



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE GUAYAQUIL**  
**CARRERA DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL AUTOMÁTICO Y  
COMUNICACIÓN MODBUS TCP/IP EN UN PROCESO DE COCCIÓN  
DE CAMARÓN CON PLC'S SIEMENS Y SCHNEIDER**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero en Electrónica

**AUTORES:**

DAVID ERNESTO JATIVA DE LA CRUZ  
JEREMY MAXIMILIANO ESPINOZA AVEIGA

**TUTOR:**

MSc. GEOVANNY GARCÍA

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

2025 – 2026

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Nosotros, David Ernesto Jativa De la Cruz con documento de identificación N° 0932104300 y Jeremy Maximiliano Espinoza Aveiga con documento de identificación N° 0952486496; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 26 de enero del año 2026

Atentamente,



---

David Ernesto Jativa De la Cruz

0932104300



---

Jeremy Maximiliano Espinoza Aveiga

0952486496

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, David Ernesto Jativa De la Cruz con documento de identificación N° 0932104300 y Jeremy Maximiliano Espinoza Aveiga con documento de identificación N° 0952486496, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Diseño e implementación del control automático y comunicación Modbus TCP/IP en un proceso de cocción de camarón con PLC’S Siemens y Schneider”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Electrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 26 de enero del año 2026.

Atentamente,



---

David Ernesto Jativa De la Cruz

0932104300



---

Jeremy Maximiliano Espinoza Aveiga

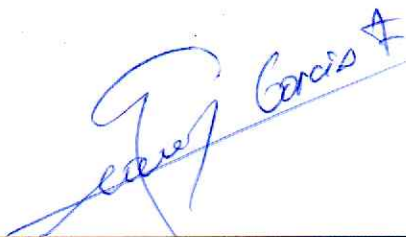
0952486496

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Geovanny Xavier García Flor con documento de identificación N° 0922357702, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “Diseño e implementación del control automático y comunicación Modbus TCP/IP en un proceso de cocción de camarón con PLC’S Siemens y Schneider”, realizado por David Ernesto Jativa De la Cruz con documento de identificación N° 0932104300 y Jeremy Maximiliano Espinoza Aveiga con documento de identificación N° 0952486496, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 26 de enero del año 2026.

Atentamente,



---

Ing. Geovanny García Flor, MSc  
0922357702

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo a mis padres,  
quienes han sido mi ejemplo constante de superación;  
gracias por su sacrificio y por creer en mí.  
A mi enamorada, por ser mi pilar de apoyo incondicional  
y mi refugio en los días más difíciles.  
Gracias por tu paciencia infinita,  
por acompañarme sin falta en cada desvelo  
y por recordarme siempre que era capaz de lograrlo.  
Este logro también es de ustedes.*

*David Ernesto Jativa De la Cruz*

## DEDICATORIA

*Dedico esta sección a mis padres, quienes han sido un pilar fundamental en mi vida y en este camino. A esas personas que, de manera incondicional, estuvieron siempre a mi lado, impulsándome día a día a seguir adelante, esperándome con un plato de comida y con palabras de aliento cuando más las necesitaba.*

*Gracias por no dejarme vencer en los momentos difíciles, por comprenderme en los días de mayor cansancio, agotamiento mental y físico, y por brindarme su apoyo incluso cuando yo mismo dudaba. Este logro no es solamente mío, ni mucho menos; es un logro compartido, construido con su esfuerzo, su amor y su constante confianza en mí.*

*También dedico este logro a mis hermanos (Fiorella y Emiliano), para que sepan que todo es posible cuando se trabaja con disciplina, esfuerzo y perseverancia. Que los valores aprendidos en casa y la dedicación constante no solo te llevan a ser un mejor profesional, sino también una mejor persona.*

*Finalmente, agradezco a Dios por darme la fortaleza, la salud y la oportunidad de seguir avanzando. A Dios, mis padres y a mis hermanos, les dedico este logro con todo mi corazón.*

*Jeremy Maximiliano Espinoza Aveiga.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mis padres, mi gratitud infinita.*

*A ustedes, que han hecho lo posible  
y hasta lo imposible por apoyarme siempre.*

*Gracias a su esfuerzo incansable  
he tenido el privilegio de formarme profesionalmente.  
Les agradezco por cada día que me llevaron a estudiar,  
por asegurarse de que nunca me faltara un plato en la mesa  
y, sobre todo, por haberme guiado con amor  
y valores para convertirme en la persona que soy hoy.  
Este logro es todo suyo.*

*David Ernesto Jativa De la Cruz*

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios, en primer lugar, por acompañarme siempre, por darme fortaleza en los momentos más oscuros y complicados de mi vida, y por guiar cada uno de mis pasos para no rendirme ante las dificultades.*

