



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBA DE REDES INDUSTRIALES DE TIPO PROFINET, PROFIBUS, MEDIANTE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN ETHERNET INDUSTRIAL PARA LA FACULTAD DE MECÁNICA”

**GONZÁLEZ QUIÑÓNEZ LUIS ADRIÁN
LEMA BALSECA ALEX PATRICIO**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

**RIOBAMBA – ECUADOR
2016**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2015-10-08

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**GONZÁLEZ QUIÑÓNEZ LUIS ADRIÁN
LEMA BALSECA ALEX PATRICIO**

Titulado:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBA DE REDES
INDUSTRIALES DE TIPO PROFINET, PROFIBUS, MEDIANTE UN
SISTEMA DE COMUNICACIÓN ETHERNET INDUSTRIAL PARA LA
FACULTAD DE MECÁNICA”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Carlos Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Pablo Montalvo Jaramillo
DIRECTOR

Ing. Marco Santillán Gallegos
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: GONZÁLEZ QUIÑÓNEZ LUIS ADRIÁN

TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBA DE REDES INDUSTRIALES DE TIPO PROFINET, PROFIBUS, MEDIANTE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN ETHERNET INDUSTRIAL PARA LA FACULTAD DE MECÁNICA”

Fecha de Examinación: 2016-06-17

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Oswaldo Pérez Rodríguez PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Pablo Montalvo Jaramillo DIRECTOR			
Ing. Marco Santillán Gallegos ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Oswaldo Pérez Rodríguez
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: LEMA BALSECA ALEX PATRICIO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBA DE REDES INDUSTRIALES DE TIPO PROFINET, PROFIBUS, MEDIANTE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN ETHERNET INDUSTRIAL PARA LA FACULTAD DE MECÁNICA”

Fecha de Examinación: 2016-06-17

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Oswaldo Pérez Rodríguez PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Pablo Montalvo Jaramillo DIRECTOR			
Ing. Marco Santillán Gallegos ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Oswaldo Pérez Rodríguez
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

DERECHOS DE AUTORÍA

El Trabajo de Titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los Autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

González Quiñónez Luis Adrián

Lema Balseca Alex Patricio

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, González Quiñónez Luis Adrián y Lema Balseca Alex Patricio, declaramos que el presente Trabajo de Titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente, están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación.

González Quiñónez Luis Adrián
Cédula de Identidad: 080347531-8

Lema Balseca Alex Patricio
Cédula de Identidad: 060395790-3

DEDICATORIA

A mis padres: Luis Alberto González y Nora Inés Quiñónez, gracias por su apoyo incondicional brindado hasta el final de mi carrera. A mi Abuela Rosa Ortiz por el apoyo constante demostrado a lo largo de mi camino estudiantil y a mis hermanos: Ariana González y Joao González por tenerme como ejemplo a seguir.

A mis tías, tíos, primas y primos gracias por su apoyo brindado hasta la culminación de mi carrera, a mi Abuelita Petita González que es mi pilar fundamental para vencer todas las barreras que se me presentaron y finalizar con éxitos todas mis metas planteadas.

Luis Adrián González Quiñónez

A mi familia quienes me han dotado de fuerza, valor y paciencia para hacer posible una meta tan anhelada y tan extensa de conseguir y con perseverancia me han brindado todo el apoyo durante todo el transcurso de mi carrera estudiantil.

A mis padres por ser el pilar fundamental en mi vida y por haberme apoyado en todo momento lo cual fue muy importante durante la consecución de mi carrera.

A la persona que dejó sembrado en mí el deseo de superación y de convertirme en un profesional eficaz y útil para la sociedad, y aunque ya no este junto a mi jamás podré olvidar sus consejos y apoyo incondicional que siempre me supo impartir.

A mis abuelitos, hermanos, tíos, primos por haberme brindado su apoyo y por mostrarme lo que es el significado de una verdadera familia unida.

Alex Patricio Lema Balseca

AGRADECIMIENTO

Primero doy gracias a Dios por darme la fuerza y sabiduría todos los días de mi vida para seguir adelante en mi formación profesional y personal.

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser persona útil a la sociedad.

Y en especial para toda mi familia, los amigos y personas que me apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito otra etapa de mi vida.

Luis Adrián González Quiñónez

Agradezco a Dios por permitirme finalizar una meta más en mi vida. El agradecimiento extenso a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, y de manera especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y poder defenderme en la sociedad.

A mi familia por estar siempre junto a mí, sus consejos fortalecieron mi camino para poder cumplir esta meta.

Alex Patricio Lema Balseca

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos:</i>	2
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Telemetría.....	4
2.2 Elementos que conforman un sistema telemétrico	4
2.2.1 <i>Transductor</i>	4
2.2.2 <i>Unidad terminal</i>	4
2.2.3 <i>El medio de transmisión</i>	4
2.2.4 <i>El receptor</i>	4
2.3 Redes de comunicación industriales.....	4
2.3.1 <i>Sistemas de control industrial</i>	5
2.3.1.1 <i>Tipo de redes de comunicación</i>	5
2.4 Controlador lógico programable PLC S7-1200.....	6
2.4.1 <i>Control Lógico Programable (PLC)</i>	6
2.4.2 <i>Características destacadas.</i>	7
2.4.3 <i>Ventajas del uso de PLC.</i>	7
2.4.4 <i>PLC S7-1200</i>	7
2.4.4.1 <i>Señales integradas, módulos de señales y módulos de comunicación.</i>	8
2.4.4.2 <i>Señales integradas</i>	8
2.4.4.3 <i>Control PID</i>	8
2.4.4.4 <i>Funciones de salidas de alta velocidad</i>	8
2.4.4.5 <i>Funciones de entradas de altas velocidad para funciones de contaje y medición.</i>	9
2.5 Ethernet.....	9
2.5.1 <i>Protocolo TCP/IP</i>	9
2.5.2 <i>Protocolo Internet</i>	11
2.5.3 <i>Protocolos de nivel de transporte</i>	12
2.5.3.1 <i>Protocolo de Diagramas de Usuarios</i>	12
2.5.3.2 <i>Protocolo de Control de Transmisión (TCP)</i>	12
2.6 PROFINET.....	13
2.6.1 <i>Modos de operación de PROFINET</i>	14
2.6.1.1 <i>Basado en arquitectura TCP/IP</i>	14
2.6.1.2 <i>Basado en Soft Real Time</i>	14
2.6.1.3 <i>Basado en Isochronous Real Time</i>	15
2.6.1.4 <i>Basado en tecnología TCP O UD</i>	15
2.7 PROFIBUS.....	15
2.7.1 <i>Elementos de PROFIBUS</i>	16
2.8 Protocolos de comunicación maestro-esclavo.....	17
2.8.1 <i>Tipos de dispositivos MAESTROS-ESCLAVOS PROFIBUS-DP</i>	17
2.8.2 <i>Arquitectura protocolar de comunicación.</i>	18

2.9	TIA Portal.....	19
2.9.1	Lenguajes de Programación STEP 7 TIA PORTAL V13.	20
2.9.1.1	Esquema de Contactos (KOP).....	20
2.9.1.2	Diagrama de Funciones (FUP).....	20
2.10	Interface Hombre Máquina HMI.....	21
2.10.1	Definición de Interface Hombre Máquina o HMI.....	21
2.10.2	Características HMI.....	21
2.11	Elementos de control sensores.....	21
2.11.1	Sensor Inductivo.....	21
2.12	Sensor de temperatura.....	23
2.12.1	Transmisor de Temperatura.....	23
3.	DISEÑO, MONTAJE Y PROGRAMACIÓN	
3.1	Diseño y montaje del módulo de telemetría de temperatura e inducción.....	24
3.1.1	Montaje de los PLC S7-1200, seguridad, características y alimentación.	26
3.1.1.1	Características del PLC S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RELEY.....	26
3.1.1.2	Alimentación de PLC S7 1200.....	26
3.1.1.3	Procedimientos de montaje de los PLC S7-1200 CPU 1214C y los módulos de comunicación MASTER-ESCLAVO.....	27
3.2	Montaje de la pantalla táctil hmi ktp600.....	29
3.3	Cables para conexión profibus y profinet.....	31
3.3.1	Cables para conexión PROFINET.....	31
3.3.2	Cables para conexión PROFIBUS.....	32
3.4	Conexión de sensor inductivo.....	33
3.5	Conexión de sensores de temperatura siemens.....	33
3.6	Montaje de switch para red de comunicación PROFINET.....	34
3.1	MONTAJE DE FUENTE DE PODER DE 24V Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN.....	34
3.2	MÓDULO DE PRUEBAS DE REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL.....	34
3.6.1	Pasos para la construcción del módulo.....	34
3.7	Programación y comunicación del módulo de prueba de redes.....	35
3.7.1	Configuración de TIA PORTAL V13.....	35
3.7.1.1	Transferencia de licencia del TIA PORTAL.....	36
3.7.1.2	Creación de un nuevo proyecto para la programación.....	36
3.7.1.3	Agregar los equipos PLC S7 1200 con CPU 1214c AC/DC/RELAY.....	37
3.7.1.4	Insertar los módulos de comunicación MASTER-ESCLAVO.....	38
3.7.1.5	Insertar una pantalla HMI KTP600.....	38
3.7.2	Programación de los equipos del módulo de comunicación.....	40
3.7.2.1	Programación de funcionamiento de los PLC S7-1200 MAESTRO-ESCLAVO con el TIA PORTALV13.....	40
3.7.2.2	Programación de la HMI KTP600 y conexión con los otros elementos del banco de pruebas de redes industria.....	46
3.7.2.3	Cargar Programas en los equipos.....	49
3.7.3	Realizar Pruebas y Calibración.....	49
4.	MANTENIMIENTO, SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS Y GUIA DE LABORATORIO.	
4.1	Normas de seguridad.....	50
4.1.1	Seguridad.....	50
4.1.2	Sistema de seguridad del Banco de pruebas de redes industriales.....	50
4.1.3	Normas de seguridad y manejo.....	50

4.2	Guía De Laboratorio.....	51
4.3	Plan De Mantenimiento.....	51
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1	Conclusiones.....	53
5.2	Recomendaciones.....	53

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1	Protocolos más comunes del TCP/IP usados en los modelos de referencia. 11
2	Perfiles de PROFIBUS. 17
3	Dimensiones de montaje..... 27
4	Velocidades de transmisión basadas en la longitud..... 32
5	Actividades de mantenimiento en el sistema eléctrico. 52
6	Actividades de mantenimiento para la estructura de aluminio..... 52

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1	Redes industriales 5
2	PLC S7- 1200 CPU 1214c AC/DC/RELAY 8
3	Modelo de referencia OSI y las capas de TCP/IP correspondientes. 10
4	Formato de datagrama IPv4..... 12
5	PROFINET 13
6	Conexiones PROFINET 14
7	Lenguaje de programación KOP 20
8	Lenguaje de programación FUP. 21
9	Componentes de un sensor inductivo. 22
10	Sensor Inductivo M18 rango 18mm. 22
11	Partes de un termopar industrial. 23
12	Transmisor de temperatura SITRANS TH100. 23
13	Diseño de Módulo de pruebas de redes industriales..... 24
14	Vista frontal del módulo de pruebas de redes industriales. 24
15	Vista superior de módulo de pruebas industriales. 25
16	Diseño eléctrico del tablero de redes industriales. 25
17	Dimensiones de montaje del PLC S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RELEY 27
18	Montaje de módulo de comunicación PROFIBUS..... 28
19	Dimensiones de la pantalla HMI. 29
20	Dimensiones de la pantalla HMI 30
21	Conector RJ 45. 31
22	Conector PROFIBUS RS485..... 32
23	Cable de conexión PROFIBUS. 32
24	Esquema de conexión TS-500 33
25	Módulo de pruebas de redes industriales terminado. 35
26	Gerente de automatización de licencia. 36
27	Creación de un nuevo proyecto. 36
28	Selección del dispositivo. 37
29	Determinar configuración del dispositivo. 37
30	Insertar el módulo MAESTRO..... 38
31	Insertar el módulo ESCLAVO. 38
32	IP Address de la pantalla HMI KTP600..... 39
33	Agregar dispositivo HMI KTP 600 Basic Panel PN. 39
34	Inserción de pantalla Touch KTP 600. 40
35	Conexión PROFIBUS de los módulos MAESTRO-ESCLAVO. 41
36	Conexión de los elementos del módulo de pruebas de redes industriales. 41
37	Inicio del banco de pruebas de redes industriales..... 42
38	Bloques de programación de envió de datos y recepción. 42
39	Programación del variador de frecuencia rampa de aceleración. 43

40	Programación del variador de frecuencia rampa de desaceleración.....	44
41	Programación del variador de frecuencia con las lámparas de indican estado.	44
42	Programación de la termocupla PT 100.	45
43	Programación del sensor inductivo.....	45
44	Programación del sensor inductivo.....	45
45	Pantalla de inicio del programa.	46
46	Pantalla de control de procesos.	47
47	Pantalla para ingresar los valores de velocidad del variador de frecuencia en porcentajes.	47
48	Pantalla donde se ingresa los valores para variación de velocidad del motor3F.....	48
49	Pantalla de visualización de valores de la PT 100 termocupla.	48
50	Carga de dispositivo	49

LISTA DE ABREVIACIONES

PLC	Controlador lógico programable
CPU	Unidad central de procesamiento
ROM	Memoria de sólo lectura
RAM	Memoria de acceso aleatorio
HMI	Interface humano máquina
KTP	Panel de Teclas Táctiles
SCADA	Supervisión, Control y Adquisición de Datos
AVG	Vehículos de guiado automático
kHz	Kilohertzios
CSMA	Acceso múltiple con detección de portadora
CD	Detección de Colisiones
OSI	Interconexión de Sistemas Abiertos
TCP	Protocolo de Transmisión
IP	Protocolo de Internet
ISO	Organización Internacional de Normalización
Mb	Mega bytes
kb	Kilo bytes
GHZ	Giga Hertz
HMI	Interface hombre máquina
I	Entradas digitales
Q	Salidas digitales
AI	Entradas analógicas
AQ	Salidas analógicas
WAN	Red de área amplia

LISTA DE ANEXOS

- A** Datos Técnicos de los PLC S7 1200 1214c AC/DC/RELAY
- B** Los datos técnicos sobre PROFIBUS-DP MAESTRO-ESCLAVO
- C** Datos técnicos de la pantalla táctil HMI KTP 600 BASIC Color PN
- D** Conectores PROFIBUS DP y PROFINET PN
- E** Sistema de protección y comunicación
- F** Variador de Frecuencia G110
- G** Tabla de Variables de Programación
- H** Indicadores LEDs del módulo MAESTRO-ESCLAVO
- I** Guías de laboratorios

RESUMEN

Se ha realizado el diseño e implementación del banco de pruebas de redes industriales de tipo PROFINET, PROFIBUS mediante el sistema de Ethernet industrial en la Facultad de Mecánica-ESPOCH. Dicho banco de pruebas se construyó con nueva tecnología de comunicación de redes industriales siguiendo las normas de diseño de redes industriales.

A lo largo del desarrollo del presente trabajo se realizó una investigación de las redes de comunicación PROFIBUS y PROFINET su funcionamiento, la forma de envío de datos, la configuración establecida entre el PLC S7 1200 MAESTRO CM 1243-5 PROFIBUS DP y el PLC S7 1200 ESCLAVO CM 1242-5 PROFIBUS DP (PLC: Controlador Lógico Programable) (CM: Módulo de Comunicación) y la pantalla Touch HMI KTP 600 PN (HMI: Interface Hombre Máquina) (KTP: Panel de Teclas Táctiles) (PN: PROFINET).

Se implementó además un sensor de temperatura y un sensor inductivo con el fin de demostrar la comunicación existente entre los módulos MAESTRO-ESCLAVO a través de la toma de datos de cada uno de los sensores y su posterior visualización en la pantalla HMI de forma ordenada.

Se utilizó el nuevo software TIA PORTAL V13 Profesional (TIA: Automatización Totalmente Integrada) en la programación de los PLC S71200 MAESTRO-ESCLAVO y la pantalla táctil KTP 600 Basic Color PN con su debida licencia.

Se establece un Plan de Mantenimiento, normas de seguridad y manual del usuario, para mantener un buen funcionamiento de los equipos y evitar mal manejo, también se ha preparado guías de laboratorio para los estudiantes.

ABSTRACT

It has made the design and implementation of the testbed industrial networks PRONINET and PROFIBUS type through Ethernet system at the Faculty of Mechanics-ESPOCH. The testbed was built with a new communication technology industrial networks, following the design norms of Industrial networks.

During the development of titling work, a research of communication network PROFINET and PROFIBUS was performed, its operation, the shipping of data, the configuration established between the PLC S7 1200 MASTER CM 1243-5 PROFIBUS DP an the PLC S7 1200 SLAVE CM 1242-5 PROFIBUS DP (PLC: Programmable Logic Controller) and Touch screen HMI HTP 600 PN (HMI: Interface-Man-Machine) (KTP: Touch-Panel-Machine) (PN: PROFINET).

A temperature sensor and an inductive sensor was also implemented with the purpose to demonstrate the existing communication between MASTER-SLAVE modules through data collection from each of the sensors and it's subsequent on the HMI screen in an orderly manner.

The new TIA PORTAL Professional V13 (TIA: Totally Integrated Automation) software was used, in the programming of the PLC S7 1200 MASTER SLAVE and the touch screen KTP 600 Basic Color PN with its properly licensed.

