



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

### **CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

#### **“IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA REMOTO PARA CONTROL Y MONITOREO DE PROCESOS UTILIZANDO UN PLC CON GATEWAY IIOT.”**

**Trabajo de titulación**

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**AUTORES:** GUEVARA HIDALGO DANNY JOEL.

TIBANQUIZA CHUNCHO SANTIAGO EFRAIN.

**DIRECTOR:** Ing. MARCO ANTONIO VITERI BARRERA.

Riobamba – Ecuador

2021

**© 2021, Danny Joel Guevara Hidalgo; Santiago Efraín Tibanquiza Chuncho.**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Danny Joel Guevara Hidalgo y Santiago Efraín Tibanquiza Chuncho, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 04 de noviembre 2021

**Danny Joel Guevara Hidalgo.**  
**180505518-1.**

**Santiago Efraín Tibanquiza Chuncho.**  
**180516247-4.**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRONICA Y AUTOMATIZACIÓN**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: Proyecto Técnico, **“IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA REMOTO PARA CONTROL Y MONITOREO DE PROCESOS UTILIZANDO UN PLC CON GATEWAY IIOT”**, realizado por los señores: **Danny Joel Guevara Hidalgo y Santiago Efraín Tibanquiza Chunchu**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Pablo Eduardo Lozada Yanez <b>DELEGADO DEL DECANO CIEYA</b>	_____	2021-11-04
Ing. Marco Antonio Viteri Barrera <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	_____	2021-11-04
Ing. Mayra Alejandra Pacheco Cunduri <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	_____	2021-11-04

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación tiene especial dedicatoria a mis padres Daniel y Mirian, por su paciencia, cariño y constante apoyo, para no desfallecer en las adversidades que se presentaron durante el desarrollo de mi formación académica profesional.

Danny.

Dedico el presente trabajo a todas las personas que me apoyaron y motivaron a seguir adelante y ser mejor cada día mis padres Leonardo y Marujita con su esfuerzo y trabajo me ayudaron a seguir adelante a mis hermanos Paulina, Martha, Jesús, Eduardo, María José y Gabriela por soportarme y ayudarme cuando lo necesitaba gracias a toda su ayuda en mi formación personal y académica.

Santiago

## AGRADECIMIENTO

Este trabajo es el resultado del esfuerzo de todas las personas que de una u otra manera aportaron en su realización. Por esto mi sincero agradecimiento está dirigido hacia el Ing. Marco Viteri, director del trabajo de titulación, Ing. Mayra Pacheco, miembro del tribunal y finalmente a mi compañero de tesis Santiago quienes con su ayuda nos brindaron información esencial para llevar a cabo la elaboración del trabajo de integración curricular.

A mi familia nuclear que a lo largo de mi vida ha motivado el desarrollo y finalización de mi formación profesional, creyendo en todo momento en mí, pese a los fracasos y desaciertos. A mis amigos gracias por su amistad y por multiplicar mis triunfos y dividir mis fracasos.

Y finalmente un enorme agradecimiento a la facultad de ingeniería electrónica y a todos sus maestros, a quien le debo gran parte de mis conocimientos, gracias por su paciencia y enseñanza.

Danny.

Agradezco a mis padres y hermanos por sus consejos y apoyo, a cada maestro que me ayudo a resolver las dudas que eh tenido y por ayudarme a madurar académicamente a mis amigos Andrés, Joel y Bryan por ayudarme desde el colegio, a todos los compañeros de la universidad que me brindaron su amistad y por último a mi compañero de tesis Danny por toda su entrega y compromiso en este trabajo.

Santiago

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

## CAPÍTULO I

<b>1</b>	<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>
<b>1.1</b>	<b>Educación virtual.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2</b>	<b>Automatización industrial.....</b>	<b>6</b>
<i>1.2.1</i>	<i>Estructura de un sistema automatizado.....</i>	<i>6</i>
<i>1.2.2</i>	<i>Jerarquía de un sistema de automatización.....</i>	<i>7</i>
<b>1.3</b>	<b>Internet de las Cosas.....</b>	<b>8</b>
<i>1.3.1</i>	<i>Internet Industrial de las Cosas (IIoT).....</i>	<i>8</i>
<i>1.3.2</i>	<i>Beneficios de la IIoT.....</i>	<i>8</i>
<i>1.3.3</i>	<i>Arquitectura IIoT.....</i>	<i>9</i>
<b>1.4</b>	<b>Industria 4.0.....</b>	<b>9</b>
<i>1.4.1</i>	<i>Beneficios de la industria 4.0.....</i>	<i>9</i>
<i>1.4.2</i>	<i>Componentes técnicos la industria 4.0.....</i>	<i>10</i>
<b>1.5</b>	<b>Controlador Lógico Programable – PLC.....</b>	<b>10</b>
<i>1.5.1</i>	<i>Lenguaje de programación que soporta el PLC.....</i>	<i>11</i>
<i>1.5.2</i>	<i>Programación de PLC's.....</i>	<i>11</i>
<i>1.5.3</i>	<i>Estructura general del PLC.....</i>	<i>11</i>
<i>1.5.3.1</i>	<i>Fuente de alimentación.....</i>	<i>11</i>
<i>1.5.3.2</i>	<i>Unidad central de procesamiento (CPU).....</i>	<i>12</i>
<i>1.5.3.3</i>	<i>Almacenamiento.....</i>	<i>12</i>
<i>1.5.3.4</i>	<i>Circuito de interfaz de entrada/salida.....</i>	<i>12</i>
<i>1.5.4</i>	<i>Tipos de PLC.....</i>	<i>13</i>
<i>1.5.4.1</i>	<i>PLC compactos.....</i>	<i>13</i>

<b>1.6</b>	<b>Tipos de señales utilizadas en los PLC</b> .....	13
<i>1.6.1</i>	<i>Señales binarias</i> .....	13
<i>1.6.2</i>	<i>Señales digitales</i> .....	13
<i>1.6.3</i>	<i>Señales analógicas</i> .....	14
<b>1.7</b>	<b>Redes de comunicación industrial</b> .....	14
<i>1.7.1</i>	<i>Modelo OSI</i> .....	14
<i>1.7.1.1</i>	<i>Modelo OSI para las Comunicaciones Industriales</i> .....	15
<i>1.7.2</i>	<i>Gateway IIoT</i> .....	15
<i>1.7.3</i>	<i>Ethernet Industrial</i> .....	15
<i>1.7.4</i>	<i>Profinet</i> .....	16
<i>1.7.5</i>	<i>ISO TCP</i> .....	16
<b>1.8</b>	<b>Sistemas SCADA</b> .....	16
<i>1.8.1</i>	<i>Funciones de un Sistema SCADA</i> .....	17
<b>1.9</b>	<b>Interfaz Hombre – Máquina (HMI)</b> .....	17
<i>1.9.1</i>	<i>Ventajas de un HMI</i> .....	17
<b>1.10</b>	<b>Cámara IP</b> .....	17

## CAPÍTULO II

<b>2</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	18
<b>2.1</b>	<b>Etapas de Planificación</b> .....	18
<i>2.1.1</i>	<i>Concepción del proceso</i> .....	19
<i>2.1.2</i>	<i>Especificación de requerimientos del proyecto</i> .....	20
<i>2.1.3</i>	<i>Especificaciones Técnicas</i> .....	20
<i>2.1.3.1</i>	<i>Ewon Flexy 205</i> .....	21
<i>2.1.3.2</i>	<i>PLC S7-1200</i> .....	22
<i>2.1.3.3</i>	<i>Cámara IP</i> .....	23
<i>2.1.3.4</i>	<i>Sensores magnéticos</i> .....	24
<i>2.1.3.5</i>	<i>Pistones neumáticos</i> .....	25
<i>2.1.3.6</i>	<i>Válvulas direccionales de caudal</i> .....	25
<i>2.1.3.7</i>	<i>Fuente conmutada de 24 voltios DC</i> .....	26
<i>2.1.3.8</i>	<i>Cable UTP ethernet</i> .....	27
<i>2.1.3.9</i>	<i>Botonera y botones pulsadores</i> .....	27
<i>2.1.3.10</i>	<i>Luces indicadoras</i> .....	28
<i>2.1.3.11</i>	<i>Sensor Pt100</i> .....	29
<i>2.1.3.12</i>	<i>Ventilador</i> .....	29



2.1.3.13	<i>Relé de estado sólido.</i>	30
2.1.3.14	<i>Foco incandescente.</i>	31
2.1.3.15	<i>HMI.</i>	31
<b>2.1.4</b>	<b><i>Planificación para el desarrollo de la Red.</i></b>	<b>32</b>
<b>2.2</b>	<b>Etapa de Diseño</b>	<b>33</b>
<b>2.2.1</b>	<b><i>Diseño de la Red</i></b>	<b>33</b>
<b>2.2.2</b>	<b><i>Diseño del HMI-SCADA</i></b>	<b>34</b>
2.2.2.1	<i>Arquitectura.</i>	34
2.2.2.2	<i>Distribución del HMI.</i>	34
2.2.2.3	<i>Uso del color</i>	35
2.2.2.4	<i>Comandos y Entradas de Datos</i>	35
<b>2.3</b>	<b>Configuración de la Red.</b>	<b>36</b>
<b>2.3.1</b>	<b><i>Esquema de conexión eléctrica</i></b>	<b>36</b>
2.3.1.1	<i>Esquema de conexión Subproceso Neumático.</i>	37
2.3.1.2	<i>Esquema de conexión Subproceso de Luces Indicadoras.</i>	38
2.3.1.3	<i>Esquema de conexión Subproceso Control Térmico.</i>	39
<b>2.3.2</b>	<b><i>Herramientas software de desarrollo</i></b>	<b>39</b>
2.3.2.1	<i>eBuddy</i>	39
2.3.2.2	<i>eCatcher.</i>	40
2.3.2.3	<i>TIA PORTAL.</i>	43
<b>2.3.3</b>	<b><i>Configuración del SCADA-HMI.</i></b>	<b>49</b>
2.3.3.1	<i>Desarrollo del HMI</i>	49
2.3.3.2	<i>Adquisición y transmisión de imagen en tiempo real.</i>	53
<b>2.4</b>	<b>Etapa de pruebas</b>	<b>54</b>

### **CAPITULO III**

<b>3</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>55</b>
<b>3.1</b>	<b>Implementación y acondicionamiento del módulo didáctico.</b>	<b>55</b>
3.1.1	<i>Ubicación de la adquisición de imagen.</i>	56
<b>3.2</b>	<b>Estabilidad de la Red.</b>	<b>57</b>
<b>3.3</b>	<b>Funcionamiento de la Red.</b>	<b>57</b>
<b>3.4</b>	<b>Consumo de corriente del proyecto de sistema</b>	<b>59</b>
<b>3.5</b>	<b>Evaluación del sensor PT-100.</b>	<b>60</b>
<b>3.6</b>	<b>Análisis de la cámara en tiempo real</b>	<b>61</b>
<b>3.7</b>	<b>Análisis de la puesta en servicio del acceso remoto.</b>	<b>62</b>

<b>3.8</b>	<b>Análisis de costos .....</b>	<b>63</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>65</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>66</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Hardware usado en el desarrollo del proyecto.....	20
<b>Tabla 2-2:</b> Características de la pasarela Flexy 205.....	22
<b>Tabla 3-2:</b> Características del PLC Siemens s7-1200.....	23
<b>Tabla 4-2:</b> Características de la cámara IP.....	24
<b>Tabla 5-2:</b> Características del sensor magnético.....	24
<b>Tabla 6-2:</b> Características del pistón neumático.....	25
<b>Tabla 7-2:</b> Características de las válvulas direccionales.....	26
<b>Tabla 8-2:</b> Características de la fuente de poder.....	26
<b>Tabla 9-2:</b> Características del cable UTP Ethernet.....	27
<b>Tabla 10-2:</b> Características de los botones pulsadores.....	28
<b>Tabla 11-2:</b> Características de las luces indicadoras.....	28
<b>Tabla 12-2:</b> Características del sensor Pt100.....	29
<b>Tabla 13-2:</b> Características del ventilador.....	30
<b>Tabla 14-2:</b> Características del relé de estado sólido.....	31
<b>Tabla 15-2:</b> Características del foco incandescente.....	31
<b>Tabla 16-2:</b> Características del computador portátil HP.....	32
<b>Tabla 17-2:</b> Colores de HMI.....	35
<b>Tabla 18-2:</b> Entrada de datos de HMI.....	35
<b>Tabla 19-2:</b> Conexión sensores-entrada.....	38
<b>Tabla 20-2:</b> Conexión movimiento de pistones-salida.....	38
<b>Tabla 21-2:</b> Conexión lampara-salida.....	39
<b>Tabla 22-2:</b> Conexión control térmico-salida.....	39
<b>Tabla 23-2:</b> Dirección IP de los dispositivos.....	43
<b>Tabla 24-2:</b> Variables PLC.....	43
<b>Tabla 25-2:</b> Elementos del HMI.....	50
<b>Tabla 1-3:</b> Conexión a la red VPN.....	57
<b>Tabla 2-3:</b> Ping de conexión entre el computador el Gateway IIOT.....	58
<b>Tabla 3-3:</b> Ping de conexión entre el computador el PLC remoto.....	58
<b>Tabla 4-3:</b> Valores de consumo de corriente del módulo didáctico.....	59
<b>Tabla 5-3:</b> Medición de temperatura.....	61
<b>Tabla 6-3:</b> Costo del módulo didáctico.....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b> Estructura de un Sistema de Automatización. ....	7
<b>Figura 2-1:</b> Evolución de la industria. ....	9
<b>Figura 3-1:</b> Estructura de un PLC. ....	13
<b>Figura 4-1:</b> Modelo OSI. ....	15
<b>Figura 1-2:</b> Esquema general de funcionamiento. ....	19
<b>Figura 2-2:</b> Pasarela Flexy-205. ....	21
<b>Figura 3-2:</b> PLC Siemens S7-1200. ....	22
<b>Figura 4-2:</b> Cámara IP. ....	23
<b>Figura 5-2:</b> Sensor magnético de proximidad. ....	24
<b>Figura 6-2:</b> Pistón neumático. ....	25
<b>Figura 7-2:</b> Válvula direccional de caudal. ....	25
<b>Figura 8-2:</b> Fuente de 24 V en DC. ....	26
<b>Figura 9-2:</b> Cable UTP ethernet. ....	27
<b>Figura 10-2:</b> Botoneras. ....	28
<b>Figura 11-2:</b> Luces indicadora. ....	28
<b>Figura 12-2:</b> Sensor PT-100 de 3 hilos. ....	29
<b>Figura 13-2:</b> Ventilador. ....	30
<b>Figura 14-2:</b> Relé de estado sólido. ....	30
<b>Figura 15-2:</b> Foco incandescente. ....	31
<b>Figura 16-2:</b> Laptop HP. ....	32
<b>Figura 17-2:</b> Topología del proyecto. ....	33
<b>Figura 18-2:</b> Diagrama de flujo del proyecto. ....	33
<b>Figura 19-2:</b> Distribución del HMI. ....	34
<b>Figura 20-2:</b> Conexión de la red. ....	36
<b>Figura 21-2:</b> Topología de conexión del PLC. ....	37
<b>Figura 22-2:</b> Entorno software eBuddy. ....	40
<b>Figura 23-2:</b> Entorno EWON FLEXY. ....	40
<b>Figura 24-2:</b> Ingreso a eCatcher. ....	41
<b>Figura 25-2:</b> Entorno de eCatcher. ....	42
<b>Figura 26-2:</b> Entorno de eCatcher. ....	42
<b>Figura 27-2:</b> Entorno de eCatcher. ....	42
<b>Figura 28-2:</b> Graficet secuencia pistones. ....	45
<b>Figura 29-2:</b> Programación extensión de pistones. ....	45

<b>Figura 30-2:</b> Programación contracción de pistones.....	46
<b>Figura 31-2:</b> Contactos de salida pistones. ....	46
<b>Figura 32-2:</b> Grafcet secuencia de lámparas. ....	47
<b>Figura 33-2:</b> Programación contracción de pistones.....	47
<b>Figura 34-2:</b> Programación contracción de pistones.....	48
<b>Figura 35- 2:</b> Obtención de temperatura. ....	48
<b>Figura 36-2:</b> Bloque PID. ....	49
<b>Figura 37-2:</b> Entorno de programación de View ON.....	50
<b>Figura 38-2:</b> Portada. ....	51
<b>Figura 39-2:</b> Menú principal. ....	51
<b>Figura 40-2:</b> Pistones neumáticos de HMI. ....	52
<b>Figura 41-2:</b> Semáforo de HMI. ....	52
<b>Figura 42-2:</b> Control térmico de HMI.....	53
<b>Figura 43-2:</b> Configuración de la red.....	54
<b>Figura 1-3:</b> Módulo didáctico antes y después. ....	56
<b>Figura 2-3:</b> Ubicación cámara IP. ....	56
<b>Figura 3-3:</b> Test ping Computador-Router. ....	57
<b>Figura 4-3:</b> Test ping Computador-PLC.....	58
<b>Figura 5-3:</b> Medición realizada del ventilador.....	59
<b>Figura 6-3:</b> Medición de temperatura. ....	61
<b>Figura 7-3:</b> Imágenes en tiempo real. ....	62
<b>Figura 8-3:</b> Capturas de paquetes de datos de programa al PLC .....	62
<b>Figura 9-3:</b> Análisis de los bytes del programa en el tiempo.....	63

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>PLC</b>	Controlador Lógico Programable
<b>IIoT</b>	Internet Industrial de las Cosas
<b>SB</b>	Signal Board
<b>RTD</b>	Detector de Temperatura Resistivo
<b>VCC</b>	Voltaje en Corriente Continua
<b>VCA</b>	Voltaje en Corriente Alterna
<b>PID</b>	Proporcional Integral Derivativo
<b>HMI</b>	Interfaz Humano-Maquina
<b>HTML</b>	Hypertext Markup Language
<b>IP</b>	Internet Protocol
<b>VPN</b>	Virtual Private Network
<b>ms</b>	Milisegundos
<b>SCADA</b>	Supervisión, Control y Adquisición de Datos
<b>M2M</b>	Maquina a Maquina
<b>IOT</b>	Internet de las Cosas

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** PASTA

**ANEXO B:** PORTADA

**ANEXO C:** Hoja de datos Gateway Flexy -205

**ANEXO D:** Hoja de datos PLC-SIEMENS S7-1200

**ANEXO E:** Hoja de datos pinza Amperimétrica Fluke-325

## RESUMEN

El presente proyecto técnico tuvo como objetivo la implementación de un sistema remoto para control y monitoreo de procesos utilizando un Controlador Lógico Programable (PLC) con Gateway IoT Industrial (IIoT). El sistema consta de 3 subprocesos, uno de tipo neumático compuesto por PLC que procesa señales, sensores magnéticos y activan las bobinas dentro de las válvulas, dando el movimiento de los pistones. Un control de luces indicadoras que se encienden dependiendo de la programación. Un control térmico utilizando un módulo SB 1231 RTD para la lectura del sensor de temperatura PT 100, que indica el valor de la temperatura y, mediante la acción de un foco incandescente y un ventilador, en donde mediante estos actuadores se intenta alcanzar la consigna establecida por programación, mediante un controlador Proporcional Integral Derivativo (PID). El sistema de comunicación implementado con un Gateway IIoT marca EWON-FLEXY que es el enlace a internet mediante conexión de una red virtual privada (VPN) a través del programa eCatcher así se podrá controlar la subida y cambio de programas al PLC, además actúa como servidor para la interfaz hombre máquina (HMI) programado en lenguaje HTML, mediante el software VIEWON. Para ver en tiempo real se configuró una cámara IP. Como resultados de las pruebas se determinó que la conexión de datos fue exitosa de todas las pruebas realizadas concluyendo que el sistema tenga una estabilidad del 100% solo dependiendo únicamente de la conexión a internet tanto en el laboratorio como en el lugar remoto de pruebas. La velocidad que le tomó al sistema en establecer la conexión desde un lugar remoto es menor a 345 ms, se concluye que el sistema tiene un tiempo de latencia de comunicación del ordenador al PLC aceptable. Se recomienda instalar un sistema de respaldo de energía para el constante funcionamiento del módulo didáctico.

**Palabras clave:** <TECNOLOGÍA DEL CONTROL AUTOMÁTICO>, <PROCESOS INDUSTRIALES>, <INTERNET DE LAS COSAS INDUSTRIAL (IIOT)>, <PUERTA DE ELACE IIOT>, <PROCESO NEUMÁTICO>, <CONTROL TÉRMICO>, <LATENCIA>.



Firmado electrónicamente por:  
ELIZABETH  
FERNANDA AREVALO  
MEDINA



1352-DBRAI-UPT-2021



## ABSTRACT

The aim of this technical research project was to implement a remote system for process control and monitoring using a Programmable Logic Controller (PLC) with Industrial IoT Gateway (IIoT). The system consists of 3 sub-processes: the first is pneumatic and composed of a PLC that processes signals, magnetic sensors and activates the coils inside the valves, moving the pistons; the second is a control for indicator lights, which come on depending on the programming and the third is a thermal control using an SB 1231 RTD module to read the PT 100 temperature sensor, which indicates the temperature value and mediates an incandescent bulb and a fan, whereby these actuators work to reach the programmed set point, by means of a Proportional-Integral-Derivative (PID) controller. The communication system was implemented with an EWON-FLEX brand IIoT Gateway. This links to the internet through a virtual private network (VPN) connection through the eCatcher program to control the upload and change of programs to the PLC; it also acts as a server for the human-machine interface (HMI) programmed in HTML language, using VIEWON software. An IP camera was configured for real-time vision. The test results determined that the data connection was successful in all the tests performed. It was concluded that the system has 100% stability, depending only on the internet connection both in the laboratory and the remote test site. The speed it took for the system to establish a connection from a remote location was less than 345 ms. It was thus concluded that the system has an acceptable communication latency time from the computer to the PLC. It is recommended that a backup power system be installed for the constant operation of the didactic module.

**Keywords:** <AUTOMATIC CONTROL TECHNOLOGY>, <INDUSTRIAL PROCESSES>, <INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS (IIOT)>, <IIOT GATEWAY>, <PNEUMATIC PROCESS>, <THERMAL CONTROL>, <LATENCY>.