*A mis padres, por su apoyo incondicional, tanto emocional como económico. Gracias por creer en mí incluso cuando el camino se tornaba difícil, por sus consejos, su paciencia y por ser mi mayor motivación para seguir adelante.*

*A mi familia, por su comprensión, cariño y por estar presente en cada etapa de este proceso. Su respaldo ha sido fundamental para alcanzar este objetivo.*

*A las personas que fueron parte de este proceso inicial, que de manera incondicional me apoyaron en su momento, me brindaron su cariño y me ofrecieron un hombro en los instantes en que más lo necesité. Su compañía y palabras de aliento dejaron una huella importante en este camino.*

*Finalmente, agradezco a todos quienes, de una u otra forma, contribuyeron a que este logro hoy sea una realidad y pueda ser un profesional.*

*Jeremy Maximiliano Espinoza Aveiga.*

## RESUMEN

AÑO	ALUMNOS	DIRECTOR DEL PROYECTO	TEMA DE TRABAJO DE TITULACIÓN
2026	DAVID ERNESTO JATIVA DE LA CRUZ JEREMY MAXIMILIANO ESPINOZA AVEIGA	ING. GEOVANNY XAVIER GARCÍA FLOR, MSc	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL AUTOMÁTICO Y COMUNICACIÓN MODBUS TCP/IP EN UN PROCESO DE COCCIÓN DE CAMARÓN CON PLC'S SIEMENS Y SCHNEIDER

La industria camaronera ecuatoriana enfrenta desafíos en la etapa de cocción, donde la precisión térmica y el control del tiempo de residencia son determinantes para la calidad del producto final. Los métodos convencionales manuales o semiautomáticos suelen presentar oscilaciones de temperatura que derivan en una cocción no uniforme, ocasionando pérdidas económicas por merma (deshidratación excesiva) y riesgos en la inocuidad alimentaria al no garantizar la eliminación de patógenos según las normativas HACCP y Codex Alimentarius.

El presente trabajo de titulación propone e implementa una solución de automatización industrial basada en una arquitectura de control distribuido híbrida. El sistema integra un PLC Siemens S7-1500, que actúa como maestro y ejecutor del lazo de control PID para la regulación precisa de la temperatura, y un PLC Schneider M221 configurado como servidor, encargado de la gestión de los actuadores de transporte. La interoperabilidad entre ambos equipos se logra mediante el protocolo industrial estándar Modbus TCP/IP, permitiendo un intercambio de datos robusto y en tiempo real sobre una red Ethernet. Adicionalmente, se desarrolló una interfaz hombre-máquina (HMI) en un panel KTP-700, centralizando la operación, la visualización de tendencias térmicas y la gestión de alarmas.

*Palabras clave:* Automatización Industrial, Control PID, Modbus TCP/IP, PLC, Siemens, Schneider, Cocción de Camarón, HACCP.

## ABSTRACT

YEAR	STUDENTS	PRJ. DIRECTOR	SUBJECT
2026	DAVID ERNESTO JATIVA DE LA CRUZ JEREMY MAXIMILIANO ESPINOZA AVEIGA	ING. GEOVANNY XAVIER GARCÍA FLOR, MSc	DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AUTOMATIC CONTROL AND MODBUS TCP/IP COMMUNICATION IN A SHRIMP COOKING PROCESS USING SIEMENS AND SCHNEIDER PLCS

The Ecuadorian shrimp industry faces challenges during the cooking stage, where thermal precision and residence time control are critical for the quality of the final product.

Conventional manual or semi-automatic methods often exhibit temperature oscillations that result in non-uniform cooking, leading to economic losses due to shrinkage (excessive dehydration) and food safety risks by failing to guarantee pathogen elimination in compliance with HACCP and Codex Alimentarius regulations.

This thesis proposes and implements an industrial automation solution based on a hybrid distributed control architecture. The system integrates a Siemens S7-1500 PLC, acting as the master and executor of the PID control loop for precise temperature regulation, and a Schneider M221 PLC configured as a server, responsible for managing the transport actuators. Interoperability between both devices is achieved via the standard industrial protocol Modbus TCP/IP, enabling robust, real-time data exchange over an Ethernet network. Additionally, a Human-Machine Interface (HMI) was developed on a KTP-700 panel to centralize operations, thermal trend visualization, and alarm management.

Keywords: Industrial Automation, PID Control, Modbus TCP/IP, PLC, Siemens, Schneider, Shrimp Cooking, HACCP.