We set up maintenance plan, security regulations and operation manual user to maintain a proper operation of the equipment avoiding mismanagement and laboratory guides were also prepared for students to develop their skills in managing these equipment.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

A finales de los años cincuenta el control a través de redes industriales recibió un gran impulso al establecer que existían industrias como refinerías que tenían procesos complicados que eran controlados por telemetría simple, que se basaba en sistema de control de tableros llenos de lámparas, contadores, manómetros, etc. Hoy en día con el desarrollo de las redes industriales digitales se busca establecer sistemas de control más simplificados a través del control de computadores que reflejen todos los datos obtenidos de los procesos industriales.

Los sistemas de control modernos establecen el manejo de todos los datos de la industria a través de sistemas computarizados que entregan valores en tiempo real de que es lo que está sucediendo dentro de un determinado proceso dentro de un complejo industrial.

Todas estas innovaciones mencionadas trajeron como resultado el desarrollo de controladores híbridos, los cuales permiten manejar datos en tiempo real de señales digitales y analógicas las cuales a través de sistemas de visualización permiten el monitoreo de esta señales, teniendo una gran interacción llamada interface humano máquina estos sistemas en la actualidad consienten tener servidores los cuales almacenan los datos para a futuro realizar un monitoreo y realizar las acciones pertinentes para lograr tener un efectivo uso de equipos, alta producción y además que el departamento de mantenimiento pueda tomar decisiones sobre los activos de la industria.

Los equipos de monitoreo usados más frecuentemente para el control de diferentes procesos en la industria son los PLC (Programmable logic controller o Controlador lógico programable) que son pequeñas computadoras usadas para la automatización industrial, estos equipo utilizan para llevar datos en la actualidad utilizan sistemas de comunicación de tipo PROFIBUS y PROFINET, ya que permiten la conexión directa desde los procesos monitoreados a los sistemas de control ahorrando cables y componentes mecánicos para interconexión, distribución, alimentación y montaje en el campo.

1.2 Justificación

El crecimiento de las redes industriales automatizadas ha obligado a los profesionales a encontrar soluciones para todos los niveles dentro del campo de la automatización. Este hecho ha motivado a las universidades a disponer de laboratorios polivalentes que puedan ayudar a los alumnos a desenvolverse en los diferentes campos. La finalidad es que un alumno pueda automatizar accionamientos eléctricos, neumáticos, hidráulicos, entre otros, conectándose a varios PLCs a través de los módulos Master-Esclavo para el manejo de diferentes módulos didácticos.

La Facultad de Mecánica, y su laboratorio de Electroneumática se beneficia con este banco de pruebas de redes industriales PROFIBUS Y PROFINET en el cual los estudiantes puedan manejar equipos de punta utilizados actualmente en la industria local e internacional y además realizar las prácticas para integrar los conocimientos desarrollados por los docentes a través de prácticas.

La implementación de este modular beneficiará en forma sustancial a la formación de los estudiantes, ya que se le proporcionará un enfoque proactivo relacionado con la programación y eliminación de fallas presentes en procesos productivos automatizados. De esta manera también se contribuirá indirectamente con las nuevas matrices productiva y energética del país.

Este trabajo se consumará en base a las líneas de investigación de la ESPOCH-2012; ARTÍCULO V. *Tecnologías de la Información, comunicación y procesos industriales*: programa para el desarrollo de automatización y control de procesos industriales.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Diseñar e implementar un banco de pruebas de redes industriales de tipo PROFINET Y PROFIBUS mediante un sistema de comunicación Ethernet industrial para la facultad de mecánica-ESPOCH.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

- Analizar los factores esenciales para el correcto diseño del banco de pruebas para

redes industriales.

- Dimensionar y seleccionar los dispositivos, elementos y componentes necesarios para la construcción del banco de pruebas de redes industriales.
- Instalar los componentes y dispositivos electrónicos propios para el control del banco de pruebas de redes industriales.
- Evaluar el funcionamiento del banco de pruebas y comparar los resultados obtenidos.
- Diseñar el plan de Mantenimiento, Normas de operación y Seguridad del banco de pruebas para redes industriales, PROFINET y PROFIBUS.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Telemetría

Por Telemetría, se entiende a la tecnología usada para la medición a distancia de magnitudes físicas que son enviadas a través de cables, redes inalámbricas, fibra óptica, etc. Estas señales son procesadas por ordenadores a distancia. Un sistema de telemetría funciona a través de un transductor que es el dispositivo de entrada que recibe señales por medio de cables, ondas de radio u otras, el transductor tiene como función convertir las magnitudes físicas como temperatura, presión, vibraciones, voltaje en una señal eléctrica que es transferida a distancia para ser registrada y medida.

2.2 Elementos que conforman un sistema telemétrico

2.2.1 *Transductor.* Es el equipo que se ocupa de transformar el fenómeno físico a una señal eléctrica correspondiente:

2.2.2 *Unidad terminal.* Es el dispositivo encargado de transformar los datos medidos por el transductor de tal forma que puedan ser transmitidos como señal codificada utilizando algún tipo de canal.

2.2.3 *El medio de transmisión.* Son los soportes físicos a través del cual un emisor y un receptor. Los más comunes son par trenzado, cable coaxial, radio, fibra óptica.

2.2.4 *El receptor.* Son los elementos destinados a la recepción de los datos que provienen de los diferentes sistemas de las redes de comunicación.

2.3 Redes de comunicación Industriales

Se conoce como redes de comunicación industrial a las redes encargadas de la medición y control de los diferentes procesos industriales, en estos sistemas todas las redes están interconectadas entre sí para establecer un solo sistema de información.

Figura 1. Redes industriales



Fuente: (Siemens AG, 2009)

2.3.1 *Sistemas de control industrial.* Los sistemas de control industriales son de tres tipos:

- *Control centralizado:* Este sistema se basa en un solo elemento de control que se encarga de tareas de producción y sistemas de monitoreo y supervisión, donde se usan elementos de control potentes y más complejos.
- *Control distribuido:* Para cada unidad se destina un controlador o autómatas que se encarga de medir, controlar, visualizar cada proceso. Para este proceso cada elemento de control se conecta entre sí para que éstos envíen datos a través de entradas y salidas digitales.
- *Control híbrido:* Es una combinación entre el control distribuido y el centralizado, en donde es necesario conectar los elementos con un equipo que controle todos los procesos de una unidad y a su vez varios controladores de unidad.

2.3.1.1 *Tipo de redes de comunicación.* Dentro de las redes industriales de comunicación encontramos varios tipos de redes que buscan la comunicación de datos en tiempo real, deben resistir condiciones hostiles, estas redes se dividen en:

- **Red de factoría:** Es destinada para oficinas, contabilidad, administración, marketing y para departamentos de diseño o planificación, en estos sitios el volumen de datos es muy alto y los tiempos en que se necesita una respuesta no son muy altos.

- Red de planta: Se usa por lo general para entrelazar las redes de departamentos de ingeniería y planificación con las de departamentos de producción y secuencias de operación.
- Red célula: Se basa en la interconexión de dispositivos en forma secuencial, como robots de ensamblaje, máquinas de control numérico, entre otros.
- Bus de campo: Es un sistema de dispositivos de campo sensores-actuadores y elementos de control, que se interrelacionan con un bus digital serie bidireccional para transmitir datos entre ellas.

2.4 Controlador Lógico Programable PLC S7-1200.

2.4.1 Control Lógico Programable (PLC). Es un dispositivo encargado de controlar un proceso, equipos y diferentes tipos de elementos destinados a la telemetría, su forma de trabajo es a través de la programación previamente ingresada por medio del TIA PORTAL, consta con módulos de salida y de entrada. Los terminales de salida son los que proporcionan los comandos para la conexión de muchos equipos que se distinguen por su uso de salida.

Los terminales de entrada son los que reciben señales de realimentación ósea elementos que sirven para la entrada de señales sean analógicas o digitales.

Los PLC tienen en su estructura cuatro unidades importantes:

- La memoria programable: Donde son ingresadas las instrucciones para la secuencia de control lógico.
- La memoria de datos: Es donde los datos son almacenados como es la información de procesos.
- Los elementos de salida: controles de hardware/software para los procesos industriales.
- Los dispositivos de entrada: Son los sensores de los procesos industriales.

2.4.2 *Características destacadas.*

- Velocidades de transmisión de hasta 45 Megabits por segundo.
- Instalación sencilla y rápida.
- Toma única de alimentación, voz y datos.
- No requiere una gran obra para instalación, ni cables adicional.
- Modem PLC.
- Transmisión simultánea de voz y datos y conexión activa las 24 horas.

2.4.3 *Ventajas del uso de PLC.*

- Control preciso.
- Mayor respuesta.
- Reducción de peso.
- Reducción de costos.
- Se puede gobernar con uno solo varios actuadores.
- Fácil mantenimiento, programación, configuración u puesta a punto.

2.4.4 *PLC S7-1200.* Es uno de los más usados para automatizaciones industriales y telemetría, modelo compacto con funciones simples. Este equipo es un elemento plenamente para la automatización porque usa para su programación Totally Integrated Automation.

La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida, PROFINET integrado, E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas, todo ello en una carcasa compacta, conformando así un potente controlador. Una vez descargado el programa, la CPU contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de contaje y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes. (Montalvo José Luis, 2011 págs. 37,38).

Para el diseño e implementación se va usar un PLC S7-1200 CPU 1214c AC/DC/RELAY.

Figura 2. PLC S7- 1200 CPU 1214c AC/DC/RELAY



Fuente: (Siemens AG, 2009)

2.4.4.1 *Señales integradas, módulos de señales y módulos de comunicación.* En el sistema SIMATIC S7-1200 CPU 1214c tenemos que sus funciones se pueden ampliar a través de los diferentes módulos de ampliación dependiendo de la necesidad del servicio, equipos o maquinas a usar. Se les puede ampliar las entradas y salidas tanto analógicas como digitales, éstas se puede agregar a la derecha de los diferentes PLC en el modelos de CPU 1214 c se pueden agregar hasta ocho módulos entradas y salidas digitales.

2.4.4.2 *Señales integradas.* Se conectan directamente a un lado PLC y a través de enchufes se conectan a los CPU añadiendo entradas y salidas analógicas y digitales no se aumenta con estos accesorios el tamaño del controlador.

2.4.4.3 *Control PID (Ganancia proporcional P, Integral I y Derivativo D).* El control PID es un mecanismo de control que a través de un lazo de retroalimentación permite regular la velocidad, temperatura, presión y flujo entre otras variables de un proceso en general. (García Pamela , 2013).

2.4.4.4 *Funciones de salidas de alta velocidad.* Se integran dos salidas de alta velocidad que pueden funcionar como salidas de tren de pulsos (PTO) o como salidas con modulación de ancho de impulsos 8PWM9. Si se configuran como PTO, ofrecen una secuencia de impulsos con un factor de trabajo de 0% y hasta 100kHz, para la regulación controlada de la velocidad y posición de motores pasó a paso y servoaccionamientos. (Montalvo José Luis, 2011 pág. 47).

2.4.4.5 *Funciones de entradas de altas velocidad para funciones de contaje y medición.* El dispositivo SIMATIC S7-1200 posee como límite 6 contadores de alta velocidad. Las tres entradas principales son de 100kHz y las otras tres de 30kHz integrados perfectamente para las funciones de contaje y medición. Permiten lecturas precisas de los encordes incrementales, contajes de frecuencia y la captura rápida de eventos de proceso (Montalvo José Luis, 2011 pág. 47).

2.5 Ethernet.

La red Ethernet es un medio de transmisión de datos que usa para su transmisión el método acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones, este método se basa en que un nodo antes de enviar una información se cerciora si otro nodo no está transmitiendo información también, si se encuentra la vía libre el nodo enviara la información al nodo de destino.

Cuando existe la transferencia de dos nodos y la información se colisiona los nodos que enviaron esta información se darán cuenta de esto y enviarán la información en un tiempo aleatorio para volver hacer el envío. Cada paquete que se envía tiene la dirección de destino, la dirección de donde es enviado y el tamaño en bits del mensaje enviado. Los tamaños de los paquetes enviados tienen desde 64 a 1518 bytes y una velocidad de cada dato transmitido de 10 millones de bits por segundo, un paquete de Ethernet demora de 50 a 1200 microsegundos dependiendo de su longitud.

2.5.1 *Protocolo TCP/IP (Protocolo de control de transmisión/Internet protocolo).*

Es un sistema de comunicación establecido por el ISO, se designa modelo de referencia de interconexión de sistemas abiertos OSI, el sistema antes descrito establece un sistema ideal de redes el cual permite instaurar una comunicación entre las capas distintas y muy fáciles de identificar.

En la figura 2.6 el cual muestra las siete capas que tiene el sistema y su correspondencia con las capas del protocolo TCP/IP, en la tabla 1.1 se establecen todos los protocolos más comunes del conjunto de protocolos TCP/IP y sus servidores. Protocolo ISO on TCP (RFC 1006) es un mecanismo que permite portar aplicaciones ISO a la red TCP/IP. Este protocolo tiene las características siguientes:

- Protocolo de comunicación eficiente vinculado estrechamente al hardware.
- Adecuado para cantidades de datos medianas y grandes (hasta 8192 bytes).
- A diferencia de TCP, los mensajes tienen un indicador de fin y están orientados a los mensajes.
- Apto para routing; puede utilizarse en WAN, longitudes de datos dinámicas son posibles.
- Es necesario programar la gestión de datos debido a la interfaz de programación SEND/RECEIVE.
- Utiliza Transport Service Access Points (TSAPs) o Servicio de TransportePuntos de Acceso, el protocolo TCP (Transmission Control Protocol o Protocolo de control de Transmision) permite establecer varias conexiones con una sola dirección IP (hasta 64K conexiones).

Figura 3. Modelo de referencia OSI y las capas de TCP/IP correspondientes.

Modelo de referencia OSI Suite o Conjunto de protocolos de TCP/IP

Nivel	Función	Protocolo				
1	Aplicación	Telnet	FTP	TFTP	SMTP	DNS
2	Presentación					
3	Sesión	TCP		UDP		
4	Transporte					
5	Red	IP	ICMP	RIP	OSPF	EGP
			ARP	RARP		
6	Enlace de datos	Ethernet	Token Ring	Otros medios		
7	Físico					

Fuentes: (Castillo, 2005)

Tabla 1. Protocolos más comunes del TCP/IP usados en los modelos de referencia.

PROTOCOLO	SERVICIO
IP (Protocolo Internet)	Proporciona servicios para entrega de paquetes entre nodos
ICMP (Protocolo de control de mensajes de Internet)	Regula la transmisión de mensajes de error y control entre los hosts y los routers
ARP (Protocolo de resolución de direcciones)	Asigna direcciones Internet a direcciones físicas
RARP (Protocolo de resolución de direcciones por replica)	Asigna direcciones físicas a direcciones Internet
TCP (Protocolo de control de transmisión)	Proporciona servicios de envío de flujos fiables entre los clientes
UDP (Protocolo de diagrama de usuario)	Proporciona servicio de entrega de diagramas no fiables entre clientes
FTP (Protocolo de transferencia de archivos)	Proporciona servicios a nivel de aplicación para la transferencia de archivos
TELNET	Proporciona un método de emulación de terminal
RIP (Protocolo de información de encaminamiento)	Permite el intercambio de información de rutas de vectores de distancia de routers
OSPF (Protocolo abrir la vía más corta primero)	Permite el intercambio de información de rutas de estado del enlace entre routers
EGP (Protocolo Gateway Externo)	Permite el intercambio de información de rutas entre routers externos

Fuentes: (Castillo, 2005)

2.5.2 *Protocolo Internet (IP versión 4)*. El IP define los formatos que los diferentes paquetes enviado deben tener y los modos utilizarlos durante él envío y sus recepción. Los datagramas IP son el formato que el paquete de datos deben tener todos los datos incluidos en la Figura 2.8 el tamaño de un encabezado de IP es de 20 bytes en donde:

El campo VER es el que contiene la versión del protocolo que se utilizó para realizar para elaborar el datagrama su tamaño es de 4bits. HLEN el cual determina la longitud del encabezado que se mide en palabras de 32 bits y tiene un campo de 4 bits. El TIPO DE SERVICIO es un campo que le mide 8 bits el cual se divide en 5 campos, donde se especifica la prioridad del datagrama.

El campo LONGITUD TOTAL es el tamaño del datagrama el cual se mide en bytes donde también incluye el encabezado y los datos. En el campo de IDENTIFICACIÓN contiene todos los datos para identificar los datagramas. BANDERAS son campos de 3 bits que se controlan con fragmentación. Los DEZPLAZAMIENTOS DE FRAGMENTOS es el que ve el movimiento de los fragmentos.

En el TIEMPO DE VIDA es el cual da el tiempo que el datagrama dura en la red. El PROTOCOLO es el que contiene el valor con el cual se crea el mensaje el cual se está moviendo por el área de datos. En el campo de SUMA DE VERIFICACIÓN DE ENCABEZADOS son los que aseguran la integridad de los valores. Los campos DIRECCIÓN IP DE LA FUENTE Y DIRECCIÓN DEL DESTINO contienen la dirección IP del emisor y del receptor respectivamente. El campo OPCIONES se usan para pruebas o depuraciones.