## INTRODUCCIÓN

El trabajo que se presenta es la conexión, configuración y programación de un PLC de forma remota es decir de lugares totalmente diferente por medio de internet puede ser desde cualquier lugar del mundo. El proceso que se va a controlar es una estación de trabajo de aprendizaje del laboratorio de automatización industrial de la FIE-ESPOCH, en donde constan varios procesos formativos a fines al área de automatización industrial, como por ejemplo : el funcionamiento de válvulas neumáticas y pistones neumáticos, control térmico: con procesos de censado de temperatura y actuadores que generen tanto calor como ventilación para mantener una consigna constante además se presenta también el funcionamiento de temporizadores mediante un semáforo. Todos estos procesos también son monitoreados a través de un HMI-SCADA disponible en la red.

El interés de realizar la implementación de este tipo red es garantizar y optimizar la conexión entre los módulos de trabajo didáctico y el sistema HMI-SCADA, facilitando el acceso remoto al sistema, obteniendo datos inmediatamente del proceso que se está llevando a cabo. De esta forma contribuir a la formación técnica-académica de los estudiantes.

Para el desarrollo se utilizó varios métodos y técnicas de investigación: **Revisión Documental** para recopilar y analizar información acerca de redes de comunicación industrial IIoT y las bases de la industria 4.0. **Sistematización** en base a la información analizada se pudo diseñar la red de comunicación industrial, **metodología de la norma ANSI/ISA-101.01-2015** para el diseño de HMI-SCADA. **Experimentación**, para verificar la operación correcta de la red y la interfaz gráfica y el sistema de control y monitoreo. **Análisis y Síntesis** para valorar los datos obtenidos, para finalmente determinar las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

El contenido de trabajo de titulación está estructurado de la forma detallada a continuación:

En el capítulo I: Marco Teórico, recolección de información relacionada a la industria 4.0 y la estrecha relación con la IIoT, redes de comunicación industrial, y breve reseña de los programas que se usaron en el diseño del HMI y el sistema SCADA.

En el capítulo II: Marco Metodológico, basada en la información consultada en la sección anterior se planifica, diseña y configura la red de comunicación industrial, también se presenta el *hardware* y *software* necesario para el proyecto.

En el capítulo III: Pruebas y Resultados, se analiza el funcionamiento de: la red implementada, el sistema de monitoreo.

## **ANTECEDENTES**

La llegada del internet ha hecho que compartir y acceder a los datos remotamente sea algo diario y fácil de usar, además permite realizar trabajos con grandes flujos de datos de forma fácil y cómoda. Además, soporta el almacenamiento de datos con flexibilidad. La definición emergente de "Industria 4.0" es un término general para un nuevo paradigma industrial que abarca un conjunto de nuevos desarrollos industriales, incluyendo los sistemas ciber-físicos (CPS), el Internet de las cosas (IO), la Internet de los servicios (IO), la robótica, la "Big data" y la realidad aumentada (VR).

La industria de la automatización es un área que utiliza ambas tecnologías. El hecho de tener los dispositivos finales conectados y en red les permite enviar y recibir la información de cada uno. Esto representa que los dispositivos pueden demandar la información cuando la necesitan en lugar de esperar una respuesta preprogramada. Esto simplifica la programación de trabajos, así como la escalabilidad del sistema. Tener una nube que supervise todo el flujo de datos es útil para la detección de fallas y el monitoreo de mantenimiento. El internet también puede ser usado como una forma de almacenar una gran cantidad de datos. Además, las nubes pueden utilizarse a un nivel más alto entre múltiples plantas para mejorar la eficiencia y la colaboración entre ellas en diferentes sitios.

Claro es el caso de un incremento en las cifras estadísticas con respecto al uso de estas tecnologías de comunicación, principalmente en las empresas e industrias grandes. Según Fernández (2020) desde el 2013 a 2017, países de primer mundo como son Estados Unidos y países europeos registran un incremento del 12% al 29% de negocios que emprenden con esta nueva tecnología. Por otra parte, de acuerdo con el informe de porcentaje mundial de plataformas de IoT (2020), el campo de la fabricación y producción industrial se encuentra con el 50% del total de plataformas conectadas a esta tecnología, siendo este el campo que más abarca dispositivos conectados a una red. Por otra parte, el uso de energía, movilidad y ciudades inteligentes tienen un 30% de dispositivos conectados a la IoT (Stackpole, 2020).

Ahora bien, en Ecuador el término de Industria 4.0 está emergiendo de manera lenta, son pocas las empresas que realizan este tipo de sistemas completamente automatizados, debido a que la mayoría de los procesos industriales son de carácter manual o semi automáticos, es decir, requieren de la mano del hombre (Ynzunza & Iza, El entorno de la industrial 4.0: Implicaciones y perspectivas futuras, 2017). Sin embargo, esto afecta la calidad del proceso y la seguridad de

los operarios, pues se requiere la presencia de estos en el proceso productivo. Un estudio del Banco Mundial (2017), menciona que el 49% de los puestos de trabajo de Ecuador son susceptibles a ser reemplazados por la automatización, sin embargo, no se considera las fechas o periodo en el que el mismo ocurrirá (Ramos, 2018).

De tal manera, que resulta necesario el aprendizaje enfocado a la industria 4.0 y el internet de las cosas para el aumento de la productividad y desarrollo del país. Esta misión cae sobre los nuevos profesionales que se encuentran en una etapa de instrucción por parte de las universidades y centros de formación del país. Ahora bien, la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo es una institución de educación superior líder en la gestión del conocimiento y tecnología en el país. La misma cuenta con laboratorios especializados.

Como es el caso de laboratorio de automatización de la Facultad de Informática y Electrónica en donde se encuentra una variedad de procesos educativos de carácter industrial con el fin de motivar el aprendizaje de los estudiantes mediante el manejo de sensores, actuadores y programación de PLC. Sin embargo, el aprendizaje no se encuentra enfocado en sistemas de monitorización y control remoto enfocado a las nuevas tecnologías de la industria 4.0. Es por esta razón, que es necesario que los estudiantes mantengan una formación en el ámbito de redes y comunicaciones industriales en conjunto con el uso de PLC's para realizar varias prácticas de laboratorio enfocadas al monitoreo y control con mira al uso del Internet Industrial de las Cosas.

## **JUSTIFICACIÓN**

### **Justificación teórica**

La automatización cumple funciones primordiales dentro de la industria moderna permite usar sistemas de control basados en computadoras, robots y tecnología de la información interconectadas para manejar diferentes procesos y maquinaria en la industria para alta eficiencia sin aplicar la mano de obra.

Debido al giro que se viene dando en el mundo industrial con la constante aparición de maneras y métodos automatizados más sofisticados con el fin de mejorar la calidad de productos independientemente a la industria que pertenezca.

La implementación de principios básicos de automatización y su supervisión de forma remota obliga a las empresas industriales a que sus procesos productivos cumplan con ciertos principios como la interconexión de las operaciones, la Asistencia Técnica, la Descentralización del mando

productivo, y la transparencia de la información fundamentales para que la comunicación industrial de los procesos marque un manejo sofisticado de productos.

Debido a que las empresas medianas y pequeñas, no cuentan con la facilidad para implementar el cambio tecnológico que supone la automatización, se ha realizado el estudio que supone una versión simplificada de la misma, la cual sea asequible y adaptable a las empresas.

### **Justificación aplicativa**

Nuestra implementación se justifica porque los recursos son accesibles para las pequeñas y medias empresas ya que por medio de un control remoto se puede supervisar los procesos desde un lugar lejano si tener que estar presente en la fábrica ahorrando tiempo y además estar en un ambiente seguro que por temas mundiales de salud es riesgoso que salgamos de nuestros hogares por lo que aplicar este tema de estudio es muy factible y necesitado en la actualidad. Además, el estudio contribuirá con información técnica-práctica para los nuevos emprendedores que busquen una producción avanzada volviendo así cada vez la matriz productiva sofisticada dejando la producción tradicional y poco competitiva.

Los principios de la automatización dentro de la pequeña y media empresas van aplicados de acuerdo con el esquema mostrado, Por medio del cual las empresas rezagadas al cambio industrial estarían en la posibilidad de dar el paso a los beneficios que la nueva era industrial permite.

En la figura 1-1 se puede observar cómo se va a realizar la conexión desde la estación PC que pasa a través de FLEXI Gateway y desde aquí se puede conectar el PLC para realizar el monitorio remoto ya que FLEXI tiene varias aplicaciones en este tema de las IIOT tanto que es el más utilizado a nivel mundial por su robustez y calidad de servicio en IIOT.

### **Delimitación**

#### **Temporal**

El trabajo de integración curricular se implementó en un tiempo estimado de 6 meses. En el periodo académico de octubre 2020-marzo 2021.

#### **Espacial**

Fue implementado en el laboratorio de automatización de la Facultad de Informática y Electrónica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ubicado en Panamericana Sur km 1 ½, perteneciente a la ciudad de Riobamba-Ecuador.

#### **Académica**

El presente trabajo será aplicado al módulo didáctico el cual consta de: 3 pistones neumáticos con sus respectivos sensores, un juego de 3 válvulas de control, una botonera de control, un juego de luces indicadores de procesos. Con el fin de manipular de forma remota los elementos que se

encuentran en el tablero además de implementar un proceso de temperatura se adquirió los siguientes elementos: un PLC SIEMENS SIMATIC S7-1200, una fuente de 24 V en CC, un GATEWAY FLEXY EWON 205, un cartucho para lectura de temperatura para PT100, un sensor de PT100.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Implementar un sistema remoto para control y monitoreo de procesos utilizando un PLC con Gateway IIOT.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Analizar los requerimientos del sistema de programación remota y el monitoreo de procesos utilizando un PLC con Gateway IIOT.
- Acondicionar el sistema de programación remota y el monitoreo de procesos utilizando un PLC con Gateway IIOT
- Implementar el sistema de comunicación remoto y el sistema de HMI-SCADA.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se hace una revisión de conceptos relacionados con la temática del proyecto técnico. Se presenta una introducción al internet de las cosas industriales y las bases de la industria 4.0. Además, se describe los elementos esenciales para llevar a cabo este proyecto técnico, entre los principales destacan: PLC, Gateway IIoT o también llamado pasarela. Un requerimiento esencial es que todo permanezca interconectado lo que lleva a un estudio profundo y de análisis de redes industriales, y la forma de presentar los datos a través de una interfaz gráfica, ya que el presente proyecto tiene un enfoque pedagógico es necesario realizar un análisis académico.

### 1.1 Educación virtual

La importancia que ha tomado la educación virtual en el año 2020 ha sido un hecho sin precedentes que asentará un antes y después en las practicas pedagógicas de los sistemas educativos del mundo, debido a la pandemia de COVID-19. Sin embargo, los centros de educación superior en el área técnica de automatización no están preparada para un cambio especialmente con los recursos necesario para el desarrollo de procesos de prácticos que son esenciales en la formación académica de nuevos profesionales de carreras técnicas.(Expósito y Marsollier 2020, pp. 10-15).

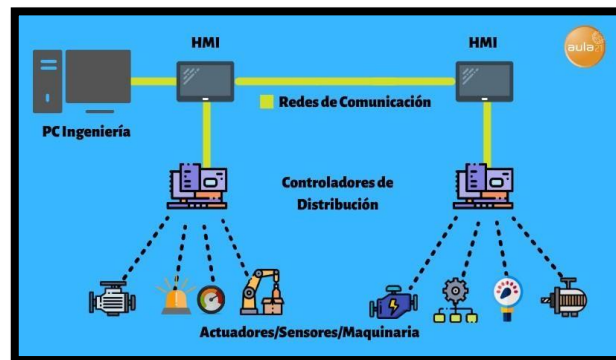
### 1.2 Automatización industrial.

La automatización realiza las principales funciones en la industria moderna, permitiendo el uso de sistemas de control basados en computadora interconectadas, robots y tecnología de la información para administrar diferentes procesos y maquinaria en la industria, de modo que el trabajo se pueda realizar de manera eficiente sin humanos. Este es el segundo paso después de la mecanización de la industrialización. La automatización industrial combina el piso de la fábrica y el piso de la oficina. (Dra Carmen Berenice Ynzunza-Cortés et al. 2017, p.4).

#### *1.2.1 Estructura de un sistema automatizado*

El sistema de automatización contiene un nivel de control que utiliza equipos técnicos como computadoras, controladores lógicos programables (PLC), controladores de automatización programables (PAC) y otros equipos técnicos para ajustar o controlar su desempeño, es decir, sin

intervención de agentes exteriores, corrigiendo posibles fallas que se presenten durante el funcionamiento obsérvese la Figura 2-1. (Rodríguez Sotelo et al., 2017, p.391).



**Figura 1-1: Estructura de un Sistema de Automatización.**

Fuente: Robles Antonio, 2005, p.3.

### ***1.2.2 Jerarquía de un sistema de automatización***

Según Lee y Yang (2014, p. 10), la complicación de los sistemas de automatización industrial forma una práctica técnica a una variedad de niveles que en forma jerárquica se mencionan a continuación:

#### *Nivel de campo*

En este nivel se introducen varios dispositivos, de los cuales los sensores y actuadores son los más destacados, cuya principal tarea es transferir la información obtenida de los procesos y máquinas al siguiente nivel para su propio análisis. También incluye el control de los parámetros del proceso mediante actuadores.

#### *Nivel de control*

El siguiente nivel se refiere a la obtención de datos del nivel anterior para ejecutar el algoritmo de control. Cabe señalar que el resultado envía el comando al actuador, y luego este nivel es responsable de la comunicación entre los diferentes controladores entre los niveles.

#### *Nivel de supervisión y control de producción*

Por otro lado, este nivel se enfoca en equipos automáticos y sistemas de monitoreo, que brindan funciones de control como: supervisión de parámetros, activación y paro, entre otras.

#### *Nivel de información o empresarial*

En este nivel, se sistematizan varios procesos en la línea de producción, las tareas incluyen la planificación de la estrategia y la producción, el análisis de clientes y mercados, compras y ventas.

#### *Redes de comunicación industrial*

Finalmente, la gestión de recursos la realiza el equipo responsable de la gestión de la planta, y el control y la planificación de la producción son las principales actividades.



### **1.3 Internet de las Cosas.**

La principal función del Internet de las cosas es conectar objetos físicos al mundo virtual. Los dispositivos y las máquinas inteligentes están conectados entre sí y a Internet. Recogen información relevante sobre su entorno, lo analizan y lo vinculan. Sobre esta base, el dispositivo realiza ciertas tareas. Todo esto sucede automáticamente, sin la intervención activa del usuario. Si es necesario, puede controlar y monitorear el estado de los elementos conectados a la red. (Garrell Guiu y Guilera Agüella 2019, p. 15)

#### ***1.3.1 Internet Industrial de las Cosas (IIoT)***

Se refiere a la expansión y uso de Internet de las cosas (IoT) en campos y aplicaciones industriales. IIoT se centra en la comunicación de máquina a máquina (M2M), big data y aprendizaje automático, lo que permite a las industrias y empresas operar con mayor eficiencia y confiabilidad. IIoT cubre aplicaciones industriales, incluida la robótica, los equipos médicos y los procesos de producción definidos por software. (Nath y Eloy Fabricio 2020, p. 21)

IIoT va más allá de la interconexión entre los dispositivos de consumo ordinarios y los dispositivos físicos generalmente asociados con IOT. Lo que es diferente es la intersección de la tecnología de la información (TI) y la tecnología operativa (OT). OT se refiere a la interconexión de procesos operativos y sistemas de control industrial (ICS), incluidas interfaces hombre-máquina (HMI), sistemas de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA), sistemas de control distribuido (DCS) y controladores. Proporciona nuevas funciones que ayudan a los procesos industriales actuales. (Gallo Castillo 2018, p. 7)

#### ***1.3.2 Beneficios de la IIoT***

En la implementación de IIoT, debe centrarse en tres áreas: disponibilidad, escalabilidad y seguridad. La disponibilidad y la escalabilidad pueden haberse convertido en una segunda naturaleza para las operaciones industriales, ya que pueden haberse establecido o haber estado en uso durante mucho tiempo. (Alonso-Calpeño et al. 2019, p. 19)

Sin embargo, la seguridad es un área que muchas personas encuentran al integrar IIoT en sus operaciones. Por un lado, muchas empresas continúan utilizando sistemas y procesos heredados. Muchos de ellos llevan décadas en funcionamiento y por tanto permanecen sin cambios, lo que complica la adopción de nuevas tecnologías

Además, la proliferación de dispositivos inteligentes ha dado lugar a vulnerabilidades en materia de seguridad y a la preocupación por la responsabilidad en materia de seguridad. Los adoptadores del IIoT tienen la responsabilidad de hecho de asegurar la configuración y el uso de sus dispositivos conectados, pero los fabricantes de los dispositivos tienen la obligación de proteger a sus

consumidores cuando despliegan sus productos. Los fabricantes deben poder garantizar la seguridad de los usuarios y proporcionar medidas preventivas o correctivas cuando surjan problemas de seguridad (Alonso-Calpeño et al. 2019, p. 22)

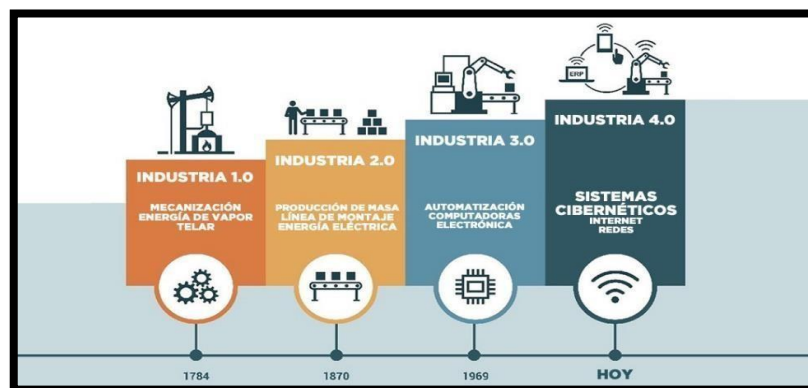
### 1.3.3 *Arquitectura IIoT*

Según Pérez (2017, p. 12), existen tres elementos primordiales que regularmente se muestran en la arquitectura IIoT

- **Dispositivos IoT:** Los dispositivos de IoT se refieren a dispositivos que se pueden conectar a redes pequeñas o grandes a través de cables o de forma inalámbrica; estos dispositivos pueden ser motores, actuadores o sensores.
- **Redes:** Realizan la función de un enrutador, es decir, se encargan de actuar como puerta de enlace a la red, o como nube con otros dispositivos conectados a la red.
- **Nube:** Son centros de datos ubicados en servidores web remotos que almacenan y consolidan información de forma segura.

## 1.4 **Industria 4.0**

La industria ha ido avanzado a pasos agigantados como se muestra en la figura 2-1 desde el siglo XVIII hasta el siglo XXI, experimentará un proceso en constante cambio. La Industria 4.0 cubre una nueva revolución industrial completamente diferente. Básicamente combina tecnología de fabricación avanzada con Internet de las cosas, creando así, no solo interconexión sino también sistemas de fabricación que se comunican entre sí, analizar y utilizar la información para impulsar más acciones inteligentes en el futuro. (Pérez López 2015, p. 6)



**Figura 2-1:** Evolución de la industria.

Fuente: Fernando Naranjo, 2016, p.3.

### 1.4.1 *Beneficios de la industria 4.0*

En el entorno actual de competencia global, avance tecnológico e innovación, las empresas

(especialmente las manufactureras) se ven obligadas a reconfigurar sus procesos. Industria 4.0 y manufactura inteligente son parte de la evolución, que integra la manufactura y la tecnología de la información para establecer sistemas de manufactura innovadores, métodos de gestión y creación de negocios, de manera que se pueda optimizar el proceso de manufactura, mayor flexibilidad, eficiencia y los siguientes negocios Crear propuesta de valor a los clientes y responder a sus necesidades de mercado de manera oportuna (Dra Carmen Berenice Ynzunza-Cortés et al. 2017, p. 10)

#### **1.4.2 Componentes técnicos la industria 4.0**

En un sistema industrial está compuesta de componentes técnicos que van relacionados con tipo de automatización a realizar, hasta las instalaciones necesarias para la automatización de la industria 4.0 (Pérez López 2015, pp. 10-12). Para ello se requiere de interfaces y de un sistema de comunicación, el cual permitirá la interacción de los sensores y actuadores.

Los principales componentes técnicos de la industria son:

- *Sensores.*

Equipos de detección y medición capaces de obtener información sobre el avance de variables en el proceso. Se convierten en señales eléctricas u ópticas. Por ejemplo: temperatura, presión, velocidad, etc.

- *Actuadores.*

Control de la conversión de información para influir en las variables del proceso y corregir elementos. Ejemplos: relés, servomotores, cilindros, etc.

- *Sistema de comunicación en automatización de productos.*

Productos simples: pocos sensores y actuadores. Distancias de línea cortas.

Productos complejos: comunicación entre subsistemas mediante sistema de bus.

- *Tareas de comunicación en varios niveles.*

Bus de fábrica: Nivel 3, que permite la comunicación con el PC principal.

Bus de fábrica (bus de proceso): Nivel 2, que permite la comunicación entre PLC y PC.

Fieldbus: Nivel 1, que permite la comunicación entre PLC, sensores y actuadores.

- *Diferentes formas de controladores programables.*

Controlador lógico programable (PLC), Microcontrolador, Ordenador personal (PC), Sistema de control de procesos.

### **1.5 Controlador Lógico Programable – PLC**

También llamado autómatas programables, es básicamente una computadora industrial que puede procesar todos los datos de la máquina, como sensores, señales analógicas, señales digitales, temporizadores y cualquier señal de entrada. Para controlar los actuadores en el futuro, como pistones, motores, válvulas, etc. Simplifique la tarea de controlar automáticamente cualquier

proceso industrial (Quezada Quezada et al. 2018, p. 5). Además, el PLC es una computadora digital con un sistema operativo cargado por el fabricante, funciona de acuerdo con un programa que el usuario carga en él.

### ***1.5.1 Lenguaje de programación que soporta el PLC.***

Cuando se habla de la tarea de programación en los PLC, hay varias opciones de lenguaje de programación disponibles, como: lógica de escalera, diagrama de bloques de funciones, lista de instrucciones y diagrama de flujo continuo, son lenguajes de programación gráfica de alto nivel. La mayoría de los desarrolladores usan la lógica Ladder (Terzariol 2010, p. 10)

El último estándar (IEC 1131-3) ha intentado combinar los lenguajes de programación de los PLC en un solo estándar internacional. El lenguaje de software creado para los PLC, llamado "ladder logic", permitió a los técnicos comprender y actualizar rápidamente la lógica, ya que se necesitaban cambios con un mínimo de capacitación adicional. Además, la lógica de escalera (y otros lenguajes de programación) ofrecen una visualización gráfica en tiempo real del funcionamiento del programa y de la máquina (Plc 1973, p. 15).

