirámide y utiliza el sistema de gestión integrado de las empresas llamado ERP (Enterprise Resource Planning). En este nivel tecnológico las compañías y negocios pueden monitorizar todos los niveles de fabricación, las ventas, las compras entre otros aspectos relacionados a la producción.

Nota: (Herrero, s. f.)

2.1.2. Topología de Red

Las topologías de las redes industriales es la forma que se interconectan los diferentes equipos y el cableado para intercambiar datos. Las topologías más típicas son las siguientes:

Figura 2.*Topología de redes**Nota: (Molina, s.f.)***Tabla 2.***Tipos de topologías de una red industrial*

Punto a punto	<p>La red punto a punto es aquella que permite la conexión directa entre dos equipos.</p> <p>Estructura más sencilla de acuerdo al sistema del cableado.</p> <p>Es muy versátil a la hora de procesar información ya que se puede comportar como emisor o como receptor.</p>
Bus	<p>Tipo de conexión de red donde se interconectan todas las estaciones a un canal de comunicación común para transmitir información de forma bilateral.</p> <p>Solo un mensaje puede ser transmitido a la vez.</p> <p>Si existe algún fallo en un elemento no provoca avería en la red.</p>
Árbol	<p>La distribución de nodos es en forma de árbol.</p> <p>Se consigue mayor alcance a diferencia del bus simple, pero se aumenta la atenuación.</p> <p>Se puede conectar más dispositivos además si falla un nodo no implica la interrupción de las comunicaciones.</p>
Anillo	<p>La disposición de las estaciones forma un lazo cerrado.</p> <p>La información circula en una única dirección alrededor del círculo.</p>

	<p>Cada estación examina los datos de la anterior y si los datos no están dirigida a la estación que la examina la pasa al siguiente anillo.</p> <p>Si algún nodo de la red se cae la comunicación en todo el anillo se pierde.</p>
Estrella	<p>Todos los nodos de la red se conectan a un dispositivo central el cual proporcionará información a los demás nodos.</p> <p>El mal funcionamiento de un nodo no afecta a la red entera solo saldrá de ella, pero un fallo en el nodo central provoca una avería completa.</p>
Malla	<p>Tipo de conexión de red donde se comunican entre si todos los nodos.</p> <p>Posee múltiples caminos por ende es posible llevar la información de un nodo a otro por diferentes caminos.</p> <p>El cableado de la red es muy costoso.</p>

Nota: (López Salazar & Mora Ledesma, 2017)

2.2. Modos de comunicación punto a punto

De acuerdo al sentido de información, la transmisión de datos puede ser de tres modos. La Figura 3 contiene un breve detalle.

2.2.1. Modo simplex

En este modo la transmisión solo es posible en una dirección, desde la estación que actúa como transmisor a la otra estación como receptor. Es uno de los métodos más sencillos y económicos y se usa para comunicar dispositivos de medida o periféricos de entrada y salida que transmiten información en un solo sentido (Unknown, 2018).

2.2.2. Modo half dúplex

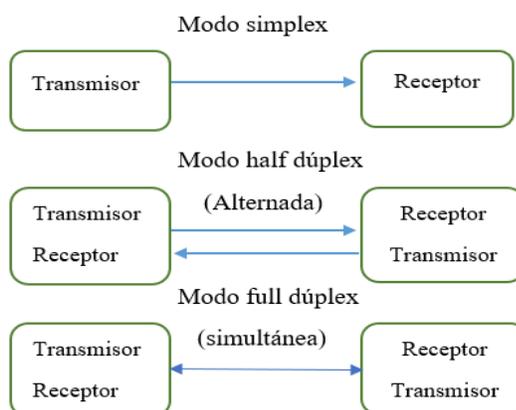
Según (López Salazar & Mora Ledesma, 2017) la transmisión se realiza en ambas direcciones, pero no de forma simultánea sino de manera alternada, es decir un dispositivo puede transmitir o recibir datos en distintos intervalos de tiempo.

2.2.3. Modo full dúplex

La transmisión de datos circula en ambas direcciones de manera simultánea en un mismo lapso de tiempo, es decir los dispositivos pueden transmitir y recibir datos en cualquier momento. Este modo de comunicación se consigue gracias al empleo de frecuencias separadas ya que existen dos frecuencias una para transmitir y otra para recibir información (Unknown, 2018).

Figura 3.

Modos de comunicación punto a punto



Nota: Existen tres modos de comunicación punto a punto. El modo simplex la transmisión es en una dirección; el half dúplex es una transmisión en ambas direcciones y de forma alternada; el full dúplex es una transmisión en ambas direcciones de manera simultánea. (Unknown, 2018)

2.3. Estándar de Comunicación

2.3.1. RS-232

Es un estándar desarrollado por la Asociación de Industrias Electrónicas conjuntamente con la Asociación de Industrias de las Telecomunicaciones (EIA/TIA 232) principalmente para realizar la comunicación serie entre un ordenador (DTE, "Data

Terminal Equipment”) y un módem (DCE, “Data Communication Equipment”) pero su aceptación hizo que se aplique en el campo industrial para comunicar punto a punto diferentes equipos y componentes. (Perles, s. f.)

Además, el estándar RS-232 utiliza el tipo de transmisión serie asíncrona y síncrona entre equipos y se emplea para distancias cortas y a bajas velocidades de transmisión. Cabe resaltar que usa un cable referenciado a una masa común.

Tabla 3.

Características del estándar RS232

Características	
Mecánicas	En el conector de 25 pines acomoda todas las señales funcionales de la norma.
	El conector para el DCE es macho, mientras que el conector del DTE es hembra.
	Se utiliza el conector de 9 contactos en mayoría de aplicaciones.
	Longitud máxima del cable 15 metros.
Eléctricas	Transmisión no balanceada
	Capacidad máxima del cable 2500 pF
	Limitación de corriente de 0,5 A.
	Tiempo de cada periodo de bit es el 4%
	Velocidad máxima es de 20 kbps.

Nota:(Perles, s. f.)

2.3.2. RS-422

El estándar RS-422 ha sido desarrollado por la EIA/TIA con el objetivo de mejorar la comunicación de RS-232 en lo que concierne la transmisión serie de datos a grandes distancias y a mayores velocidades en entornos ruidosos. Tiene la facultad de conectar un dispositivo transmisor a hasta 32 dispositivos receptores y utiliza como entorno físico

dos pares trenzados, uno para la comunicación de maestro a esclavo y el otro para la comunicación de esclavo a maestro (Reyes & Ganezzy, 2018).

Tabla 4.

Características del estándar RS-422

RS-422	
Estándar	EIA/TIA RS-422
Longitud del conductor	1200 metros
Velocidad máxima	10 Mbps
Medio físico	Dos pares trenzados
Topología de red	Multipunto
Modo de comunicación	Full dúplex
Máximo de dispositivos	1 emisor y 32 receptores.

Nota:(Reyes & Ganezzy, 2018)

2.3.3. RS-485

Es un estándar de comunicación en bus ampliamente utilizado para el control y adquisición de datos el cual usa como medio físico de transmisión un par trenzado y conector RJ11 que admite hasta 32 estaciones y 32 receptores en un mismo bus (2 hilos), es bastante inmune a interferencias electromagnéticas y tiene la capacidad de enviar datos a largas distancias y a velocidades altas, siendo 1200 metros la longitud máxima. La comunicación que requiere para operar es half dúplex, de forma que los dispositivos no pueden transmitir y recibir datos en un mismo instante de tiempo (Weis, 2019).

Tabla 5.*Características del estándar RS-485*

RS-485	
Estándar	TIA/EIA 485
Longitud del conductor	1200 metros
Velocidad máxima	10 Mbps
Medio físico	Par trenzado
Topología de red	Punto a punto, punto a multipunto, multi-drop
Modo de comunicación	Semidúplex, dúplex
Máximo de dispositivos	32 equipos y con receptores de alta impedancia 256 equipos.

Nota:(Weis, 2019)

2.4. Fieldbus

Es el conjunto de redes de comunicaciones industriales bidireccional y multipunto que interconecta los dispositivos de campo con sus respectivos controladores sustituyendo las conexiones punto a punto entre los elementos de campo, de tal forma, que simplifica considerablemente el mantenimiento y el costo de instalación al reducir la cantidad de cableado (Arroyo & Ruiz, 2018).

Por otra parte, (Fernando & Vásquez, 2015) aporta que fieldbus al ser una comunicación digital montada sobre un bus serie brinda características de factibilidad para los sistemas analógicos de 4-20 mA y la facilidad de intercambiar información a través de dispositivos del mismo o diferente fabricante mediante un protocolo reconocido por todos los nodos.

2.4.1. Protocolos de comunicación.

Un protocolo de comunicación se refiere a un conjunto de reglas que permiten la transmisión y recepción de datos punto a punto o multipunto en un mismo bus, de tal forma que en un intervalo de tiempo se reciba los datos y en otro se transmite los datos (Fernando & Vásquez, 2015).

2.4.2. Modbus

Modbus es un protocolo de comunicación industrial desarrollado por la empresa Modicon en el año de 1979, basado en la arquitectura maestro/esclavo (RTU) o cliente/servidor (TCP/IP) para establecer la comunicación serial entre múltiples dispositivos de automatización que estén conectados a la misma red. En la actualidad, se ha convertido en un protocolo de comunicación industrial muy popular debido a que es de uso público y gratuito, fácil implementación y al manejo de datos sin restricciones (Said, 2016).

Según, (Wladimir & Francisco, 2016) el protocolo Modbus intercambia datos entre el maestro y esclavo, de manera que lo hace mediante dos medios de transmisión MODBUS RTU (binario) y MODBUS ASCII (caracteres).

2.4.2.1. MODBUS RTU (REMOTE TERMINAL UNIT)

De acuerdo con (López Salazar & Mora Ledesma, 2017) el protocolo Modbus permite la comunicación maestro/esclavo entre dispositivos de control con los ordenadores para recopilar y analizar los datos dentro de una instalación de producción automatizada. Además, utilizando el modo RTU, cada 8 bits en un mensaje contienen dos caracteres hexadecimales de 4 bits, así mismo, posee una característica peculiar puesto que utiliza codificación binaria y comprobación de errores.

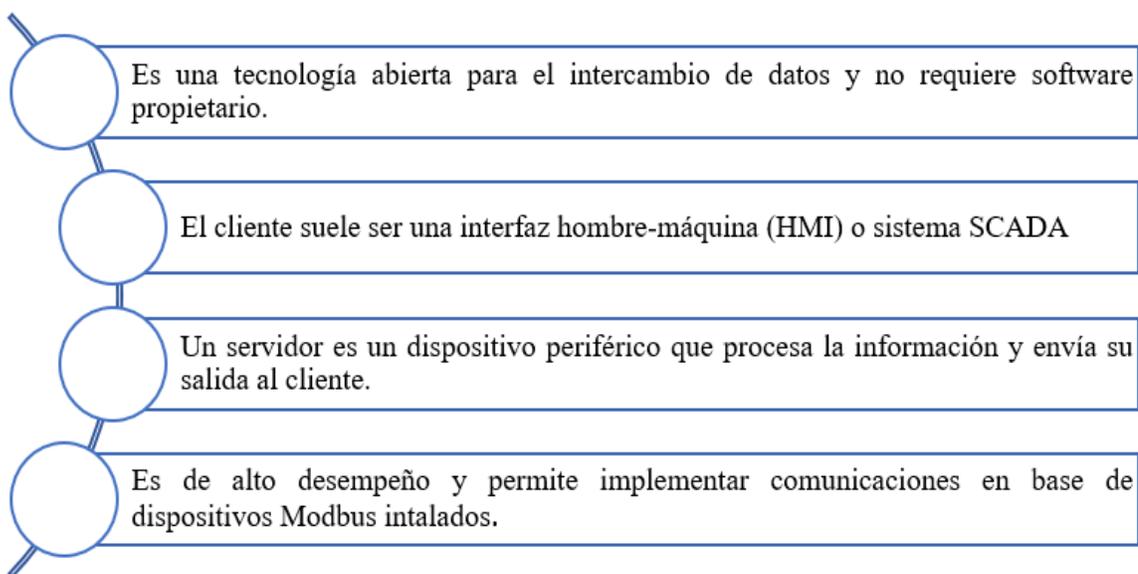
En el modo ASCII se intercambia datos en codificación ASCII y en formato hexadecimal que permite el fácil acceso de lectura, sin embargo, es menos eficiente que el modo RTU debido al retardo de envío de la información (Sánchez, 2016).

2.4.2.2. Modbus TCP

Modbus TCP es un protocolo de comunicación basado en la estructura cliente/servidor que se emplea en dispositivos conectados a Ethernet. Debido a su gran aceptación se convirtió en un protocolo muy utilizado en los procesos industriales, ya que permite compartir información entre los dispositivos bajo un modelo de comunicación cliente/servidor, es decir, el cliente va a efectuar consultas mientras que el servidor responde y realiza la acción de acuerdo a la consulta realizada (Calvo Luis, 2019).

Figura 4.