Figura 4. Formato de datagrama IPv4

0	4	8	16	19	31 bit#
VER	HLEN	Tipo de servicio	LONGITUD TOTAL		
IDENTIFICACIÓN		BANDERAS	DESPLAZAMIENTO DE FRAGMENTO		
TIEMPO DE VIDA	PROTOCOLO	SUMA DE VERIFICACION DEL ENCABEZADO			
DIRECCIÓN IP DE LA FUENTE					
DIRECCIÓN IP DEL DESTINO					
OPCIONES IP (En caso de existir)					
DATOS					

Fuentes: (Castillo, 2005)

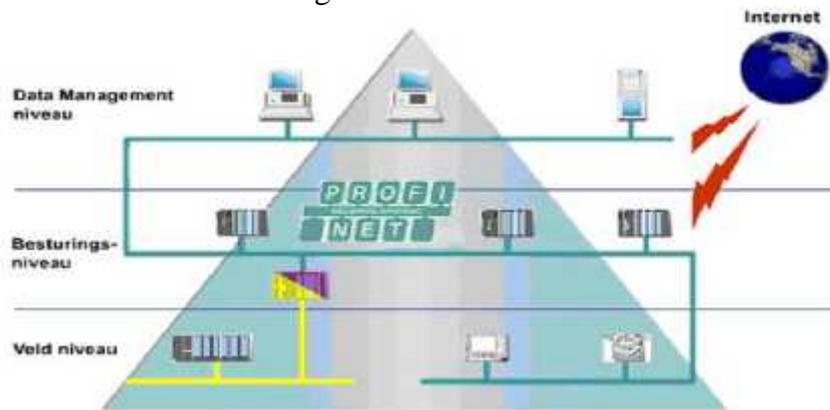
2.5.3 *Protocolos de nivel de transporte:* Este nivel transporte tiene dos protocolos:

2.5.3.1 *Protocolo de Diagramas de Usuarios (UDP):* Es el conjunto de destinos de protocolos, este protocolo define dos puertos, puertos conocidos y puertos asociados dinámicamente. Los puertos conocidos se reservan determinados número de puertos UDP para determinadas aplicaciones y los puertos asociados dinámicos las aplicaciones que solicitan servicios a un proceso deben consultar el nodo para determinar el puerto utilizando por el proceso, y después poder enviar los datagramas UDP al puerto.

2.5.3.2 *Protocolo de Control de Transmisión (TCP):* Se usa para cantidades de datos grandes que son enviados o recibidos, estos esperan que los datagramas se llenen para ser enviados, las dos partes emisora y receptora deben ponerse de acuerdo para. Este protocolo puede hacer envío y reacción al mismo tiempo.

2.6 PROFINET.

Figura 5. PROFINET



(Hurtado José, 2011)

Data Management niveau: Nivel de Gestion de Datos

Besturings niveauu: Nivel Operativo

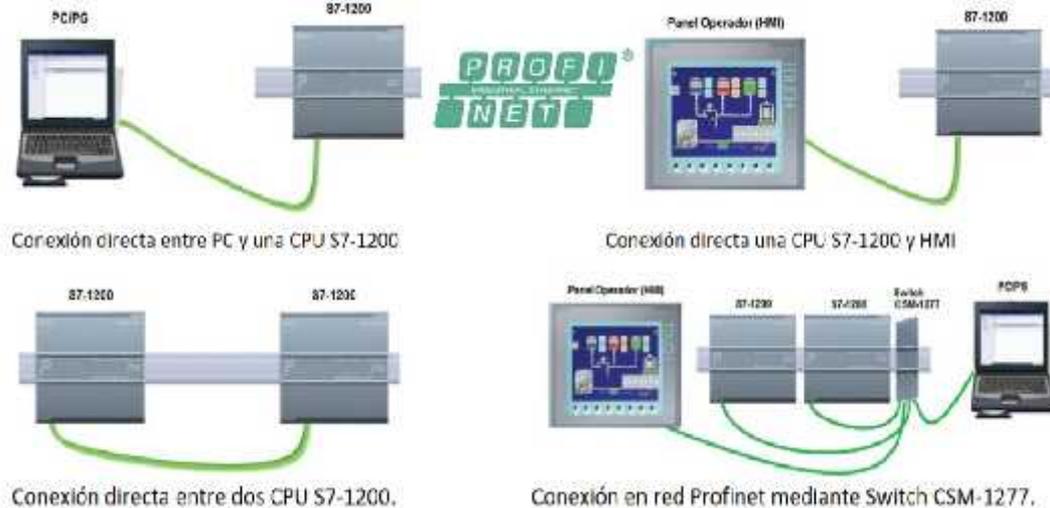
Veld niveauu: Nivel de Campo.

Básicamente la conexión PROFINET es el estándar del Ethernet abierto, el sistema de comunicación de PROFINET admite la conexión de quipos desde el mismo nivel de campo u operativo como PLC hasta el nivel de gestión o de decisión como sistemas informáticos o internet, este sistema integra sistemas PROFIBUS, además busca la conexión de equipos a través del sistema Ethernet.

El sistema PROFITNET satisface muchas necesidades dentro de la industria como:

- Comunicación entre diversos niveles de supervisión con alta compatibilidad, desde el campo de aplicación de procesos hasta los niveles corporativos usando Ethernet.
- Se puede realizar la conexión de dispositivos de diferentes fabricantes a través de este puerto.
- Se utiliza el protocolo estándar Internet Transmisión.
- Una integración con los sistemas PROFIBUS sin necesidad de cambios.

Figura 6. Conexiones PROFINET



Fuente: (Hurtado José, 2011)

Las características básicas del sistema PROFINET:

- PROFINET I/O ofrece funcionamiento en “tiempo real” para datos de E/S cíclicos.
- Se pueden utilizar los cables y switches estándar de Ethernet.
- Se configura como una red de campo.
- Los dispositivos se direccionan un mediante un nombre.
- Comunicación fácil, rápida, flexible y abierta.
- Protocolo abierto, estándar industrial.
- Alta velocidad, tiempo de ciclo por dispositivo.
- Utiliza conectores industriales apantallados RJ45. (Hurtado José, 2011).

2.6.1 Modos de operación de PROFINET.

2.6.1.1 Basado en arquitectura TCP/IP. Usa tecnología Ethernet en el estrato 1 y 2, en el estrato 3 usa tecnología IP, en el estrato 4 usa tecnología TCP o UDP. Este tipo de arquitectura se la denomina Non-real-time, la cual su tiempo de procesamiento es cercano a 100 milisegundos. Se usa proxies los cuales son convertidores de protocolos.

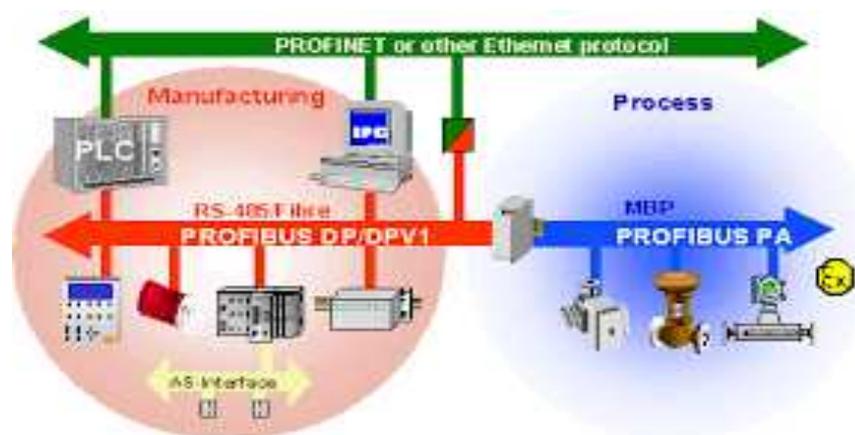
2.6.1.2 Basado en Soft Real Time. Su característica principal es que es un canal directo entre el estrato del Ethernet y la aplicación con la cual se trabaja. Se elimina varios protocolos, se establece disminución en los tamaños de los datagramas transmitidos esto quiere decir que necesita menos tiempo para su transmisión.

2.6.1.3 Basado en Isochronous Real Time. Es creado para las aplicaciones que necesitan de respuesta rápida, para el control de robots cuyo tiempo de respuesta es rápido.

2.6.1.4 Basado en tecnología TCP O UDP. Su característica básica es que se puede transmitir datos bidireccionalmente y una gran cantidad de datos.

2.7 PROFIBUS.

Figura 5.1 Diagrama PROFIBUS



Fuente: (Divices, 2014)

Process Field Bus o Proceso de buses de campo conocido mundialmente como PROFIBUS, se define como una red de campo abierto que cumple con muchos rangos de aplicaciones, este tipo de comunicación es abierta porque permite la comunicación entre los diferentes equipos de diferentes fabricantes. La red trabaja bajo el procedimiento token passing o paso de testigo la cual consiste en que una estación puede transmitir por un tiempo establecido y al momento de registrarse el token este se encarga de dar los permisos para la transmisión de los datos. Dispone de mínimo de 31 participantes hasta un máximo de 127, este puede transmitir un máximo de 246 bytes el cual demora en pasar por los 32 participantes un tiempo de 90ms y alcanza una distancia total de 22300m.

Los datos que se transmiten por el canal físico son de 5 clases:

- Datos de entrada y salida.
- Datos de Diagnóstico y verificación.
- La configuración de dispositivos.

- Programas entre controladores.
- Parámetros de control.

Según la norma EN 50170 y DIN 19245 las características del PROFIBUS son:

- El PROFIBUS no pertenece a ninguna compañía, los equipos de PROFIBUS todos están certificados por lo que pueden ser comercializado de manera libre, tienen un bajo costo, reducen cableado y reducen los planos eléctricos.
- Alta seguridad por lo que los mensajes con errores son repetidos hasta que son enviados.
- Se adapta a todas las tareas de automatización y permite el intercambio de datos entre muchos controladores y elementos de campo.

2.7.1 *Elementos de PROFIBUS.* Los nodos son los elementos importantes en el PROFIBUS, dentro de estos existen dos tipos de nodos:

- Nodos activos o dispositivos MAESTROS: son los nodos que actúan los cuales controlan por completo el sistema de bus.
- Nodos Pasivos o dispositivos ESCLAVOS: son los que no tienen la capacidad de controlar el bus. Interactúan con los nodos activos a través del sistema respuesta-pregunta pero no pueden dialogar con otros pasivos.
- Expansiones: Pueden estar integrados en nodos activos y pasivos.

Dentro de la red industrial PROFIBUS hay la siguiente clasificación de redes de tipos bus que se especifica en la Tabla 2 donde para el desarrollo del banco de pruebas de redes industriales se usa el PROFIBUS-DP, Decentralized Periphery o Periferico Descentralizado que es optimizado para obtener una mayor velocidad, eficiencia y bajo costo de conexiones porque ha sido diseñado para entablar comunicaciones críticas entre los diferentes sistemas de automatización y los equipos periféricos que pueden ser de entrada o salida y tienen una velocidad de transmisión de 12 Mb/sg. Donde se puede conectar hasta 127 estaciones, la transmisión se produce a través de un cable de dos hilos.

Tabla 2. Perfiles de PROFIBUS.

Perfil	Principio de Aplicación	Principal ventaja	Características más relevantes
PROFIBUS-FMS	Automatización para propósitos generales	Universal	<ul style="list-style-type: none"> • Gran variedad de aplicaciones • Comunicación de multi-maestro
PROFIBUS-DP	Automatización de fabricas	Rápido	<ul style="list-style-type: none"> • Conecta y reproduce • Eficiente y efectivo en costos • Conexión a través de repetidores
PROFIBUS-PA	Automatización de procesos	Orientado en aplicaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Suministros de energías a través del propio bus • Seguridad intrínseca

Fuente: (SMAR, 2016)

2.8 Protocolos de comunicación MAESTRO-ESCLAVO.

En un sistema de comunicación de datos se establecen protocolos los cuales establecen la comunicación entre los dispositivos, en donde se establecen don elementos primordiales para la comunicación de datos en una red de comunicación de tipo PROFIBUS como son los dispositivos Maestros y Esclavos ya especificados.

2.8.1 Tipos de dispositivos MAESTROS-ESCLAVOS PROFIBUS-DP.

Maestro DP de clase 1 (DPM1).

Posee un controlador central que envía y recibe información con los demás equipos esclavos DP en un determinado ciclo de mensajes, las funciones del maestro:

- Recopila la información de los esclavos DP, los controla y trabaja ciclicamente.
- Determina parámetros y configura cada uno de los esclavos DP.

Maestro DP de clase 2 (DPM2).

Son completamente dispositivos de programación que realizan configuración o realizan diagnóstico. Dan los parámetros para la puesta en marcha de equipos, cuantos equipos se

van arrancar, las direcciones de cada equipo en cada estación del bus y cada dirección de los periféricos de entrada y salida. Este dispositivo maestro DP y esclavo DP clase 2 tienen las mismas funciones que el Maestro/ Esclavo clase 1 más las siguientes:

- Configuración de los esclavos DP con su lectura de los valores de entrada/salida.
- Asigna las direcciones a cada esclavo DP.

Y tienen funciones establecidas entre el Maestros DP clases 2 y el Maestro DP clase 1:

- Entrada de diagnósticos de los esclavos DP asignados al maestro DP clase 1.
- Activación de los datos registrados del bus.
- Ajustes de la operación de los maestros DP clase 1.

Esclavo DP.

Son los que trabajan con los elementos sensores y actuadores los que se encargan de recibir y enviar la información, estos dispositivos tienen las características de entradas/salidas binarias de 24 o 200v. Estos datos de entrada y salida son independientes los que poseen 246 bytes de entradas y salida. Todos estos equipos son controlados por los PLC (Controladores lógicos programables) y las pantallas HMI.

2.8.2 *Arquitectura protocolar de comunicación.* La arquitectura protocolar que usa el sistema PROFIBUS está basada en el modelo OSI que es el modelo Interconexión de Sistemas Abiertos en el cual hay siete capas para el procesos de comunicación de datos entre equipos de control y periféricos que resuelven errores, establecen una secuencia a seguir para la programación y además existen un sin número de eventos como:

- Forma en que los datos se traducen para cada arquitectura de red utilizada.
- Modo en que los dispositivos de control se comunican entre ellos.
- La forma en que se transforman los direccionamientos lógicos en físicos.

Las capas más usadas para la arquitectura son:

- *Capa 1 o la capa física:* define las características de transmisión como cables y

otros dispositivos usados para transmisión.

- *Capa 2 o la capa de enlace:* define los protocolos usados para el acceso al bus y es encargada de establecer como va ir circulando el testigo.
- *Capa 7 o la capa de aplicación:* define que va realizar el programa su aplicación dentro del proceso.

Las otras capas que tenemos son

- *Capa 3 o la capa de red:* es la encargada de encaminar la información o datos y además los entrega.
- *Capa 4 o la capa de transporte:* es la controla el flujo de información o datos entre los nodos que se están comunicando.
- *Capa 5 o la capa de sesión:* establece la comunicación entre emisores y receptores y la termina.
- *Capa 6 o la capa de presentación:* es el traductor del modelo OSI.
- El PROFIBUS DP usa para su funcionamiento las capas 1 y 2, donde se asegura una transmisión rápida y eficiente. Usa para su comunicación RS-485.

2.9 TIA PORTAL.

Totally Integrated Automation Portal o Portal de Automatización Totalmente Integrada es el software que integra diferentes productos de SIMATIC, con un costo relativamente muy bajo, disminuye tiempos. también crea soluciones para automatización como en el mismo crear el proyecto a programar, configura el software de los dispositivos y además permite

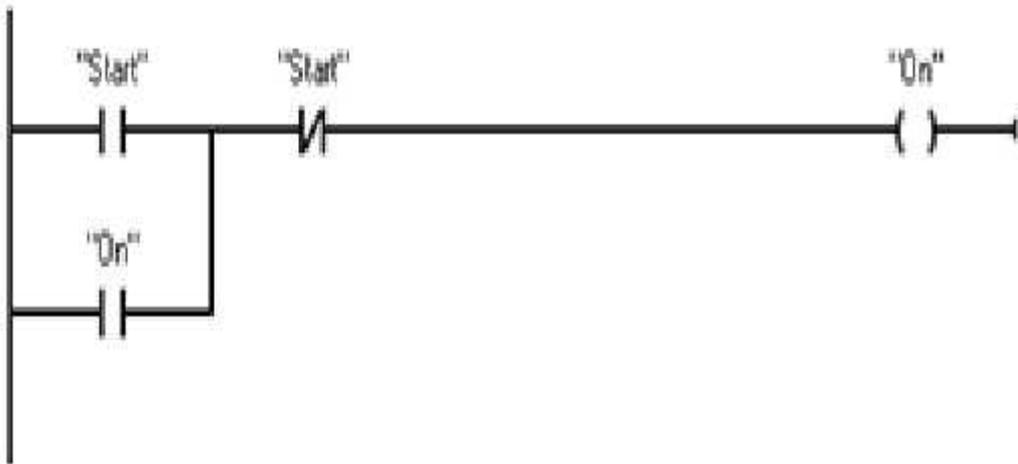
- Rápida puesta en marcha debido a que localiza errores.
- Disminución de tiempos de paradas, se realiza tareas de mantenimiento a distancia.
- Disminución de costos.

STEP 7 TIA Portal v13 es la herramienta líder en el mercado de la automatización industrial y pieza clave para liberar todo el potencial de Totally Integrated Automation. El software que optimiza todos los procedimientos de planificación, procesos y maquinaria. Con una interfaz intuitiva y fácil de usar para el usuario con funciones simples, y su completa transparencia de datos, es extremadamente fácil de usar. Datos y proyectos preexistentes pueden integrarse sin esfuerzo, lo que garantiza la seguridad de la inversión. (SIEMENSGLOBALWEBSITE, 2015).

2.9.1 Lenguajes de Programación STEP 7 TIA PORTAL V13.

2.9.1.1 Esquema de Contactos (KOP). Lenguaje de programación Figura que se representa en esquemas de circuitos en forma de contactos, no se añade bloques lógicos, la lógica booleana se establece por contactos en serie o paralelos.