### ***1.5.2 Programación de PLC's***

El dispositivo de programación puede ser un dispositivo de mano, una consola de escritorio o una computadora. Solo cuando el programa haya sido diseñado en la programadora y esté listo, será transferido a la unidad de almacenamiento del PLC.

Las computadoras personales están ampliamente configuradas como estaciones de trabajo de desarrollo de programas. Algunos PLC solo requieren que la computadora tenga el software adecuado. Otros requieren una tarjeta de comunicación especial para interactuar con el PLC. Una ventaja importante de usar una computadora es que el programa se puede almacenar en el disco duro del CD y se puede copiar fácilmente (L.A.Bryan; y E.A.Bryan 1997, p. 276)

### ***1.5.3 Estructura general del PLC***

#### ***1.5.3.1 Fuente de alimentación***

La función del controlador lógico programable juega un papel muy importante en todo el sistema. Sin un sistema de suministro de energía bueno y confiable, no funcionará normalmente, por lo que los fabricantes de controladores lógicos programables también dan gran importancia al diseño y fabricación de suministros de energía. Generalmente, el voltaje de CA fluctúa dentro de  $\pm 10\%$  y no se pueden tomar otras medidas para comunicarse con el PLC directamente conectado a la red.(L.A.Bryan; y E.A.Bryan 1997, p. 50).

### *1.5.3.2 Unidad central de procesamiento*

La unidad central de procesamiento (CPU) es el centro de control del controlador lógico programable. Según la función del sistema PLC, el programa recibe y almacena el programa de usuario y los datos del programador de tipo; verifica la fuente de alimentación, la memoria, la entrada y salida y el estado del temporizador, y diagnostica errores de sintaxis en el programa de usuario. (L.A.Bryan; y E.A.Bryan 1997, p. 50).

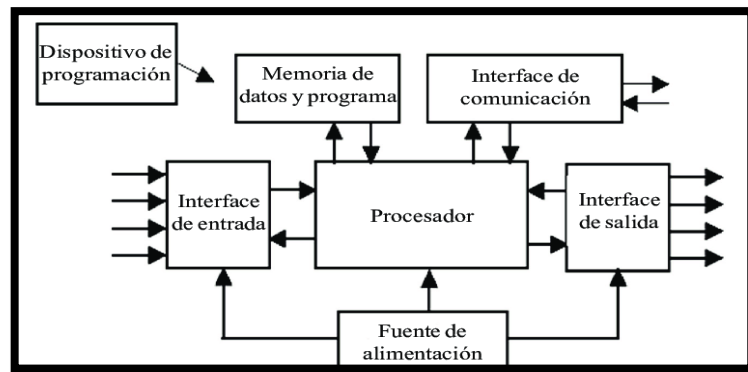
Una vez que el controlador lógico programable se pone en funcionamiento, primero se recibe en forma de estado del campo de exploración y datos de cada dispositivo de entrada, y se almacena en el área de imagen de E / S respectivamente, y luego se transfiere desde la memoria del programa de usuario después de leer el programa de usuario. La interpretación del comando se registrará por el área de imagen de E / S o el resultado de la grabación de datos especificado por la instrucción aritmética o la operación lógica. (L.A.Bryan; y E.A.Bryan 1997, p. 50).

### *1.5.3.3 Almacenamiento*

El software del sistema de almacenamiento de memoria se denomina memoria del programa del sistema. El software utilizado para los programas de aplicación se denomina memoria de programa de usuario. Para ejecutar el sistema PLC, la unidad de almacenamiento debe acceder al programa (L.A.Bryan; y E.A.Bryan 1997, p. 50).

### *1.5.3.4 Circuito de interfaz de entrada/salida*

1. El circuito de interfaz de entrada y circuito de interfaz de entrada del microordenador compuesto por circuito de acoplamiento óptico, la función es el canal de entrada del controlador lógico programable y la interfaz de control.
2. El circuito de interfaz de salida se compone de registros de datos de salida, lo que se denomina integración de circuito de solicitud de interrupción y carretera. La función es que el controlador lógico programable puede emitir la señal de control correspondiente del componente en el sitio a través del circuito de interfaz de salida. (L.A.Bryan; y E.A.Bryan 1997, p. 50). En la figura 3-1 se puede apreciar claramente lo que respecto a la estructura de un PLC en donde tenemos los elementos, de manera esquemática.



**Figura 3-1:** Estructura de un PLC.

Fuente: Raúl Cobo, 2015, p.1.

### 1.5.4 Tipos de PLC

Actualmente, existen varios tipos de PLC, cada tipo de PLC se utiliza para funciones específicas y es necesario considerar su tipo de función, cantidad de entrada / salida, memoria, apariencia, capacidad, etc. Como son los PLC's compacto, modular, PLC montado en rack.(Triana Andrade 2017, p. 25).

#### 1.5.4.1 PLC compactos

Está construido a partir de varios módulos en una caja. Por lo tanto, la función de E / S la determina el fabricante, no el usuario, sin embargo, la función que brindan algunos fabricantes es que un PLC compacto puede agregar ciertos módulos para agregar entradas analógicas, digitales, etc. (Triana Andrade 2017, p. 30).

## 1.6 Tipos de señales utilizadas en los PLC

### 1.6.1 Señales binarias

Es una señal de un bit con dos valores posibles: 0 y 1, valores bajos y altos, correctos e incorrectos, los límites de tolerancia están definidos por interruptores sin contacto, estos valores dependen del estándar del PLC (Triana Andrade 2017, p. 26).

### 1.6.2 Señales digitales

Es una señal que representa datos como una secuencia de valores discretos. En cualquier momento, una señal digital solo puede seleccionar un valor de un conjunto limitado de valores posibles. Las señales digitales se utilizan en todos los equipos electrónicos digitales, incluidos los equipos informáticos y los equipos de transmisión de datos. Cuando se traza en un gráfico de voltaje versus voltaje, la señal digital es uno de dos valores, generalmente entre 0 V y VCC (normalmente 1,8 V, 3,3 V, o 5V) (Triana Andrade 2017, p. 26)

### **1.6.3 Señales analógicas**

Se reconocen como señales de valor continuo y procesan un número ilimitado de valores. El PLC aún no puede procesar señales analógicas reales y debe convertir las señales en señales digitales, y viceversa. La conversión se realiza de la siguiente manera: SMS analógicos, que contiene ADC. La señal real tiene una resolución muy alta, por lo que puede usar más bits en la señal digital.

## **1.7 Redes de comunicación industrial**

La red de comunicación industrial es la columna vertebral de cualquier arquitectura de sistema de automatización, porque siempre ha proporcionado un potente intercambio de datos, capacidad de control de datos y la flexibilidad para conectar varios dispositivos. En la última década, el uso de redes de comunicación digital patentadas en la industria ha mejorado la precisión y la integridad de las señales digitales de extremo a extremo.

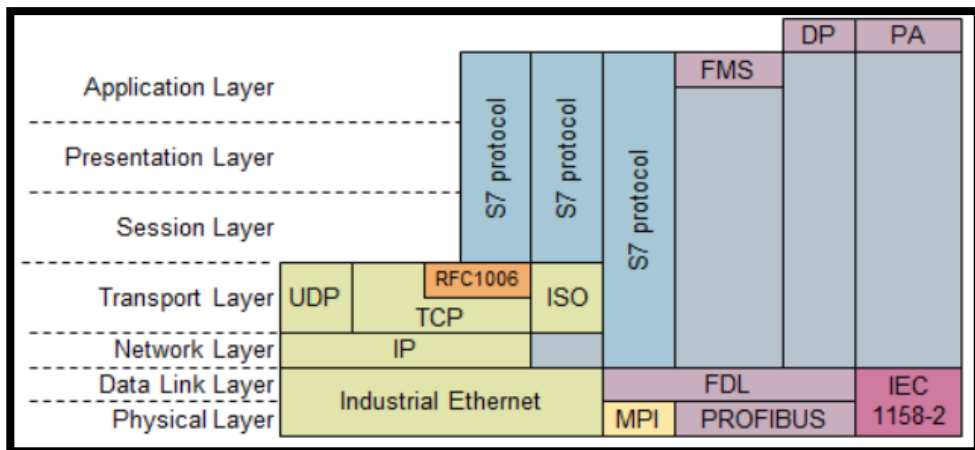
Estas redes pueden ser LAN (red de área local utilizada en un área limitada) o WAN (red de área amplia utilizada como sistema global), que puede utilizar un número limitado de canales para transmitir grandes cantidades de datos. La creación de redes industriales también ha llevado a la aplicación de varios protocolos de comunicación entre controladores digitales, dispositivos de campo, varios instrumentos de software relacionados con la automatización y entre sistemas externos.

Los datos se transmiten en la red mediante comunicación en serie, donde las palabras de datos llamadas bytes (compuestas por ceros lógicos individuales y uno bit) se transmiten secuencialmente de un dispositivo a otro. La recopilación de datos en una sola transmisión generalmente se denomina paquete de datos. La velocidad a la que se pueden transmitir los datos a través de la red se define en bits por segundo o bps, pero generalmente se expresa en miles (Kbps) o millones (Mbps).

En otras palabras, la comunicación industrial es la principal responsable de la transmisión de información entre sistemas electrónicos, y la ubicación de estos sistemas electrónicos está determinada para producir las tareas de control y supervisión del proceso industrial. (Carrion 2018, p. 20)

### **1.7.1 Modelo OSI**

El modelo de interconexión de sistemas abiertos (OSI) describe las siete capas que utilizan los sistemas informáticos para comunicarse a través de la red. Es el primer modelo estándar de comunicación en red. Como se evidencia en la figura 4-1 en donde tenemos las capas y el modelo OSI para cada uno de los protocolos que manejan los PLC Siemens de la serie S7. (Carrion 2018, p. 26).



**Figura 4-1:** Modelo OSI.

Fuente: Siemens,2018.

### 1.7.1.1 Modelo OSI para las Comunicaciones Industriales

Las capas utilizadas del Modelo OSI para las Comunicaciones Industriales son:

- Capa Física: Se utiliza para la codificación y transmisión física de información. Es responsable de sincronizar la transmisión de datos entre sistemas interconectados.
- Capa de Enlace de Datos: Define el protocolo para enviar y recibir información entre procesos relacionados entre sí. Además de detectar y corregir errores, también se encarga de ensamblar y transmitir los bits de la capa física en bloques.
- Capa de Aplicación: Presentan la función de vincular el programa de usuario al proceso de comunicación y se refiere al significado de la información transmitida. (Carrion 2018, p. 27)

### 1.7.2 Gateway IIoT.

El dispositivo puede comunicarse con otros sistemas de control y, por lo tanto, es parte de una red más grande, es decir, se puede usar el mismo cable. Además, se puede cambiar sin utilizar software de programación de PLC. La puerta de enlace de comunicación permite que cualquier dispositivo Modbus RTU se conecte a Ethernet para aplicaciones industriales y admite acceso remoto a Internet (LAN, celular o Wifi) para aplicaciones de mantenimiento remoto. (Dra Carmen Berenice Ynzunza-Cortés et al. 2017, p. 8)

### 1.7.3 Ethernet Industrial

Ethernet está definido por el estándar IEEE 802.3 y especifica el enlace físico y la capa de datos de la función de red. TCP / IP es un conjunto de protocolos utilizados en la capa de enlace de datos de Ethernet, que puede comunicarse a través de Ethernet. (Pérez-Molina et al. 2013, p. 14)



Ethernet industrial se refiere a un conjunto de protocolos Ethernet basados en hardware Ethernet estándar (capa de enlace de datos y físico) y protocolo de Internet (capa de red y transporte), así como una capa de aplicación patentada. (Jos, Prof y Guill 2020, p. 14)

#### **1.7.4 Profinet**

Es un mecanismo para intercambiar datos entre el controlador y el dispositivo. El controlador puede ser PLC, DCS. Estos dispositivos pueden ser bloques de E / S, sistemas de visión, lectores RFID, variadores, instrumentos de proceso, agentes e incluso otros controladores.

*Profinet* intercambia datos de forma rápida y decisiva. La velocidad requerida varía con la aplicación; el tiempo de actualización de los instrumentos de proceso es de cientos de milisegundos, la velocidad de actualización proporcionada por el equipo de fábrica es más rápida menor a 10 milisegundos y los requisitos para la sincronización del control de movimiento son mayores. Determinismo significa que el mensaje llega cuando debería ISO TCP.

El acceso a datos orientado a paquetes es la principal ventaja del protocolo ISO, pero la falta de enrutamiento en la conexión de red es su principal desventaja en el mundo de la red, porque el protocolo TCP sí tiene la capacidad de enrutar en Internet, por lo que es necesario Para tratar de combinar los dos protocolos Ventajas, nació "ISO sobre TCP" (también conocido como ISO TCP), que se ubica en la capa 4 del modelo OSI y define el puerto 102 como el puerto utilizado para la transmisión de datos. El acuerdo se ha integrado en los módulos SIMATIC S7 y SIMATIC PC actuales.(Carrion 2018, p. 12).

Ventajas del protocolo ISO TCP:

- Transferencia de datos rápida.
- Adecuado para la transferencia de una cantidad de datos de clase media o grande.
- Hasta 8 Kbyte por servicio en cada equipo S7-1200.

### **1.8 Sistemas SCADA**

Es un sistema de elementos de *software* y *hardware* que permite a las organizaciones industriales realizar un control y monitoreo de los procesos que están interconectados con el sistema. Entre las principales ventajas de un sistema SCADA se detallan a continuación:

- Controlar los procesos industriales localmente o en lugares remotos
- Vigilar, recopilar y procesar datos en tiempo real
- Registrar los eventos en un archivo de registro
- Interactuar directamente con dispositivos como sensores, válvulas, bombas, motores y más a través del software de interfaz hombre-máquina (HMI)

La arquitectura básica de SCADA comienza con un controlador lógico programable (PLC) o una unidad terminal remota (RTU). Un PLC es una microcomputadora que puede comunicarse con

muchos objetos (como máquinas de fábrica, HMI, sensores y dispositivos terminales) y luego usar el software SCADA para dirigir la información de estos objetos a la computadora. El software SCADA procesa, distribuye y muestra datos para ayudar a los operadores y otros empleados a analizar datos y tomar decisiones importantes. (Filali-Yachou, González-González y Lecuona-Rebollo 2015, p. 15).

### ***1.8.1 Funciones de un Sistema SCADA***

Los sistemas SCADA modernos permiten el acceso a datos de plantas en tiempo real desde cualquier parte del mundo. Este acceso a información en tiempo real permite a los gobiernos, las empresas y las personas tomar decisiones basadas en datos sobre cómo mejorar los procesos. Sin el software SCADA, sería muy difícil, si no imposible, recopilar suficientes datos para tomar decisiones consistentes e informadas.

En comparación con el software SCADA obsoleto, el software SCADA que utiliza la función de base de datos SQL tiene una gran ventaja. (Pérez López 2015, p. 26)

## **1.9 Interfaz Hombre – Máquina (HMI).**

La interfaz hombre-máquina (HMI) es una interfaz de usuario o panel de control que conecta a las personas con máquinas, sistemas o equipos. Aunque técnicamente el término se puede aplicar a cualquier pantalla que permita al usuario interactuar con el dispositivo, el IPM se usa con mayor frecuencia en los procesos industriales. (Filali-Yachou, González-González y Lecuona-Rebollo 2015, p. 20)

### ***1.9.1 Ventajas de un HMI***

- Presentan alarmas al instante es decir en tiempo real, además presentan datos históricos. Incluyen alarmas preventivas a los operarios para evitar fallas futuras.
- Envía mensajes vía email, fax, etc. Cuando un evento particular sucede en el proceso de control.
- Permite la comunicación entre varias máquinas y/o sistemas diferentes que se encuentran realizando una tarea en todo el proceso de producción.

## **1.10 Cámara IP**

También se denominan cámaras de red y están diseñadas para enviar señales de vídeo y, en algunos casos, incluso sonido. Toda esta información se envía a través de Internet, o se puede definir como una combinación de cámaras y computadoras, que capturan y transmiten imágenes directamente a través de una red IP, para que los usuarios finales puedan ver, almacenar y administrar videos de forma remota a través de una infraestructura IP. (López 2007, p. 21)

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

El presente trabajo tiene por objetivo diseñar e implementar un sistema remoto para control y monitoreo de procesos utilizando un PLC con Gateway IIoT mediante la programación de un sistema SCADA y elaboración de una interfaz gráfica para el control y monitoreo remoto. El proyecto busca comprobar la fiabilidad del monitoreo en tiempo real en un sistema distribuido que se encuentra en el Laboratorio de Automatización de la facultad de informática y electrónica (FIE) perteneciente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Etapa de planificación

1. Concepción del proceso
2. Especificación de requerimientos del proyecto.
3. Especificaciones técnicas del proyecto.
4. Planificación para el desarrollo del proyecto.

Etapa de Diseño

1. Diseño de la Red
2. Diseño del SCADA-HMI e imagen en tiempo real.

Etapa de desarrollo

1. Configuración de la Red
  - a. Identificación de entradas, salidas del PLC
  - b. Asignación de la Dirección IP
2. Configuración HMI-SCADA
  - a. Desarrollo del HMI
  - b. Comunicación del HMI con el proceso

Etapa de pruebas:

1. Pruebas de Hardware
2. Pruebas de Software

Etapa de Resultados

1. Análisis y discusión de resultados

#### 2.1 Etapa de Planificación

El propósito de esta etapa es describir el proceso en forma general del trabajo de titulación, con la descripción de los requerimientos del proyecto y también las especificaciones técnicas de los diferentes dispositivos a utilizar para la implementación del proyecto.

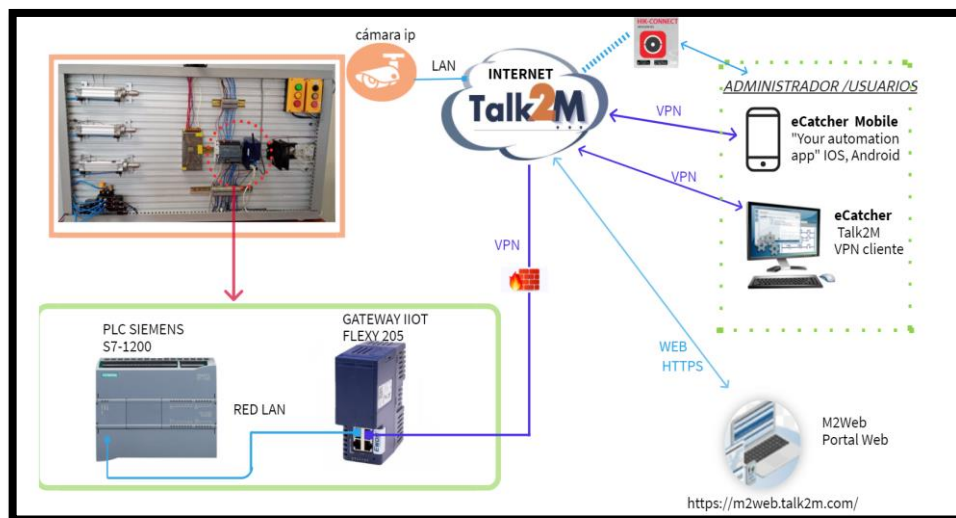
### 2.1.1 Concepción del proceso

El laboratorio de Automatización de la FIE-ESPOCH, se encuentra equipado con módulos didácticos para el montaje de sistemas de control y monitoreo. Por tal razón, diseñar e implementar un sistema remoto para control y monitoreo de procesos mediante la programación de un sistema SCADA y elaboración de una interfaz gráfica para el control y monitoreo remoto es el objetivo primordial del proyecto.

Para resolución del proyecto, el proceso se encuentra conformado por una estación de trabajo con tres subprocesos:

1. Proceso neumático el cual cuenta con una secuencia de tres pistones de doble efecto que forma parte del módulo neumático del laboratorio.
2. Proceso con luces indicadoras que pueden ser programados como indicadores de procesos, o secuencia tipo semáforo.
3. Se considera un sistema de control de temperatura diseñado e implementado con elementos que se mencionaran más adelante en el presente capítulo.

Se puede apreciar en la figura 1-2 en donde se evidencia el diagrama de funcionamiento del proyecto que se está siendo realizado, en donde se presenta el esquema funcional.



**Figura 1-2:** Esquema general de funcionamiento.

**Realizado por:** Guevara. D; Tibanquiza.S,2021.

El funcionamiento se puede ver a través de una cámara IP, en tiempo real, bajo la concepción de que tiempo real es que los datos aún se consideran útiles para ser analizados.

### 2.1.2 Especificación de requerimientos del proyecto

Mediante el estudio hecho en el capítulo anterior se puede definir los requerimientos de diseño para satisfacer el proyecto de implementar un sistema remoto para control y monitoreo de procesos utilizando un PLC con Gateway IIoT.

- Adecuar los sensores, actuadores, elementos necesarios para llevar a cabo la conexión entre el PLC y el sistema de control y monitoreo.
- Realizar una conexión estable entre los elementos de la estación de trabajo y el acceso remoto a través de un computador.
- Cargar la programación desde un computador remoto hacia el PLC que se encuentra ubicado en el Laboratorio de FIE-ESPOCH.
- Visualizar a través una cámara IP la manera en que está funcionando la estación de trabajo.
- Visualizar y monitorear a través del HMI los procesos que se están llevando a cabo.

### 2.1.3 Especificaciones Técnicas

A continuación, se presenta el hardware y software que se utilizó para la implementación del proyecto. En la tabla 1-2 se presenta los elementos que se utilizaron para la implementación y adecuación de la estación de trabajo, que se encuentra en laboratorio de automatización industrial de la FIE-ESPOCH.