Características del Modbus TCP



Nota: (Calvo Luis, 2019)

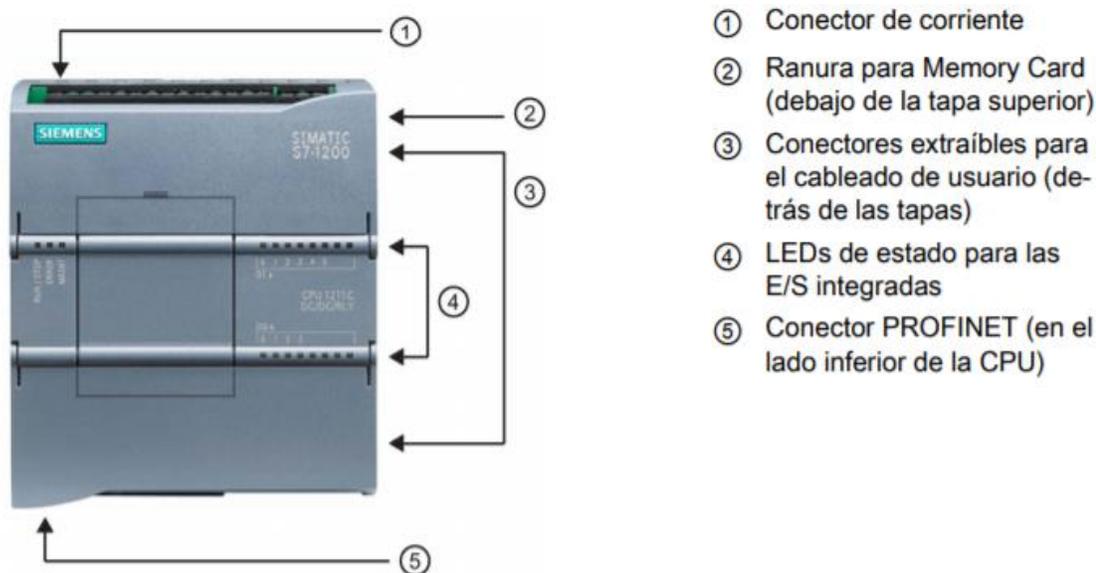
2.5. Controlador Lógico Programable (PLC)

El controlador lógico programable S7-1200 es un dispositivo electrónico perteneciente a la familia Simatic S7 desarrollado por la empresa alemana SIEMENS, que tiene la facultad de ser programado por el usuario, gracias a la compatibilidad de software, a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, es idóneo para realizar tareas de control de procesos industriales (SIEMENS, 2015).

Además, dispone de la CPU que incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida, interfaces de comunicación, una ranura para memorias externas, puerto de comunicación PROFINET y todo esto en una carcasa compacta y robusta, de tal forma, que se considera un controlador potente y factible para aplicaciones industriales. Las partes principales del controlador lógico programable se muestran en la Figura 5.

Figura 5.

Partes del PLC Simatic S7 1200-1215C AC/DC/RLY



Nota: (SIEMENS, 2015)

Tabla 6.*Características del PLC S7 1200 1215 AC/DC/RLY*

Tipo de la CPU	CPU 1215 AC/DC/RLY
Versión de firmware	V4.2
Tensión de alimentación nominal	120 VAC; 230 VAC
Límite inferior admisible	85 VAC
Límite superior admisible	265 VAC
Frecuencia de red	Límite inferior: 47 Hz Límite superior: 63 Hz
Intensidad de entrada	100 mA con 120 V AC; 50 mA con 240 V AC
Memoria de trabajo	125 kbyte no ampliable
Memoria de carga	4 Mbyte integrada; 2 Gbyte con Simatic memory card
Memoria de respaldo	Existente, sin pila y libre de mantenimiento.
Alimentación de sensores 24 V	20,4 a 28,8 V
Área de datos (marcas)	8 kbyte
Entradas digitales	14 con 24 VDC de alimentación
Salidas digitales	10; relé
Entradas analógicas	2: rango de tensión de 0 a +10V
Salidas analógicas	2: rango de salida de corriente 0 a 20 mA
Interfaz	Profinet con 2 puertos

Nota: (SIEMENS, 2015)

2.6. Módulo de comunicación CM-1241.

Es un módulo de comunicación serial que permite a los equipos de la familia S7 1200 intercambiar datos y es apto para transmitir vía RS232 y RS485 ya que incorpora el protocolo de comunicación Modbus RTU. Su configuración es a través del software TIA portal debido que requiere librerías específicas para que funcione correctamente. Una de sus principales ventajas es que no requieren fuente de alimentación externa y son inmunes a interferencias a grandes distancias (Defas Brucil & Guzmán Herrera, 2016).

Tabla 7.

Características técnicas del módulo CM1241

Tipo de módulo	CM1241 RS422/RS485
Tensión de alimentación nominal	24 VDC
Límite inferior admisible	20,4 VDC
Límite superior admisible	28,8 VDC
Grado de protección	IP 20
Longitud del conductor	1000 metros
Interfaz	RS422/RS485

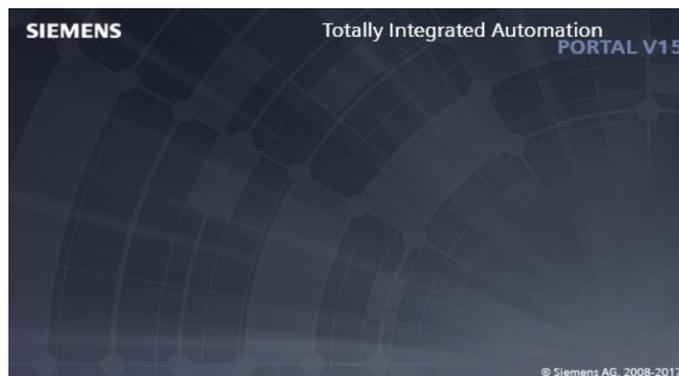
Nota: (Módulo de comunicación CM 1241, RS422/485 | Fluitronic, s. f.)

2.7. Software TIA PORTAL V15

TIA Portal es un software de programación avanzado de automatización industrial que le permite al usuario de manera intuitiva y efectiva configurar todos los procesos de planificación y producción facilitando el aprendizaje, la interconexión y operación ya sea de un controlador lógico programable o una pantalla HMI (Bayas Sánchez & Cocha Apupalo, 2016).

Figura 6.

Software TIA portal

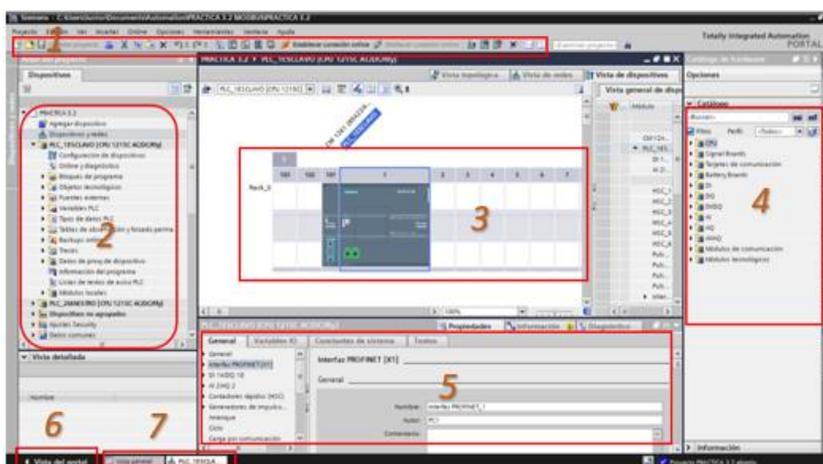


Nota: (Bayas Sánchez & Cocha Apupalo, 2016)

Por otra parte, (SIEMENS, 2015) argumenta que para aumentar la eficiencia del software TIA Portal hay dos vistas que el usuario puede elegir y trabajar en el proyecto, estas son la vista del portal donde se elige el dispositivo controlador o la pantalla HMI y la vista del proyecto la cual están las herramientas y el área de trabajo.

Figura 7.

Vista del proyecto

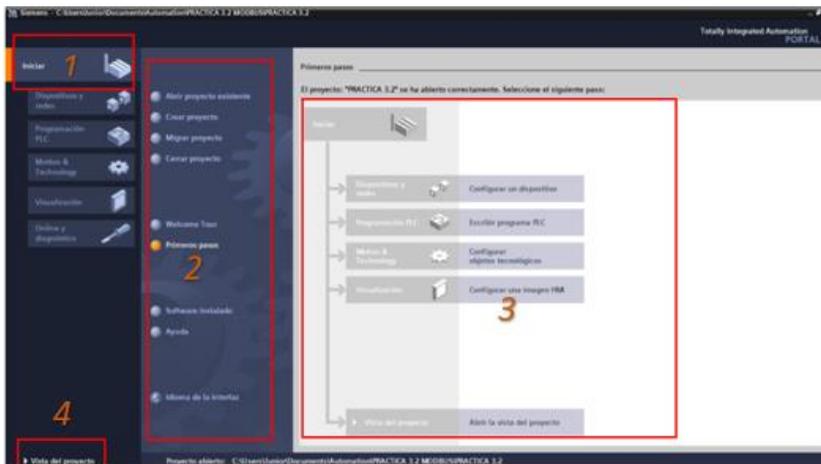


- 1 Menú y barras de herramientas.
- 2 Árbol del proyecto
- 3 Área de trabajo
- 4 Task cards
- 5 Ventana de inspección
- 6 Cambia a la vista portal
- 7 Barra del editor

Nota: (SIEMENS, 2015)

Figura 8.

Vista del portal



- 1 Portales para las diferentes tareas
- 2 Tareas del portal seleccionado
- 3 Panel de selección para la acción seleccionada
- 4 Cambia a la vista del proyecto
Barra del editor

Nota: (SIEMENS, 2015)

CAPITULO III

3. Desarrollo del tema

3.1. Descripción del proceso

Se ha implementado una comunicación punto a punto entre dos autómatas programables bajo el estándar RS485 semidúplex para prácticas de comunicaciones industriales del laboratorio de instrumentación virtual. Para el desarrollo de esta comunicación es necesario tomar en cuenta los requerimientos de hardware y software, ya que está conformado por dos PLC's S7-1200 (CPU 1215 AC/DC/RELAY); un autómata programable hará de maestro que mediante el HMI se permitirá el encendido y apagado del proceso y el otro autómata programable actuará como esclavo, el cual pertenece al módulo de estación de caudal CCP-001 y su función es de controlar la operación del proceso.

El PLC maestro tiene la particularidad de gobernar la red e iniciar la transferencia de información, en este caso enviará como petición la potencia de llenado de la bomba y receptorá información del caudal, mientras que el PLC esclavo asume su rol y responderá a la petición y enviará toda la información acerca de los galones por minuto (GPM).

Así mismo, se utiliza como software de programación de los autómatas programables el TIA PORTAL V15, puesto que es compatible y posee el paquete de SIMATIC WinCC para el desarrollo del HMI.

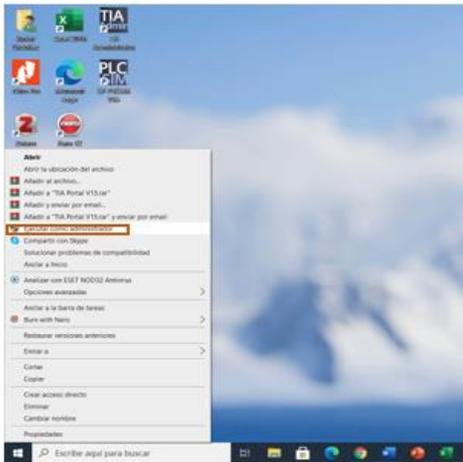
3.2. Configuración de la comunicación entre el PLC maestro y esclavo.

3.2.1. Creación y configuración del PLC maestro

Para realizar la creación y configuración del PLC maestro en primera instancia se debe dar click derecho en el icono del software TIA PORTAL V15 y seleccionar ejecutar como administrador para obtener beneficios y no tener funciones limitadas. Ver Figura 9

Figura 9.

Forma de ejecutar como administrador

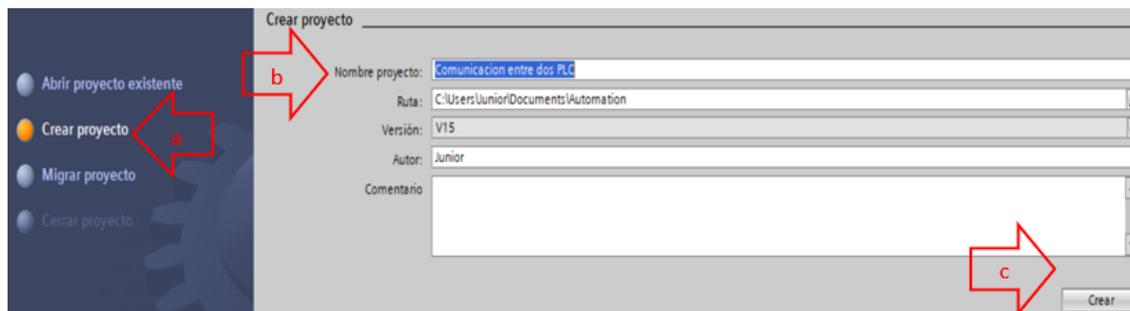


Nota: TIA PORTAL se ejecuta como administrador

Posteriormente que se haya ejecutado el software TIA PORTAL V15 se procede a dar click en “crear proyecto” (a), luego en el segmento “nombre proyecto” (b) se pone un nombre que se identifique y para culminar se da click en la opción “crear” (c).

Figura 10.