Figura 7. Lenguaje de programación KOP



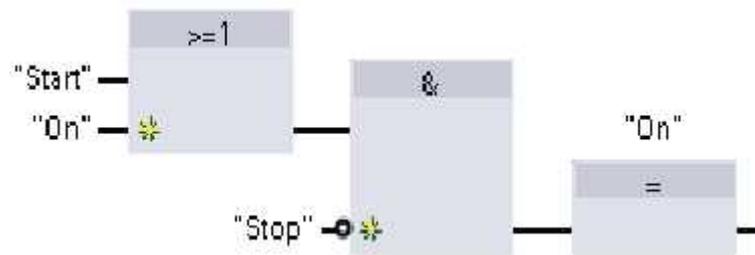
Fuente: (Siemens AG, 2009)

Se tiene que tener en cuenta las siguientes reglas para la creación de segmentos KOP:

- Se debe terminar con una bobina o cuadro.
- No se programa ramas que ocasionen flujos de corrientes.

2.9.1.2 Diagrama de Funciones (FUP). Lenguaje de programación gráfico, se basa en símbolos lógicos del algebra booleana, se crean lógicas de operaciones complejas se insertan ramas paralelas a los cuadros. Todas las operaciones se representan en combinación con los cuadros lógicos.

Figura 8. Lenguaje de programación FUP.



Fuente: (Siemens AG, 2009)

2.10 Interface Hombre Máquina HMI.

2.10.1 *Definición de Interface Hombre Máquina o HMI.* La Interface Hombre Máquina es una ventaja dentro de los procesos de una industria ya que son las ventanas del mismo. Ya que esta presenta datos a un operador a través de este se controla un proceso.

2.10.2 *Características HMI: Las características de las HMI son las siguientes:*

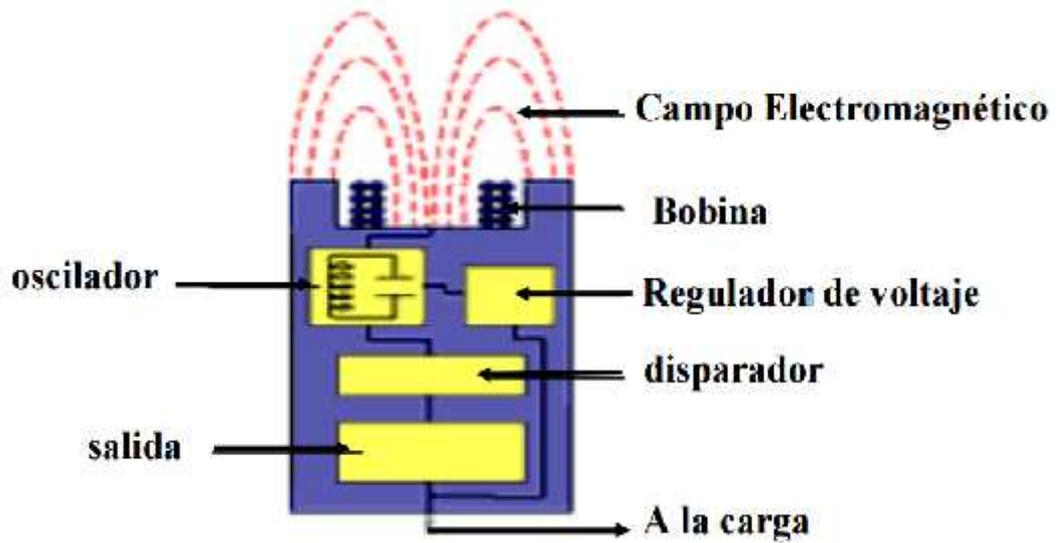
- Tiempos muy bajos de implementación con un mantenimiento muy fácil.
- El Hardware posibilita modificaciones mediante el software.
- Sustituye sistemas de cableados de tableros de control.
- Interfaz gráfica del operador que permite controlar y supervisar las plantas.
- Realiza acciones de mando ya establecidas en los programas.
- Almacena y procesa ordenadamente los datos.
- La comunicación se realiza entre planta y la arquitectura del hardware.

2.11 Elementos de Control Sensores.

Para realizar el diseño e implementación del banco de pruebas de redes se utilizó un sensor inductivo y un sensor de temperatura

2.11.1 *Sensor Inductivo:* Son elementos que incorporan una bobina electromagnética la cual detecta la presencia de un elemento metálico que conduce, este elemento no toma en cuenta los elementos no metálicos. Los sensores inductivos aumentan su carga disminuyendo la amplitud del campo magnético, si el objeto se aleja del sensor la amplitud del oscilador aumenta.

Figura 9. Componentes de un sensor inductivo.



Fuente: (Canto, 2013)

Las ventajas de los sensores inductivos son:

- No sufren desgaste.
- No tienen contacto directo con los objetos.
- No les afecta el polvo y la humedad.
- Indicadores LED para su estado.

Las desventajas de los sensores inductivos son:

- Solo son usados para objetos metálicos.
- En muchas ocasiones pueden ser afectados por campos magnéticos.
- Tienen margen de operación reducido.

Figura 10. Sensor Inductivo M18 rango 18mm.



Fuente: (ElectronicComponents, 2015)

2.12 Sensor de Temperatura.

La temperatura es una medida física que establece el promedio de energía cinética en una determinada unidad de masa expresada en grados. Los sensores de temperatura son elementos industriales que transforman los cambios de temperatura en señales eléctricas que son procesados por los controladores.

Figura 11. Partes de un termopar industrial.



Fuente: (INACAP, 2014)

2.12.1 Transmisor de Temperatura: Se utiliza para la transmisión de la medida de temperatura para la conexión con el controlador del sistema, tiene una entrada de termo resistencia PT100 que generan una salida de 4 a 20 miliamperios.

Figura 12. Transmisor de temperatura SITRANS TH100.



Fuente: (SiemenGlobalWebSite, 2015)

Se utiliza para la transmisión de la medida de temperatura para la conexión con el controlador del sistema, tiene una entrada de termo resistencia PT100 que generan una salida de 4 a 20 miliamperios.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO, MONTAJE Y PROGRAMACIÓN.

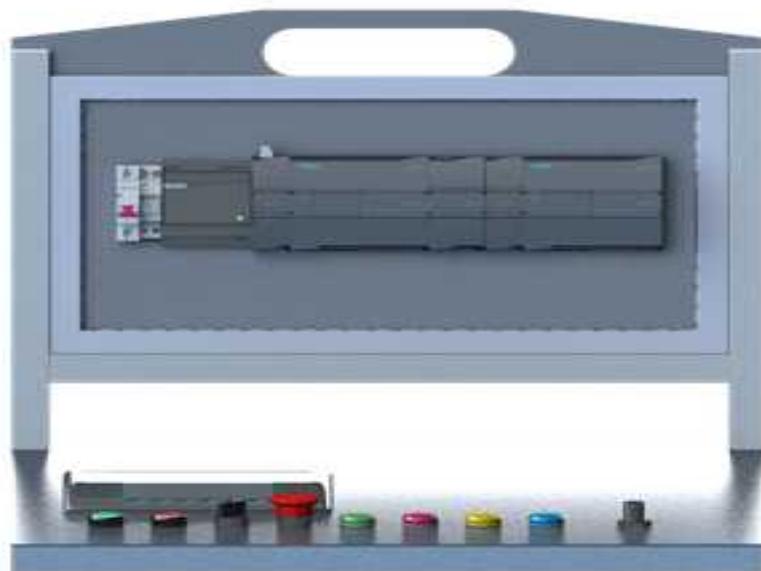
3.1 Diseño y montaje del módulo de telemetría de temperatura e inducción.

Figura 13. Diseño de Módulo de pruebas de redes industriales.



Fuentes: (Autores)

Figura 14. Vista frontal del módulo de pruebas de redes industriales.



Fuentes: (Autores)

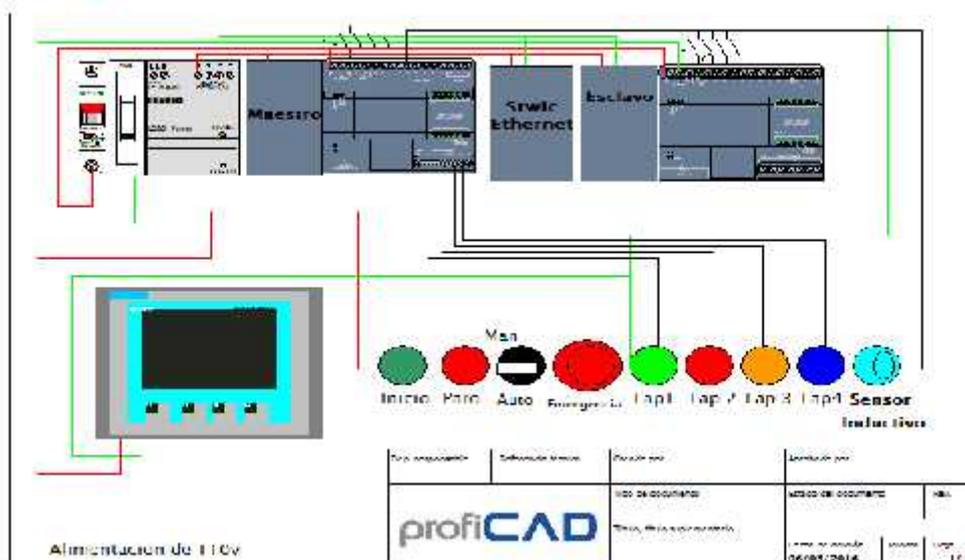
Figura 15. Vista superior de módulo de pruebas industriales.



Fuentes: (Autores)

Para la elaboración del módulo de telemetría para conexiones de redes PROFIBUS y PROFINET seguimos las normas de convencionales para construcción de módulos las cuales determinan como serán conectados los PLC's S7 1200 con sus respectivos módulos de conexión MAESTROS-ESCLAVOS, la pantalla HMI, el modulo donde serán conectadas las aplicaciones para el modulo como es la termopar PT-100 y el sensor inductivo.

Figura 16. Diseño eléctrico del tablero de redes industriales.



Fuentes: (Autores)

El diseño del circuito eléctrico de tablero de redes Industriales se realizó en ProfiCAD.

3.1.1 *Montaje de los PLC S7-1200, seguridad, características y alimentación.* Para realizar el montaje de del PLC se siguen las especificaciones técnicas que el fabricante especifica en el manual para el montaje de autómatas.

3.1.1.1 *Características del PLC S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RELEY.* Se eligió al autómata debido a sus características técnicas, es un CPU compacto de alto rendimiento, consta de 24 entradas y salidas que son integradas en su estructura.

Las funciones del autómata tienen un numeroso juego de instrucciones como multitud de operaciones que facilitan la programación, operaciones básicas como funciones lógicas, asignación de resultados, memorización, contaje, formación de complementos.

Comandos de comunicaciones que son integrados en su estructura, modula un ancho de impulso, trenes de impulsos, funciones aritméticas. Funciones confortables de contaje que combinan contadores integrados, tienen comandos especiales para contadores de alta velocidad que ofrecen nuevos campos de aplicación.

Tiene una ejecución contable de alarmas disparadas por subidas o bajadas de señales que posibilitan una reacción muy rápida, estas alarmas son controladas por el tiempo. Contempla un sistema novedoso de protección con contraseña, funciones de diagnóstico y pruebas permanentes en las entradas y salidas. Tienen un interfaz Ethernet integrada con interfaces de comunicación adicionales para conectores RS485 o RS232, tienen una ranura para ampliación de memoria.

3.1.1.2 *Alimentación de PLC S7 1200.* El autómata tiene una alimentación de tensión que va desde los 85 VAC a los 264 VAC, teniendo una tensión de entrada de 24 VDC y una tensión de salida que va desde los 5 VAC hasta los 250 VAC, contempla también una intensidad de salida de 2 A con 30VDC y 200 VAC.

Permite conectar sensores con una intensidad de salida de 400 mA y de 24V que permiten alimentar carga.

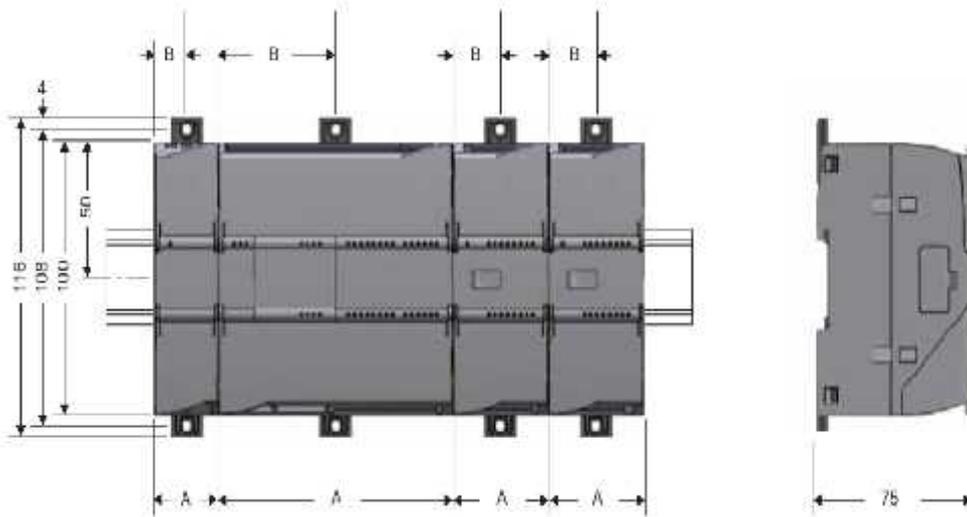
El CPU tiene una fuente de alimentación que está en su interior, los equipos que se conectan al autómata tienen una alimentación de 24 VDC. El CPU tiene también una alimentación que suministra a los módulos de señales 5 VDC.

El equipo alimenta a sensores con 24V DC, si las exigencias de tensión son mayores a 24V DC se debe instalar una fuentes de alimentación externa de 24V DC, si es necesaria la fuente de alimentación externa se debe verificar la conexiones para no ser conectadas en paralelo con la alimentación de sensores para evitar que estos reduzcan su vida útil. Se debe tener en cuenta que los bornes sin aislamiento galvánico estén conectados al mismo potencial.

3.1.1.3 Procedimientos de montaje de los PLC S7-1200 CPU 1214C y los módulos de comunicación MASTER-ESCLAVO. Los PLC S7-1200 son equipos de fácil montaje se deben las siguientes pequeñas reglas para tener un buen desempeño del equipo:

Para el montaje de los equipos hay que tener en cuenta que sus dimensiones son: Los clip de fijación que tienen los CPU permiten fijarlos en los perfiles DIN, para montar y desmontaje los autómatas se debe constatar de que estén desconectados de la fuente de alimentación. El mal montaje de los equipos puede producir funcionamiento errático.

Figura 17. Dimensiones de montaje del PLC S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RELEY



Fuente: (Siemens AG, 2009)

Tabla 3. Dimensiones de montaje

Dispositivo S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RELEY		A [mm]	B [mm]
CPU	CPU 1214C	110	55
Módulos de señales	8 y 16 E/S, DC y relé (8I, 16I, 8Q,16Q, 8I/8Q) Analógicas (4AI, 8AI, 4AI/4AQ, 2AQ,4AQ)	45	22,5
	16I/16Q relé (16I/16Q)	70	35
Módulos de comunicación	CM 1241 RS232 Y CM 1241 RS485	30	15

Fuente: Autores

Para el montaje del autómeta en el perfil DIN o rail se debe proceder de la siguiente manera:

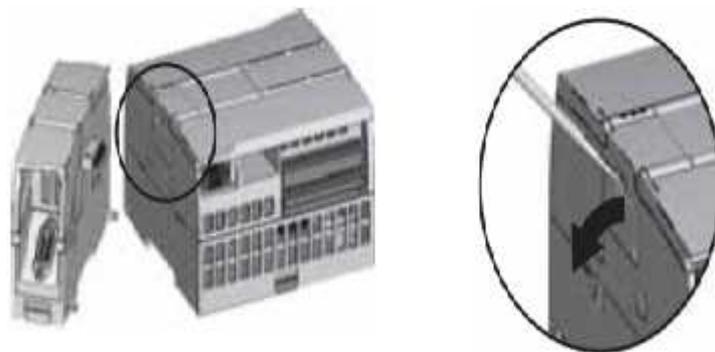
- Se atornilla el perfil al panel de montaje dejando una separación de 75 mm entre los tornillos.
- Se engancha el perfil por el lado inferior del CPU de tal forma que este sobresalga del rail.
- Se presiona el autómeta hasta que este se enganche en el perfil.

Montajes de módulos de comunicación

Dentro del montaje de los módulos de comunicación estos se acoplan al CPU en conjunto en el rail, se sigue el siguiente procedimiento:

- Se inserta un destornillador en la ranura de conexión bus para retirar la tapa como se muestra en la Figura 18.
- Se alinean el conector bus con las clavijas del CPU.
- Para ser fijadas en el rail se debe asegurarse que el clip de fijación en enclavado y el inferior este afuera.
- Una vez montados se enclavan.

Figura 18. Montaje de módulo de comunicación PROFIBUS



Fuente: (Siemens AG, 2009)

Cableado de alimentación y protecciones.