**Tabla 1-2:** Hardware usado en el desarrollo del proyecto.

<b>Cantidad</b>	<b>Hardware</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
1	Ewon Flexy-205	Pasarela	Comunicación IIOT
1	PLC S7-1200	PLC	PLC salida de transistor usado en los procesos a realizar
7	Cables cruzados	RJ 45	Puerta de Enlace para PLC y acceso remoto
3	Botoneras	Simple	Actuadores para comando del PLC
1	Cámara	IP	Cámara para monitoreo
1	Switch	Simple de 2 posiciones	Modo manual y modo automático
3	Lámparas		Indicadores de proceso y estado
6	Sensores	Magnéticos	Para detectar la posición de los pistones

1	Termocupla	PT 100	Sensor de temperatura
1	Ventilador		Perteneciente al control de temperatura
3	Pistones de simple efecto	Neumáticos	Actuador neumático
3	Válvulas 5/2	Neumática	Válvula de 5 vías y 2 posiciones
1	Relé de estado solido	Eléctrico	Activación de un foco
1	Foco	Eléctrico	Calentamiento del sensor de temperatura.
1	Laptop		HMI

Realizado por: Guevara, D. & Tibanquiza., S. 2020.

### 2.1.3.1 Ewon Flexy 205

Pasarela de datos de Internet avanzada que permite a los fabricantes de máquinas monitorear y recopilar KPIs vitales para el análisis y el mantenimiento predictivo. Cuenta la función de Gateway de Internet modular para su implementación de IoT con registro de datos, alarma, interfaz web incorporada, secuencias de comandos y conectividad a Internet mejorada. También es compatible con el acceso remoto VPN para facilitar la resolución de problemas de su equipo industrial distante. (Ewon 2019, p. 1).

Para mayor detalle del equipo puede visitar el Anexo A para ampliar las características.



**Figura 2-2:** Pasarela Flexy-205.

Realizado por: Guevara D; Tibanquiza S, 2021

**Tabla 2-2:** Características de la pasarela Flexy 205.

Descripción	Características
Voltaje de entrada	12-24 V en CC
Entradas/ Salidas	2 entradas digitales de 0-12/ 24 V en CC con aislamiento de 1.5 1 salida digital: drenaje abierto de transistor MOSFET 200mA; aislamiento de 1.5 kV
Módulo de conexión	Configurable LAN/WAN con 4 puertos ethernet 10/100 Mb
Rango de temperatura	-25° C a + 70° C
Protocolos de adquisición de datos	OPC UA, MODBUS/RTU, MODBUS/TCP, Unitelway, DF1, PPI, MPI (S7), PROFIBUS (S7), FINS Hostlink, FINS TCP, EtherNet/IP, ISO TCP, Mitsubishi FX, Hitachi EH, ASCII, BACnet/IP. Almacenamiento en 2500 <i>tags</i> internas.
Protocolos de publicación de datos	OPC UA, Modbus, MQTT, SNMP
VPN de tunelización	Open VPN ya sea en SSL UDP o HTTPS

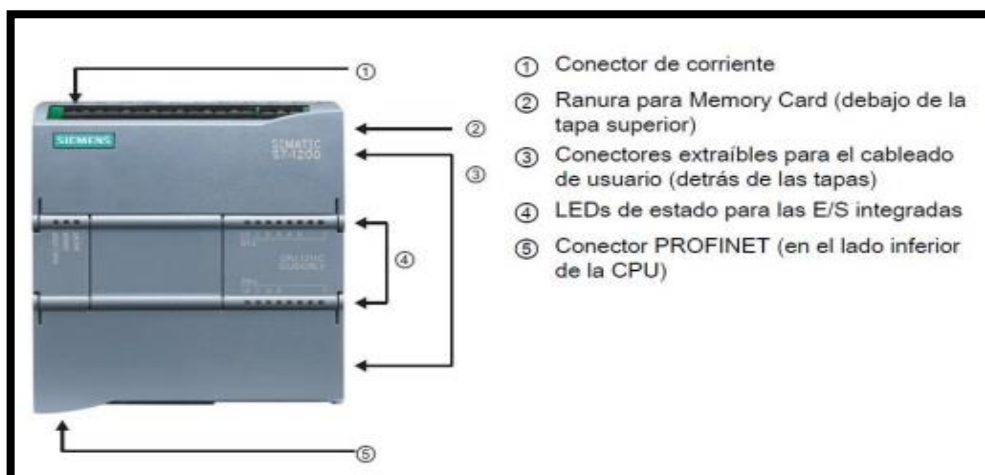
**Fuente:** Hoja de datos de Flexy 205 by Ewon, 2017.

**Realizado por:** Guevara D & Tibanquiza S,2020

### 2.1.3.2 PLC S7-1200

Este PLC cuenta con un CPU con un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entradas y salidas, comunicación PROFINET integrada, E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas. Además brinda la opción de aumentar módulos o cartuchos de expansión para tareas que requieran otro tipo de entradas o salidas adicionales. (Siemens SIMATIC 2014, p. 4)

Para revisar a mayor detalle las características se puede visitar el ANEXO B.



**Figura 3-2:** PLC Siemens S7-1200.

**Realizado por:** Guevara D & Tibanquiza S,2021.

**Tabla 3-2:** Características del PLC Siemens s7-1200.

Descripción	Características
Voltaje de entrada	24 V en CC
Entradas/ Salidas	14 entradas digitales a 24 V en CC. 2 entradas analógicas (Voltaje) (0-10 V) 10 salidas digitales tipo transistor 24 V en CC
CPU - Versión	1214C – DC/DC/DC
Memoria de trabajo	100KB
Lazos de PID	16
Salida de pulsos	4@100KHz
Puerto de comunicación	Profinet/Industrial Ethernet 1 puerto integrado RJ45 10/100 Mbps.
Capacidad de ampliación	1 tarjeta de señal (signal board SB) 8 módulos de señal (SM) 3 módulos de comunicación (CM)

**Fuente:** Hoja de datos técnicos de PLC Siemens s7-1200, 2009.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021

### 2.1.3.3 Cámara IP

Las cámaras como muestra la figura 4-2 se utilizan con mayor frecuencia para la vigilancia IP, una versión digitalizada y en red de la televisión de circuito cerrado, además la marca HIKVISION presenta prestaciones que permiten el acceso remotamente a través de una aplicación tanto móvil como de uso de computadoras. En la tabla 4-2 se presentan las características de la cámara.



**Figura 4- 2:** Cámara IP.

**Realizado por:** Guevara D & Tibanquiza S,2020.



**Tabla 4-2:** Características de la cámara IP

Descripción	Características
Voltaje de entrada	120 V en CA
Puerto de conexión	Ethernet RJ45
Megapíxeles	2
Imagen	Color Blanco y negro (sin luz)

**Fuente:** Hoja de datos técnicos de cámara Hikvision, 2014.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021

#### 2.1.3.4 Sensores magnéticos

Se utilizan para conocer la posición en que se encuentra el embolo en cilindros neumáticos de manera confiable y sin contacto, son ubicados directamente sobre las ranuras del cilindro, además tienen un led indicador de activación, como muestra la figura 5-2. En la tabla 5-2 se presentan las características técnicas del mismo.



**Figura 5-2:** Sensor magnético de proximidad.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021.

**Tabla 5-2:** Características del sensor magnético

Descripción	Características
Voltaje	5-240 V en CC o AC
Temperatura de funcionamiento	-10°C a + 70°C
Frecuencia máxima	200 Hz
Tipo de contacto	Normalmente abierto
Potencia disipada	<50mW
Circuito de protección	No
Vida útil	5 millones de operaciones
Tiempo de respuesta	Máximo 1 ms

**Fuente:** Hoja de datos técnicos del sensor switch magnético, 2010.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021

### 2.1.3.5 Pistones neumáticos

Son actuadores neumáticos que producen una fuerza y desplazamiento mediante aire comprimido, en donde transforma la energía potencial del aire comprimido en energía cinética. Como muestra la figura 6-2, las características de este actuador se describen en la tabla 6-2.



**Figura 6-2:** Pistón neumático.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021.

**Tabla 6-2:** Características del pistón neumático.

Descripción	Características
Diámetro	0.25 cm
Forma	Cilindro rectangular ranurado.
Carrera	20 cm

**Fuente:** Hoja de datos técnicos de pistón neumático, 2011.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021

### 2.1.3.6 Válvulas direccionales de caudal

Tienen por función direccionar o distribuir el aire comprimido hacia los cilindros, son considerados como los órganos de mando de un circuito, es decir son las que gobiernan el movimiento de los pistones. En la figura 7-2 se evidencia las válvulas usadas en el proyecto. En la tabla 7-2 se hallan las características de las válvulas.



**Figura 7-2:** Válvula direccional de caudal.

**Realizado por** Guevara D; Tibanquiza S,2021.

**Tabla 7-2: Características de las válvulas direccionales.**

Descripción	Características
Numero de posiciones	3,2
Numero de vías	5
Posición central	Cerrado
Medio de accionamiento	Eléctrico a 24 V en CC.

**Fuente:** Hoja de datos técnicos de las válvulas direccionales.

**Realizado por:** Guevara D & Tibanquiza S,2020

### 2.1.3.7 Fuente conmutada de 24 voltios DC.

En la figura 8-2 se evidencia un dispositivo encargado de convertir la entrada de voltaje alterno de la red doméstica en una salida de voltaje continuo. En donde la conmutación de la energía eléctrica lo realiza mediante transistores. Que recibe la entrada de 110 voltios en AC y lo convierte en 24 voltios a DC, esta energía sirve para energizar las válvulas, sensores, PLC y Pasarela Ewon. En la tabla 8-2 se encuentran las características del dispositivo.



**Figura 8- 2:** Fuente de 24 V en DC.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021.

**Tabla 8-2:** Características de la fuente de poder.

Descripción	Características
Voltaje de entrada	110 o 220 V en AC (ajustable con switch).
Protecciones	A cortocircuito. A Sobrecarga.
Voltaje de salida	24 V en CC ajustable a $\pm 5\%$ .
Frecuencia	60 Hz
Potencia	120 W

**Fuente:** Ficha técnica de la fuente de poder, 2008.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021

### 2.1.3.8 Cable UTP ethernet.

En la figura 9-2 se evidencia el cable utilizado para realizar las conexiones entre el PLC y la pasarela Flexy 205, además sirve para conectar la cámara IP hacia la puerta de enlace del router disponible en el laboratorio de automatización de la FIE-ESPOCH. En la tabla 9-2 se encuentran las características del mismo.(cisco 2017, p. 10)



**Figura 9- 2:** Cable UTP ethernet.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021.

**Tabla 9-2:** Características del cable UTP Ethernet.

Descripción	Características
Numero de pares	04
Calibre	24 AWG
Conductor	Núcleo solido
Material de conductor	Cobre
Diámetro de conductor	0.482
Categoría	5e
Frecuencia de comunicación	100-350 MHz

**Fuente:** Ficha especificaciones técnicas del cable UTP CAT 5e, 2008.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021

### 2.1.3.9 Botonera y botones pulsadores.

En la figura 10-2 se observa la botonera es donde se encuentran los botones pulsadores que son dispositivos de mando accionadas por la fuerza de una parte del cuerpo humano, en el proyecto sirve para dar inicio y paro de todo el sistema. En la tabla 10-2 se puede ver las características de este.



**Figura 10- 2:** Botoneras.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021.

**Tabla 10-2:** Características de los botones pulsadores.

Descripción	Características
Tipo de contacto	Verde: Normalmente abierto. Rojo: Normalmente cerrado

**Fuente:** Instrumentacionycontrol.net,2017.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021

#### 2.1.3.10 Luces indicadoras.

En la figura 11-2 se evidencia las luces que indican cada proceso generalmente verde es que funcionan bien el proceso y roja existe un error o está en paro. O pueden ser programadas como semáforo.



**Figura 11- 2:** Luces indicadora.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021.

**Tabla 11-2:** Características de las luces indicadoras.

Descripción	Características
Voltaje de funcionamiento	24 V en CC
Numero de conectores	2 (1 para el positivo y el otro para el negativo)

**Fuente:** Instrumentacionycontrol.net, 2007.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021

#### 2.1.3.11 Sensor Pt100.

En la figura 12-2 se muestra el sensor Pt-100 de 3 hilos, que sirve para realizar mediciones de temperatura en función de la variación de la resistencia, este elemento se utiliza para realizar el control de temperatura que se plantea al inicio de este capítulo. Las características del mismo se presentan en la tabla 12-2.



**Figura 12- 2:** Sensor PT-100 de 3 hilos

**Realizado por:** Guevara D & Tibanquiza S,2020.

**Tabla 12-2:** Características del sensor Pt100.

Descripción	Características
Rango de trabajo	-100°C hasta +400°C
Conexión	3 hilos
Longitud de cable	1 metro
Dimensiones	D 5mm x L100mm
Diámetro de rosca	8mm/0.31''
Material de sonda	Acero inoxidable

**Fuente:** Ficha técnica de sensor Pt-100, 2001.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021

#### 2.1.3.12 Ventilador.

En la figura 13-2 se muestra un ventilador que sirve para realizar el control de temperatura que se planteó al inicio de este capítulo en donde genera una ráfaga de aire creando una diferencia de temperatura. En la tabla 13-2 se puede presentar las características de este dispositivo.



**Figura 13- 2:** Ventilador

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021.

**Tabla 13-2:** Características del ventilador.

Descripción	Características
Voltaje de alimentación	24 V en CC
Potencia	5 W

**Fuente:** Etiqueta del ventilador,2007.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021

### 2.1.3.13 Relé de estado sólido.

Es un elemento que permite aislar eléctricamente el circuito de entrada o mando y el circuito de salida como muestra la figura 14-2, en donde tiene un indicador de encendido del Relé. Sirve para la activación de un foco que está dentro del proceso de control de temperatura (Omron Electronics SA 2001, p. 1). Las características de este elemento se muestran en la tabla 14-2.



**Figura 14- 2:** Relé de estado sólido.

**Realizado por:** Guevara D & Tibanquiza S,2020.

**Tabla 14-2:** Características del relé de estado sólido.

Descripción	Características
Voltaje de alimentación de entrada	3-32 V en CC
Voltaje máximo que controla	24-380 V en CA
Corriente que maneja	0 hasta 40 A
Corriente de activación	15mA @ 12V

**Fuente:** Ficha técnica del relé de estado sólido, 2009.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021.

#### 2.1.3.14 Foco incandescente.

Es un elemento que produce luz y disipa hasta un 90% de la potencia consumida en forma de calor, en la figura 15-2 se muestra este elemento que por su forma disipa más calor por sus partes laterales, debido a esto es el elemento ideal para el control de temperatura que se planea realizar.(Swan et al. 2015, p. 3). En la tabla 15-2 se presenta las características de este elemento.



**Figura 15- 2:** Foco incandescente.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021.

**Tabla 15-2:** Características del foco incandescente.

Descripción	Características
Voltaje de alimentación de entrada	120 V en CA
Frecuencia	60 Hz
Lúmenes	80
Potencia	10 W
Temperatura	Ambiente – 80°

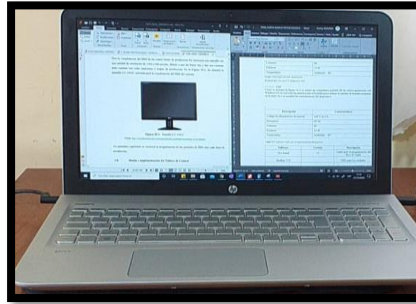
**Fuente:** Ficha técnica del bulbo incandescente,2004.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021

#### 2.1.3.15 HMI.

Como se muestra la figura 16-2 se utilizó un computador portátil HP de octava generación con Windows 10, el cual tiene las prestaciones suficientes para realizar la interfaz de hombre máquina, en la tabla 16-2 se muestra las características del dispositivo





**Figura 16- 2:** Laptop HP.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021.

**Tabla 16-2:** Características del computador portátil HP.

Descripción	Características
Voltaje de alimentación de entrada	120 V en CA
Frecuencia	60 Hz
Tamaño de memoria RAM	12 Gb
Tamaño de memoria ROM	1 Tb
Tipo de procesador	Intel(R) Core (TM) i7-6500U CPU @ 2.50GHz
Tarjeta de video	NVIDIA GeForce 940M @ 2 Gb

**Fuente:** Ficha técnica del computador HP, 2007.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021

#### **2.1.4 Planificación para el desarrollo de la Red**

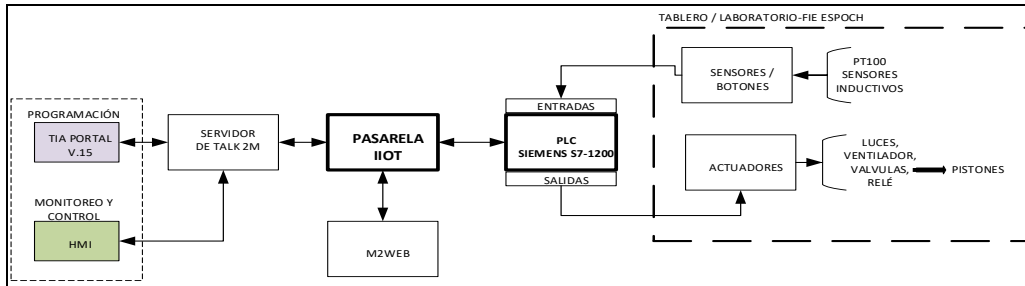
Para el desarrollo del proyecto se realizó las siguientes actividades en la Modulo didáctico:

1. Identificación y revisión de las entradas y salidas del PLC y puertos en donde se van a realizar la conexión de la Red para el acceso remoto.
2. Con la ayuda de cada uno del *software* mencionado con anterioridad se asigna IP al PLC, asignación de IP a la pasarela.
3. Conexión y configuración de la cámara IP para la visualización del proceso mediante imagen. De forma remota
4. Desarrollo de la conexión entre el PLC y el SCADA para el control y monitoreo de los procesos que se encuentran realizando
5. Desarrollo de la interfaz de HMI
6. Conexión entre el PLC, HMI y visualización desde lugar remoto con la ayuda del M2Web.

## 2.2 Etapa de Diseño

### 2.2.1 Diseño de la Red

El esquema general de conexión del proyecto se muestra en la figura 17-2 donde se tiene la topología de la red del proyecto en lo que se refiere a la conexión entre el tablero de trabajo, el PLC y el sistema SCADA y el HMI.

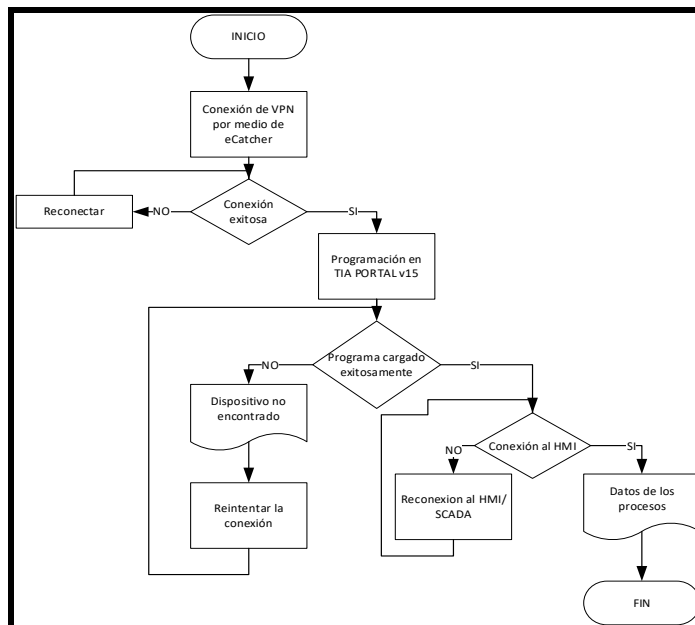


**Figura 17- 2:** Topología del proyecto.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021

El diseño de la red de comunicación del presente trabajo de titulación se basa en la topología Bus de campo, que presenta la característica de tener un canal por el cual se conectan los diferentes dispositivos como: PLC, EWON, PC; además cuenta con una arquitectura simple y con un índice de crecimiento alto en cuanto a estructura se refiere.

El diagrama de flujo de la figura 18-2 muestra cómo se opera la red con la concepción de vista general del sistema del HMI y el sistema SCADA.



**Figura 18- 2:** Diagrama de flujo del proyecto.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021

## 2.2.2 *Diseño del HMI-SCADA*

Para el diseño del HMI se recurrió a la norma ANSI/ISA-101.01-2015: que trata de marcar una serie de convenciones y normas a la hora del diseño y la jerarquía de interfaces HMI, garantizando ergonomía al momento de monitorear los subprocesos.

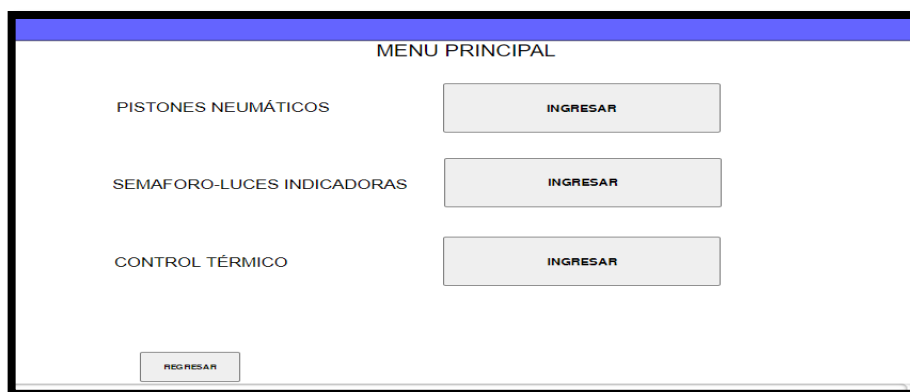
### 2.2.2.1 *Arquitectura*

El diseño del HMI según la norma ISA 101, se debe limitar, ordenar y planear las pantallas que usará el estudiante para ampliar sus conocimientos en automatización:

- Pantalla de proceso, en donde muestra una pantalla por cada proceso que se encuentra para realizarse, los procesos que son: funcionamiento de pistones neumáticos, semáforo, control térmico.
- Sección de alarmas con énfasis en el control térmico en función del nivel de temperatura obtenido con el sensor Pt-100.
- Presenta una pantalla principal con los datos informativos del proyecto y la fecha en que se realizó.

### 2.2.2.2 *Distribución del HMI*

Se genera un diseño general en donde se evidencia el acceso a cada uno de los procesos independientes como muestra la figura 19-2. Para esta distribución también se tomó en cuenta la norma ISA 101.



**Figura 19- 2:** Distribución del HMI.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021

La norma recomienda que los botones para este tipo de procesos agrupar las acciones de control como ingresar a una nueva a pantalla en la parte derecha, y las indicaciones a la izquierda. Para que sea más fácil identificar el menú. La figura 19-2 muestra también como se encuentra la navegación en donde está el botón regresar e ingresar a cada uno de los procesos.