Creación de un proyecto para el PLC maestro



Nota: Se agrega un nombre que identifique al proyecto

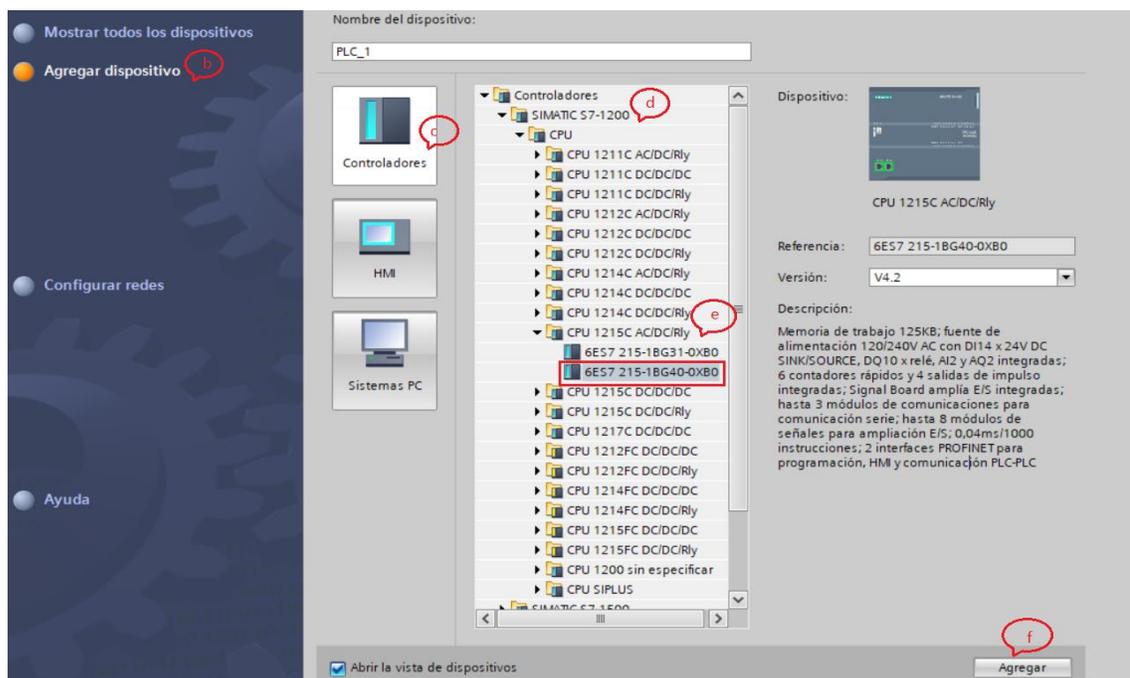
Quando se haya creado el proyecto aparecerá inmediatamente una ventana en la cual se dará click en la opción de “configurar un dispositivo” (a). Posteriormente dar click en “agregar dispositivo” (b) seguidamente seleccionar la opción “controladores” (c) y elegir “SIMATIC S7-1200” (d) para escoger el CPU del PLC con el que se va a trabajar, de tal forma, se desplaza a “CPU 1215C AC/DC/Rly” (e) al que corresponde y para finalizar se selecciona la referencia del dispositivo y se pone “agregar” (f) tal como se indica en la Figura 11 y Figura 12

Figura 11.

Configuración del PLC como maestro



Nota: La configuración del PLC es relevante para iniciar la programación

Figura 12.**Selección del PLC 1200 CPU 1215 AC/DC/RLY**

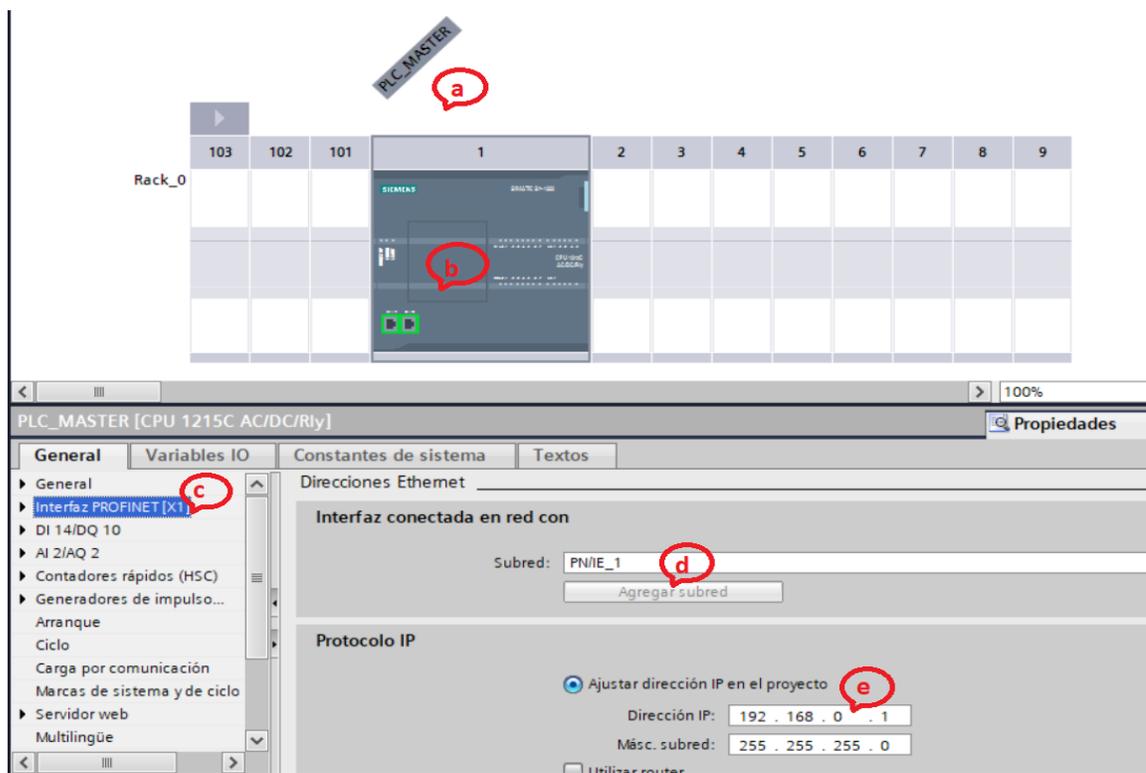
Nota: Se debe escoger el PLC con su respectiva referencia

3.2.2. Agregar la subred y ajustar la dirección IP en el PLC maestro

Una dirección IP es muy importante para establecer el intercambio de información entre los PLC's por tal motivo, es necesario ajustar la dirección Ethernet y rotular como PLC_MASTER y para ello se lo hace de la siguiente forma: dar doble click en la parte superior del rótulo "PLC_1" (a) y renombrar a PLC_MASTER, luego se da doble click en la parte central del "PLC" (b) para que se visualice inmediatamente las propiedades del mismo y seleccionar en la sección "interfaz PROFINET" (c), seguidamente desplazarse hasta el segmento direcciones Ethernet presionar en la opción "agregar una subred"(d) y automáticamente la subred agregada es "PN/IE_1" y para finalizar se ajusta la dirección IP a 192.168.0.1 (e) tal como se indica en la Figura 13.

Figura 13.

Agregar la subred y ajustar la dirección IP del PLC maestro



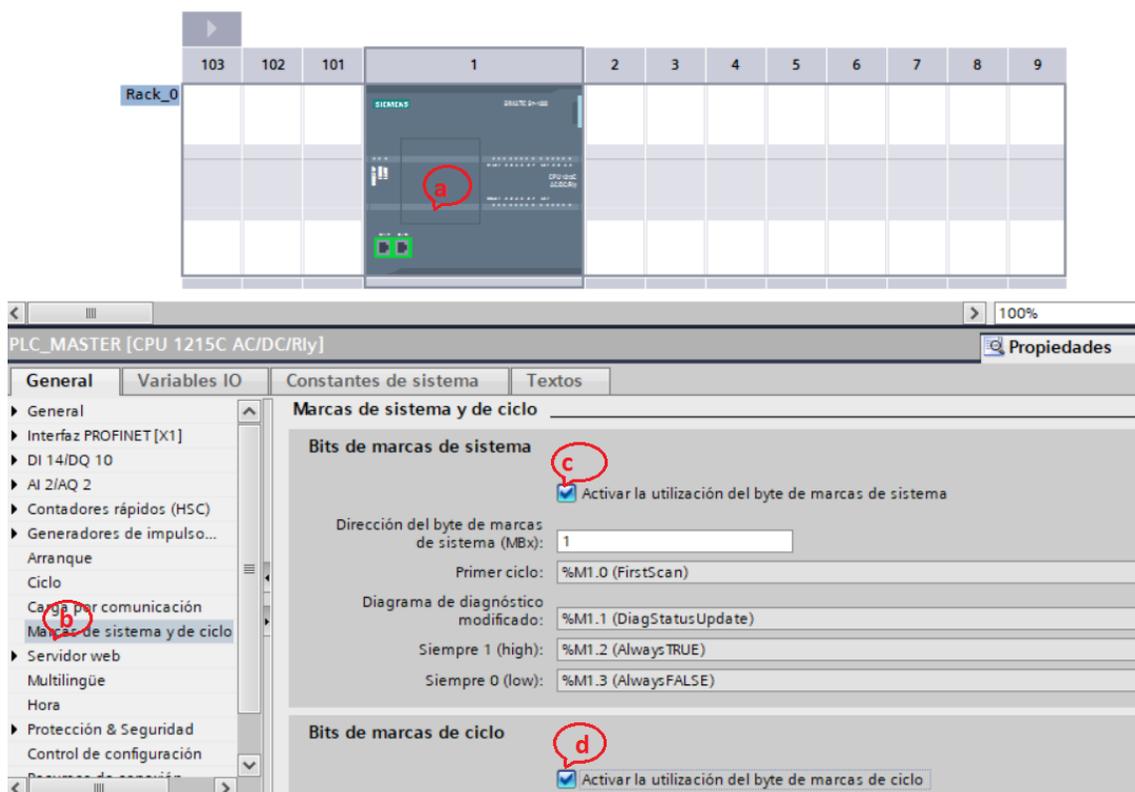
Nota: PLC maestro con su dirección IP

3.2.3. Activar las marcas de sistema y ciclo del PLC maestro

Una de las opciones para establecer un tiempo de sincronización de envío y recepción de datos entre los PLC'S es activar las marcas de ciclo ya que tienen la facultad de guardar un intervalo de tiempo en cada uno de los bits para posteriormente ser utilizados. Para habilitar estas marcas es igual que la configuración anterior, se hace doble click sobre el "PLC" (a) y se dirige al apartado de "marcas de sistema y de ciclo" (b) donde se desplegará las opciones para posteriormente activar las casillas de las marcas de sistema (c) y ciclo (d), también vale resaltar que las marcas que se utilicen no deben ser usadas a lo largo del proyecto puesto que son específicamente para generar el tiempo transmisión de datos. Ver Figura 14

Figura 14.

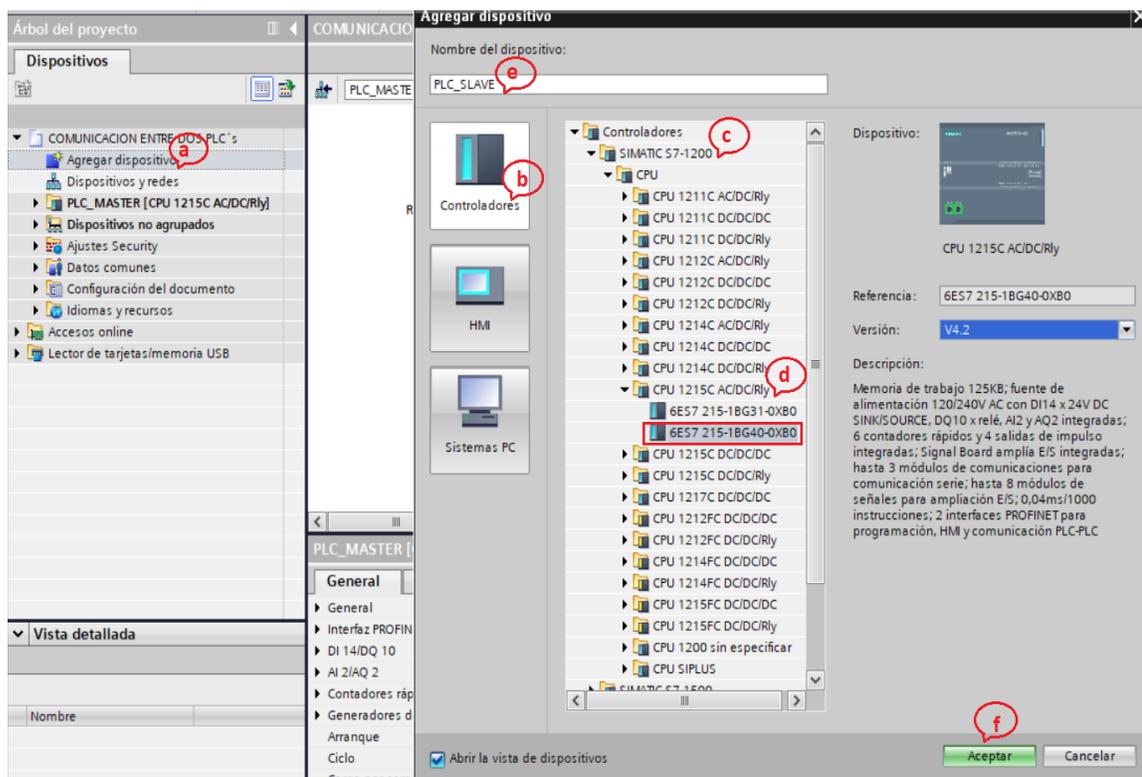
Activación de marcas de sistema y ciclo



Nota: Activar las dos casillas de las marcas en el PLC maestro

3.2.4. Creación y configuración del PLC esclavo

Al culminar la configuración del PLC maestro se procede a añadir el PLC esclavo para lo cual se dirige al árbol del proyecto y se da click en “agregar dispositivo” (a), seguidamente seleccionar la opción “controladores” (b) y elegir “SIMATIC S7-1200” (c) se escoge el CPU de acuerdo al PLC que corresponde “CPU 1215C AC/DC/Rly” (d) y para finalizar se selecciona la referencia del dispositivo “6ES7 215-1BG40-0XB0” además, se cambia el nombre a “PLC_SLAVE” (e) y se pone “aceptar” (f) como se representa en la Figura 15.