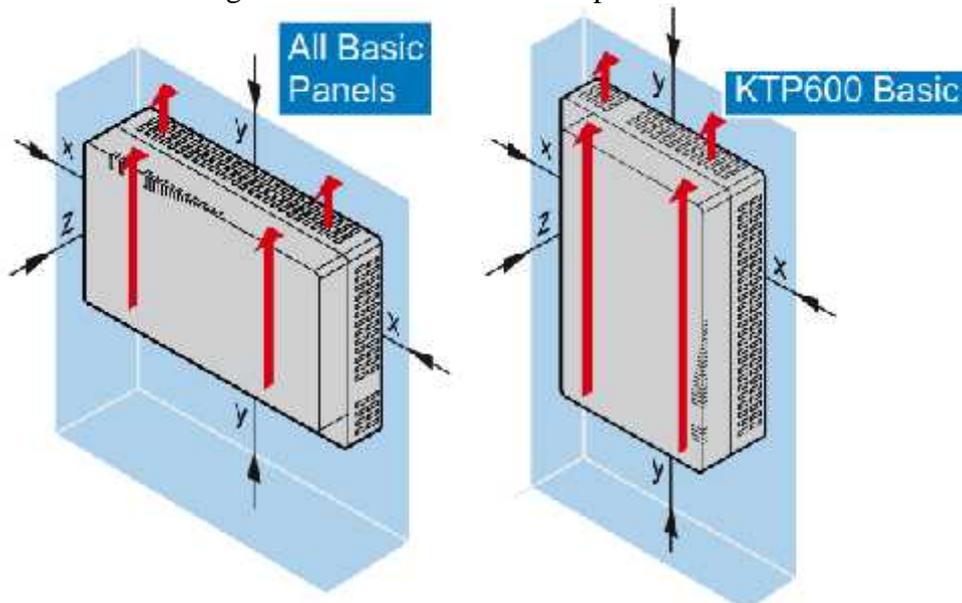
La colocación correcta de los equipos es muy importante para el correcto funcionamiento de ellos, antes realizar las conexiones se debe revisar que las redes no estén energizadas. Al realizar un circuito de alimentación para el automático se debe considerar la puesta de un interruptor que suspenda la alimentación de energía de entrada, se debe también tomar en cuenta dispositivos contra sobre intensidad como fusibles en los circuitos de salida se considera la conexión de fusibles

El automático contiene un aislamiento galvánico que es doble para la protección del mismo es aislamiento tiene un valor de 1500 VAC o una cantidad mayor. Para la alimentación de los elementos de comunicación se deben conectar a fuentes de alimentación que sean limitadas hasta 24 VDC.

Las elevadas tensiones pueden provocar choques eléctricos que pueden provocar la muerte del operario del equipo. Al realizar la puesta a tierra del CPU se debe tomar en cuenta que todos los elementos como masa del S7-1200 y sus conductores neutros deben ser colocados en una misma línea a tierra. Se deben utilizar cables apantallados para tener una protección contra interferencias.

3.2 Montaje de la pantalla táctil HMI KTP600.

Figura 19. Dimensiones de la pantalla HMI.

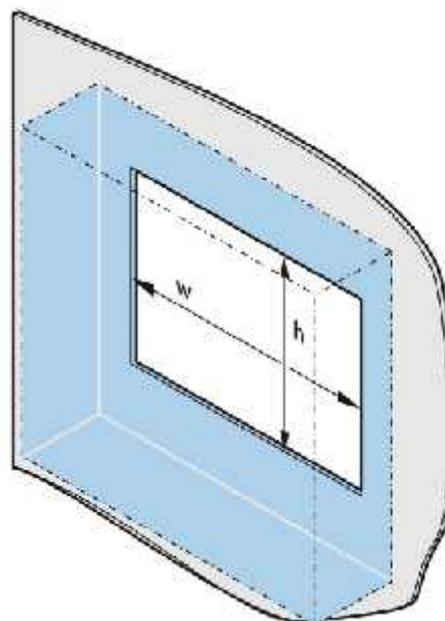


Fuente: (Siemens AG, 2009)

EL montaje de la Pantalla se puede realizar de manera vertical en el módulo de laboratorio, las dimensiones de la pantalla táctil se especifican en el Figura 19. Las dimensiones de la pantalla KTP600 Basic tiene las dimensiones en x de 15mm en y de 40mm y en z de 10mm, para el montaje de la pantalla en el panel del módulo de comunicación se debe tomar en cuenta que el ancho de la pantalla es de 197mm y el alto de 141mm.

Para colocar la pantalla en el módulo se debe tener en cuenta que se debe colocar el modulo sobre el orificio, para sujetar la pantalla se debe usar 6 mordazas como estima el fabricante.

Figura 20. Dimensiones de la pantalla HMI



KTP600 Basic 197 141

Fuente: (Siemens AG, 2009)

Para la instalación de la pantalla se la debe alimentar con 24 VDC por al usar corrientes mayores o menores pueden ocasionar el deterioro del equipo, se debe usar los bornes de conexión para la alimentación de corriente los cuales van usar cables con punteras metálicas.

Para la transferencia del programa se usa la unidad de comunicación integrada en el equipo como es la conexión PROFIBUS o PROFINET en el caso de nuestra pantalla es PROFINET.

Para la velocidad de transferencia el equipo trae la configuración PC/PPI (PC: Controlador Programable) (PPI: Interface Punto a Punto) la cual se configura con los interruptores DIL del cable (DIL: Fila Doble).

3.3 Cables para conexión PROFIBUS y PROFINET.

Al realizar la comunicación entre los dos equipos PLC S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RELAY, la pantalla HMI KTP600, los módulos MASTER-ESCLAVOS se utilizan cables especiales para la conexión PROFIBUS y PROFINET.

3.3.1 Cables para conexión PROFINET. La conexión entre el equipo de programación como es el CPU y el PLC se realiza a través del módulo de comunicación PROFINET CSM-1277 que en si es un switch el cual tiene 4 puertos los cuales se utiliza para la comunicación.

El cable PROFINET para conectarse con los módulos Ethernet utilizan conectores RJ-45 los cuales utilizan las normas de ponchado T568A y T568B la cual se describe a continuación en el Figura 21.

Para la selección de los cables usados para la conexión PROFINET tenemos dos variantes como es la versión de cables de 2 pares, la versión de cables de 3 pares y la versión híbrida para datos más energía, para el cableado en el módulo de comunicación se usa el cable de 3 pares el cual tiene para transportar datos de hasta 10Mb/s con un ancho de banda de 16MHz.

Figura 21. Conector RJ 45.



Fuente: (Torres, 2011)

3.3.2 Cables para conexión PROFIBUS. Se usa una red apantallada de cobre que usa un cable bifilar apantallado y trenzado, el puerto utilizado para la conexión es el RS485, es un elemento usado para comunicación a largas distancias de datos e información, tiene velocidades de transmisión de 9,6 kb/s hasta 12 Mb/s, en cual puede tener 32 estaciones por secciones hasta 127. La longitud máxima depende de la velocidad de transmisión.

Las características de la red de cobre son:

- Se usa para transmisión automática universal con un cable de calidad alta.
- Usa el método de transmisión RS458 para conectar las redes PROFIBUS con varias estaciones.
- Puesta a tierra simple, cable sin perturbaciones.

Figura 22. Conector PROFIBUS RS485.



Fuente: (Torres, 2011)

Figura 23. Cable de conexión PROFIBUS.



Fuente: (Torres, 2011).

Tabla 4. Velocidades de transmisión basadas en la longitud.

<i>Velocidad (Kb/s)</i>	9,6	19,2	93,75	187,5	500	1500	2000
<i>Distancia (m)</i>	1200	1200	1200	1000	400	200	100

Fuente: Autores.

3.4 Conexión de sensor inductivo.

Son sensores que tienen forma normalizada tres o cuatro conectores, el sensor que vamos a utilizar para nuestro modulo tiene tres cables de colores que salen de su estructura:

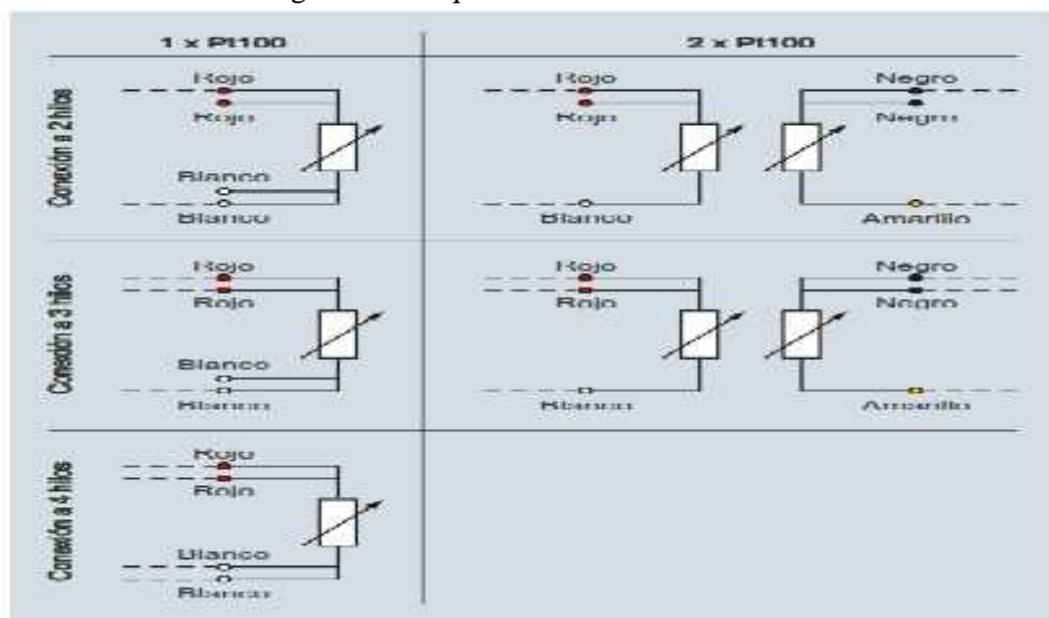
- Marrón: Tiene 24 VDC de alimentación positiva que funcionan en un rango de tensión.
- Azul: Es una alimentación negativa de que tiene como alimentación 0V.
- Negro: Cuando el sensor detecta metal genera en salida 24 VDC.

Para realizar la conexión del sensor con el PLC se realiza al conectar el positivo del sensor al positivo del autómata, el negativo del sensor al negativo del autómata y el cable negro que genera la señal se conecta a una de las entrada I del PLC.

3.5 Conexión de sensores de temperatura Siemens.

La unidad Termopar cumple con las características para realizar la conexión de 2, 3 y 4 hilos los cuales cumplen diferentes características. Se necesita el uso de convertidores para las señales censadas en la unión fría se maneja ya los convertidores integrados.

Figura 24. Esquema de conexión TS-500



Fuente: (Siemens AG, 2009)

3.6 Montaje de switch para red de comunicación profinet.

El módulo de comunicación switch CSM 1277 se lo monta de la misma forma que los equipos antes descritos como el PLC S7-1200 1214 AC/DC/RELEY y módulos de comunicación PROFIBUS, es decir sobre un riel DIN.

Se conecta a la alimentación de 24 VDC para ser energizado de ahí en cada puerto PROFINET hembra se conectan los cables machos para la comunicación entre PLCs, pantalla HMI y computador para programar.

3.1 Montaje de fuente de poder de 24v y elementos de protección.

La fuente de poder y elementos de protección como fusibles y breaker se montan sobre el perfil del riel DIN de la misma manera los demás elementos antes descritos.

Dentro de los elementos de protección usados dentro de la construcción del módulo tenemos al breaker que es usado en la línea positiva de la conexión de alimentación eléctrica del módulo y el fusible que es conectado en la línea negativa del mismo.

3.2 Módulo de pruebas de redes de comunicación industrial.

3.6.1 Pasos para la construcción del módulo.

- Se establecen los materiales a usar para el desarrollo del módulo usando elementos como el aluminio ya que cumplen las normas para equipos de laboratorios de Electroneumática y Control de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Se cortan las diferentes partes de aluminio para el armado de la estructura donde se van a montar los equipos para las redes industriales.
- Se utiliza riel DIN para realizar el montaje de los PLC, módulos MAESTRO-ESCLAVO, Switch de Ethernet, Fuente de poder, Breaker y Fusible.
- Para la ubicación de los cables se utilizan canaletas de 40 x 40 mm y de 25 x 25 mm, se las corta para que encaje en los lugares destinados para que estas lleven los

cables hasta los puntos donde se van ubicar lámpara, elementos de control, sensores, conexión PROFINET y conexión PROFIBUS.

- Se realizan los agujeros para la fijación de pantalla, elementos de control, lámparas y sensores donde se van usar brocas de $\frac{3}{4}$ de pulgadas para los orificios.
- Las protecciones destinadas para los equipos se estiman según el consumo de los equipos la cual se establece de 5 Amperios para fusible y 4 Amperios para breaker.
- La conexión de los diferentes elementos que se establecen anteriormente se realizan correctamente.

Figura 25. Módulo de pruebas de redes industriales terminado.

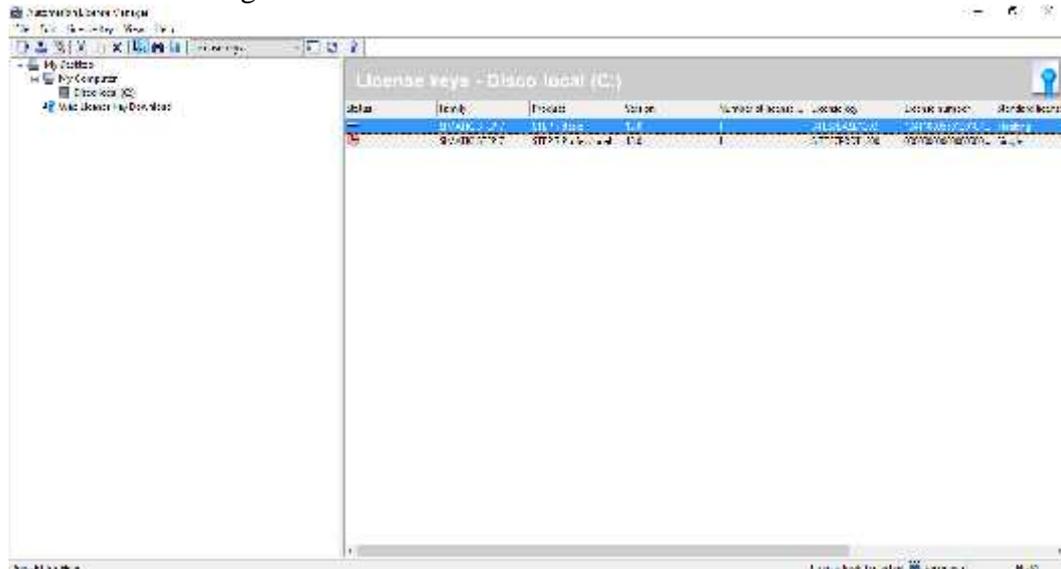


Fuente: Autores.

3.7 Programación y comunicación del módulo de prueba de redes.

3.7.1 Configuración de TIA PORTAL V13. Al utilizar el TIA PORTAL V13 se debe asignar una licencia para realizar la programación. se realiza la descarga del programa TIA PORTAL desde la web.

Figura 26. Gerente de automatización de licencia.

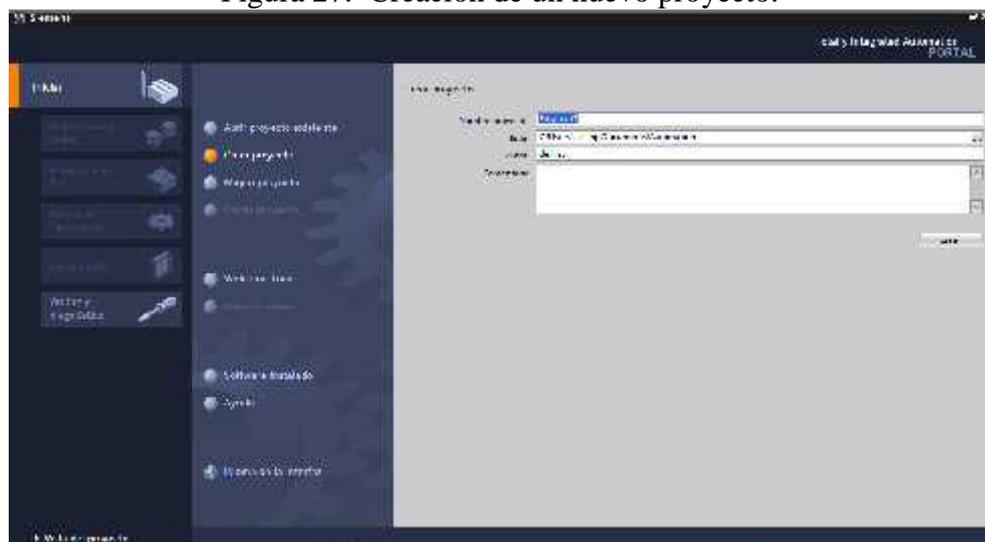


Fuentes: (Autores)

3.7.1.1 *Transferencia de licencia del TIA PORTAL.* Se realiza la transferencia de licencia desde la memory flash que contiene la misma al computador donde se va realizar la programación, esta licencia se transfiere al programa Automation License Manager o en español Gerente de Automatización de Licencia.

3.7.1.2 *Creación de un nuevo proyecto para la programación.*

Figura 27. Creación de un nuevo proyecto.