### 2.2.2.3 Uso del color

Los colores son importantes en el diseño del HMI ya que de esto depende la identificación de la comodidad visual que tendrán las personas que acceden al HMI, para identificar cada sección, en la tabla 17-2 se detalla los colores y su utilidad.

**Tabla 17-2: Colores de HMI.**



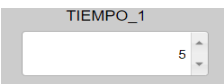
Tipo	Ítem	Color	Descripción
Fondos de pantalla	Sinópticos de área y subárea		gris claro
	Menú		gris oscuro
Estatus de Equipo	Equipo parado		magenta
	Equipo trabajando		Verde
Indicadores	Sensores		verde claro
	Actuadores		naranja
Alarmas	Alarma critica		rojo
	Alarma de advertencia		amarillo
	Mensaje general		celeste
Varios	Títulos de pantalla		negro
	Texto de Fallas		rojo claro
	Texto General		azul oscuro

Realizado por: Guevara, D.; Tibanquiza., S. 2021.

### 2.2.2.4 Comandos y Entradas de Datos

Se define la entrada de datos basado en estándares para ayudar al usuario del HMI a configurar los parámetros de los procesos a controlar y monitorear.

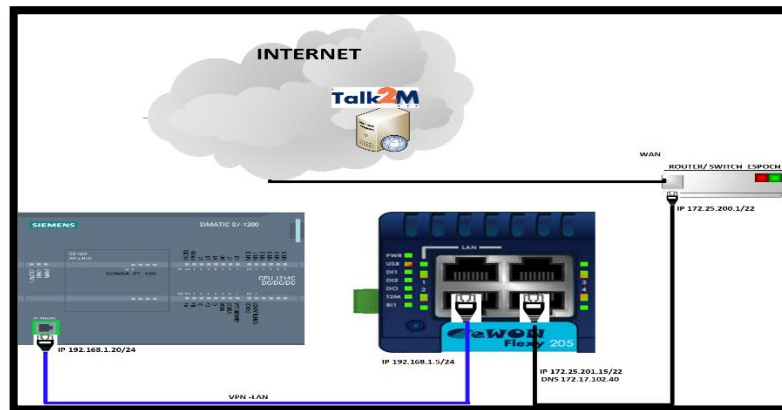
**Tabla 18-2: Entrada de datos de HMI.**

Comando	Descripción	Retroalimentación
	Botón de inicio	Cambio de color del botón al ser presionado
	Botón de paro	Cambio de color del botón al ser presionado
	Caja de texto que da tiempo para el cambio en los semáforos y la temperatura	Set de los tiempos y el set point para el sistema térmico dentro de TIA PORTAL.

Realizado por: Guevara, D.; Tibanquiza., S. 2021.

### 2.3 Configuración de la Red.

A continuación, se detallan los componentes para la conexión entre los equipos que permiten la conexión exitosa de la red se muestra en la figura 20-2 la conexión y la configuración de las direcciones IP del PLC, pasarela industrial y la asignación del VPN.



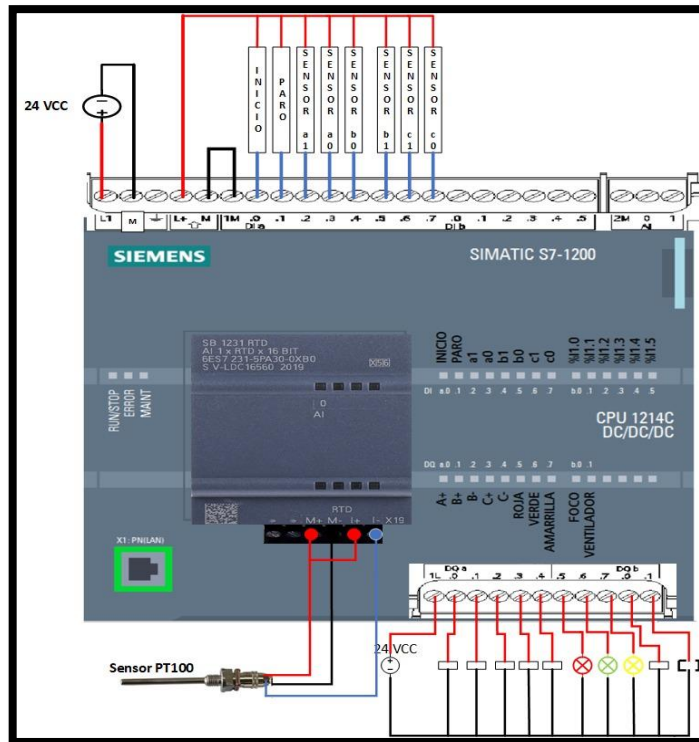
**Figura 20- 2: Conexión de la red.**

Realizado por: Guevara D; Tibanquiza S,2021

#### 2.3.1 Esquema de conexión eléctrica

En la presente etapa se visualizará la conexión eléctrica entre los diferentes elementos que forman el módulo didáctico para el funcionamiento de los tres subprocesos detallados anteriormente.

En la figura 21-2 se presenta el esquema de conexión de los elementos que conforman los 3 subprocesos: neumáticos, luces indicadoras y control térmico, se muestra la topología de conexión de los elementos como son los sensores, actuadores además de la alimentación eléctrica del PLC.



**Figura 21- 2:** Topología de conexión del PLC.

Realizado por: Guevara D; Tibanquiza S,2021

El PLC SIEMENS S7-1200 1214C DC/DC/DC el cual funciona con corriente continua (DC), tiene 14 entradas y 10 salidas, con un módulo 1231 RTD para la lectura de sensores de temperatura (2-3-4 hilos).

El PLC tiene entradas L1 y M que sirven para la alimentación del PLC directamente con una fuente de 24V DC los cuales son proporcionados por una fuente de 24V a 5A.

- La entrada %I0.0 se conectará a un pulsador normalmente abierto
- La entrada %I0.1 se conectará a un pulsador normalmente cerrado.

### 2.3.1.1 Esquema de conexión Subproceso Neumático.

En la tabla 19-2 Conexión sensores-entrada, presenta la conexión de los elementos que conforman el subproceso Neumático, son las señales de entrada al PLC.

- Las entradas %I0.2, %I0.3, %I0.4, %I0.5, %I0.6, %I0.7 se conectarán a la señal de los sensores magnéticos.

- Para la lectura del sensor de temperatura (PT100) se utilizó un módulo SB 1231 RTD el cual sirve para la lectura del sensor de temperatura Pt100 (2-3-4 hilos) que en este caso fue de 3 hilos y su conexión está representada en la figura 21-2.

**Tabla 19-2:** Conexión sensores-entrada.

Sensor	Entrada
a1	%I0.2
a0	%I0.3
b1	%I0.4
b0	%I0.5
c1	%I0.6
c0	%I0.7

**Realizado por:** Guevara, D; Tibanquiza., S. 2021.

En la tabla 20-2 Conexión movimiento de pistones-salida, presenta la conexión de los elementos que conforman el subproceso Neumático, son las señales de salida del PLC.

- Las salidas %Q0.0, %Q0.1, %Q0.2, %Q0.3, %Q0.4 se conectarán al bloque de válvulas para activar o desactivar cada bobina que realizara el proceso de enclavado y desenclavado.

**Tabla 20-2:** Conexión movimiento de pistones-salida.

Válvula	Salida
A+, A-	%Q0.0
B+	%Q0.1
B-	%Q0.2
C+	%Q0.3
C-	%Q0.4

**Realizado por:** Guevara, D; Tibanquiza., S. 2021.

### 2.3.1.2 Esquema de conexión Subproceso de Luces Indicadoras.

En la tabla 21-2 Conexión lampara-salida, presenta la conexión de los elementos que conforman el subproceso Luces Indicadoras, son las señales de salida del PLC.

- Las salidas %Q0.5, %Q0.6, %Q0.7 se conectarán al positivo de las lámparas, cada salida tiene una lámpara de diferente color.

**Tabla 21-2:** Conexión lámpara-salida.

Indicador	Salida
Roja	%Q0.5
Verde	%Q0.6
Amarrilla	%Q0.7

**Realizado por:** Guevara, D. & Tibanquiza., S. 2020.

### 2.3.1.3 Esquema de conexión Subproceso Control Térmico.

En la tabla 22-2 Conexión control térmico-salida, presenta la conexión de los elementos que conforman el subproceso Control Térmico, son las señales de salida del PLC.

- La salida %Q1.0 se conectará a la entrada número 2 del relé de estado sólido.
- La salida %Q1.2 se conectará al pin positivo del ventilador.

**Tabla 22-2:** Conexión control térmico-salida.

Control térmico	Salida
Foco	%Q1.0
Ventilador	%Q1.1

**Realizado por:** Guevara, D; Tibanquiza., S. 2021.

### 2.3.2 Herramientas software de desarrollo

Se utilizaron 4 herramientas de desarrollo para la programación, comunicación y diseño de la red las cuales están descritas a continuación.

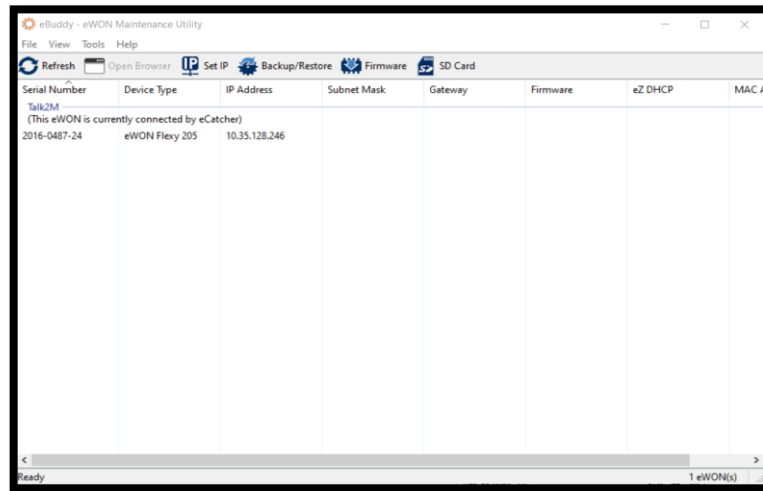
#### 2.3.2.1 eBuddy

El entorno de eBuddy sirve para establecer la conexión entre el computador PC hasta el Gateway IIOT, mediante el software se pudo ingresar y cambiar la dirección IP del Gateway EWON para realizar un registro en función de las redes que previamente se configuraron en el PLC.

A continuación, en la figura 22-2 se puede observar el entorno de eBuddy que permite acceder al EWON ya que podemos observar si tenemos algún dispositivo conectado o que está listo para su

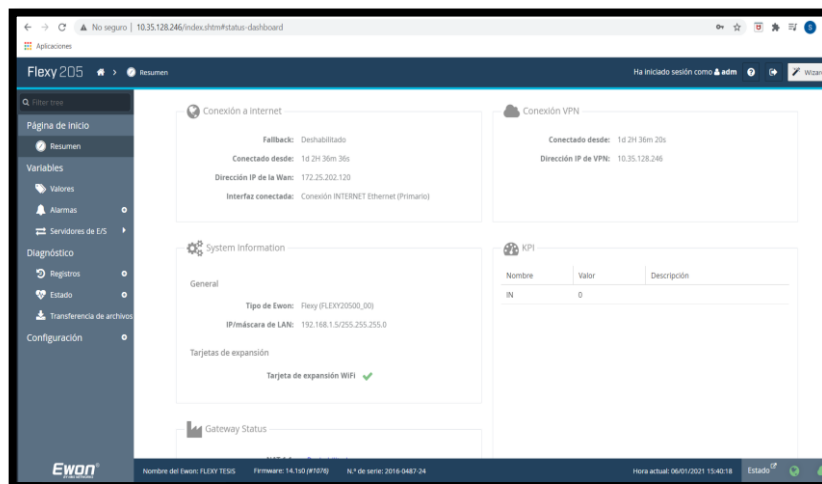


uso, en eBuddy se realizó el acceso al entorno de programación del EWON como se observa en la figura 23-2



**Figura 22- 2:** Entorno software eBuddy.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021



**Figura 23- 2:** Entorno EWON FLEXY.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021

### 2.3.2.2 eCatcher

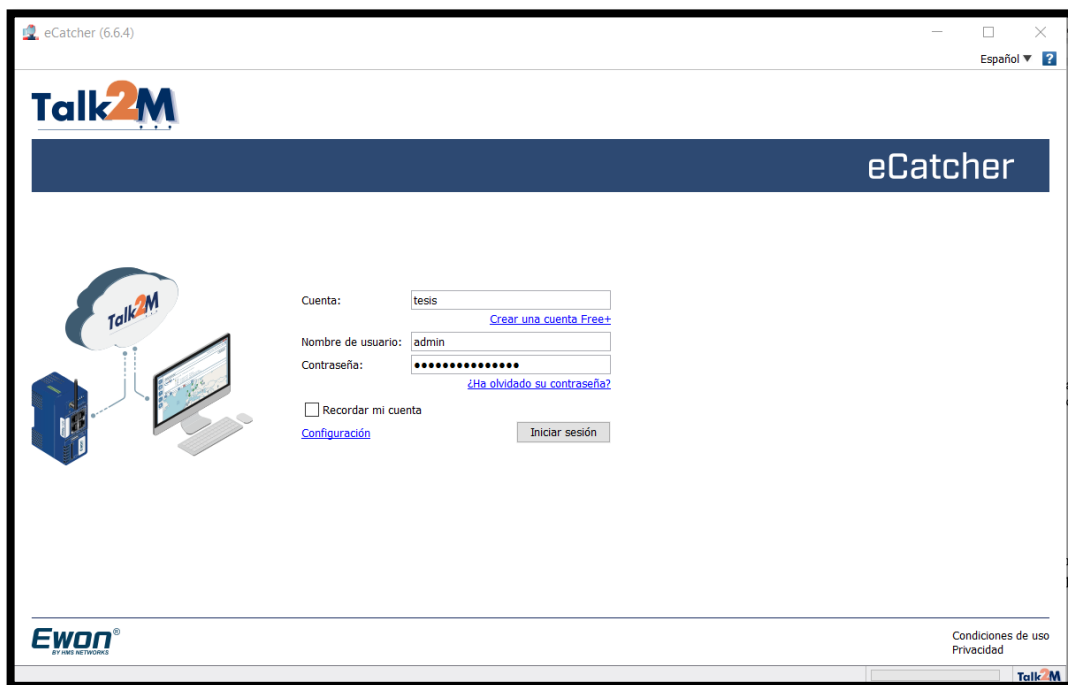
Es el software de acceso remoto de Talk2M que permite la administración de su cuenta de Talk2M y la conexión dentro de un entorno de alta seguridad a todos sus dispositivos ubicados en la LAN de Ewon.

La administración de la cuenta Talk2M cubre opciones como:

- Creación de nuevos y/o dispositivos Ewon.
- Modificación de la configuración (como información personal, permisos o niveles de seguridad del dispositivo) de usuarios existentes y/o dispositivos Ewon.
- Control de seguridad y privacidad de la cuenta.
- Informes de conexión.

La conexión dentro de un entorno altamente seguro está garantizada por un túnel VPN entre, por un lado, el dispositivo Ewon y un servidor Talk2M y, por otro lado, un servidor Talk2M y el usuario.

Esta conexión se utiliza para obtener un acceso remoto a nuestros dispositivos (PLC, cámara IP) y realizar un monitoreo remoto en esos dispositivos, en la figura 24-2 se puede observar la forma de ingresar al servidor Talk2M con la ayuda de eCatcher.



**Figura 24- 2:** Ingreso a eCatcher.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021

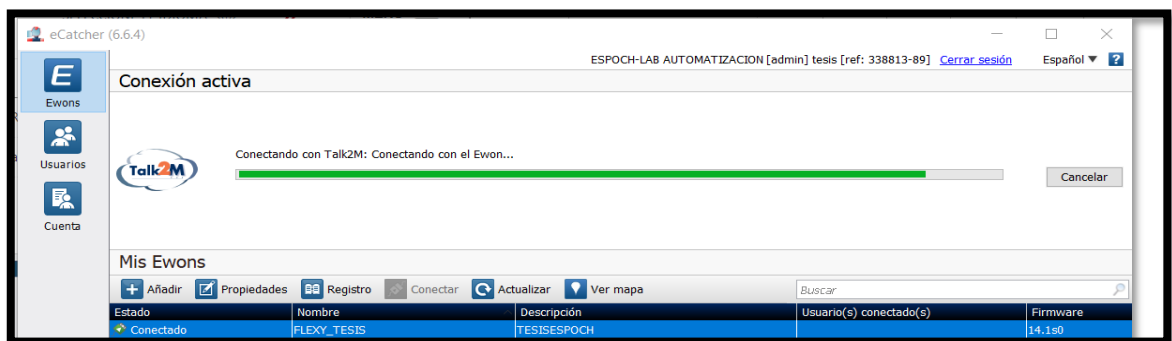
En la figura 25-2 se observa el entorno de eCatcher en el cual podemos realizar la conexión por medio del túnel VPN a través de internet siempre y cuando tengamos acceso a una computadora e internet.



**Figura 25-2:** Entorno de eCatcher.

**Realizado por:** Guevara D & Tibanquiza S,2020

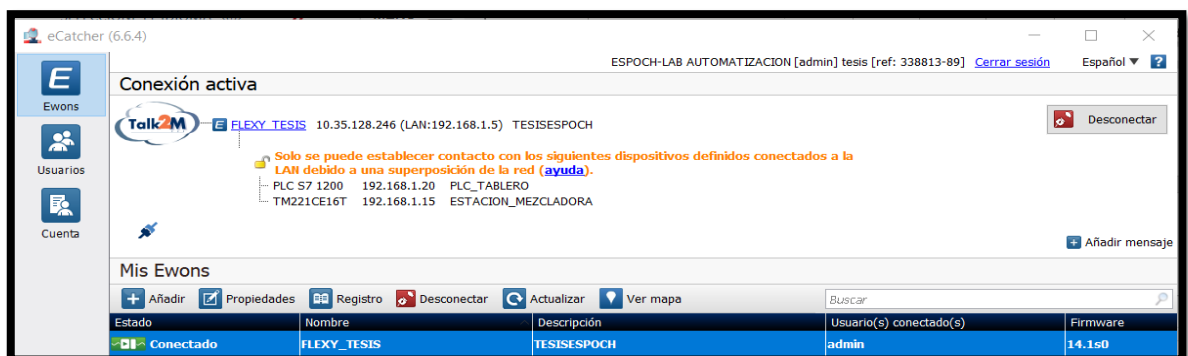
A continuación, en la figura 26-2 se realiza la conexión del computador a través del túnel VPN con el dispositivo Ewon desde una locación remota Ambato, el equipo Ewon se encuentra en la ciudad de Riobamba, en el laboratorio de automatización de la facultad de informática y electrónica FIE de la institución ESPOCH.



**Figura 26 -2:** Entorno de eCatcher.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021

Por último, se observa la conexión con el PLC SIEMENS S7-1200 que tiene una dirección IP 192.168.1.20, también destacar que el dispositivo Ewon debe estar en la misma red por lo que su dirección IP 192.168.1.5, está en la misma LAN que el PLC.



**Figura 27- 2:** Entorno de eCatcher.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021

En la siguiente tabla 23-2 se podrá visualizar las direcciones IP de cada dispositivo en la red también como la dirección del túnel VPN.

**Tabla 23-2:** Dirección IP de los dispositivos.

Dispositivo	Dirección IP
Ewon-Flexy	192.168.1.5
PLC SIEMES S7-1200	192.168.1.20
PC	192.168.1.25
Dirección VPN	10.35.128.246 (Asignada automáticamente)

Realizado por: Guevara, D; Tibanquiza., S. 2021.

### 2.3.2.3 TIA PORTAL

Es un software que compone todos los componentes de las máquinas para controlar procedimientos y operaciones, al ser un software modular, es posible añadir nuevas funcionalidades que se adaptan a los procesos de la aplicación.

Es perfecto para hardware que utilizan el S7-1200 y S7-1500 ya que es una realidad que los nuevos paneles funcionan mejor con este programa. Además, se obtiene una fácil migración de los proyectos con sistemas ya existentes. Para el proyecto se utilizará la versión TIA PORTAL V15, donde tendrá lugar la secuencia de pistones neumáticos, luces para formar un semáforo y para el sistema de control térmico.

Una vez se ha realizado los Grafcet se puede iniciar a la programación en TIA PORTAL por lo que:

- Se definirá el tipo de PLC a programar en nuestro caso es un SIEMENS S7-1200 1214C DC/DC/DC
- Se crea una tabla de variables para que la programación sea llevada de mejor manera, en la tabla 24-2 se observara las diferentes variables que se utilizó para programar el PLC.

**Tabla 24-2:** Variables PLC.

Nombre	Tipo de Dato	Dirección
INICIO	Bool	%I0.0
PARO	Bool	%I0.1
a1	Bool	%I0.2
a0	Bool	%I0.3
b1	Bool	%I0.4
b0	Bool	%I0.5
c1	Bool	%I0.6

c0	Bool	%I0.7
A+	Bool	%Q0.0
B+	Bool	%Q0.1
B-	Bool	%Q0.2
C+	Bool	%Q0.3
C-	Bool	%Q0.4
ROJA	Bool	%Q0.5
VERDE	Bool	%Q0.6
AMARRILLA	Bool	%Q0.7
M1	Bool	%M0.2
M2	Bool	%M0.3
M3	Bool	%M0.4
M4	Bool	%M0.5
M5	Bool	%M0.6
M6	Bool	%M0.7
MA1	Bool	%M1.0
MA2	Bool	%M1.1
MA3	Bool	%M1.2
SONDA_PT_100	Int	%IW80
temperatura_pt100	Real	%MD4
FOCO	Bool	%Q1.0
VENTILADOR	Bool	%Q1.1
SET POINT	Real	%MD5
t1	Bool	%M1.3
t2	Bool	%M1.4
t3	Bool	%M1.5
MS1	Bool	%M1.6
MS2	Bool	%M1.7
MS3	Bool	%M2.0

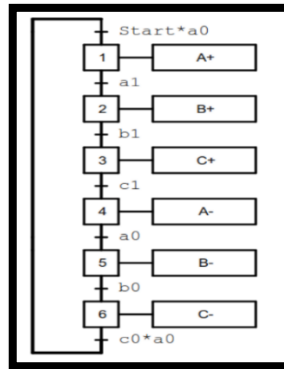
Realizado por: Guevara D; Tibanquiza S,2021

- Subproceso Neumático.