Figura 15.**Creación de PLC 1200 como esclavo**

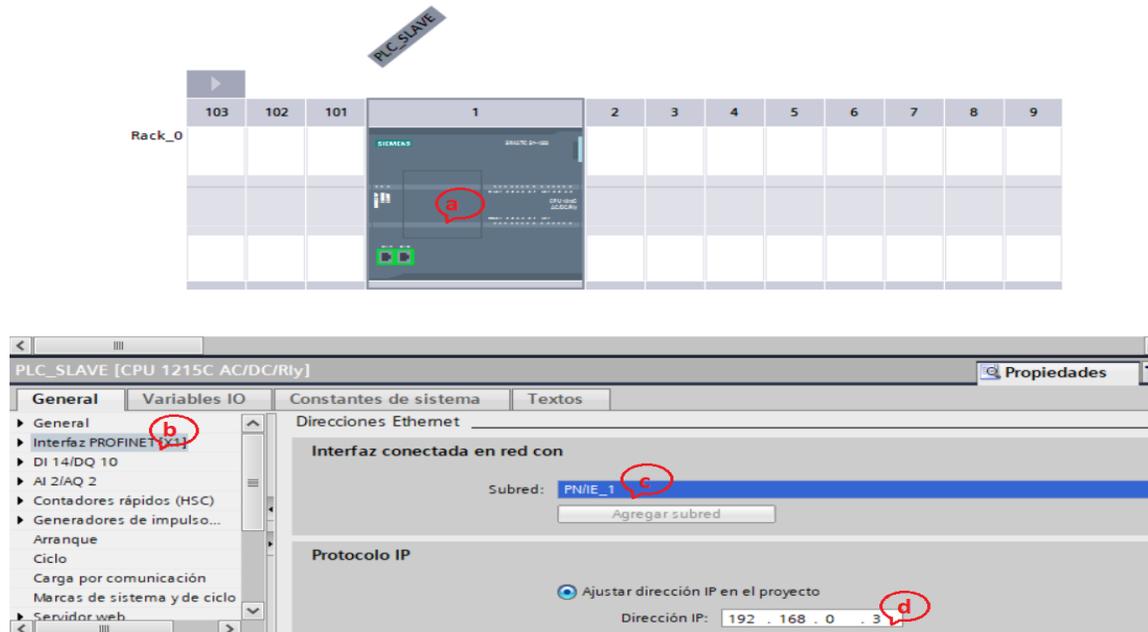
Nota: Escoger el PLC correcto con la referencia

3.2.5. Agregar la subred y ajustar la dirección IP en el PLC esclavo

Como en el caso del PLC maestro es necesario configurar la dirección IP del PLC esclavo ya que cada dispositivo debe tener una dirección diferente para que exista el envío y recepción de datos. Este ajuste se lo hace dando doble click sobre el “PLC” (a) e inmediatamente aparece los parámetros a configurar, se selecciona el apartado de “interfaz PROFINET” (b), se desplaza hasta direcciones Ethernet y se escoge la “subred PN/IE_1” (c) posteriormente se ajusta la dirección IP a “192.168.0.3” (d) tal como se indica en la Figura 16.

Figura 16.

Añadir una subred y ajustar la dirección IP del esclavo

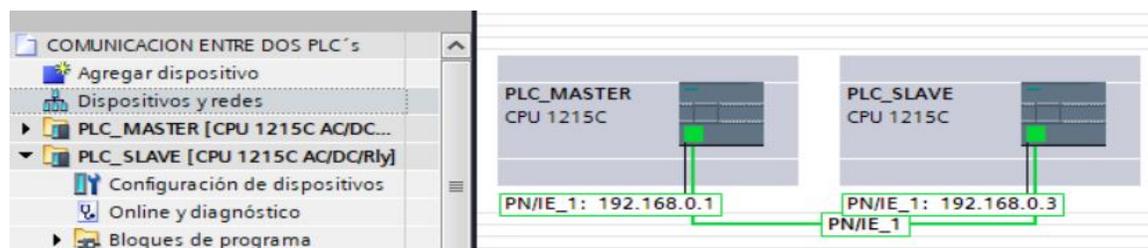


Nota: La subred y la dirección IP agregada del PLC esclavo

Quando se haya realizado la configuración de la dirección IP hay que verificar que los equipos tengan direcciones diferentes y estén interconectadas las CPU's a través de una red Ethernet y para ello se debe dar click en "dispositivos y redes" y posteriormente "mostrar direcciones".

Figura 17.

Comprobación de la conexión de los CPU's

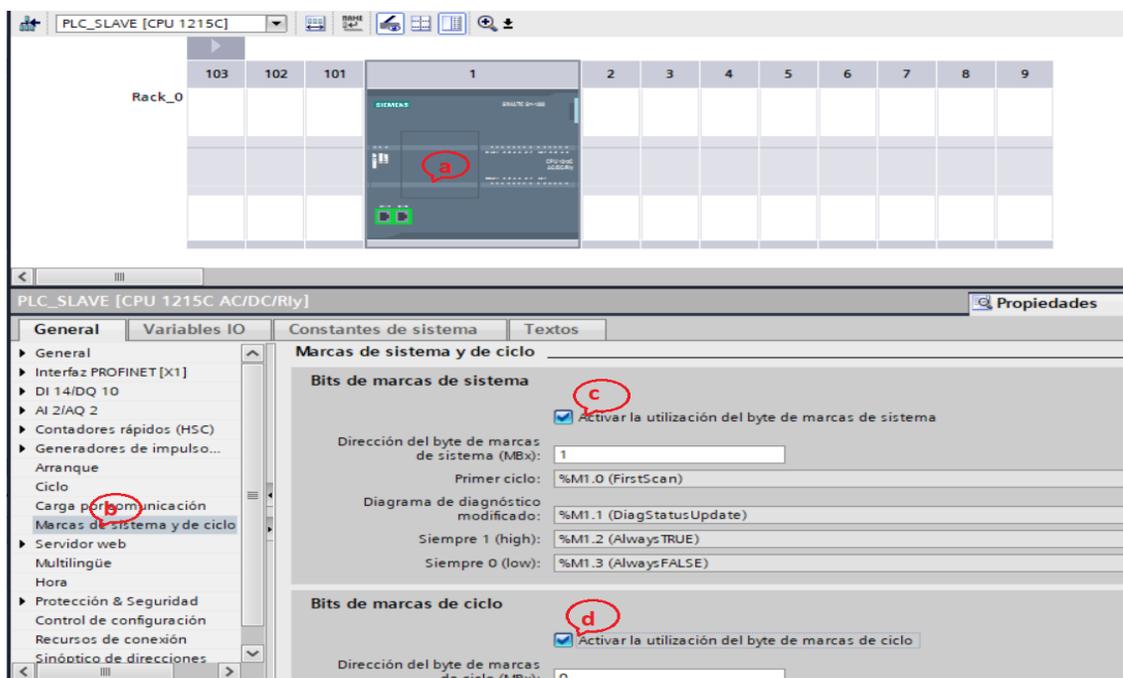


Nota: Conexión de los CPU's a través de la red Ethernet

3.2.6. Activar las marcas de sistema y ciclo del PLC esclavo

Al igual que el PLC maestro se debe activar las marcas de sistema y ciclo al PLC esclavo para que exista un tiempo de sincronización de envío y recepción de datos. Cabe mencionar que al momento de utilizar alguna marca con una frecuencia determinada deben ser iguales en la programación del maestro como del esclavo. Para habilitar estas marcas se debe dar doble click sobre el “PLC esclavo” (a), luego dirigirse al apartado “marcas de sistema y de ciclo” (b) donde se despliegan los parámetros de configuración y se debe activar las dos casillas de “marcas de sistema (c) y de ciclo” (d) con un visto azul como se indica en la Figura 18.

Figura 18. Activación de las marcas de sistema y de ciclo del PLC esclavo



Nota: Marcas de sistema y de ciclo activadas

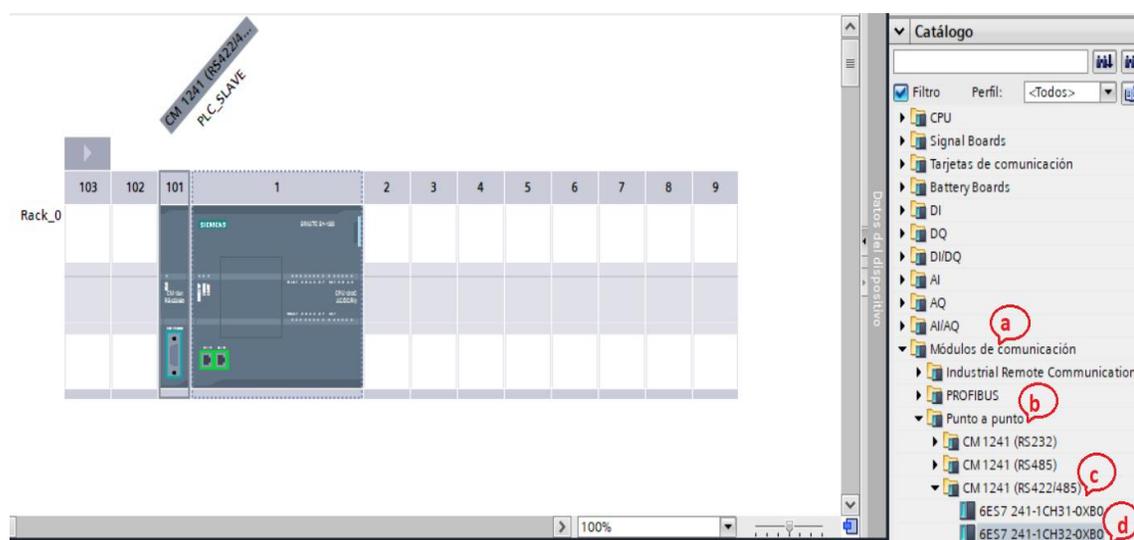
3.3. Agregar los módulos CM1241 (RS422/485) al PLC maestro y esclavo.

Este módulo permite la comunicación entre el PLC Maestro y PLC esclavo a través del estándar (RS422/485), por ende se debe agregar en ambos PLC's y para para ello

se realiza de la siguiente manera: en el catálogo de hardware dar click en la opción “módulos de comunicación” (a), luego se despliega una lista y se elige la sección “punto a punto” (b), posteriormente en “CM1241 (RS422/485)” (c) y finalmente se selecciona con doble click en “6ES7 241-1CH32-0XB0”(d) y automáticamente se coloca en la parte izquierda del PLC como se aprecia en la Figura 19.

Figura 19.

Inserción del módulo CM1241 (RS422/485).



Nota: Módulo de comunicación insertado al PLC

3.4. Programación del PLC maestro en lenguaje Ladder

3.4.1. Declaración de las variables en el PLC maestro

Con el PLC maestro configurado se procede a la programación en lenguaje Ladder y para ello se debe declarar las variables que se utilizó en la comunicación, en la Tabla 8 se detalla las variables.

Tabla 8.*Variables del PLC maestro*

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Descripción
Clock_byte	Byte	%MB0	Marca del tipo Byte para actividades intermitentes
Clock_10Hz	Bool	%M0.0	Marca del primer bit del byte de memoria con frecuencia de 10Hz.
Clock_5Hz	Bool	%M0.1	Marca del segundo bit del byte de memoria con frecuencia de 5Hz.
Clock_2.5Hz	Bool	%M0.2	Marca del tercer bit del byte de memoria con frecuencia de 2.5Hz.
Clock_2Hz	Bool	%M0.3	Marca del cuarto bit del byte de memoria con frecuencia de 2Hz.
Clock_1.25Hz	Bool	%M0.4	Marca del quinto bit del byte de memoria con frecuencia de 1.25Hz.
Clock_1Hz	Bool	%M0.5	Marca del sexto bit del byte de memoria con frecuencia de 1Hz.
Clock_0.625Hz	Bool	%M0.6	Marca del séptimo bit del byte de memoria con frecuencia de 0.625Hz.
Clock_0.5Hz	Bool	%M0.7	Marca del octavo bit del byte de memoria con frecuencia de 0.5Hz.
HMI control potencia bomba	Int	%MW2	Marca que controla la potencia de la bomba a través del HMI.

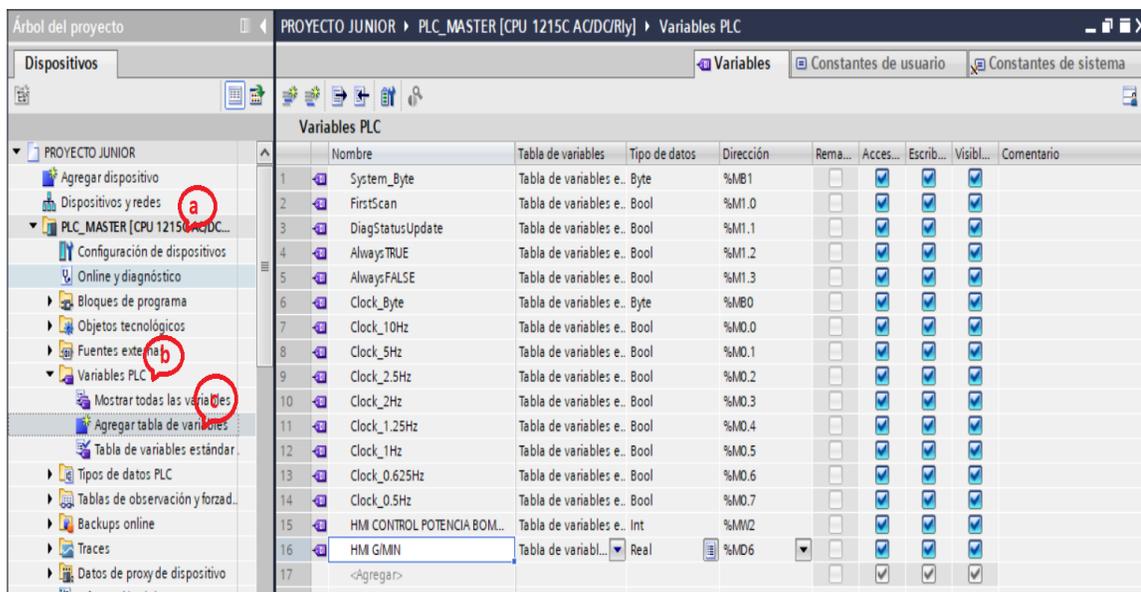
HMI G/MIN	Real	%MD6	Marca que permite visualizar la variable GPM a través del HMI.
------------------	------	------	--

Nota: Las variables utilizadas en el PLC maestro

Al conocer los nombres, el tipo de datos y direcciones de las variables se procede a declarar en TIA PORTAL y para ello hay que dirigirse al árbol del proyecto y en la carpeta del “PLC maestro” (a) seleccionar para que despliegue los parámetros, luego en “variables del PLC” (b) y finalmente dar doble clic en “agregar tabla de variables” (c) tal como se indica en la Figura 20. Cabe mencionar que al activar las casillas de marcas de sistema y de ciclo se agregan automáticamente por defecto las marcas de reloj en la tabla estándar.