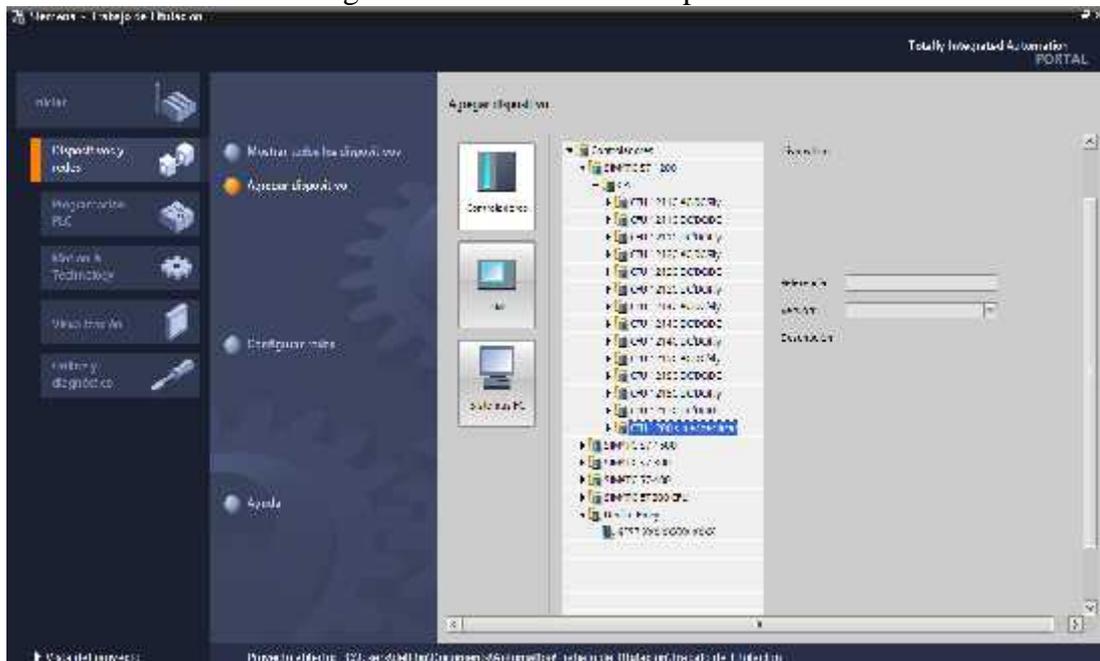


Fuentes: (Autores)

- Se abre el TIA PORTAL V13 para realizar la creación del nuevo:
- Se le asigna el nombre al nuevo proyecto de “Trabajo de Titulación”.

3.7.1.3 Agregar los equipos PLC S7 1200 con CPU 1214c AC/DC/RELAY.

Figura 28. Selección del dispositivo.

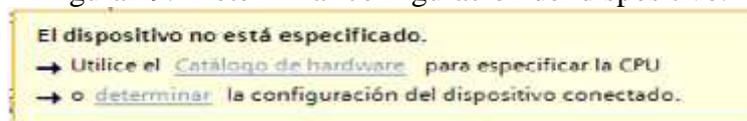


Fuentes: (Autores)

- Se agrega el nuevo dispositivo S7-1200 CPU 1214 AC/DC/RELAY desde la selección del CPU 1200 sin especificar donde se va a detectar el dispositivo automáticamente a través de la conexión PC–CPU el cual va ser el MAESTRO de la red como muestra la figura 3.18.
- Se repite el mismo procedimiento para agregar el otro PLC que va ser usado como ESCLAVO.

Este proceso se muestra en la Figura 27 en la Figura 28 se muestra la configuración a determinar de los dispositivos que se van utilizar en el proyecto, en el proyecto se muestra los diferentes módulos conectados al PLC como se muestra en la Figura 30, cuando termina se muestra una ventana donde se muestra los dispositivos conectados en los Figuras 30 y 31.

Figura 29. Determinar configuración del dispositivo.

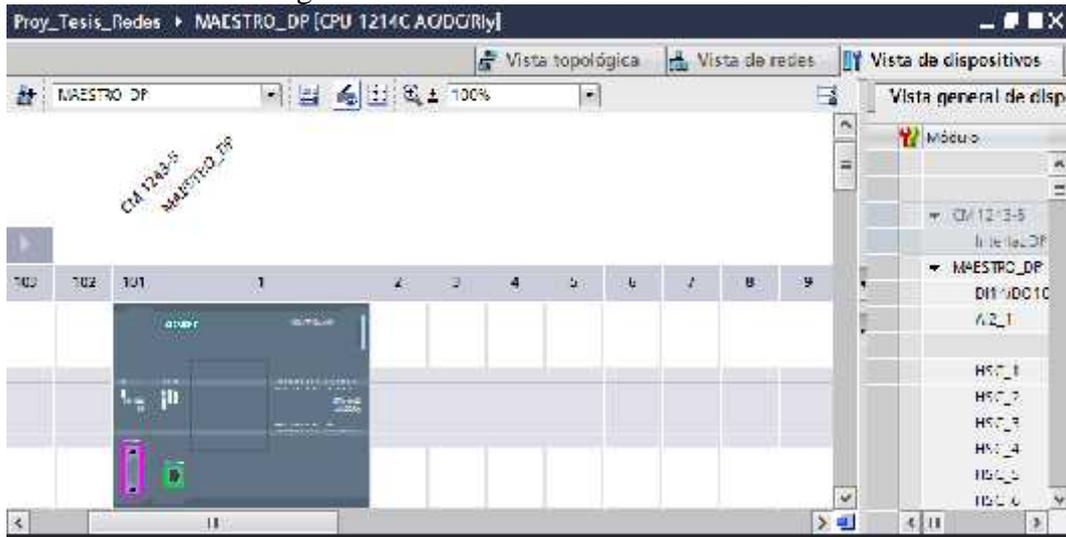


Fuentes: (Autores)

3.7.1.4 Insertar los módulos de comunicación MASTER-ESCLAVO.

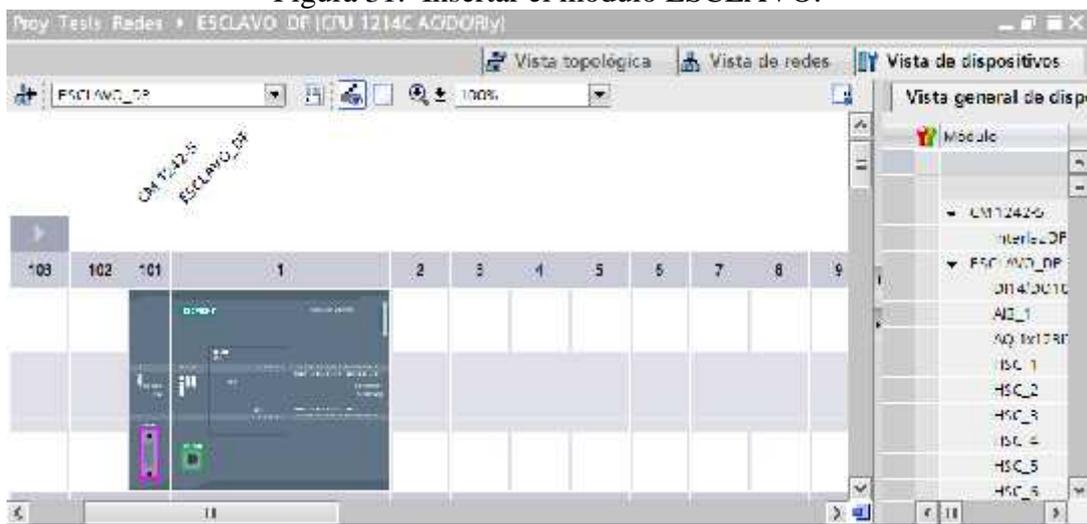
A través de la conexión física del PLC S7 1200 1214 AC/DC/RLEY al utilizar el programa se identifica que elemento está conectado al PLC que establecemos como MAESTRO como se muestra en el Figura 31. La conexión física del PLC S7 1200 1214 AC/DC/RLEY y el modulo maestro ayudan a esto ver Figura 31.

Figura 30. Insertar el módulo MAESTRO



Fuentes: (Autores)

Figura 31. Insertar el módulo ESCLAVO.

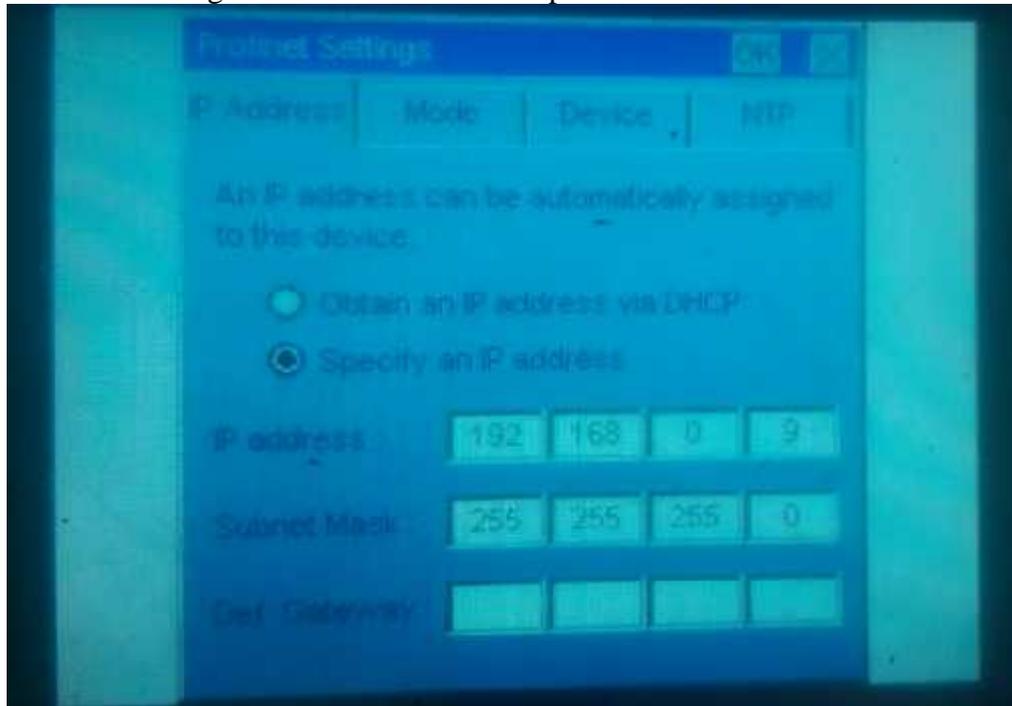


Fuentes: (Autores)

3.7.1.5 Insertar una pantalla HMI KTP600 Basic Panel PN. Se le asigna una dirección IP a la pantalla como se lo muestra en el Figura 32, este mismo IP será registrado a la hora de registrar el dispositivo en el proyecto ya creado, para agregar la pantalla nos

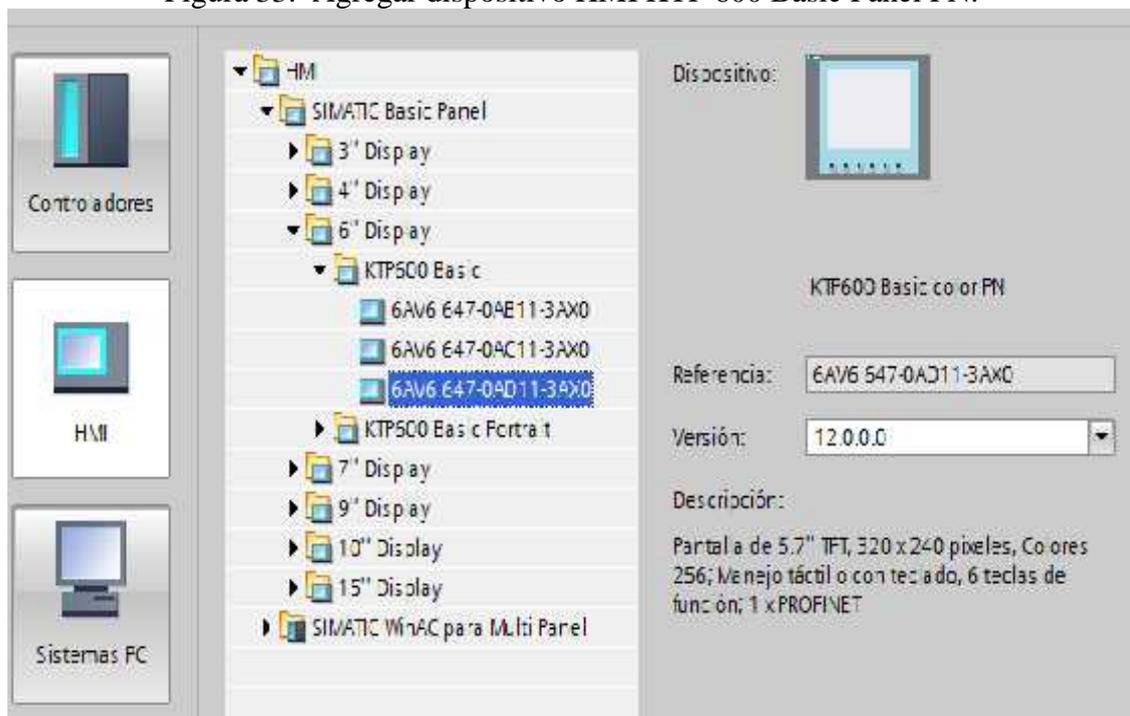
vamos a la función agregar dispositivo en donde seleccionamos la opción HMI en donde se despliega una lista de equipos y agregamos el equipo KTP 600 Basic Panel PN con la referencia 6AV6 647-0AD11-3AX0 como nos muestra la Figura 33.

Figura 32. IP Address de la pantalla HMI KTP600.



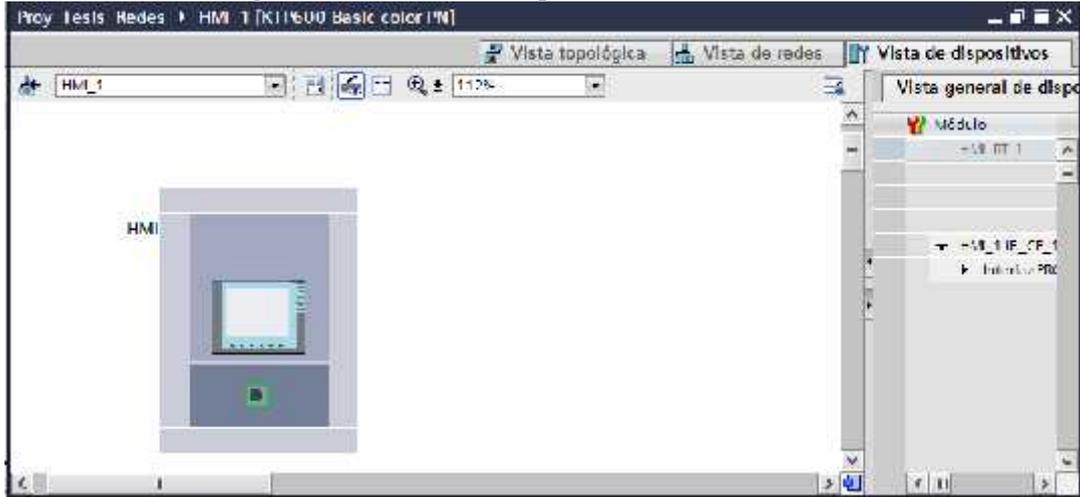
Fuentes: (Autores)

Figura 33. Agregar dispositivo HMI KTP 600 Basic Panel PN.



Fuentes: (Autores)

Figura 34. Inserción de pantalla Touch KTP 600.



Fuentes: (Autores)

En el Figura 34, queda registrada la pantalla ya dentro del TIA Portal V13 lista para ser programada para cumplir las funciones de muestra de resultados de mediciones térmicas como las inductivas del módulo de comunicaciones.

3.7.2 Programación de los equipos del módulo de comunicación. Para la programación de todos los equipos como son los equipos PLC MAESTROS–ESCLAVOS pantalla HMI y dispositivos conectados a módulo de pruebas de redes seguimos un procedimiento muy sencillo a continuación especificado:

3.7.2.1 Programación de funcionamiento de los PLC S7-1200 MAESTRO- ESCLAVO con el TIA PORTALV13. La programación de los módulos PLC S7 1200 1214c AC/DC/RELEAY MAESTRO-ESCLAVO dependerá del uso que se le va dar al banco de pruebas lo cual se establece en la programación para el uso del sensor inductivo y de temperatura donde cada uno de ellos serán visualizados en la pantalla HMI KTP600 del módulo de pruebas de redes industriales.

La programación de los equipos maestro y esclavo es algo muy sencillo de realizar ya que estas se realizan al deslizar desde el Módulo CM 1243-5 PROFIBUS DP-MAESTRO del PLC con ayuda del mouse de la computadora en la que se esté trabajando al Módulo CM 1242-5 PROFIBUS DP–ESCLAVO, esta acción se realiza en el modo vista de red del programa TIA Portal V13 esto se demuestro en la Figura 35, en la cual la red PROFIBUS se demuestra con su color característico que es el lila mientras que el color verde es para la red PROFINET.

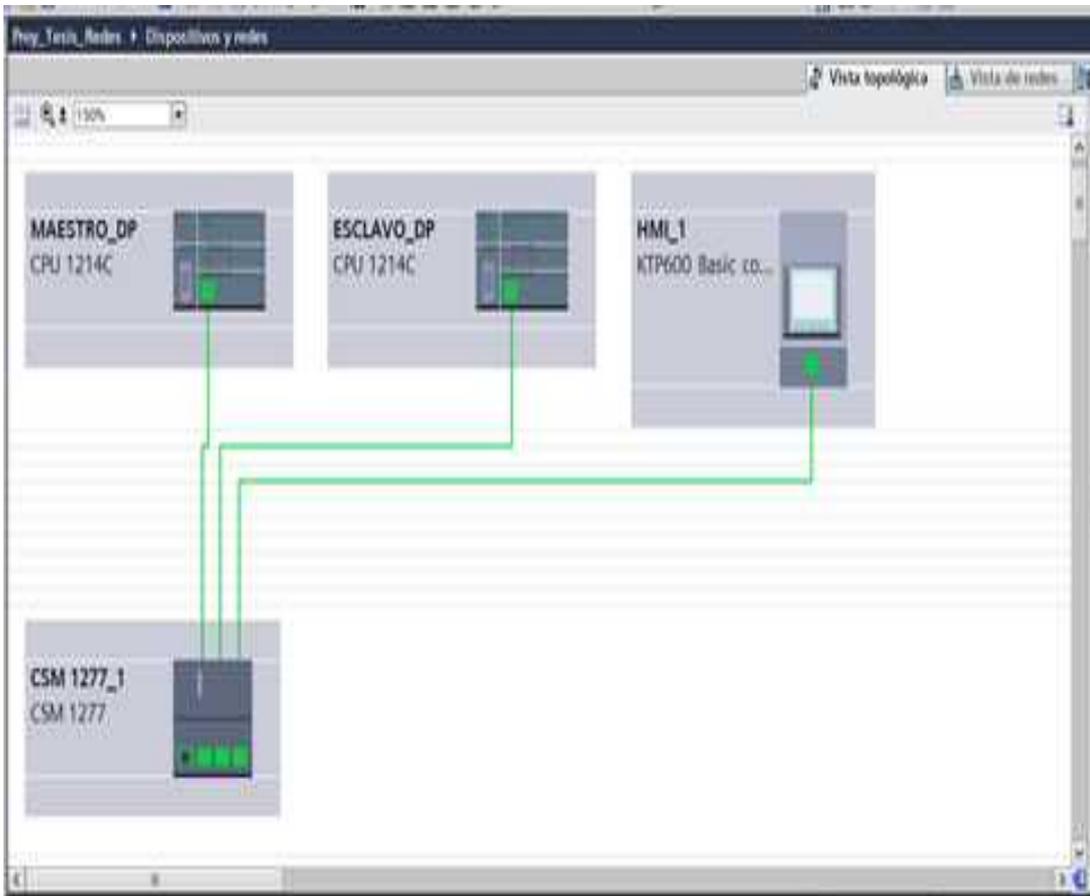
Figura 35. Conexión PROFIBUS de los módulos MAESTRO-ESCLAVO.