La figura 28-2, presenta el Grafcet que se va a representar en TIA PORTAL para el control de pistones con una secuencia para iniciar se necesita presionar el botón inicio %I0.0 y que el pistón este en la posición A- donde será detectado por a0.

- El primer pistón saldrá hasta la posición A+ donde será detectado por el sensor a1.
- El segundo pistón estará en la posición B- al momento de detectar que A+ y a1 están activos tomará su nueva posición B+ y se encenderá el sensor b1.
- El tercer pistón estará en su posición C-, al detectar que B+ y b1 tomará su nuevo recorrido hasta C+.
- Al detectar que el tercer pistón está en la posición C+ con el sensor c1 activo se comienza con el siguiente movimiento en el primer pisto ahora tomara la posición A- activándose a0.
- El segundo pisto tomara su nueva posición B- con b0, al detectar que el primer pistón está en la posición A- y a0 activo.
- El tercer pistón tomara su nueva posición C- con c0. Al detectar que el segundo pistón está en la posición B- y b0 activo.

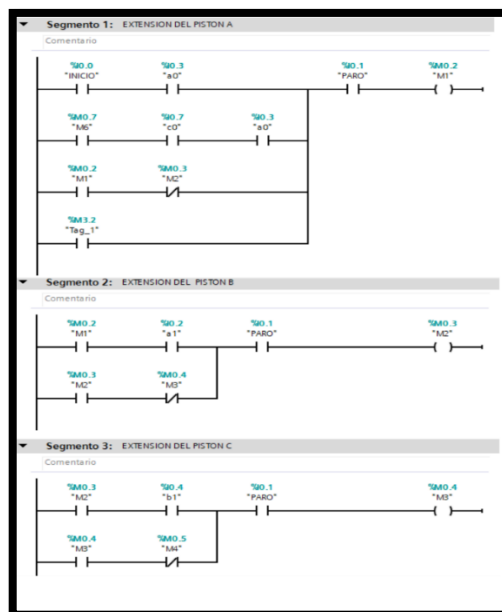
- Este ciclo será infinito ya que por su programación será un ciclo repetitivo don la siguiente secuencia A+, B+, C+, A-, B- y C-.



**Figura 28- 2:** Grafcet secuencia pistones.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2020

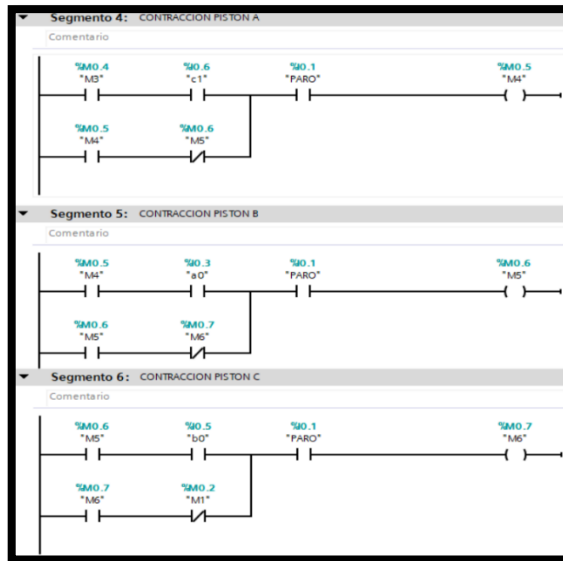
En la figura 29-2, donde se observa la programación en los pistones cuando su movimiento respectivo es A+, B+ y C+.



**Figura 29- 2:** Programación extensión de pistones.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021

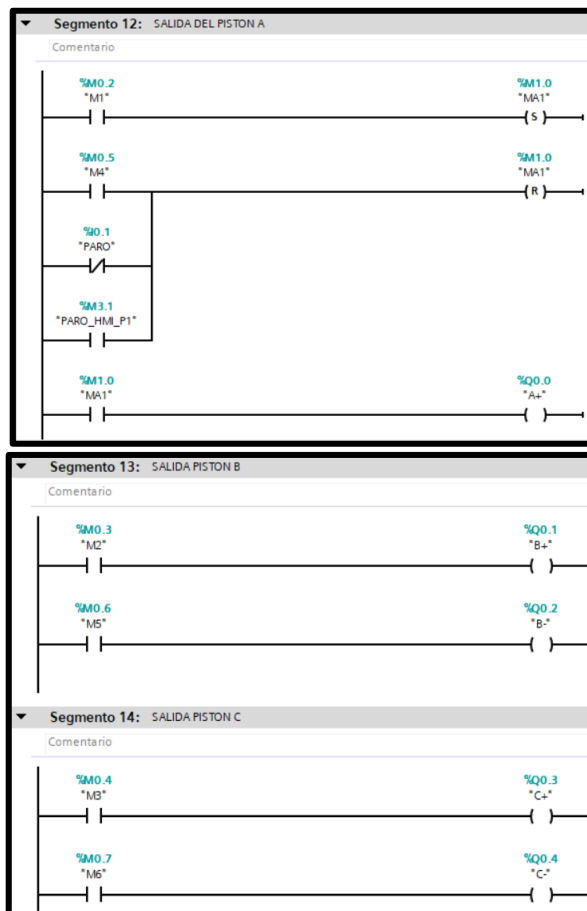
En la figura 30-2 se visualizará la programación en los pistones cuando su movimiento respectivo es A-, B- y C-.



**Figura 30- 2:** Programación contracción de pistones.

Realizado por: Guevara D; Tibanquiza S,2020

En la figura 31-2, se observa como las memorias de cada movimiento del pistón son activadas para las salidas del PLC.



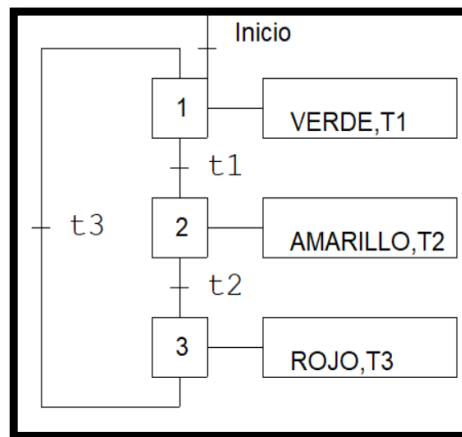
**Figura 31- 2:** Contactos de salida pistones.

Realizado por: Guevara D & Tibanquiza S,2020

- Subproceso Luces Indicadoras

En la siguiente figura 32-2 observamos el Grafcet de un semáforo o un control de luces por tiempo, que iniciara de igual manera con el pulso de inicio de %I0.0 y contará con temporizadores para su funcionamiento a continuación se explicara el funcionamiento de este:

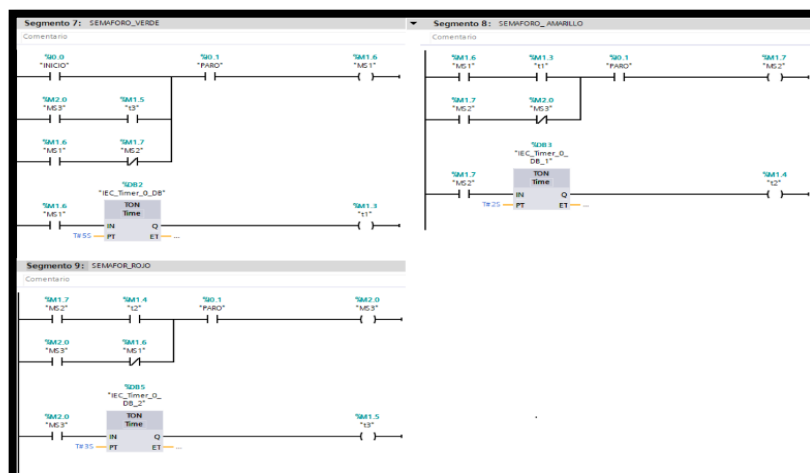
- Una vez se pulsa inicio %I0.0 se da inicio para encender la primera lampara por un tiempo determinado llamado t1.
- Cuando el t1 acaba inicia el encendido de la segunda lampara de color amarillo por un tiempo t2.
- Para finalizar una vez transcurre el t2 se enciende la tercera lampará de color rojo por un tiempo t3 y este ciclo será infinito ya que se tiene un bucle de repetición al final.



**Figura 32- 2:** Grafcet secuencia de lámparas.

Realizado por: Guevara D; Tibanquiza S,2021

En la figura 33-2, se observa la programación con tiempos de encendido y apagado de las lámparas de color verde, amarillo y rojo.

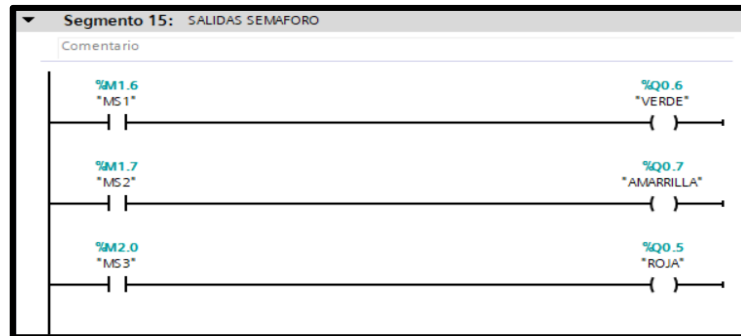


**Figura 33- 2:** Programación contracción de pistones.

Realizado por: Guevara D; Tibanquiza S,2021



En la figura 34-2, se observa como las memorias de cada lampara son activadas para las salidas del PLC.

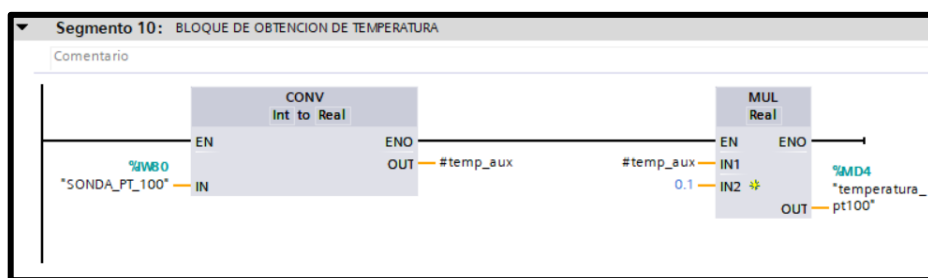


**Figura 34- 2:** Programación contracción de pistones.

Realizado por: Guevara D; Tibanquiza S,2021

- **Subproceso Control Térmico**

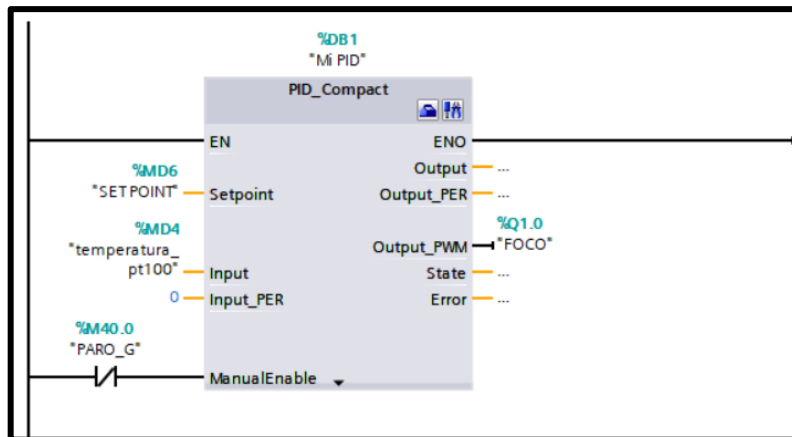
Para el control de temperatura primero se obtendrá el valor de la temperatura con ayuda del SB 1231 RTD como se muestra en la figura 35-2, el valor obtenido ingresa por %IW8.0 que es la entrada por defecto de la SB 1231 RTD ingresa a un bloque de conversión donde su valor entero se convertirá a un valor real y se almacenara en una memoria auxiliar #temp\_aux, pasa a un bloque de multiplicación donde ingresa la memoria auxiliar y se multiplica por un valor de conversión de temperatura en este caso 0.1 y su salida se almacena en una memoria %MD4 para utilizarla para nuestro control PID.



**Figura 35- 2:** Obtención de temperatura.

Realizado por: Guevara D; Tibanquiza S,2021

En la figura 36-2, se utiliza un bloque llamado PID\_Compact que ayudara en el control PID solo se especifica el valor *setpoint* valores de entrada y nuestra salida que será el foco, para su funcionamiento se debe hacer una auto sintonización de puesta en marcha y el bloque PID logrará establecerse en el valor asignado.



**Figura 36- 2:** Bloque PID.

Realizado por: Guevara D & Tibanquiza S,2020

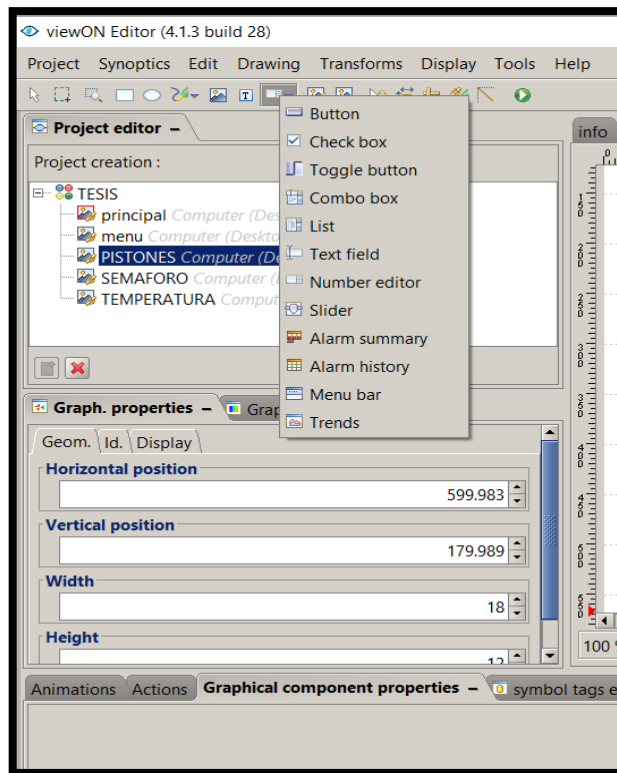
### 2.3.3 Configuración del SCADA-HMI

#### 2.3.3.1 Desarrollo del HMI

El HMI es la interfaz entre la maquina y los usuarios para coordinar y controlar los procesos industriales, una interfaz compuesta por elementos que comandan y muestran los valores propios del proceso además muestran alarmas en caso de existir alguna falla o advertencia.

En función de lo descrito anteriormente en el diseño del HMI se realiza el HMI con el *software* ViewON, ya que este realiza una conexión directa con los tags creadas en la pasarela industrial, además al ser un creador de HMI con código HTML, permite subirlo a la nube y cualquier usuario puede acceder sin que exista un dispositivo físico como un computador actuando como un servidor. Sino el que actúa como servidor es el router industrial Flexy 205.



Para la elaboración de cada una de las pantallas se usó los siguientes objetos que se encuentran dentro del entorno de programación como muestra la figura 37-2, además los objetos se muestran en la tabla 25-2



**Figura 37- 2:** Entorno de programación de View ON.

Realizado por: Guevara D; Tibanquiza S,2021.

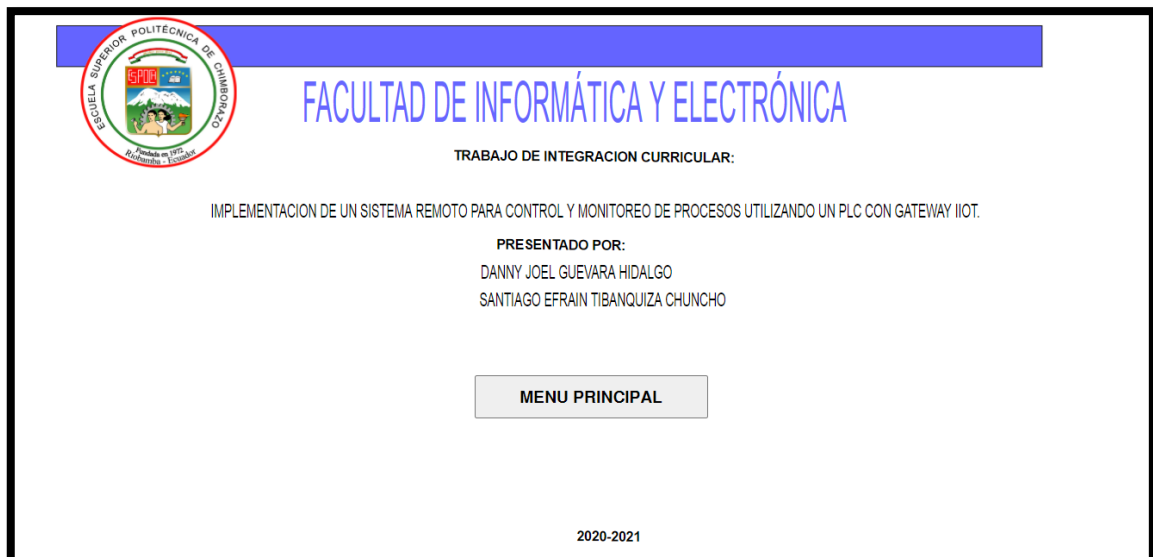
**Tabla 25-2:** Elementos del HMI.

Icono	Objeto	Descripción
	Crear imágenes	Permite añadir imágenes externas al HMI
	Insertar símbolos	Permite insertar objetos animados como pulsadores, actuadores, etc. Estos ya están predefinidos por ViewOn
	Crear componentes gráficos	Crea componentes gráficos como botones, cajas de texto, barra de menús, etc.
	Insertar texto	Permite la inserción de texto dentro del HMI.

Realizado por: Guevara D & Tibanquiza S,2020

- Portada

Tiene los datos del trabajo de integración curricular; además consta con un botón que permite navegar hacia las otras ventanas de menú, como muestra la figura 38-2

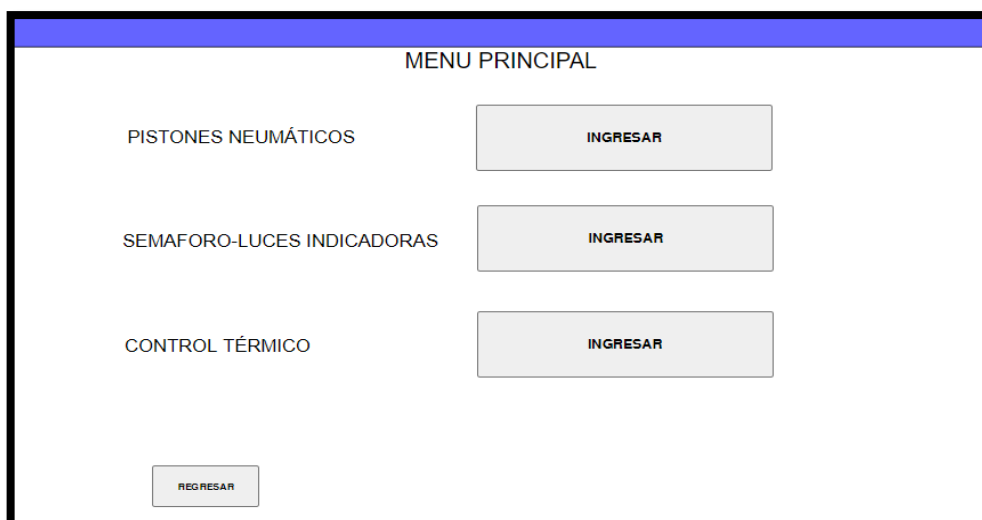


**Figura 38- 2:** Portada.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021

- Menú principal

En esta pantalla se presenta cada uno de los procesos con los que constan la estación de trabajo como muestra la figura 39-2, además presenta 1 botón regresar que permite volver a la portada, cada uno de ellos tiene conexión hacia la otra pantalla de HMI con el proceso que se describe a continuación.



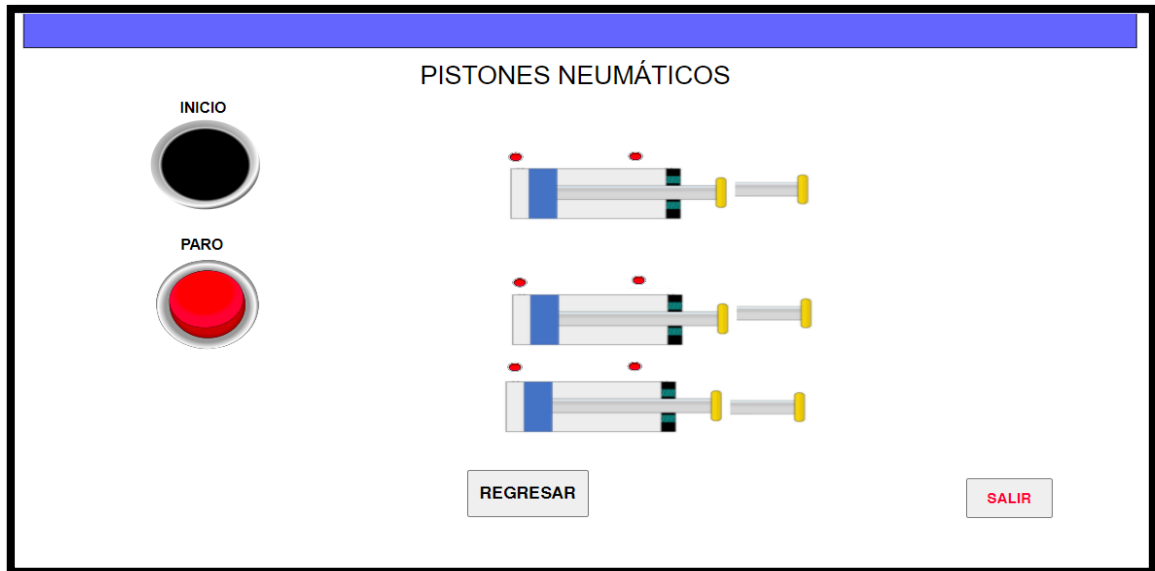
**Figura 39- 2:** Menú principal.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021

- Pistones neumáticos

Se presenta los pistones neumáticos en donde tenemos un inicio y un paro que permite accionar los pistones o detenerles, además constan las animaciones de pistones que permiten visualizar el estado en el que se encuentran, además que presentan los sensores para ver el estado como están

funcionando. Presentan además como muestra la figura 40-2 dos botones de regresar que permite volver al menú principal y también tiene un botón salir que permite salir a la portada.