Figura 20.

Asignación de variables del PLC maestro



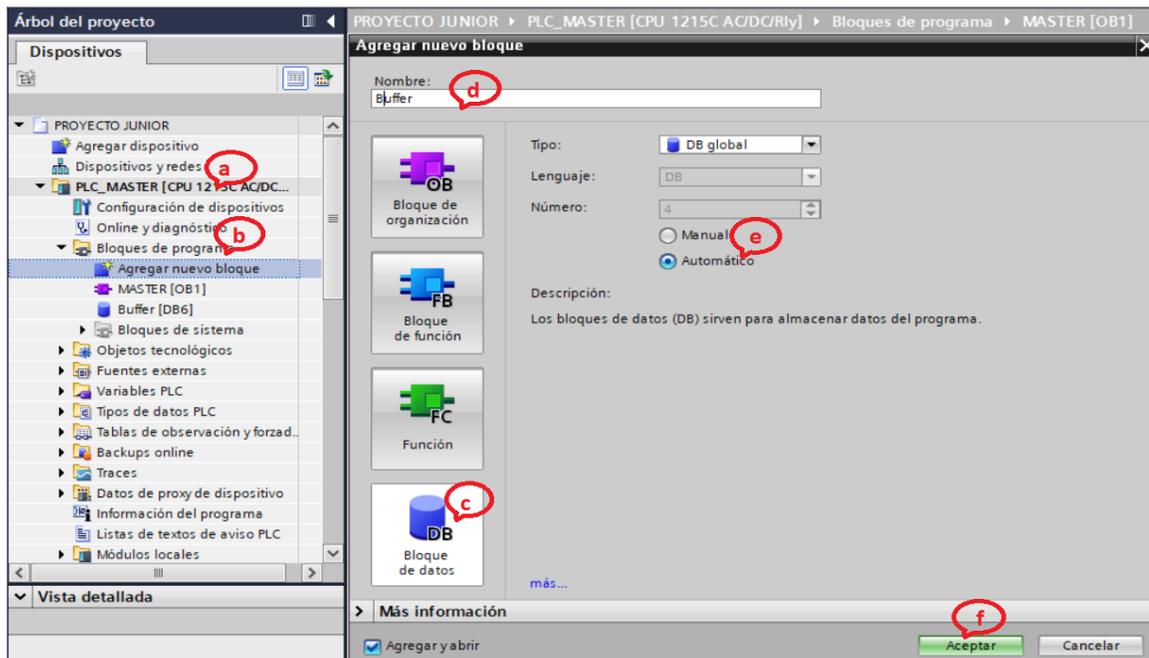
Nota: Marcas de reloj estándar y variables que se utilizan en el PLC maestro.

3.4.2. Insertar un bloque de datos en el PLC maestro

Es necesario crear un bloque de datos para almacenar los datos e información del programa en la CPU. Para realizar dicha actividad primero se debe situar en el árbol del proyecto y dar doble click en el “PLC maestro” (a), luego se despliegan las opciones y dar doble click en la opción “agregar nuevo bloque” (b), seguidamente aparece una ventana y se selecciona “bloque de datos” (c), para lo cual se debe cambiar el “nombre” (d) y dejar en “forma automática” (e) el número ya que el sistema nunca permitirá un número ya existente y finalmente se da clic en “aceptar” (f) como se indica en la Figura 21 .Cuando se haya creado el bloque de datos inmediatamente aparece una ventana para agregar los datos que se requiera, en este caso se nombró “CONTROL BOMBA” y se almacena la información de Galones en tipo de dato real y la potencia en tipo de dato int, tal como se aprecia en la Figura 22.

Figura 21.

Forma de como insertar un bloque de datos



Nota: Bloque de datos para el almacenamiento de información.

Figura 22. Rotulación de los datos que se almacenarán.

Buffer								
	Nombre	Tipo de datos	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ..	Valor de a.
1	▼ Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	▼ CONTROL BOMBA	Struct		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	■ GALONES	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	■ POTENCIA	Int	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

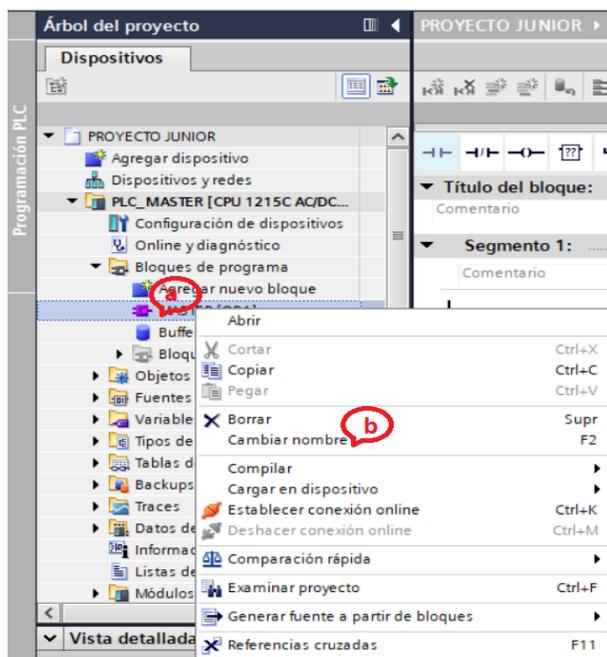
Nota: Bloque de datos con las variables que se almacenarán

3.4.3. Cambiar el nombre del bloque de programación principal del PLC maestro.

Para una mejor interacción entre el usuario y el software es conveniente renombrar el bloque de programación principal tanto del PLC maestro como del PLC esclavo y de esa manera ya iniciar la programación; para esta acción se da click derecho en el bloque "main" (a) e inmediatamente aparece un cuadro de diálogo y se selecciona "cambiar nombre" (b), tal como se indica en la Figura 23.

Figura 23.

Modificación del nombre al bloque de programación principal



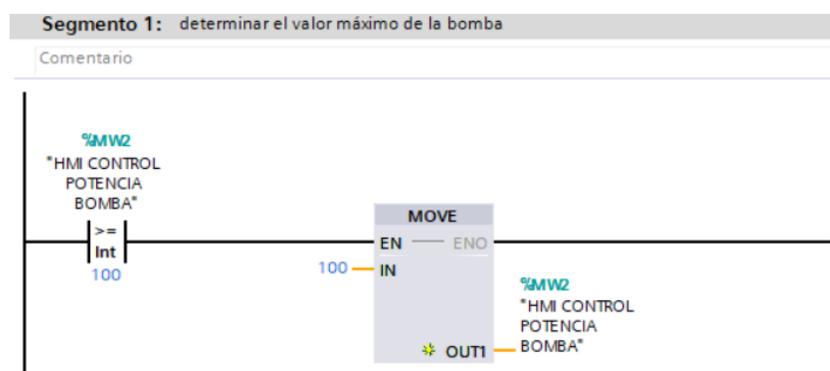
Nota: Bloque de programación principal renombrado.

a. Segmento 1: Determinar el valor máximo de la potencia de la bomba.

El segmento 1 está conformado por dos instrucciones; una que es la instrucción “mayor o igual que”, la cual permite consultar si el valor de la marca (HMI CONTROL POTENCIA BOMBA) es mayor o igual que 100, valor que se considera el límite máximo de la potencia, misma que no se puede exceder. La otra instrucción es “MOVE” que se encarga de copiar el valor de aquella marca para posteriormente enviar al esclavo y establecer la potencia máxima de la bomba. En la Figura 24 se indica la línea de programación.

Figura 24.

Determinación del valor máximo de la potencia



Nota: Instrucciones para fijar el valor máximo de la potencia.

b. Segmento 2: Transferir el valor de la potencia a un bloque de datos

Luego de haber determinado el valor máximo de la potencia se procede a transferir dicho valor a un bloque de datos en la variable potencia que fue creado con anterioridad. Esta acción se realiza para almacenar la información y ser utilizada en el siguiente segmento. En la Figura 25 se detalla la línea de programación.

Figura 25.

Transferencia del valor de la potencia a un bloque de datos



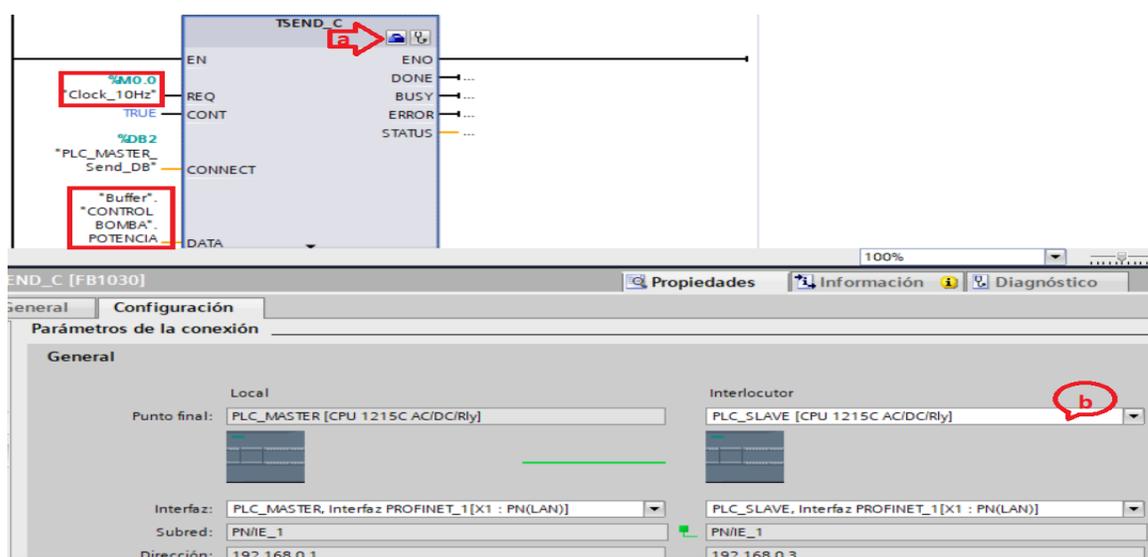
Nota: Instrucción para transferir el valor a un bloque de datos.

c. Segmento 3: Establecer la comunicación y enviar datos al PLC esclavo.

En este segmento se utiliza la instrucción TSEND para establecer la comunicación y enviar datos al PLC esclavo, sin embargo, para que funcione correctamente se debe configurar de la siguiente forma: dar click en “iniciar configuración” (a), acto seguido aparecen los parámetros de conexión y se elige el “interlocutor”(b), después se añade la frecuencia de transmisión de datos y para finalizar se añade el bloque de datos con la información de la potencia que se requiere enviar, así como se visualiza en la Figura 26.

Figura 26.

Configuración de la instrucción TSEND



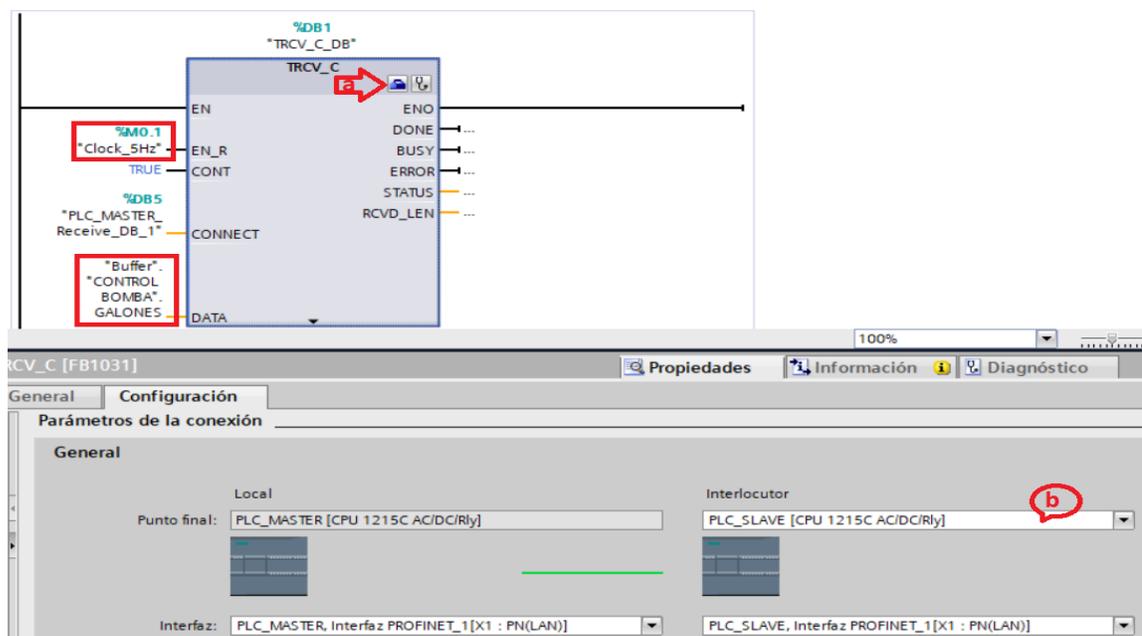
Nota: Instrucción TSEND para establecer la conexión y enviar datos.

d. Segmento 4: Configuración para establecer la conexión y recibir datos del PLC esclavo.

Este segmento utiliza la instrucción TRCV, la cual le corresponde establecer la comunicación y recibir los datos del PLC esclavo mediante un bloque de datos con la variable galones. Para realizar esta configuración se da click en “iniciar configuración” (a), luego se selecciona el “interlocutor” (b) y se elige la frecuencia de trabajo con la variable que se desea recibir. En la Figura 27 se indica la configuración de la instrucción TRCV.

Figura 27.