Fuentes: (Autores)

Para la conexión vía PROFINET de los equipos se realiza de la misma forma antes mencionada como lo demuestra la Figura 36, con la diferencia que todos los equipos como es el PLC MAESTRO, el PLC ESCLAVO y la pantalla Touch HMI se conectan con el Módulo Switch CSM 1277 de conexión profinet.

Figura 36. Conexión de los elementos de la red del módulo de pruebas de redes industriales.

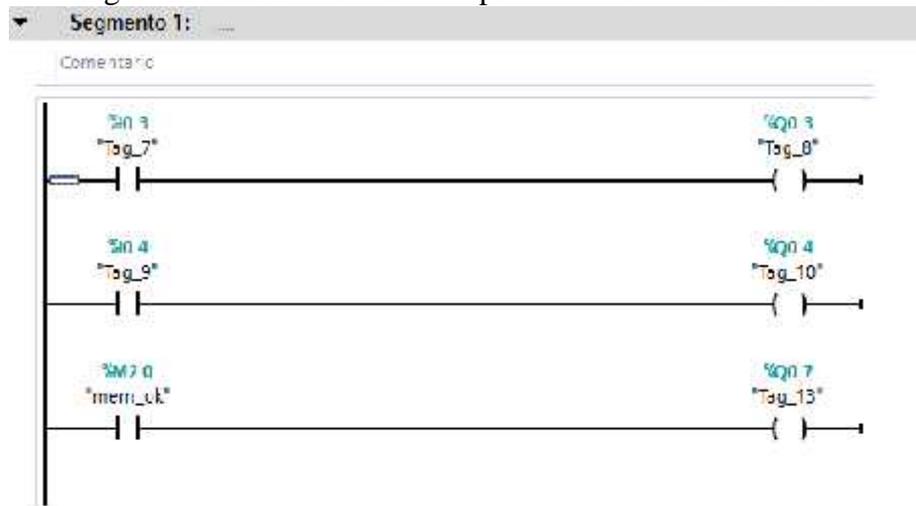


Fuentes: (Autores)

Las líneas verdes que conecta al módulo switcheo CSM 1277 con cada dispositivo como el MAESTRO-ESCLAVO y pantalla HMI es la que muestra la conexión PROFINET.

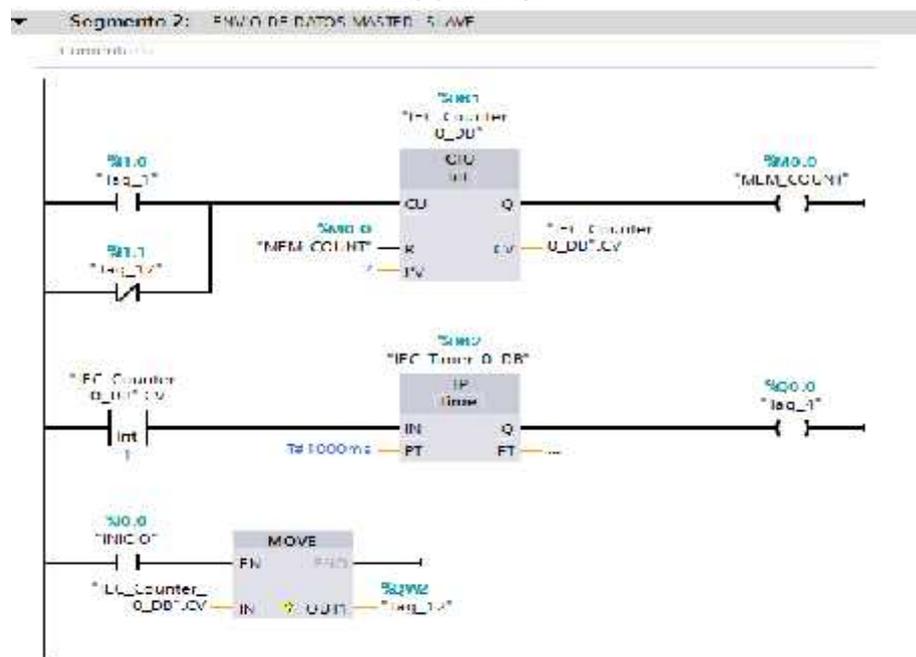
Para la programación de los equipos se realiza en a través de variables que se crean antes del inicio de la programación por bloques (las variables especifican en el Anexo G), a continuación de esto se realizan los bloques de programación para los sensores inductivos, de temperatura y la programación del variador de frecuencia G110 Siemens.

Figura 37. Inicio del banco de pruebas de redes industriales.



Fuentes: (Autores)

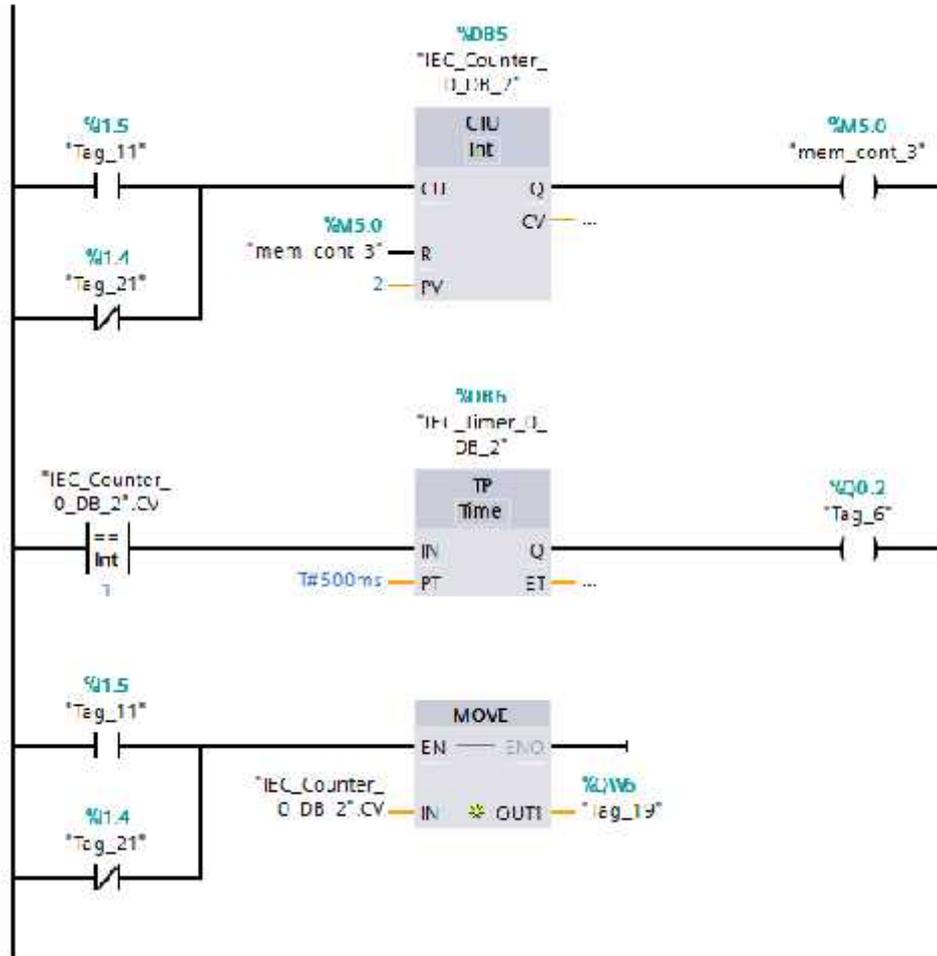
Figura 38. Bloques de programación de envío de datos y recepción MAESTRO-ESCLAVO.



Fuentes: (Autores)

Esta programación se realiza en el módulo MAESTRO PLC ya que al estar conectados automáticamente esta misma programación se refleja en el ESCLAVO PLC pero con la condición que en el ESCLAVO todas las entradas son I y todas las salidas son Q en el MAESTRO.

Figura 39. Programación del variador de frecuencia rampa de aceleración.

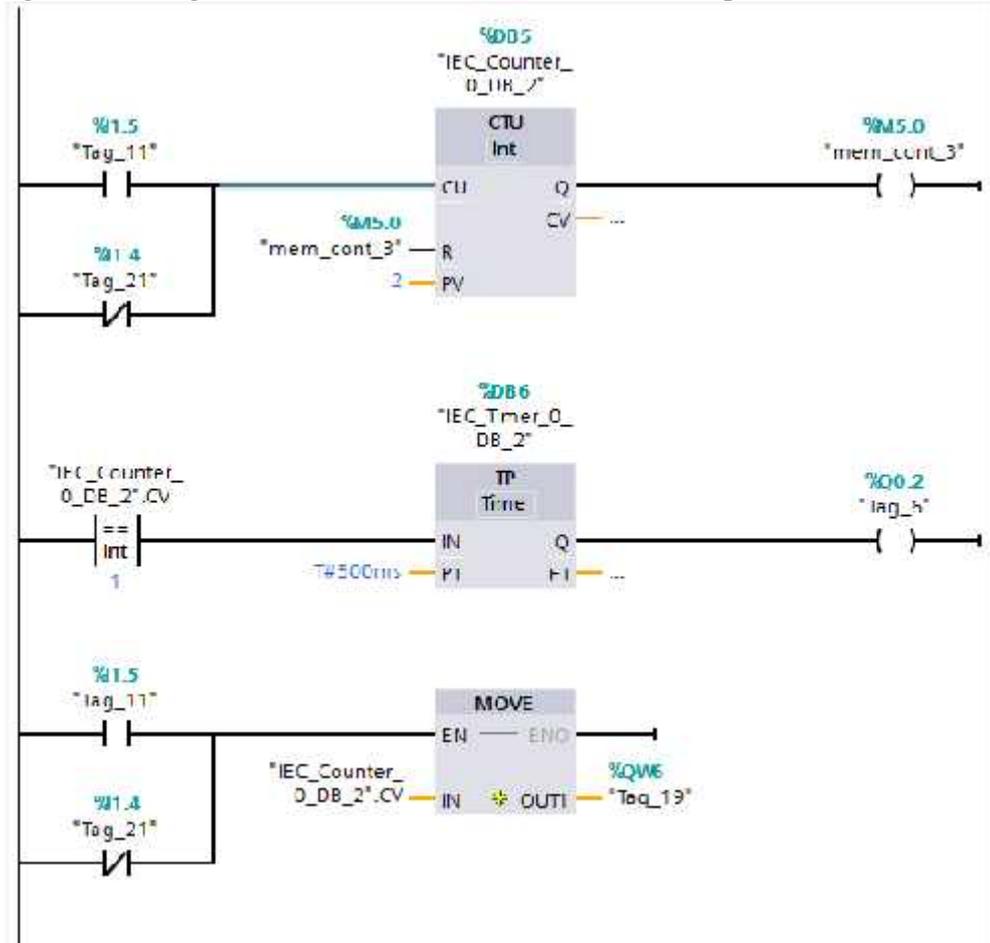


Fuentes: (Autores)

La programación del variador de Frecuencia G110 se realiza para que haga la inversión de giro de un motor trifásico a través de los simuladores de salida y a través de los pulsadores de Inicio y de Paro realicen sus respectivas maniobras de arranque y detención.

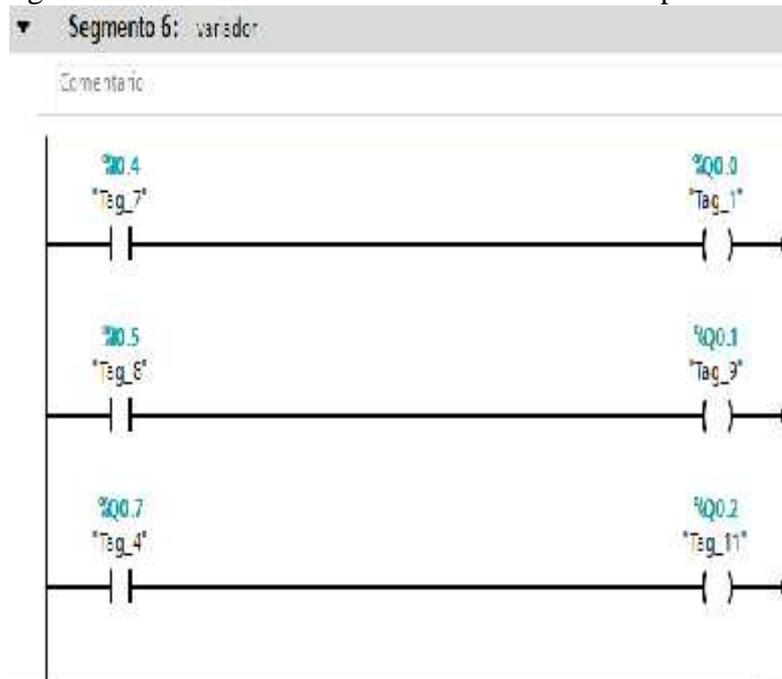
A demás se programa para que el variador de frecuencia a través de la conexión MAESTRO-ESCLAVO realice la variación de frecuencia de 0 a 99% a través de la pantalla HMI KTP 600. En la programación cuenta con rampas de aceleración y rampas de desaceleración las cuales ayudan al motor a no desarrollar velocidades bruscamente y a desacelerarse de bruscamente que puedan averiar el motor.

Figura 40. Programación del variador de frecuencia rampa de desaceleración.



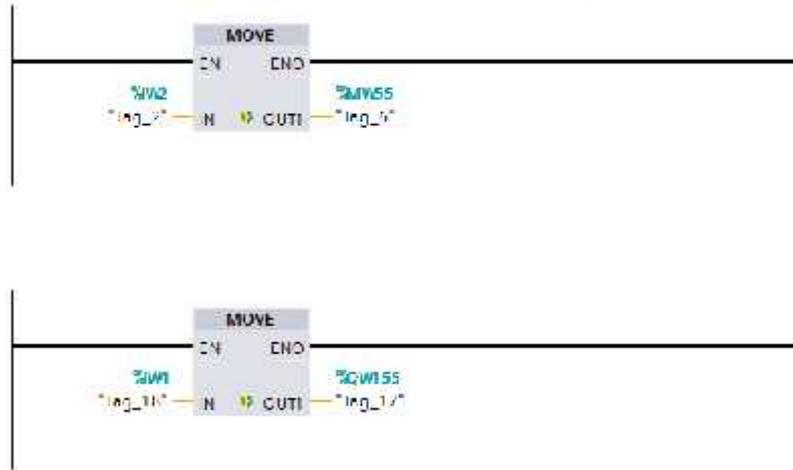
Fuentes: (Autores)

Figura 41. Programación del variador de frecuencia con las lámparas de indican estado.



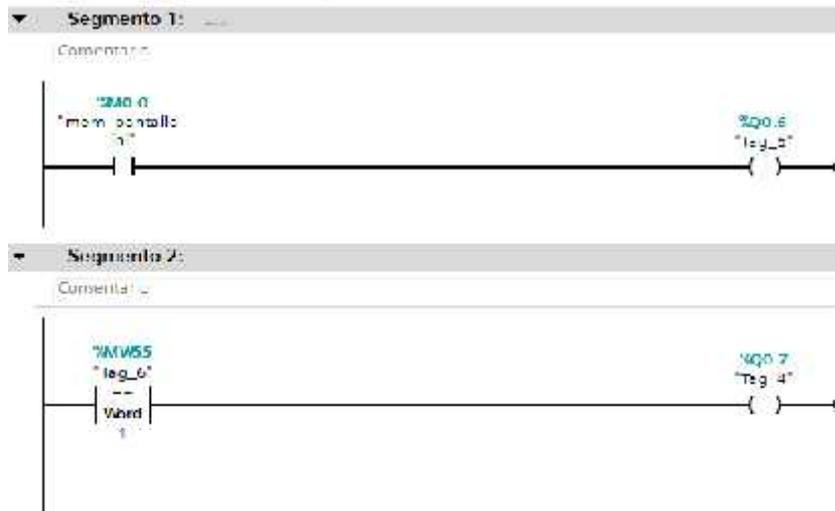
Fuentes: (Autores)

Figura 42. Programación de la termocupla PT 100.