**Figura 40- 2:** Pistones neumáticos de HMI.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021

- **Semáforo**

Como muestra la figura 41-2 presenta una baliza que simula el semáforo de la estación de trabajo además tiene 2 botones de inicio y paro. Además, presentan una caja de muestra de tiempo en que van a funcionar cada color.



**Figura 41- 2:** Semáforo de HMI.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021

- **Control térmico**

En esta sección se muestra el control térmico que al igual consta de un foco animado en donde muestra cuando se enciende, y también un ventilador, además tiene un botón de inicio para empezar con

sintonización del controlador. Además, tiene un registro en tiempo real de temperatura que sale en forma de grafica como muestra la figura 42-2. Y para facilitar la navegación se tiene el botón regresar al menú principal y salir a la portada



**Figura 42- 2:** Control térmico de HMI.

**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021

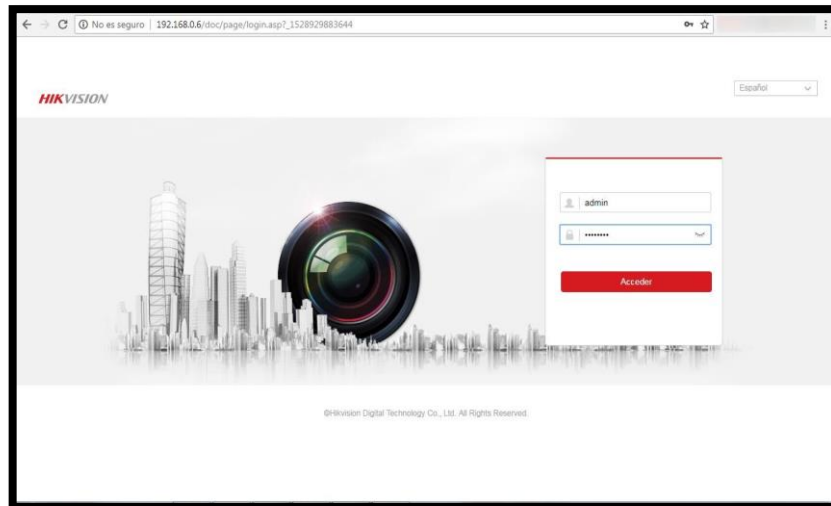
### 2.3.3.2 *Adquisición y transmisión de imagen en tiempo real.*

La imagen es esencial en los procesos de acceso remoto para visualizar el estado en el que se encuentra los procesos productivos o educativos, esto se realiza mediante el uso de cámara IP, con la ayuda del *streaming* vía internet brindado por la empresa de Hik-Connect con la ayuda del programa iVSM-4200 en donde permite al acceso a la imagen desde un computador mediante un puerto HTTP número de puerto 8081. Además, la plataforma consta de una aplicación móvil que permite acceder al *streaming* de la cámara que se encuentra instalada en la estación de trabajo, a continuación, se detalla la configuración

- Asignación de la IP de la cámara.

Se realiza con la ayuda del navegador Internet Explorer el cual se debe entrar al dispositivo mediante cable ethernet con la IP por defecto de fábrica. Para ingresar al dispositivo se debe ingresar la clave y el usuario que vienen definido por defecto de fábrica. Como muestra la figura 43-2.

Una vez dentro del programa se asigna la IP que se encuentran dentro del rango asignado por el router con acceso a internet. En el caso del proyecto la asignación IP



**Figura 43- 2:** Configuración de la red.

Realizado por: Guevara D; Tibanquiza S,2021

## 2.4 Etapa de pruebas

Esta etapa de pruebas tanto de *software* y *hardware* se presenta en el siguiente capítulo, con su respectivo análisis e interpretación de resultados.

## CAPITULO III

### 3. RESULTADOS

En el capítulo presente se muestra los resultados obtenidos de las pruebas ejecutadas. Las pruebas radicaron en la funcionalidad de la red, estabilidad, tiempos de comunicación entre el computador y los dispositivos de acceso remoto, puesta en servicio del proyecto, el consumo de corriente de los dispositivos de la estación de trabajo y finalmente el análisis de costo del proyecto de integración curricular.

Tomando en consideración el cálculo del numero de muestras en base a la ecuación 1-3, en donde se estima un tamaño poblacional basado en la actividad del proyecto en la subida del sistema 3 veces por cada hora durante 4 horas.

**Ecuación 1-3** Cálculo del tamaño de la muestra finita

$$n = \frac{1}{e^2 \cdot (N - 1) \cdot Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra buscada

N: Tamaño de la población o universo

Z: Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza

e: Error de estimación máximo aceptado

p: Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito)

q = (1 - p): Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

El porcentaje de nivel de confianza está asociado a un numero decimal, en este estudio se consideró dentro del cálculo el 95%, que equivale a un valor de 1.96 obteniendo como resultado una cantidad 10 muestras, para evaluar la comunicación entre los dispositivos.

#### 3.1 Implementación y acondicionamiento del módulo didáctico.

Antes de proceder a realizar las pruebas planteadas anteriormente, se implementó los elementos necesarios para el funcionamiento del módulo didáctico que se encuentra en las instalaciones del Laboratorio de Automatización de la FIE-ESPOCH. En la figura 1-3 se presenta el módulo didáctico en las condiciones que se encontró, frente a la condición actual una vez implementado



y acondicionado los nuevos elementos y dispositivos con los tres subprocesos detallados en el capítulo anterior. A continuación, se presenta las pruebas realizadas.

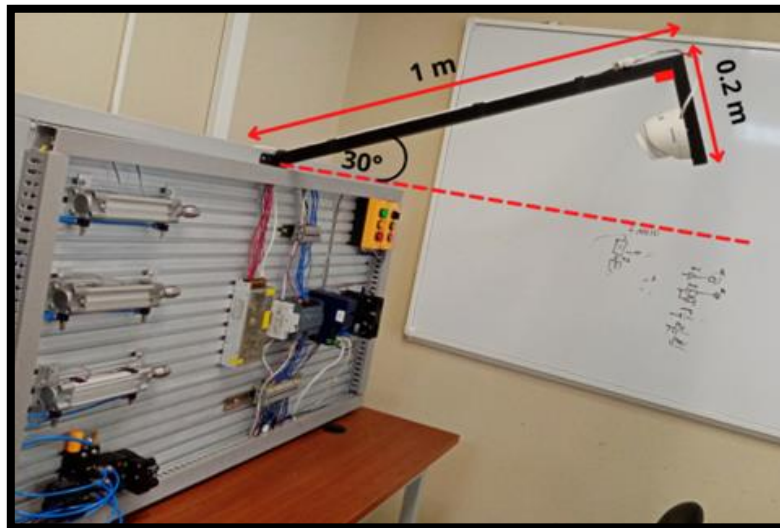


**Figura 1- 3:** Módulo didáctico antes y después.

Realizado por: Guevara D; Tibanquiza S,2021.

### 3.1.1 Ubicación de la adquisición de imagen.

Se realizó un análisis de la localización de la cámara IP, en donde la imagen adquirida sea óptima con respecto al módulo didáctico y cada uno de los subprocesos que este contiene como se muestra en la figura 2-3. En donde se muestra las medidas de la estructura, el largo el ángulo y posicionamiento de la cámara.



**Figura 2- 3:** Ubicación cámara IP.

Realizado por: Guevara D & Tibanquiza S,2021.

### 3.2 Estabilidad de la Red

La prueba consiste en determinar el nivel estabilidad de la conexión de la red del proyecto desde los clientes VPN hasta el Gateway EWON, para esto se realizó un total de 10 pruebas, como muestra la tabla 1-3 arrojando una estabilidad del 100% sin embargo, debido a que se cuenta con una cuenta gratis permite solo una conexión simultánea. Se concluye que la confiabilidad y disponibilidad de la conexión mediante VPN es del 100%.

**Tabla 1-3:** Conexión a la red VPN.

N° de intento	conexión	Dispositivo
1	Exitosa	Laptop
2	Exitosa	Laptop
3	Exitosa	Laptop
4	Exitosa	Laptop
5	Exitosa	Laptop
6	Exitosa	Laptop
7	Exitosa	Laptop
8	Exitosa	Celular
9	Exitosa	Celular
10	Exitosa	Celular

Realizado por: Guevara D; Tibanquiza S,2021

### 3.3 Funcionamiento de la Red

Se realizaron las pruebas de funcionamiento de la red con la prueba ping en el símbolo del sistema CMD para verificar la conexión remota entre Computador, Gateway IIOT y PLC. En la figura 3-3, se puede observar la prueba ping que se realizó desde un computador remoto (Ambato) hasta el Gateway IIOT que está ubicado en el laboratorio de automatización en la FIE-ESPOCH.

```
C:\Users\Danny Guevara>ping 192.168.1.5
Haciendo ping a 192.168.1.5 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.5: bytes=32 tiempo=509ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.5: bytes=32 tiempo=335ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.5: bytes=32 tiempo=334ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.5: bytes=32 tiempo=339ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.1.5:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 334ms, Máximo = 509ms, Media = 379ms
```

**Figura 3- 3:** Test ping Computador-Router.

Realizado por: Guevara D; Tibanquiza S,2021.

Con los datos de la tabla 2-3 se concluye que no existe gran variación con respecto a la media que está en 335.3 ms, que es un valor aceptable para este tipo de conexiones remotas.

**Tabla 2-3:** Ping de conexión entre el computador el Gateway IIOT.

CONEXIONES CON PING				
N°	IP INICIO	IP DESTINO	PAQUETES RECIBIDOS	TIEMPO MEDIO DE COMUNICACIÓN (ms)
1	192.168.2.100	192.168.1.5	4	336
2	192.168.2.100	192.168.1.5	4	335
3	192.168.2.100	192.168.1.5	4	336
4	192.168.2.100	192.168.1.5	4	334
5	192.168.2.100	192.168.1.5	4	335
6	192.168.2.100	192.168.1.5	4	334
7	192.168.2.100	192.168.1.5	4	334
8	192.168.2.100	192.168.1.5	4	335
9	192.168.2.100	192.168.1.5	4	336
10	192.168.2.100	192.168.1.5	4	338
<b>VELOCIDAD PROMEDIO</b>				<b>335,3</b>
DESVIACION ESTANDAR				1,251665557
COEFICIENTE DE VARIACION				0,37%

Realizado por: Guevara D; Tibanquiza S,2021

En la figura 4-3, se puede observar la prueba ping que se realizó desde un computador remoto (Ambato) hasta el PLC que está ubicado en el laboratorio de automatización en la FIE-ESPOCH, se puede evidenciar que no existe pérdida de datos en los paquetes enviados de prueba se puede concluir que la conexión entre estos dispositivos es correcta.

```
C:\Users\Danny Guevara>ping 192.168.1.20

Haciendo ping a 192.168.1.20 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.20: bytes=32 tiempo=335ms TTL=29
Respuesta desde 192.168.1.20: bytes=32 tiempo=335ms TTL=29
Respuesta desde 192.168.1.20: bytes=32 tiempo=335ms TTL=29
Respuesta desde 192.168.1.20: bytes=32 tiempo=336ms TTL=29

Estadísticas de ping para 192.168.1.20:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 335ms, Máximo = 336ms, Media = 335ms
```

**Figura 4- 3:** Test ping Computador-PLC.

Realizado por: Guevara D; Tibanquiza S,2021.

En la tabla 3-3 se puede encontrar los resultados de las pruebas realizadas en donde el coeficiente de variación es menor al 1%, es decir que se mantiene prácticamente todos los valores cercanos a la media de todas las mediciones que se realizaron, entonces se concluye que se va a tardar máximo 350 ms en condiciones normales a las que fueron tomadas las medidas.

**Tabla 3-3:** Ping de conexión entre el computador el PLC remoto.

CONEXIONES CON PING				
N°	IP INICIO	IP DESTINO	PAQUETES RECIBIDOS	TIEMPO MEDIO DE COMUNICACIÓN (ms)
1	192.168.2.100	192.168.1.20	4	345

2	192.168.2.100	192.168.1.20	4	338
3	192.168.2.100	192.168.1.20	4	339
4	192.168.2.100	192.168.1.20	4	337
5	192.168.2.100	192.168.1.20	4	336
6	192.168.2.100	192.168.1.20	4	337
7	192.168.2.100	192.168.1.20	4	336
8	192.168.2.100	192.168.1.20	4	338
9	192.168.2.100	192.168.1.20	4	338
10	192.168.2.100	192.168.1.20	4	338
Velocidad promedio				338,2
Desviación estándar				2,573367875
Coeficiente de Variación				0,76%

Realizado por: Guevara D; Tibanquiza S,2021

### 3.4 Consumo de potencia del proyecto de sistema

Para determinar el consumo de energía del sistema se realizó mediciones de corriente con la ayuda de la pinza amperimétrica FLUKE – 325 como muestra la figura 5-3, esta figura es referencial como se realizó las medidas de los elementos, en el ANEXO C se muestra el *datasheet* de la pinza amperimétrica. Estos datos nos ayudan para determinar y comprobar que el sistema no tenga problemas de energización que lleve a errores posteriores en el funcionamiento de todo el módulo didáctico.



**Figura 5- 3:** Medición realizada del ventilador.

Realizado por: Guevara D; Tibanquiza S,2021.

Como muestra en la tabla 4-3, la corriente de cada dispositivo y la corriente total consumida por el sistema en funcionamiento es de 1570 mA.

**Tabla 4-3:** Valores de consumo de corriente del módulo didáctico.

CONSUMO DE CORRIENTE		
Nº	DISPOSITIVOS	CORRIENTE (mA)
1	ROUTER FLEXY 205	500
2	PLC SIEMENS S7-1200	300

3	VENTILADOR	200
4	RELE SSD	15
5	5 BOBINAS DE ELECTROVALVULAS	200
6	6 SENSORES MAGNETICOS DE PROXIMIDAD	5
7	3 LUCES INDICADORAS	300
8	SENSOR PT100	50
<b>TOTAL, CONSUMO DE CORRIENTE</b>		<b>1570</b>

Realizado por: Guevara D; Tibanquiza S,2021

Con el valor de corriente total se obtuvo la potencia total del módulo bajo la concepción de que el voltaje es constante a 24 V, como muestra la ecuación.

**Ecuación 2-3** Potencia.

$$P = V * I$$

Donde:

V: voltaje de alimentación

I: Corriente

P: Potencia consumida

El valor de potencia es de 37.68 Watts. Por lo que se concluye que la fuente que se encuentra instalada es de 5 Amperios, el sistema consume 1.37 Amperios lo que se concluye que el módulo didáctico no presenta problemas de energización debido que existe una amplia banda de holgura entre lo consumido y lo disponible.

### 3.5 Evaluación del sensor PT-100

El objetivo de la prueba es realizar la comparación de las medidas tomadas con un termómetro de ambiente FLUKE -325 con el sensor PT-100, para determinar la confiabilidad de las medidas tomadas, como muestra la figura 6-3 de la toma de medidas en el subproceso térmico.



**Figura 6- 3:** Medición de temperatura.

Realizado por: Guevara D; Tibanquiza S,2021.

En la tabla 5-3 se evidencia la prueba realizada en donde el error es menor al 1.5% de variación entre un dispositivo de medición y otro, se concluye que el sensor que se encuentra actuando dentro del proceso térmico es confiable para la toma de temperatura para su posterior control.

**Tabla 5-3:** Medición de temperatura.

N°	Medida Fluke	Medida sensor PT100	Error
1	22	21,98	0,02
2	23,6	23,4	0,2
3	22,1	22	0,1
4	25,2	25	0,2
5	26	26	0
6	27	26,9	0,1
7	23,4	23,3	0,1
8	36,1	36,1	0
9	36,01	36	0,01
10	40	40	0
<b>Promedio</b>	28,141	28,068	<b>0,073</b>
<b>Desviación Estándar</b>		0,07972871	
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>		1,09217406	

Realizado por: Guevara D; Tibanquiza S,2021

### 3.6 Análisis de la cámara en tiempo real

El objetivo de esta prueba es determinar la calidad de imagen que brinda la cámara que se encuentra instalada en el laboratorio FIE-ESPOCH, durante el día y durante la noche. Como muestra la figura 7-3, en donde se concluye que es eficiente durante el día y por la noche también muestra imágenes sin embargo al ser de tipo infrarrojo es a blanco y negro.





**Figura 7- 3:** Imágenes en tiempo real.  
**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021.

### 3.7 Análisis de la puesta en servicio del acceso remoto

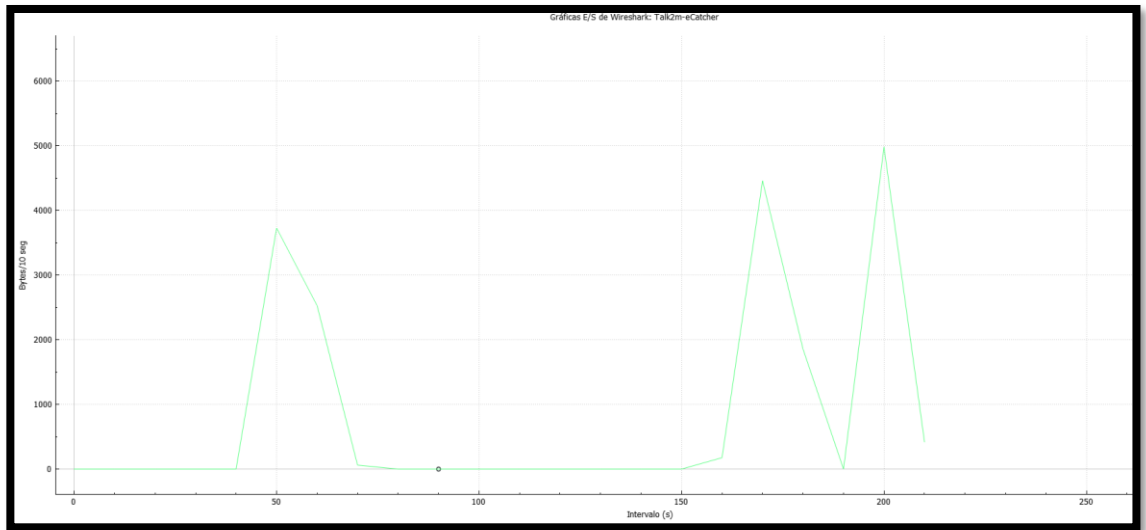
En esta prueba se evidencio la velocidad con la que se carga un programa al PLC de forma remota a través del router industrial Flexy 205, esto se ha realizado con la ayuda de varios *softwares* para programación de PLC siemens 1200 se usó Tia Portal V15, para levantar la red virtual privada (VPN), se utilizó eCatcher es un cliente de VPN propio del Router industrial, a través de Talk2M. Para la captura de los bytes que se sube y la velocidad de transmisión se ha empleado el *software* Wireshark. Dando los siguientes resultados:

Ethernet · 1		IPv4 · 1		TCP · 2		UDP					
Address A	Address B	Packets	Bytes	Packets A → B	Bytes A → B	Packets B → A	Bytes B → A	Rel Start	Duration	Bits/s A → B	Bits/s B → A
10.35.0.180	192.168.1.20	125	18k	125	18k	0	0	0.000000	37.8339		3959

**Figura 8- 3:** Capturas de paquetes de datos de programa al PLC.  
**Realizado por:** Guevara D; Tibanquiza S,2021.

En la figura 8-3 se puede observar la longitud del programa dividido en cada paquete con un tiempo de carga de alrededor de 38 segundos.

En donde la dirección 10.35.0.180 es la dirección virtual del servidor, y la dirección ip 192.168.1.20 pertenece al PLC ubicado en la ciudad de Riobamba en el laboratorio de automatización industrial con una velocidad de transmisión de datos de 3959 bits/s.



**Figura 9- 3:** Análisis de los bytes del programa en el tiempo.

Realizado por: Guevara D; Tibanquiza S,2021.

En la figura 9-3 se evidencia el tráfico de la subida de bytes en el tiempo realizado en la subida de tres programaciones diferentes de las mismas características.

### 3.8 Análisis de costos

En la tabla 6-3 se muestra el análisis económico dividido en 3 subprocesos que detallan sus componentes, la cantidad y sus respectivos precios de la implementación del sistema. Donde se observa que el módulo didáctico tiene un costo total de 2470 dólares americanos (USD).

En donde se concluye que los componentes que son costosos son los dispositivos de control como el PLC y el dispositivo de Router industrial, sin embargo, para la utilidad que se da beneficio es sumamente elevado con relación al costo del proyecto.

**Tabla 6-3:** Costo del módulo didáctico.

Modulo	Componentes	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Adquisición de imagen	Cámara Hik-Vision	1	30	30
	Pt 100	1	18	18



<b>Control térmico</b>	Ventilador 24 VCC	1	15	15
	Relé	1	10	10
	foco	1	2	2
<b>PLC</b>	SB 1231 RTD	1	200	200
	Siemens S7 1200	1	460	460
<b>Router</b>	Ewon-Flexy 205	1	1600	1600
<b>Alimentación</b>	fuelle 24 VCC	1	25	25
	Interruptor termomagnético	1	10	10
<b>Accesorios</b>	Varios	Varios	100	100
<b>Costo Total del Módulo Didáctico</b>				<b>\$ 2470</b>

Realizado por: Guevara D; Tibanquiza S,2021

## CONCLUSIONES

- Se implementó un sistema remoto para controlar y monitorear procesos, con el uso de *Gateway IIOT* para un módulo didáctico que se encuentra en el laboratorio de FIE-ESPOCH el cual consta de 3 subprocesos: neumático, luces indicadoras y control térmico.
- Una vez analizado los requerimientos del sistema tanto *software* y *hardware* se prioriza la obtención de los elementos físicos para comenzar con las pruebas sean estas de funcionamiento, conectividad y puesta en servicio.
- De las pruebas de conectividad entre el PLC y el cliente VPN, que es un ordenador con el *software* eCatcher los tiempos de latencia son: máximo 345 ms y el mínimo 334 ms. Por lo que se concluye que el tiempo es el indicado y aceptable para realizar la programación del PLC de forma remota.
- De la prueba de conexión al Gateway IIOT, la latencia para la conexión se encuentra en una media de 335.3 ms, además no se pierden ningún paquete de datos enviados, por lo que la red se encuentra funcional y lista para ser utilizada para el acceso del HMI-SCADA.
- De la prueba de calidad de imagen se obtuvo que durante el día se puede visualizar de forma óptima la imagen. En la noche la cámara a tener visión nocturna permite la visualización mediante infrarrojo que da una imagen a escala de grises.
- El tiempo de subida de un programa hacia el PLC es alrededor de 38 segundos con una velocidad de transmisión de datos de 3960 bits/s estos datos son obtenidos del *software* Wireshark que permite ver el tráfico de red de la VPN.
- La escalabilidad del sistema en función de los dispositivos conectados depende del número de puertos del *Gateway IIOT*, pero gracias al enrutamiento del equipo es necesario que las direcciones IP estén asignadas en la misma subred.