Configuración de la instrucción TCRV



Nota: Instrucción TRCV para recibir los datos.

e. Segmento 5: Transferir el valor de la variable galones a una marca del HMI

Cuando se recibe la información del PLC esclavo mediante la instrucción TRCV, se requiere visualizar la variable galones a través del HMI. Por tal motivo, se transfiere ese valor mediante la instrucción MOVE a la marca HMI G/MIN y de esa manera se controla y monitorea el proceso.

Figura 28.

Transferir la variable Galones a una marca del HMI



Nota: Instrucción para transferir la variable galones.

3.5. Programación del PLC esclavo

3.5.1. Declaración de las variables en el PLC esclavo

Como en el caso del PLC maestro es necesario definir las variables del PLC esclavo para identificar sobre las demás marcas, salidas o entradas. En la Figura 29 se describe las variables con el tipo de dato y dirección.

Figura 29.

Variables del PLC esclavo

Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección
6	Clock_Byte	Tabla de variables e.. Byte	%MB0
7	Clock_10Hz	Tabla de variables e.. Bool	%MO.0
8	Clock_5Hz	Tabla de variables e.. Bool	%MO.1
9	Clock_2.5Hz	Tabla de variables e.. Bool	%MO.2
10	Clock_2Hz	Tabla de variables e.. Bool	%MO.3
11	Clock_1.25Hz	Tabla de variables e.. Bool	%MO.4
12	Clock_1Hz	Tabla de variables e.. Bool	%MO.5
13	Clock_0.625Hz	Tabla de variables e.. Bool	%MO.6
14	Clock_0.5Hz	Tabla de variables e.. Bool	%MO.7
15	SALIDA_POTENCIA_BOMBA	Tabla de variables e.. Real	%MD28
16	ENTRADA_POTENCIA_BOMBA	Tabla de variables e.. Int	%MW24
17	ANALOG_IN (IW64)	Tabla de variables e.. Word	%MW20
18	SEÑAL_CAUDAL	Tabla de variables e.. Word	%MW4
19	SEÑAL_CAUDAL_NORMALIZADA	Tabla de variables e.. Real	%MD8
20	SEÑAL_CAUDAL_VDC	Tabla de variables e.. Real	%MD12
21	SEÑAL_CAUDAL_G/min	Tabla de variables e.. Real	%MD16
22	PARO_EMERGENCIA	Tabla de variables e.. Bool	%M2.0
23	P_PARO	Tabla de variables e.. Bool	%M2.1
24	P_MARCHA	Tabla de variables e.. Bool	%M2.2
25	PROCESO_ENCENDIDO(1)	Tabla de variables e.. Bool	%M2.3
26	RESET_POTENCIA_BOMBA	Tabla de variables e.. Bool	%M2.4
27	RESET_SEÑAL_CAUDAL	Tabla de variables e.. Bool	%M2.5
28	POTENCIA_BOMBA_ON	Tabla de variables e.. Int	%QW64
29	POTENCIA_BOMBA	Tabla de variables e.. Real	%MD32
30	SEÑAL_ANALOGICA_SIMULADA	Tabla de variables e.. Real	%MD36

Nota: Variables del PLC esclavo que se utilizan para la programación.

3.5.2. Insertar un bloque de datos en el PLC esclavo

Luego de crear las variables se debe insertar un bloque de datos para almacenar la información de la potencia de la bomba y los galones de la misma manera que se realizó en el PLC maestro. En la Figura 30 se muestra el bloque de datos del PLC esclavo.

Figura 30.

Bloque de datos del PLC esclavo



Nota: Bloque de datos con las variables de almacenamiento.

3.5.3. Bloque de programación principal del esclavo.

a. Configuración para establecer la comunicación y recepción de datos

Se insertó la instrucción TRCV que establece la comunicación y recepción de datos con el PLC maestro. En su configuración se debe añadir el interlocutor, la frecuencia de trabajo para que sea de manera síncrona y el bloque de datos con la variable respectiva, en este caso la potencia de la bomba como se indica en la Figura 31.

Figura 31.

Configuración de la instrucción TRCV del PLC esclavo



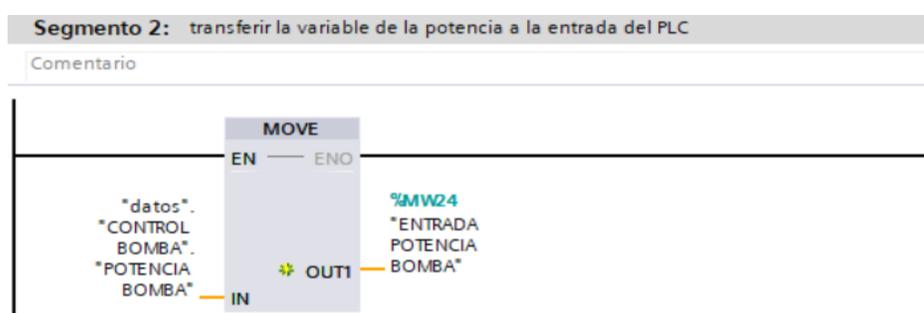
Nota: Instrucción TRCV para recibir los datos del PLC maestro.

b. Transferencia del valor de la variable potencia a una marca del PLC esclavo.

Se utilizó la instrucción MOVE que se encarga de copiar el valor de la variable potencia del bloque de datos a una marca del PLC esclavo rotulada como (ENTRADA POTENCIA BOMBA) para que después sea convertida en un dato real. En la Figura 32 se detalla la línea de programación.

Figura 32.

Transferir el valor de la potencia a una marca del PLC



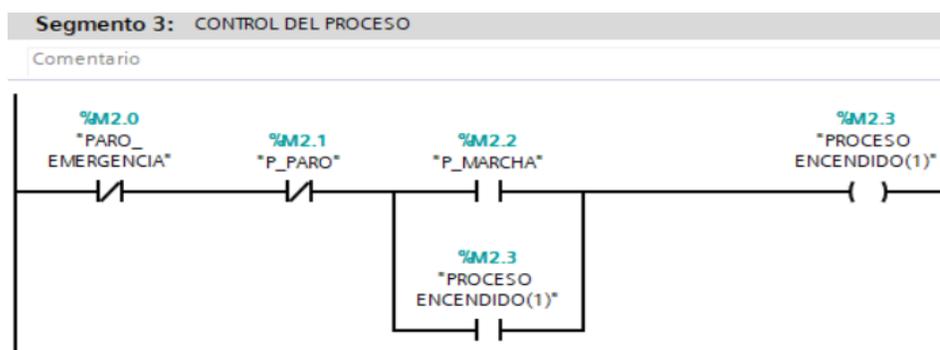
Nota: El valor de la potencia se transfiere a una marca.

c. Inicio del control del proceso de la estación de caudal CCP-001.

Se procede a crear el circuito de control con todas las protecciones necesarias para el encendido y apagado del circuito de fuerza de la estación de caudal CCP-001.

Figura 33.

Líneas de programación del control del proceso



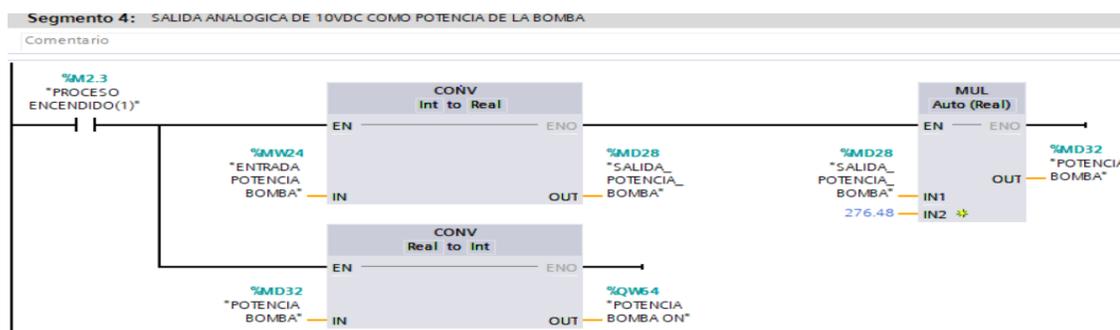
Nota: Programación del circuito de control del proceso.

d. Conversión para que la salida analógica de 10VDC sea la potencia de la bomba.

Luego que se activa el proceso de encendido se inicia la conversión para que la salida analógica de 10VDC sea el 100% de la potencia de la bomba.

Figura 34.

Conversión de la salida analógica de 10 VDC



Nota: Salida analógica de 10VDC como potencia de la bomba.

e. Adquisición y normalización de la señal analógica del transmisor de caudal

Cuando se activa la potencia de la bomba el PLC maestro va a solicitar la señal analógica del transmisor de caudal, de tal forma que se va a normalizar dicha señal para que después se pueda parametrizar y escalar la señal del caudal en galones por minutos. Para esta actividad se usó como referencia la Tabla 9.

Tabla 9.

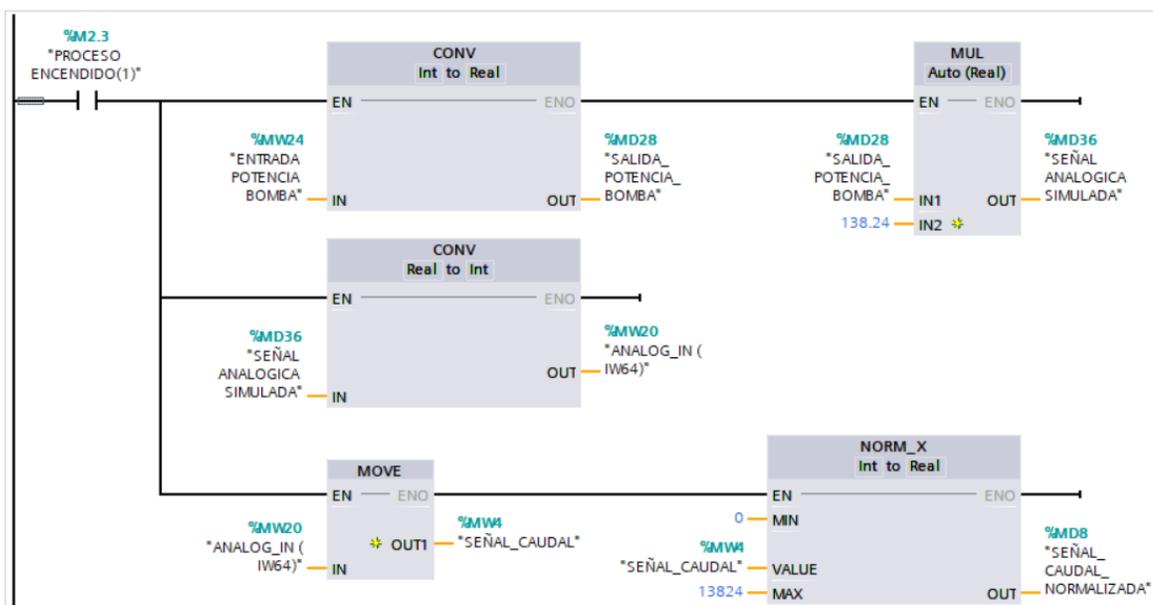
Valores para normalizar y escalar la señal

VOLTAJE (VDC)	DATO INT	VARIABLE (GPM)
5VDC	13824	28.5 GPM
1VDC	0	0 GPM

Nota: Datos para normalizar y escalar la señal del transmisor de caudal.

Figura 35.

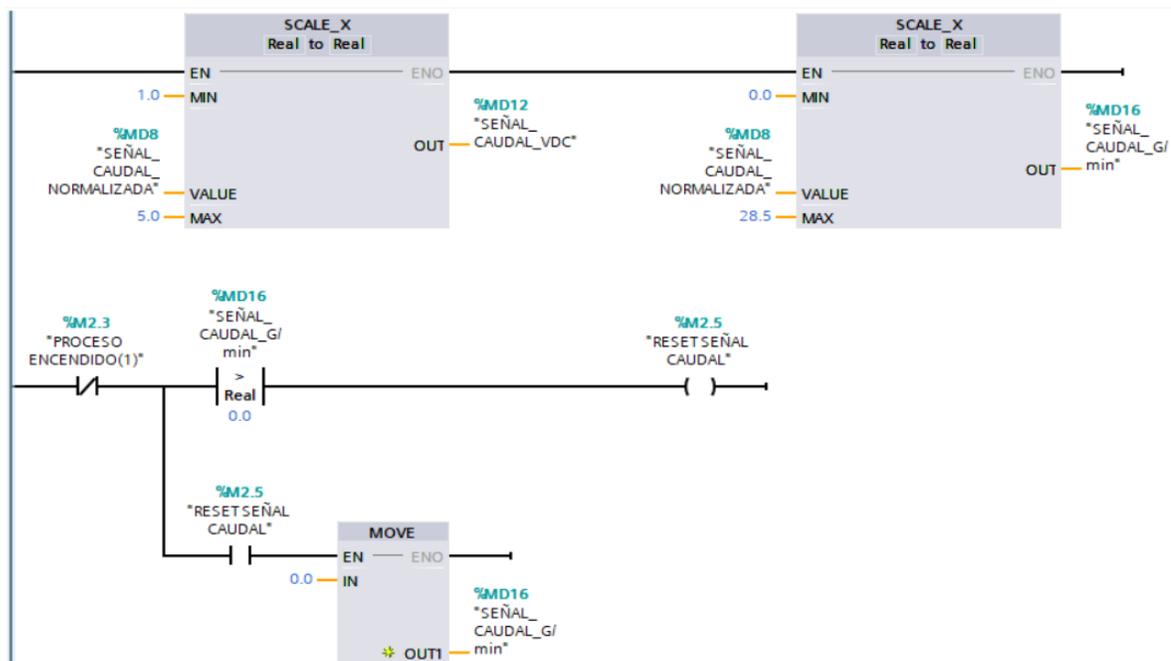
Normalización de la señal analógica del caudal



Nota: Líneas de programación para normalizar la señal.

Figura 36.