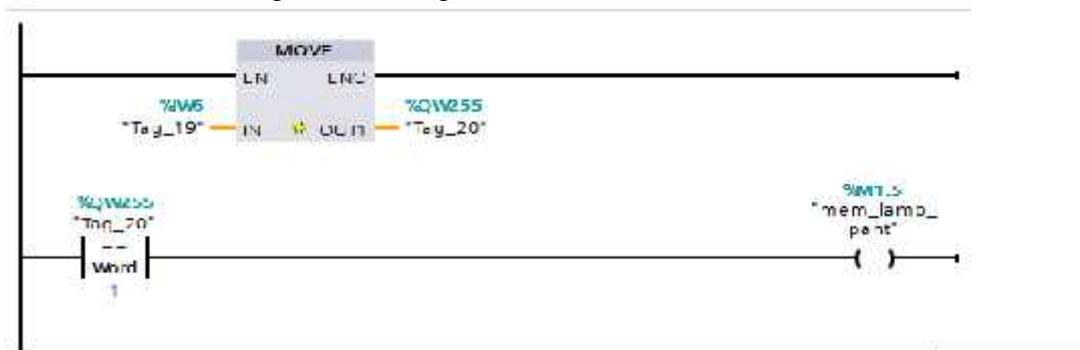
Fuentes: (Autores)

Figura 43. Programación del sensor inductivo.



Fuentes: (Autores)

Figura 44. Programación del sensor inductivo.



Fuentes: (Autores)

El sensor Inductivo se programa para al detectar una señal a través de un objeto metálico este encienda un lámpara en la pantalla y sea desactivado con el pulsador de paro.

3.7.2.2 Programación de la HMI KTP600 y conexión con los otros elementos del banco de pruebas de redes industria. La conexión de la pantalla y los otros elementos de la red se demuestra en la Figura 36 inicialmente la pantalla Touch está conectada al PLC S7 1200 número 1 o el PLC MAESTRO a través de la red PROFINET.

A demás en la pantalla se realizan las imágenes que van a visualizar los procesos de variación de velocidad del motor a través del variador de frecuencia, la imagen que muestra los datos arrojados por la termocupla, y la lámpara que enciende el sensor inductivo.

La imagen que va mostrar se realizó en Programa TIA PORTAL V13 donde se utilizó el logo de la escuela de Ingeniera de Mantenimiento y el logo de la Espoch, también se agregó un botón de inicio para comenzar por la programación de tareas y visualización de temperatura y presencia de objetos metálicos.

En la Figura 47 se muestra en panel de control principal el cual consta con botones los cuales al ser presionados muestran otras pantallas la cuales sirven para la programación de la velocidad del variador de frecuencia en porcentajes, los valores censados por la termocupla PT 100 y en la presencia de objetos metálicos cerca del sensor inductivo.

Figura 45. Pantalla de inicio del programa.



Fuentes: (Autores)

Figura 46. Pantalla de control de procesos.



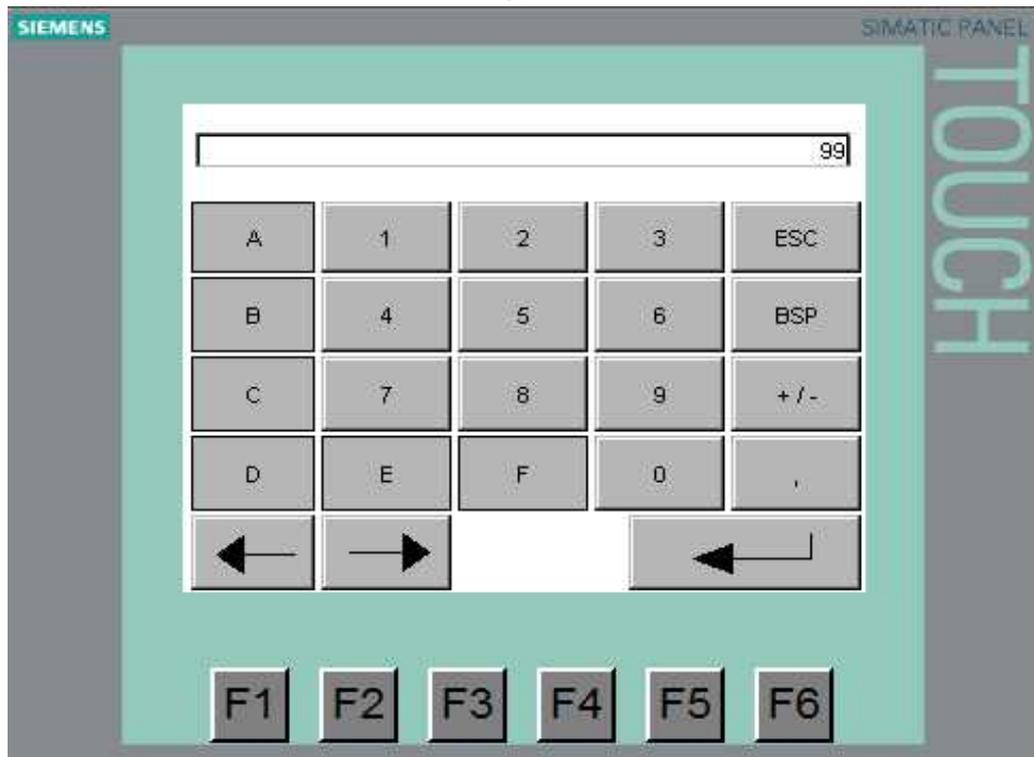
Fuentes: (Autores)

Figura 47. Pantalla para ingresar los valores de velocidad del variador de frecuencia en porcentajes.



Fuentes: (Autores)

Figura 48. Pantalla donde se ingresa los valores para variación de velocidad del motor 3F.



Fuentes: (Autores)

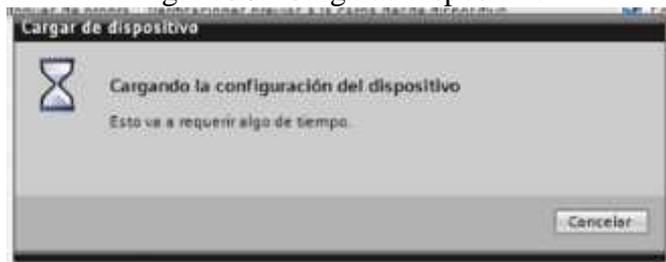
Figura 49. Pantalla de visualización de valores de la PT 100 termocupla.



Fuentes: (Autores)

3.7.2.3 Cargar Programas en los equipos. Ya una vez terminada toda la programación de los Módulos MAESTRO PLC S7 1200 y ESCLAVO PLC S7 1200, la pantalla táctil HMI KTP 600, variador de frecuencia, sensor de temperatura e inductivo lo que realizamos es dar clic en el botón **Cargar de dispositivo** y se realiza la carga automáticamente en los dispositivos al empezar la carga se despliega una pestaña en el programa TIA PORTAL V13 (Figura 49) para hacer la carga automática de los programas.

Figura 50. Carga de dispositivo



Fuentes: (Autores)

3.7.3 Realizar Pruebas y Calibración. Las pruebas se realizaron en el laboratorio de control y automatización donde se verifico el perfecto estado del sensor inductivo y de temperatura, además se realizó la programación del variador de frecuencia siguiendo los parámetros registrados en el Anexo F.

Para la calibración de la PT 100 ya que esta da los valores en voltios se estableció en cálculo a través de la ley de Ohm que dice:

$$V = I \times R$$

$$V = 330\Omega \times 0.004m$$

$$V = 1.32 v$$

A demás para la calibración de la PT 100 desde -50 °C a 400 °C .

CAPÍTULO IV

4. MANTENIMIENTO, SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS Y GUIA DE LABORATORIO.

4.1 Normas de Seguridad.

4.1.1 *Seguridad.* Son recomendaciones que se deben hacer, las cuales deben ser observadas y seguidas para evitar accidentes en el manejo del banco de pruebas de redes industriales dentro del laboratorio, el responsable de laboratorio debe asegurarse que el módulo sea usado por personas que estén familiarizadas con los equipos.

4.1.2 *Sistema de seguridad del Banco de pruebas de redes industriales.* El banco de pruebas de redes industriales está dotado de un pulsador de para de emergencia tipo hongo, el cual bloquea el sistema eléctrico de maniobra del banco de prueba, mediante el pulso elimina cualquier funcionamiento anómalo volviéndolo al funcionamiento inicial, el equipo no podrá volver a funcionar hasta que se desbloquee.

4.1.3 *Normas de seguridad y manejo.* Antes durante y después de la práctica el usuario se debe ubicar de manera correcta el banco de pruebas de redes para asegurar un correcto funcionamiento y seguridad del equipo. Se debe verificar los siguientes ítems:

- Los estudiantes deben hacer sus prácticas bajo la atenta mirada del docente.
- Hacer caso obligatorio las indicaciones que se encuentran en las guías de laboratorio.
- Verificar el estado del banco de pruebas en la pruebas de las redes PROFINET y PROFIBUS.
- Controlar los interruptores de paso de corriente y protecciones y el pulsador de emergencia se encuentren bloqueados.
- Revisar el estado de los fusibles de protección y verificar el estado del guardamotor.

- Verificar el estado de la fuente de poder para que entregue los 24 V para el buen funcionamiento de la estación.
- Verificar la alimentación de 110 V para los PLC y los 220 V para el variador de frecuencia y motor.
- No desconectar el banco de prueba de la alimentación de 220V y de 110V mientras no se haya puesto en posición off los breakers, guardamotor y fusible.
- Durante el desarrollo de las practicas verificar el funcionamiento en los simuladores, para cargar luego los en los PLC.
- Evitar ajustes de las terminales mientras este energizado el banco de pruebas.
- Antes y después de las prácticas realizar la limpieza del banco de pruebas.
- Para realizar labores de mantenimiento se debe quitar la alimentación del banco de pruebas.

4.2 Guía de Laboratorio.

Las Guías de laboratorio se especifican en el Anexo I en los cual se especifica el desarrollo de la práctica, los materiales a utilizar por los estudiantes la biografia usada para el desarrollo del marco teórico del informe de laboratorio.

4.3 Plan de Mantenimiento.

Para tener una efectiva gestión de activos se elabora un plan de mantenimiento en donde los equipos del banco de pruebas van contar con tareas precisas, oportunas, con frecuencias adecuadas para los equipos, los procedimientos a seguir para cada labor y sus respectivos recursos a usar para cada labor.

En la Tabla 5 se detalla las actividades de mantenimiento para los componentes del banco de pruebas Hay que recordar que los equipos van a tener un alto ritmo de uso ya que van a ser usado por dos escuelas de la facultad. Para las labores de mantenimiento de la estructura de aluminio en la Tabla 6 se la elabora de la misma manera que para el sistema

eléctrico actividades de mantenimiento a seguir.

Tabla 5. Actividades de mantenimiento en el sistema eléctrico.

Inspección del Sistema Eléctrico	
Procedimiento	Frecuencia (Semanales)
Revisar el correcto accionamiento del pulsador de emergencia.	2
Verificar si la alimentación de los PLC, módulos de comunicación y variador de frecuencia son correctos.	2
Revisarlos ajustes en las entradas y salidas de los PLC, módulos de comunicación, variador de frecuencia, lámparas, pulsadores, pantalla HMI, elementos de protección.	14
Verificar el correcto estado de los cables de conexión	5
Limpieza de los sensores	15
Verificar el correcto de funcionamiento de las lámparas	3
Verificar el estado del fusible	4
Equipos: Multímetros	
Herramientas: Maletín de Herramientas	
Materiales: Franela, Guaípe, Removedor	
Repuestos: Lámpara de 24V DC, Fusible de 5A	

Fuentes: (Autores)

Tabla 6. Actividades de mantenimiento para la estructura de aluminio.

Inspección del Módulo de Aluminio	
Procedimiento	Frecuencia (Semanas)
Revisión de la estructura de Aluminio	4
Limpieza de la estructura de aluminio	4
Detección de fallas en la estructura de aluminio	1
Ajustes de Tornillos y remachado	1
Herramientas: Maletín de Herramientas	
Materiales: Franela, Brocha, Destornillador	
Repuestos: Remaches, Tornillos	

Fuentes: (Autores)

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 Conclusiones.

Se diseñó e implementó el banco de pruebas de redes industriales con dispositivos Siemens los cuales brindan una gran garantía para la durabilidad de los equipos por el uso constante.

Se estableció la red de pruebas de redes industriales donde se establecieron las conexiones MAESTRO-ESCLAVO PROFIBUS DP con un conector extra para la conexión de otros dispositivos con configuración MAESTRO o ESCLAVO para desarrollo de diferentes prácticas, en el banco de pruebas existe una pantalla HMI KTP 600 que será la que muestre todos los procesos programados a través del TIA Portal V13 en las prácticas de laboratorio.

Se logró dotar al banco de pruebas de un variador de frecuencia para que los estudiantes pueden realizar prácticas de variar la frecuencia de un motor a través del uso de una pantalla táctil KTP 600 Basic Color PN y estableciendo un lazo de control PROFIBUS y PROFINET al mismo tiempo.

Se realizaron las pruebas de cada elemento del banco de pruebas satisfactoriamente arrojando resultados visuales reales de la medición del sensor de temperatura y la presencia de elementos metálicos cerca del sensor inductivo.

Se desarrolló un plan de mantenimiento para que los estudiantes pueden seguir paso a paso para conservación en perfecto estado de los equipos y la red PROFINET y PROFIBUS de los equipos.

5.2 Recomendaciones

El usuario debe tener conocimientos previos impartidos por el docente para el manejo de los equipos del banco de pruebas de redes industriales y el programa TIA Portal para la

programación de las diversas prácticas, éstos deben ser en Control Industrial, Electrónica Básica y Automatización.

Seguir paso a paso las guías de laboratorio para tener un adecuado aprendizaje en la manipulación de los equipos, también tener en cuenta las normas de seguridad para evitar tener Accidentes por electrocución.

Aplicar de manera correcta los planes de mantenimiento para que los estudiantes puedan mantener los equipos en manera óptimas los equipos.

BIBLIOGRAFÍA

CHAPRA S., CANALE R. 1987. *Métodos Numéricos para Ingenieros*. Naucalpan de Juárez; México : Libros McGraw-Hill de México S.A. de C.V., 1987. 968-451-847-1.

Divices, Hms Connecting. 2014. Hms Connecting Divices. *Hms Connecting Divices*. [En línea] 2014. [Citado el: 4 de Marzo de 2016.]
http://www.anybus.com/technologies/profibus_tech.shtml.

Electronic Components. 2015. Electronic Components. *Electronic Components*. [En línea] 2015. http://www.tme.eu/es/katalog/sensores-de-induccion-cilindricos-ac_112562/.

García Pamela . 2013. Noticias del Mercado. [En línea] 5 de Septiembre de 2013. [Citado el: 5 de Marzo de 2016.]
<https://franklinlinkmx.wordpress.com/2013/09/05/que-es-el-control-pid/>.

Hurtado José. 2011. Comunicaciones Industriales. *Comunicaion entre dos CPU´s S7-1200*. Linares- España : s.n., 2011.

Hurtado, José M. 2013. INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL. *INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL*. Linares, España : Electricidad-Electrónica I.E.S , Enero de 2013. Vol. 1, 1.

INACAP. 2014. Sensores de Temperatura . *Sensores de Temperatura* . [En línea] 2014. [Citado el: 6 de Marzo de 2016.] <http://snsosresdetemperatura.blogspot.com/>.

INC. UE SYSTEMS, ULTRAPROBE 15000. MANUAL DE INSTRUCCIONES. [En línea] [Citado el: 29 de JUNIO de 2015.] <http://www.uesystems.eu/wp-content/uploads/ES-Manual-UP15000.pdf>.

INDUSTRIAL, Automatización. 2010. Distribución de Aire Comprimido. *Neumatica, hidraulica, microcontroladores y autómatas*. [En línea] 2 de septiembre de 2010. [Citado

Montalvo José Luis, Mesías Morocho Wilian. 2011. Diseño e implementación de un sistema scada para control del proceso de un modulo didáctico de montaje festo utilizando PLCy una pantalla HMI, caso práctico: en el laboratorio de automatización de la fie. Riobamba : s.n., 10 de julio de 2011.

Nuovil. Telemetría industrial. [En línea]

PARKER. Catalogos. [En línea] [Citado el: 29 de junio de 2015.]
<http://www.parker.com/portal/site/PARKER/menuitem.223a4a3cce02eb6315731910237ad1ca/?vgnextoid=062eeea74775e210VgnVCM10000048021dacRCRD&vgnnextfmt=default>.

SiemenGlobalWebSite. 2015. Siemens. *Siemens*. [En línea] 2015.
<http://www.industry.siemens.com/topics/global/es/tia-portal/controller-sw-tia->

portal/simatic-step7-basic-tia-portal/requisitos-del-sistema/pages/default.aspx.

SIEMENS. 2016. 2016.

Siemens AG. 2009. *Temopar*. Nurnberg-Alemania : Postfach, 2009.

SIEMENS. 2011. SIMATIC NET PROFIBUS CM 1243-5. Nurnberg-Alemania : s.n., 2011.

SIEMENSGLOBALWEBSITE. 2015. SIEMENSGLOBALWEBSITE.

SIEMENSGLOBALWEBSITE. [En línea] 2 de Febrero de 2015. [Citado el: 5 de Marzo de 2016.] [https://support.industry.siemens.com/cs/document/106448872/descarga-del-simatic-step-7-\(tia-portal\)-v13-sp1-trial?dti=0&lc=es-ES](https://support.industry.siemens.com/cs/document/106448872/descarga-del-simatic-step-7-(tia-portal)-v13-sp1-trial?dti=0&lc=es-ES).

SMAR. 2016. smar. *smar*. [En línea] 2016.

Torres, José María Hurtado. 2011. Comunicaciones Industriales . *Comunicaciones Industriales* . Linares : s.n., 2011.

<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/21356/1/Proyecto%20Camp-Zhim.pdf>.