## RECOMENDACIONES

- En el caso de querer acceder más de una persona simultáneamente se recomienda que, se adquiera una cuenta “PRO” en Talk2M para que permita acceso simultáneo de más de un usuario a la red del proyecto y además tener servicio de red virtual privada.
- En el caso que exista fallos de energía eléctrica se recomienda que se incorpore un sistema de *Backup* eléctrico para que el proyecto se encuentre en constante funcionamiento.
- Incorporar un HMI físico para que pueda ser manipulado sin el uso de un computador, con mucha más facilidad y velocidad de transmisión de órdenes.
- Implementar una cámara de visión nocturna con colores que existen en la actualidad para que el módulo sea utilizado durante la noche en las mismas condiciones que durante el día.
- Para evitar la dependencia de los servidores de la empresa Talk2M, se puede implementar unos servidores propios para el manejo de datos.

## BIBLIOGRAFÍA

**ALONSO-CALPEÑO, M.J., SANTANDER-CASTILLO, J., RAMÍREZ-CHOCOLATL, Y. y ALANIS-TEUTLE, R.,** "Cómputo en la niebla aplicado a la manufactura inteligente bajo el contexto de la industria 4.0: Desafíos y oportunidades". *Revista de Computo Aplicado* [en línea], 2019, (España), vol. 3, no. 11, pp. 16-27. DOI 10.35429/jca.2019.11.3.16.27. Disponible en: [https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Computo\\_Aplicado/vol3num11/Revista\\_de\\_Computo\\_Aplicado\\_V3\\_N11\\_3.pdf](https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Computo_Aplicado/vol3num11/Revista_de_Computo_Aplicado_V3_N11_3.pdf).

**CARRION, K.F.,** *DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE RED LAN IEC 61850 PARA SU IMPLEMENTACIÓN COMO MEDIO DIDÁCTICO EN SIMULACIÓN DEL CONTROL DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.* (trabajo de titulación) [en línea]. S.l.: Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.2018. Disponible en: [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14561/TRABAJO\\_DE\\_TITULACION\\_Klever\\_Carrión\\_G.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14561/TRABAJO_DE_TITULACION_Klever_Carrión_G.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**CISCO.** Descripción general de Ethernet Ethernet: estándares e implementación Estándares de IEEE [blog], 2017. [Consulta: 14 de enero 2021], Disponible en: <http://blog.utp.edu.co/ee973/files/2012/04/capitulo09-ethernet.pdf>.

**DRA CARMEN BERENICE YNZUNZA-CORTÉS, I., MANUEL IZAR-LANDETA, J., JACQUELINE GUADALUPE BOCARANDO-CHACÓN, D., AGUILAR-PEREYRA, F. y EN MARTÍN LARIOS-OSORIO, M.I.**" El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras Implications and Perspectives of Industry 4.0". *ConCiencia Tecnológica*, [en línea],2017,(España), N°. 54 (julio-diciembre), págs. 33-45, no. 8, pp. 33-45. [Consulta: 4 de febrero 2021] ISSN 1405-5597. Disponible en:<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6405835&info=resumen&idioma=ENG%0Ahttps://dialnet.unirioja.es/servlet/articuloodigo=6405835&info=resumen&idioma=SPA%0Ahttps://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6405835>.

**EWON, F.** *Flexy 205 for Industrial Data Solutions*, 2019, pp. 1-2.

**EXPÓSITO, C.D. y MARSOLLIER, R.G.**. "Virtualidad y educación en tiempos de COVID-19. Un estudio empírico en Argentina". *Educación y Humanismo* [en línea], 2019, vol. 22, no. 39, pp. 1-22. [Consulta: 07 de diciembre 2020]. ISSN 0124-2121. DOI 10.17081/eduhum.22.39.4214.

**FILALI-YACHOU, S., GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, C.S. y LECUONA-REBOLLO, C.** "HMI/SCADA standards in the design of data center interfaces: A network operations center case study". *Dyna* [en línea], 2015 vol. 82, no. 193, pp. 180-186. [Consulta: 05 de diciembre 2020]. ISSN 0012-7353. DOI 10.15446/dyna.v82n193.53494.

**GALLO CASTILLO, T.L.,** *DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE INTERNET INDUSTRIAL DE LAS COSAS APLICADO AL LABORATORIO DE PLC'S DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE AUTOMATIZACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.* (trabaj de titulación) (Ingeniería) [en línea]. S.l.: ESPOCH. Riobamba- Ecuador. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/9228/1/20T01093.pdf>.

**GARRELL GUIU, A. y GUILERA AGÜELLA, L.**. *La industria 4.0 en la sociedad digital.* [en línea], Barcelona-España: Marge Books, 2019 pp. 227. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=YnSIDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA51&dq=logistica+era+>

digital&ots=tdk8rF605s&sig=ozkavXJ41sl-9DL00uRDwfWRExQ#v=onepage&q=logistica era digital&f=false.

**JOS, F., PROF, V. y GUILL, X.V.** *Tecnologías de comunicación en tiempo real en entornos de automatización industrial* [blog]. Catalunya, 2020, Disponible en: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/106146/8/fjmosqueiraTFM0120presentación.pdf>.

**L.A.BRYAN; y E.A.BRYAN**, 1997. *CONTROLLERS* [en línea]. Segunda ed. S.l.: s.n, USA, 1997, ISBN 094410732X. Disponible en: <http://www.kelm.ftn.uns.ac.rs/literatura/pdms/ProgrammableControllers.pdf>.

**LEE, J., KAO, H.A. y YANG, S.** "Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment". *Procedia CIRP* [en línea], USA, 2014, vol. 16, pp. 3-8. [Consulta: 25 de enero 2020] ISSN 22128271. DOI 10.1016/j.procir.2014.02.001. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2014.02.001.pdf>.

**LÓPEZ, J.C.** Estructura, funcionamiento y aplicación de las Cámaras IP [en línea] (Trabajo de Titulación). (Licenciatura). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Mexico. 2007. pp 20- 21. [Consulta: 2021-01-12]. Disponible en: [http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/1747/Estructura, funcionamiento y aplicación de las cámaras IP.pdf?sequence=1](http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/1747/Estructura,_funcionamiento_y_aplicación_de_las_cámaras_IP.pdf?sequence=1).

**NATH, C. y ELOY FABRICIO.** Estudio y Análisis del protocolo IEEE 802.11ah para el desarrollo del Internet de las cosas (IoT) en el sector industrial. [en línea](Trabajo de Titulación).(Ingeniería). UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL, Guayaquil, Ecuador. 2020. pp 29- 30. [Consulta: 2021-01-12]. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/14272>.

**OMRON ELECTRONICS SA.**"RELÉS DE ESTADO SÓLIDO SSRs". *OMRON ELECTRONICS* , vol. 1, n° 152 (2001),(Mexico) pp. 1-26.

**PÉREZ-MOLINA, C., GOMEZ, M.J.A., GIL, R., ORUETA, G.D., SANCRISTOBAL, E., MARTIN, S., TAWFIK, M., CASTRO, M., PESQUERA, A. y LORO, F.G.,** 2013."Controladores industriales inteligentes". *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*, vol.15, n° 2 (2013), (España) pp. 1-21.

**PÉREZ LÓPEZ, E.**"Los sistemas SCADA en la automatización industrial". *Revista Tecnología en Marcha* [en línea], 2015,(Mexico) pp. 3-4. ISSN 0379-3982. Disponible en: DOI 10.18845/tm.v28i4.2438.

**PLC, H.D.E.L.**(1973).Historia Del Plc. [en línea],Recuperado de: [http://www.industriaynegocios.cl/Academicos/AlexanderBorger/Docts Docencia/Seminario de Aut/trabajos/vespertino 2005/PLC/documentos/HISTORIA DEL PLC1.htm](http://www.industriaynegocios.cl/Academicos/AlexanderBorger/Docts_Docencia/Seminario_de_Aut/trabajos/vespertino_2005/PLC/documentos/HISTORIA_DEL_PLC1.htm).

**QUEZADA QUEZADA, J.C., FLORES GARCÍA, E., GONZÁLEZ CADENA, M. y BAUTISTA LÓPEZ, J.** "Sistema HMI-PLC-ADF- Motor CA para control de velocidad". *Ingeniería Investigación y Tecnología* [en línea], 2018, (Mexico), pp. 1-15. [Consulta: 25 enero 2021].ISSN 14057743. Disponible en: DOI 10.22201/fi.25940732e.2018.19n4.040.

**SIEMENS SIMATIC,**SIMATIC S7 Controlador programable S7-1200 Manual de sistema. , 2014, [Consulta: 2021-01-10]

**SWAN, J., WOODWARD, H., EVANS, M., LINDSAY, J.B. y SAWYER, W.** *Edison y la lámpara incandescente Una idea brillante* [en línea]. Córdoba-Argentina:EPEC,2015. [Consulta: 20 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.epec.com.ar/docs/educativo/institucional/fichaedison.pdf>.

**TERZARIOL, L.** *Elementos y Equipos Electronicos* [en línea]. Cordoba-Argentina, 2010. [Consulta: 2021-01-10]. Disponible en: [http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electrotecnia/cat/eye\\_archivos/apuntes/a\\_practico/Cap6Pco.pdf](http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electrotecnia/cat/eye_archivos/apuntes/a_practico/Cap6Pco.pdf).

**TRIANA ANDRADE, M.G.**, IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO DE PRÁCTICAS DE AUTOMATIZACIÓN A TRAVÉS DE UN MÓDULO DIDÁCTICO CON EL PLC S7-1200 PARA EL CONTROL DE INTERCAMBIADOR DE CALOR(Trabajo de titulación).Universidad Teécnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador. 2017. pp 26- 27. [Consulta: 2021-02-16].. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4655/1/PIM-000131.pdf>.

**ANEXOS**

**Anexo A: PASTA**



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**“IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA REMOTO PARA CONTROL Y MONITOREO DE PROCESOS UTILIZANDO UN PLC CON GATEWAY IIOT.”**

**Trabajo de titulación**

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**AUTORES:**

GUEVARA HIDALGO DANNY JOEL.

TIBANQUIZA CHUNCHO SANTIAGO EFRAIN.

Riobamba – Ecuador

2021

**Anexo B: PORTADA**



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

### **CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

#### **“IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA REMOTO PARA CONTROL Y MONITOREO DE PROCESOS UTILIZANDO UN PLC CON GATEWAY IIOT.”**

**Trabajo de titulación**

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**AUTORES: GUEVARA HIDALGO DANNY JOEL.**

**TIBANQUIZA CHUNCHO SANTIAGO EFRAIN.**

**DIRECTOR: Ing. MARCO ANTONIO VITERI BARRERA.**

Riobamba – Ecuador

2021



# Anexo C: Hoja de datos Gateway Flexy -205

## Flexy 205

IIoT Gateway and Remote Access Router

**Data Acquisition**

- Support all major PLC protocols (Siemens, Rockwell, Mitsubishi, Schneider and many others + Modbus, OPC UA, BACnet/IP)
- Enable alarming, machine IPIs, historical logging

**Data Logging and Retrieval**

- Log up to one million time-stamped data values.
- Logged files can be easily retrieved or sent for data aggregation and analysis using HTTPS, MQTT or FTP

**E-mail & SMS Notifications**

- Configure alarms on key parameters.
- Send notifications by e-mail or SMS using Talk2M services.

**OPC UA**

- Embedded to offer easy-to-deploy data integration within factories.

**Local Dashboard**

- Embed web dashboards (HMTLS) to present real-time machine data.
- Use the M2Web service to monitor the dashboards from smartphones or tablets.

**Programmable using Basic Scripting or JAVA**

- Customize your gateway with Basic Scripting.
- Develop a Java application for advanced features such as adding a custom I/O driver, optimizing your application or to integrate with 3rd party applications.

**Secure Remote Access**

- Allow service engineers to troubleshoot and tune equipment without going on site.
- Secure VPN Remote Connectivity using the built-in Ethernet, Wifi or Cellular (extension cards).

**Modular router**

- 2 slots available to insert extension cards and benefit from wide flexible connectivity.

"Software as a Service"  
"Connectivity as a Service"

**Remote Services**

Added value through Solution Partners

Flexy 205 is tested and validated as a Partner Enabled Product within the AWS Solution Partner Program.

Your business application

Read your machine's data from your Business Intelligence application software

Connect with cloud platforms

**Remote Data**

Remote Data provides advanced data services including data logging and retrieval, alarm and emissions setup and local IPIs. This solution makes performance monitoring proactive maintenance possible.

**Remote Access**

Program and troubleshoot PLCs remotely from your PC using Talk2M VPN client software and your automation app using eCatcher Mobile (iOS, Android).

Monitor your installation by accessing your HMI, PC, IP camera, web pages, etc. remotely from any web browser using Talk2M HTTPS web portal M2Web.

**Proven with:**

**Layered security approach**

Talk2M ensures high security using the "Layered security approach" also called "Defense in Depth Approach". This approach safeguards information integrity and confidentiality along with information system availability and resilience.

The security of Ester's solution is regularly audited by independent organizations and has obtained the ISO27001 and ISO 27001 certifications.

Policy compliance

Network infrastructure

User and access management

Traffic encryption

Personal






Trust device

**"The first implementation has been so positive that we've decided to equip all our new installations with Flexy 205 as standard."**

*Peter Trauner, Technical Superintendent at DSE Group*

Flexy205	IIoT Gateway and Remote Access Router	
	Switch	Configurable LAN/WAN switch; 4x10/100Mb
	SD card reader	Yes
	Input/Output	2xDI, 1xDO
	Historical logging	1 million Time-stamped points
	Power Supply	12-24 VDC +/-30%, LPS
	Temperature range	-25°C to +70°C
	Marking	CE, RoHS, FCC
	Warranty	36 months
	Product ref.	Flexy205



Anexo D: Hoja de datos PLC-SIEMENS S7-1200

Descripción					
					
<b>MLFB</b>	<b>6ES7212-1BE40-0XB0</b>	<b>6ES7214-1AG40-0XB0</b>	<b>6ES7214-1BG40-0XB0</b>	<b>6ES7215-1AG40-0XB0</b>	<b>6ES7215-1BG40-0XB0</b>
<b>CPU</b>	1212C	1214C	1214C	1215C	1215C
<b>Versión</b>	AC/DC/Relé	DC/DC/DC	AC/DC/Relé	DC/DC/DC	AC/DC/Relé
<b>Alimentación</b>	110/220 VAC	24 VDC	110/220 VAC	24 VDC	110/220 VAC
<b>Memoria de trabajo</b>	75 KB	100 KB	100 KB	125 KB	125 KB
<b>Memoria de carga</b>	1 MB	4 MB	4 MB	4 MB	4 MB
<b>Memoria remanente</b>	10 KB	10 KB	10 KB	10 KB	10 KB
<b>ENTRADAS / SALIDAS INTEGRADAS</b>					
<b>Entradas digitales (DI)</b>	8DI a 24 VDC	14DI a 24 VDC	14DI a 24 VDC	14DI a 24 VDC	14DI a 24 VDC
<b>Salidas digitales (DO)</b>	6DO tipo relé	10DO tipo transistor 24 VDC	10DO tipo relé	10DO tipo transistor 24 VDC	10DO tipo relé
<b>Entradas analógicas (AI)</b>	2AI (voltaje)	2AI (voltaje)	2AI (voltaje)	2AI (voltaje)	2AI (voltaje)
<b>Salidas analógicas (AO)</b>	No	No	No	2AO(VmA)	2AO(VmA)
<b>CAPACIDAD DE AMPLIACIÓN (MÁX.)</b>					
<b>Signal Board</b>	1	1	1	1	1
<b>Módulos de señal</b>	2	8	8	8	8
<b>Módulos de comunicación</b>	3	3	3	3	3
<b>CONTADORES RÁPIDOS INTEGRADOS</b>					
<b>Fase simple</b>	3@100KHz 3@30KHz	3@100KHz 3@30KHz	3@100KHz 3@30KHz	3@100KHz 3@30KHz	3@100KHz 3@30KHz
<b>Fase doble</b>	3@80KHz 3@30KHz	3@80KHz 3@30KHz	3@80KHz 3@30KHz	3@80KHz 3@30KHz	3@80KHz 3@30KHz
<b>Salida de pulsos</b>	N/A	4@100KHz	N/A	4@100KHz	N/A
<b>FUNCIONALIDAD</b>					
<b>Lazos PID</b>	16	16	16	16	16
<b>Datalogging</b>	Si	Si	Si	Si	Si
<b>COMUNICACIÓN</b>					
<b>Comunicación</b>	16 conexiones en total				
<b>Profinet / Industrial Ethernet</b>	Puertos Integrados:1		Puertos Integrados:2		
<b>Profinet</b>	Profinet Controller: Hasta 16 dispositivos Profinet				
<b>Profibus DP</b>	Maestro mediante CM 1243-5: Hasta 16 esclavo Profibus DP				
	Esclavo mediante CM 1242-5				
<b>RS485</b>	Mediante CM 1241 (RS485): Soporta protocolos USS, Modbus RTU Maestro/Esclavo				
<b>RS232</b>	Mediante CM 1241 (RS232): Soporta Modbus RTU Maestro/Esclavo, ASCII, Freeport				
<b>AS-interface (AS-I)</b>	Maestro mediante CM 1243-2: Soporta hasta 62 esclavos AS-I				

<b>Modbus TCP</b>	Hasta 8 equipos en red, mediante puerto Ethernet integrado				
<b>DNP3</b>	Conexión hasta con 4 maestros DNP3. Databuffer hasta 64.000 registros				
<b>WebServer</b>	Si	Si	Si	Si	Si

**Nomenclatura:**  
 DI : Entrada Digital      AI : Entrada Analógica  
 DO: Salida Digital        AO: Salida Analógica  
**Mayor información:**  
 Principal: [www.siemens.com/S7-1200](http://www.siemens.com/S7-1200)

Anexo E: Hoja de datos pinza Amperimétrica Fluke -325

<b>Electrical Specifications</b> <b>AC Current (Jaw)</b> Range 323 ..... 400.0 A 324, 325 ..... (40.00, 400.0) A Resolution 323 ..... 0.1 A 324, 325 ..... (0.01, 0.1) A Accuracy 323, 325 ..... 2.0 % ±5 digits (45 – 65 Hz) ..... 2.5 % ±5 digits (65 – 400 Hz) 324 ..... 1.5 % ±5 digits (45 – 400 Hz) Note: Add 2 % for position sensitivity.		<b>Contact Temperature (324, 325)</b> Range ..... -10.0 °C to 400.0 °C Resolution ..... 0.1 °C Accuracy ..... 1 % ±8 digits Note: Temperature uncertainty (accuracy) does not include error of the thermocouple probe.
<b>DC Current with Jaw (325)</b> Range ..... (40.00, 400.0) A Resolution ..... (0.01, 0.1) A Accuracy ..... 2.0 % ± 5 digits <b>AC Voltage</b> Range ..... 600.0 V Resolution ..... 0.1 V Accuracy (45 – 400 Hz) .. 1.5 % ± 5 digits <b>DC Voltage</b> Range ..... 600.0 V Resolution ..... 0.1 V Accuracy ..... 1 % ±5 digits <b>Resistance</b> Range 323, 324 ..... (400.0, 4000) Ω 325 ..... (400.0, 4000, 40000) Ω Resolution ..... (0.1, 1, 10) Ω Accuracy ..... 1 % ±5 digits Continuity Beeper 323 ..... ≤70 Ω 324/325 ..... ≤30 Ω <b>Capacitance (324, 325)</b> Range ..... (100.0, 1000) μF Resolution ..... (0.1, 1) μF Accuracy ..... 1 % ±4 digits <b>Frequency with Jaw (325)</b> Range ..... 5.0 to 500.0 Hz Resolution ..... 0.1 Hz Accuracy ..... 0.5 % ±4 digits Trigger Level ..... 5 to 10 Hz, ≥10 A ..... 10 to 100 Hz, ≥5 A ..... 100 to 500 Hz, ≥10 A		<b>Mechanical Specifications</b> Size (L x W x H) ..... (207 x 75 x 34) mm Weight 323 ..... 265 g 324 ..... 208 g 325 ..... 283 g <b>Environmental Specifications</b> Operating Temperature ..... -10 °C to +50 °C Storage Temp ..... -30 °C to +60 °C Operating Humidity ..... Non Condensing (≤10 °C) ..... ≤90 % RH (at 10 °C to 30 °C) ..... ≤75 % RH (at 30 °C to 40 °C) ..... ≤45 % RH (at 40 °C to 50 °C) (Without Condensation) Operating Altitude ..... 2000 meters Storage Altitude ..... 12,000 meters EMI, EMC Electromagnetic Compatibility ..... Applies to use in Korea only. Class A Equipment (Industrial Broadcasting & Communication Equipment) [1] [1] This product meets requirements for industrial (Class A) electromagnetic wave equipment and the seller or user should take notice of it. This equipment is intended for use in business environments and is not to be used in homes. Temperature Coefficients ..... Add 0.1 x specified accuracy for each degree C above 28 °C or below 18 °C Over Voltage Category ..... CAT IV 300 V, CAT III 600 V Safety Compliance ..... EN/IEC 61010-1, Pollution Degree 2 EN/IEC 61010-2-032 EN/IEC 61010-031:2002/A1:2008 CE Agency Approvals .....  Complies with CAN/CSA-C22.2 No. 61010-1, 2nd edition, including Amendment 1.,  IP Rating ..... IP 30 Per IEC 60529:2001; Non-operating Batteries ..... 2 AAA, NEDA 24A, IEC LR03




ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL  
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS  
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 19/07/2021

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES	
<b>Nombres – Apellidos:</b> GUEVARA HIDALGO DANNY JOEL.	
TIBANQUIZA CHUNCHO SANTIAGO EFRAIN	
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL	
<b>Facultad:</b> INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	
<b>Carrera:</b> INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN	
<b>Título a optar:</b> INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN	
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b>	 <small>Formado electrónicamente por:</small> ELIZABETH FERNANDA AREVALO MEDINA



1352-DBRAI-UPT-2021