Parametrización de la señal de caudal



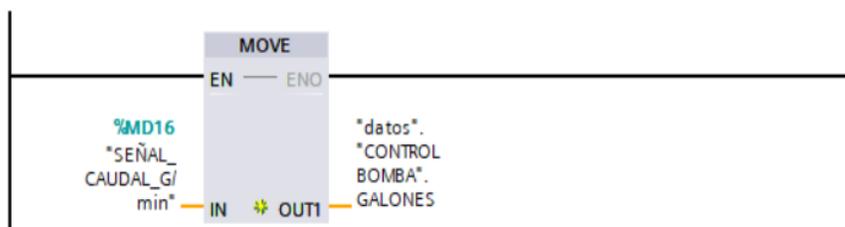
Nota: Líneas de programación para parametrizar la señal.

f. Configuración para el envío de la variable GPM al PLC maestro y se visualice en el HMI.

Se agregó la instrucción MOVE para que transfiera el valor de la marca "SEÑAL_CAUDAL_G/min" al bloque de datos "CONTROL BOMBA" en la variable "GALONES", de tal forma que se pueda enviar al PLC maestro la información de los galones por minuto y a su vez visualizar en el HMI. En la Figura 37 y Figura 38 se indican las líneas de programación.

Figura 37.

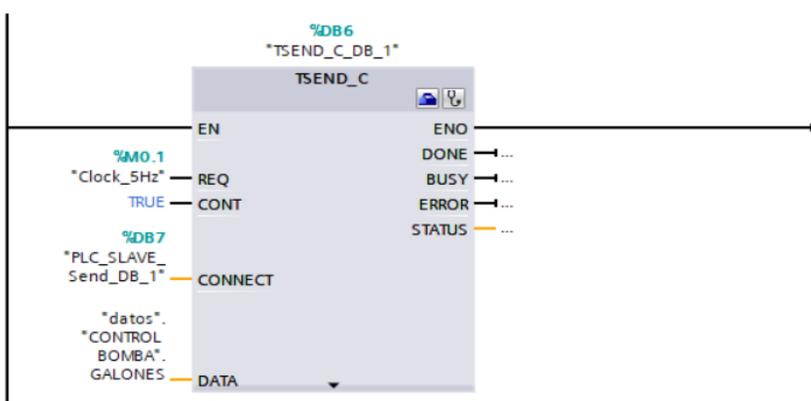
Transferencia del valor de la señal de caudal



Nota: Instrucción para transferir la señal de caudal

Figura 38.

TSEND envía información al PLC maestro



Nota: TSEND configurado para enviar información al PLC maestro.

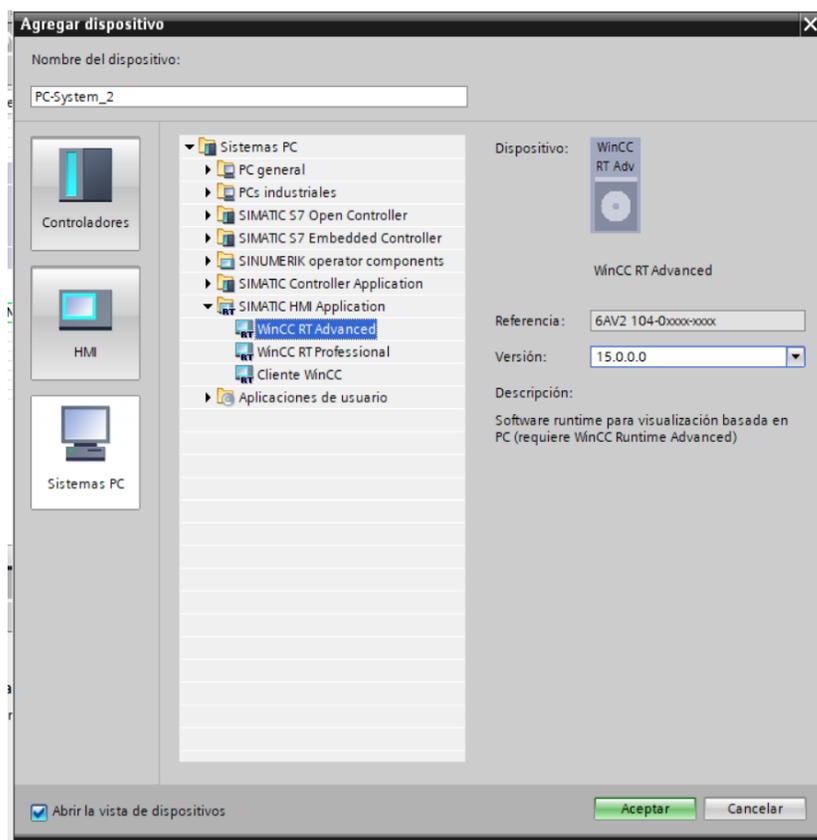
3.6. Programación del HMI y diseño del P&ID de la estación de caudal.

Se realizó la creación y desarrollo del HMI para una buena interacción entre el usuario y el proceso y a su vez se diseñó el diagrama P&ID.

Para agregar este sistema PC se escogió SIMATIC HMI Application, acto seguido WinCC RT Advanced y para finalizar se da click en aceptar de la manera que se indica en la Figura 39.

Figura 39.

Pasos para agregar un Sistema PC



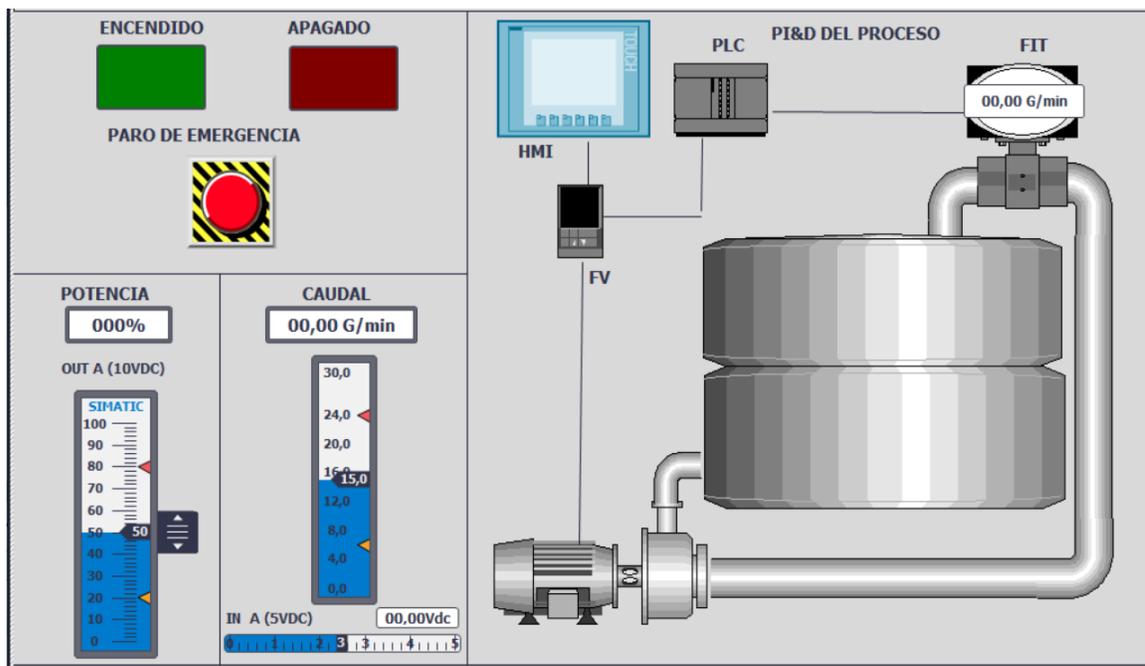
Nota: Se escoge el sistema PC para el HMI en el ordenador.

Una vez que se encuentre agregado el dispositivo se debe insertar un puerto de comunicación profinet, posteriormente se configura con la subred PN/IE_1 y se ajusta la dirección IP.

En el apartado de imagen se selecciona y se inicia con el diseño del P&ID del proceso a monitorear mediante las herramientas que dispone y para el control se agrega los elementos de control con sus respectivas variables del proceso.

Figura 40.

Diseño del HMI con los elementos de control



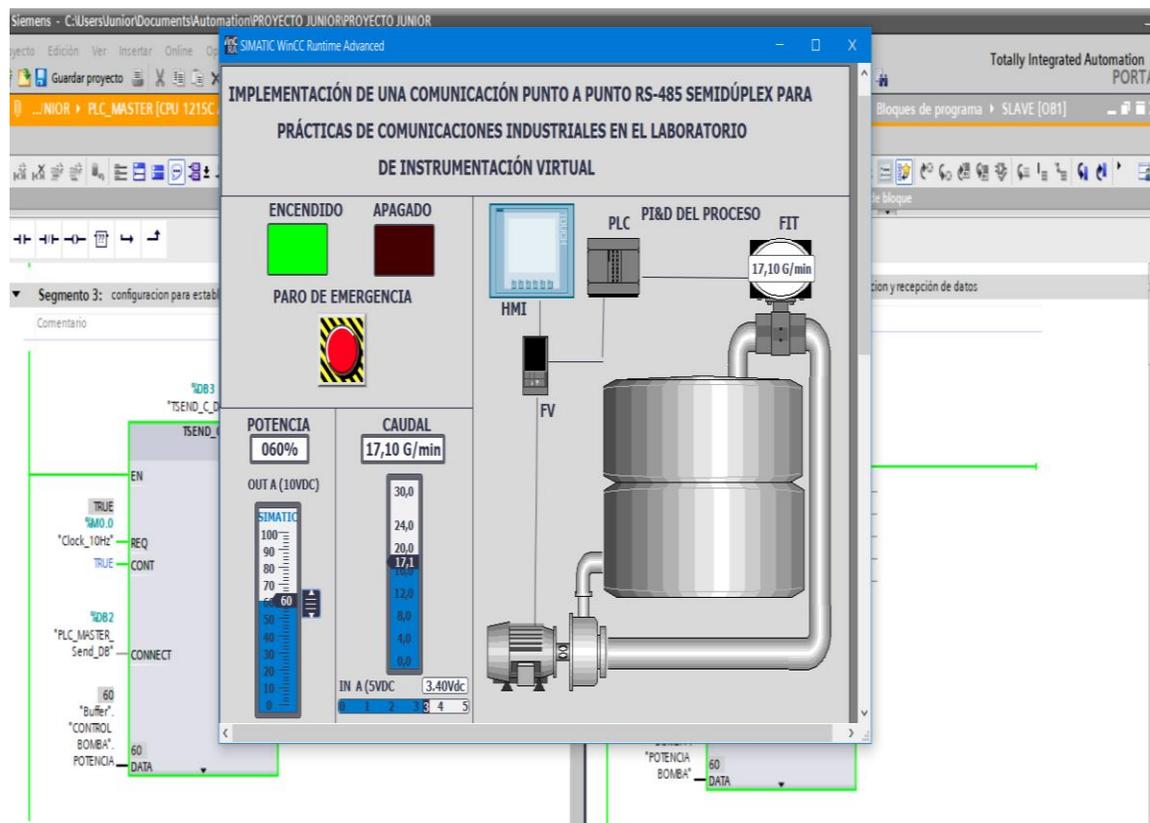
Nota: HMI de control y P&ID del proceso

3.7. Simulación general del proceso

Para verificar que se puede controlar y monitorear a través del HMI y sobre todo que existe la comunicación de ambos PLC's se procede a la simulación. Primeramente, se inicia la simulación en el PLC_MASTER y después se da click en "run", de la misma forma se hace en el PLC_SLAVE, luego se carga la programación de ambos PLC's y

finalmente se da click en iniciar runtime en el PC para ejecutar la pantalla HMI. En la Figura 41 se muestra que existe el envío y recepción de datos, tanto de la variable potencia como de los galones por minuto.

Figura 41. Control y monitoreo de las variables



Nota: Control y monitoreo de las variables del proceso.

CAPITULO IV

4.1. Conclusiones

- Se analizó las características técnicas del PLC S7 1200 CPU (1215 AC/DC/RLY) y el módulo de comunicación CM 1241 mediante su hoja de datos, lo que permitió el acoplamiento físico, así como el acoplamiento de manera digital en la programación, siendo esto los primeros pasos para la implementación del proyecto.
- Se estableció la configuración del PLC S7 1200 CPU (1215 AC/DC/RLY) para que intercambien datos con otro PLC de la misma gama operando como maestro-esclavo a través del uso de los módulos de comunicación CM 1241 bajo el estándar RS485.
- Se desarrolló una red de comunicación punto a punto RS485 utilizando una comunicación de usuario abierta, programando y configurando bloques de programación que son el TSEND, el cual permite establecer una conexión y enviar datos hacia otro PLC y TRVC que se encarga de establecer la conexión y recibir datos. Estos bloques además de permitir la transferencia y recepción de datos están bajo la parametrización del estándar RS485.

4.2. Recomendaciones

- Habilitar las marcas de sistema y de ciclo en cada CPU de los PLC´s ya que de esa manera se permite establecer un tiempo de sincronización en la comunicación y ser visualizados en el HMI.
- Ajustar direcciones IP diferentes en los dispositivos agregados, pero con la misma subred para que exista la comunicación y realicen su tarea correspondiente.
- Ejecutar el software TIA PORTAL como administrador para que aparezcan todos los controladores con su respectivo CPU.

Referencias bibliográficas

López, P. (24 de agosto de 2014). Automatización. Obtenido de <https://pt.slideshare.net/PedroLopez37/automatizacin-38311088/3>

Molina, C. E. (s.f.). Topologías de red. Obtenido de http://www.redtauros.com/Clases/Fundamentos_Red/02_Topologia_de_Red.pdf

MONSERRATE, R. E., & CABALLERO, C. (2018). Diseño e implementación de una red MODBUS/RTU entre dos automatismos S7 1200 basado en el estándar RS 485. QUITO.

Ruiz, F. J. (2006). Configuración y puesta en marcha de una red de autómatas programables basada en PROFIBUS, MPI y GSM para el control y monitorización de módulos de fabricación flexible. Cartagena.

Arroyo, J. A. C., & Ruiz, G. X. Z. (2018). TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN. 127.

Bayas Sánchez, O. F., & Cocha Apupalo, H. P. (2016). Diseño e implementación de un simulador de automatización de procesos industriales compatible con los PLCs Siemens y Allen Bradley para el desarrollo de aplicaciones de comunicación y control de procesos de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE extensión Latacunga. <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/11980>

Calvo Luis, B. (2019). Adquisición de datos desde plataforma IOT2040. Protocolos MODBUS/TCP y OPC UA. <https://doi.org/10/36491>

Chiliquina Alvarez, L. S., & Eugenio Eugenio, R. I. (2017). Diseño e implementación de un módulo de red de comunicación industrial, para centralizar el control de un sistema de producción modular en el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga. <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/13227>

Defas Brucil, R. D., & Guzmán Herrera, A. P. (2016). Diseño e implementación de un módulo didáctico para integración de redes de campo industrial: Modbus, Profibus, para actuadores eléctricos. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16250>

Engineering, N. (2018, enero 8). Ingeniería de redes, telecomunicaciones y ciberseguridad en Barcelona. Net Cloud Engineering. <https://netcloudengineering.com/historia-comunicacion-industrial/>

Fernando, T. S. R., & Vásquez, M. M. (2015). Trabajo de Grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico. 104.

Herrero, A. B., Pablo San Segundo y Rebeca. (s. f.). 1.3 Automatización industrial | Introducción a la Automática. Recuperado 18 de junio de 2020, de https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/automatizacionindustrial.html#fig:piramideautomat

López Salazar, R. C., & Mora Ledesma, E. A. (2017). Diseño e implementación de un módulo didáctico para una red de comunicación industrial utilizando protocolo abierto Modbus RTU - TCP

/IP para monitoreo, control local y remoto de la estación de multivariables físicas, en el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga. <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/13436>

Módulo de comunicación CM 1241, RS422/485 | Fluitronic. (s. f.). Recuperado 17 de julio de 2020, de <https://www.fluitronic.es/m%C3%B3dulo-de-comunicaci%C3%B3n-cm-1241-rs422-485-6es7241--1ch32--0xb0>

Perles, Á. (s. f.). Grado en Electrónica y Automática Departamento de Informática de Sistemas y Computadores Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño. 15.

Reyes, J., & Ganezzy, S. (2018). Diseño del sistema de automatización y enlace a la red SCADA de Petroperú para realizar el control automático de las motobombas de la estación Andoas del Oleoducto Nor-Peruano. Universidad Nacional de Piura / UNP. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1890>

Said, C. (2016). Seguridad de las Redes de Control Industrial – MODBUS/TCP con inspección profunda de paquetes. Cuadernos de Ingeniería, 9, 121-132.

Sánchez, D. J. S. (2016). INGENIERO ELECTRÓNICO. 365.

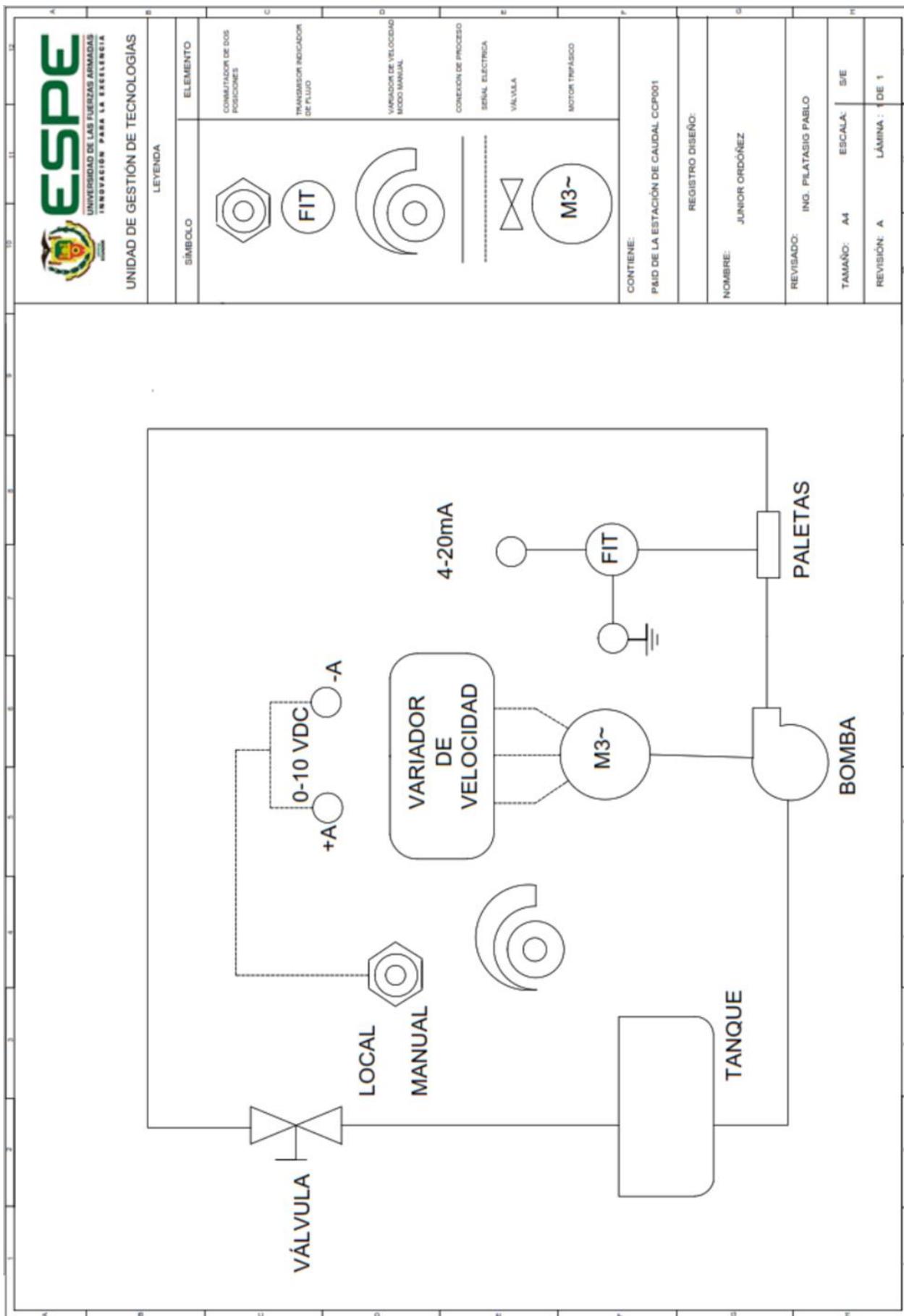
SIEMENS. (2015). Controlador programable S7-1200. 1395.

Unknown. (2018, enero 26). TELEMATICA: TRANSMICION DE DATOS SIMPLEX, HALF - DUPLEX, FULL - DUPLEX. TELEMATICA. <http://telematicaseuat.blogspot.com/2018/01/transmicion-de-datos-simplex-half.html>

Weis, O. (2019). Protocolo de comunicación RS485 Modbus, Registrador de Datos RS485. Eltima Software. <https://www.eltima.com/es/article/rs485-data-logger.html>

Wladimir, D. M. J., & Francisco, V. A. (2016). TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL. 171.

ANEXOS



LEYENDA	
SÍMBOLO	ELEMENTO
	CONMUTADOR DE DOS POSICIONES
	TRANSMISOR INDICADOR DE FLUJO
	VARIADOR DE VELOCIDAD MODO MANUAL
	CONEXION DE PROCESO SEÑAL ELECTRICA
	VÁLVULA
	MOTOR TRIFÁSICO
CONTIENE: PAID DE LA ESTACIÓN DE CAUDAL CQP001	
REGISTRO DISEÑO:	
NOMBRE: JUNIOR ORDOÑEZ	
REVISADO: ING. PILATASIO PABLO	
TAMAÑO: A4	ESCALA: 5/E
REVISIÓN: A	LÁMINA: DE 1

IMPLEMENTACIÓN DE UNA COMUNICACIÓN PUNTO A PUNTO RS-485 SEMIDÚPLEX PARA PRÁCTICAS DE COMUNICACIONES INDUSTRIALES EN EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL

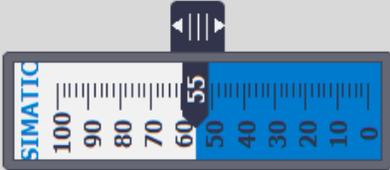
ENCENDIDO 

APAGADO 

PARO DE EMERGENCIA 

POTENCIA **055%**

OUT A (10VDC)

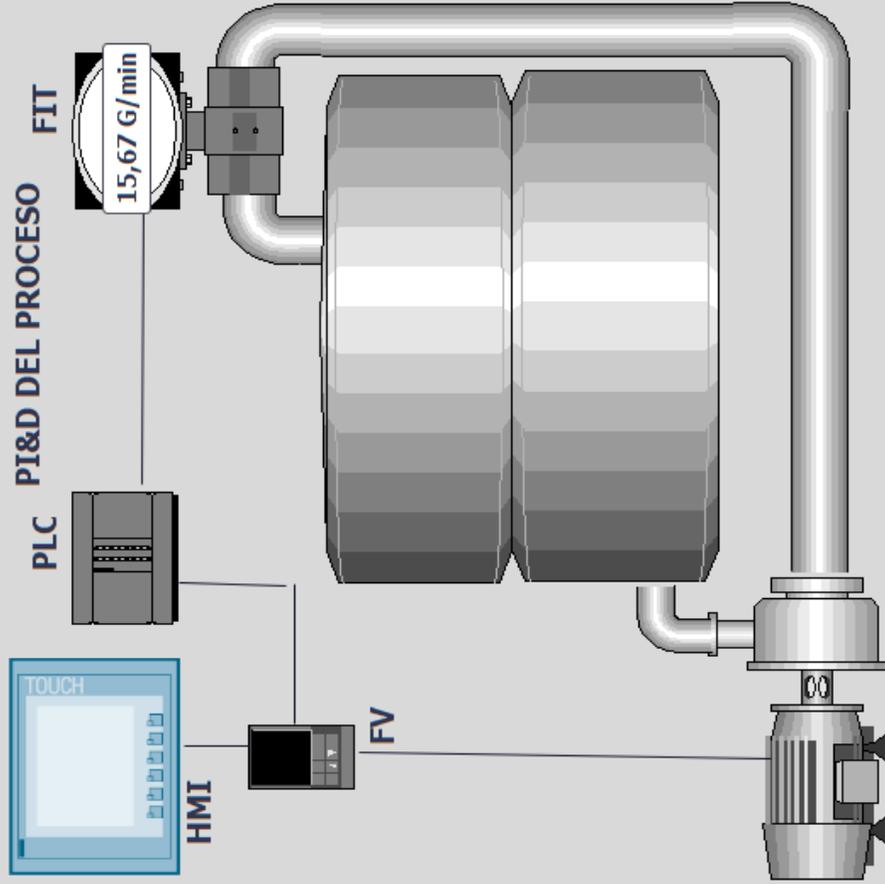


CAUDAL **15,67 G/min**



IN A (5VDC) **3.20Vdc**

0	1	2	3	4	5
---	---	---	---	---	---



ENVIO DE SEÑAL POTENCIA DE LA BOMBA

The image shows two side-by-side screenshots of the SIMATIC Manager interface. The left window displays the 'MASTER [OB1]' project, and the right window displays the 'SLAVE [OB1]' project. Both windows show the 'Interfaz de bloque' (Block Interface) for configuring communication between the PLCs.

Left Window (MASTER [OB1]): Shows the configuration for the 'TSEND_C' block (DB3). The title is 'Main Program Sweep (Cycle)'. The segment is 'Segmento 3: configuración para establecer la comunicacion con el PLC esclavo y enviar datos'. The block parameters are: EN (FALSE), ENO (connected to output), DONE (FALSE), BUSY (FALSE), ERROR (FALSE), STATUS (FALSE), REQ (Clock_10Hz), CONT (TRUE), CONNECT (PLC_MASTER_Send_DB), and DATA (55 Buffer CONTROL BOMBA POTENCIA).

Right Window (SLAVE [OB1]): Shows the configuration for the 'TRCV_C' block (DB1). The title is 'Main Program Sweep (Cycle)'. The segment is 'Segmento 1: configuración para establecer la comunicacion y recepción de datos'. The block parameters are: EN (FALSE), ENO (connected to output), DONE (FALSE), BUSY (FALSE), ERROR (FALSE), STATUS (FALSE), EN_R (Clock_10Hz), CONT (TRUE), CONNECT (PLC_SLAVE_Receive_DB_1), and DATA (55 datos CONTROL BOMBA POTENCIA).

RECEPCION DE SEÑAL DE GPM

The image shows two side-by-side screenshots of the SIMATIC Manager interface. The left window displays the 'MASTER [OB1]' project, and the right window displays the 'SLAVE [OB1]' project. Both windows show the 'Interfaz de bloque' (Block Interface) for configuring communication between the PLCs.

Left Window (MASTER [OB1]): Shows the configuration for the 'TRCV_C' block (DB1). The title is 'Main Program Sweep (Cycle)'. The segment is 'Segmento 4: configuración para establecer la conexion y recibir datos del PLC esclavo'. The block parameters are: EN (FALSE), ENO (connected to output), DONE (FALSE), BUSY (FALSE), ERROR (FALSE), STATUS (FALSE), EN_R (Clock_5Hz), CONT (TRUE), CONNECT (PLC_MASTER_Receive_DB_1), and DATA (15.67459 Buffer CONTROL BOMBA GALONES).

Right Window (SLAVE [OB1]): Shows the configuration for the 'TSEND_C' block (DB6). The title is 'Main Program Sweep (Cycle)'. The segment is 'Segmento 8:'. The block parameters are: EN (FALSE), ENO (connected to output), DONE (FALSE), BUSY (FALSE), ERROR (FALSE), STATUS (FALSE), REQ (Clock_5Hz), CONT (TRUE), CONNECT (PLC_SLAVE_Send_DB_1), and DATA (15.67459 datos CONTROL BOMBA GALONES).