# Índice de contenido

1. TEMA:	16
2. PROBLEMA DE ESTUDIO:	16
3. JUSTIFICACIÓN:	17
4. OBJETIVOS:	19
4.1. OBJETIVO GENERAL:	19
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	19
5. FUNDAMENTO TEÓRICO	20
5.1. Controlador Lógico Programable (PLC)	20
5.1.1. PLC Siemens Modelo: S7-1500	20
5.1.2. Equipo de periferia descentralizada SIMATIC Modelo: ET200SP	21
5.1.3. PLC Schneider Modelo: M221	21
5.2. PC System: WinCC Runtime Advanced	22
5.3. Redes de Comunicación Industrial	23
5.3.1. Protocolo de comunicación: Modbus TCP/IP	23
5.3.2. Protocolo de comunicación: Profinet	23
5.4. Variador de Frecuencia	24
5.4.1. Variador de Frecuencia Modelo: Schneider ATV630	24
5.4.2. Variador de Frecuencia Modelo: Siemens Sinamics V20	25
5.5. Transferencia de Calor en Procesos de Alimentos	26
5.5.1. Control de Temperatura	26
5.6. Procesamiento Industrial del Camarón	27
5.6.1. Proceso de Cocción de Camarón	27
5.6.2. Parámetros de Cocción del Camarón	27
6. MARCO METODOLÓGICO	29
6.1. Descripción del proyecto	29
6.2. Tipo de metodología	31
6.3. Etapas del prototipo	31
6.3.1. Etapa 1: Análisis de requerimientos y preparación	31
6.3.2. Etapa 2: Configuración de controladores	32
6.3.3. Etapa 3: Implementación del control automático	34
6.3.4. Etapa 4: Comunicación Modbus TCP/P entre PLCs	37
6.3.5. Etapa 5: Programación de PLC's para lectura y escritura de datos	39
6.3.6. Etapa 6: Programación de PLC Siemens para proceso de cocción	42
6.3.7. Etapa 7: Diseño de la interfaz HMI	45

<b>7. RESULTADOS</b> .....	51
<b>7.1. Comunicación Modbus TCP/IP</b> .....	51
<b>7.2. Control automático PID</b> .....	54
<b>7.3. Funcionamiento general desde la interfaz</b> .....	57
<b>7.4. Manuales de práctica</b> .....	60
<b>7.5. PRÁCTICA 1</b> .....	61
<b>7.5. PRÁCTICA 2</b> .....	75
<b>7.6. PRÁCTICA 3</b> .....	88
<b>7.7. PRÁCTICA 4</b> .....	100
<b>7.6. Visualización de actuadores y variables de proceso en la interfaz</b> .....	108
<b>7.7. Estabilidad del controlador PID y margen de tolerancia térmica</b> .....	108
<b>7.8. Robustez y actualización de datos en la comunicación Modbus TCP/IP</b> .....	108
<b>8. CRONOGRAMA</b> .....	109
<b>9. PRESUPUESTO</b> .....	110
<b>10. CONCLUSIONES</b> .....	111
<b>11. RECOMENDACIONES</b> .....	112
<b>12. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	113

## Índice de figuras

Figura 1.....	20
Figura 2.....	21
Figura 3.....	22
Figura 4.....	23
Figura 5.....	25
Figura 6.....	26
Figura 7.....	30
Figura 8.....	32
Figura 9.....	33
Figura 10.....	33
Figura 11.....	34
Figura 12.....	35
Figura 13.....	36
Figura 14.....	36
Figura 15.....	37
Figura 16.....	38
Figura 17.....	38
Figura 18.....	39
Figura 19.....	40
Figura 20.....	40
Figura 21.....	41
Figura 22.....	42
Figura 23.....	43
Figura 24.....	44
Figura 25.....	45
Figura 26.....	45
Figura 27.....	46
Figura 28.....	47
Figura 29.....	47
Figura 30.....	48
Figura 31.....	49
Figura 32.....	49
Figura 33.....	50
Figura 34.....	51
Figura 35.....	52
Figura 36.....	52
Figura 37.....	53
Figura 38.....	53
Figura 39.....	54
Figura 40.....	55
Figura 41.....	55
Figura 42.....	56
Figura 43.....	56
Figura 44.....	57
Figura 45.....	58

<b>Figura 46</b> .....	58
<b>Figura 47</b> .....	59
<b>Figura 48</b> .....	63
<b>Figura 49</b> .....	63
<b>Figura 50</b> .....	65
<b>Figura 51</b> .....	66
<b>Figura 52</b> .....	66
<b>Figura 53</b> .....	67
<b>Figura 54</b> .....	68
<b>Figura 55</b> .....	70
<b>Figura 56</b> .....	71
<b>Figura 57</b> .....	71
<b>Figura 58</b> .....	72
<b>Figura 59</b> .....	73
<b>Figura 60</b> .....	77
<b>Figura 61</b> .....	78
<b>Figura 62</b> .....	79
<b>Figura 63</b> .....	80
<b>Figura 64</b> .....	81
<b>Figura 65</b> .....	81
<b>Figura 66</b> .....	83
<b>Figura 67</b> .....	83
<b>Figura 68</b> .....	84
<b>Figura 69</b> .....	85
<b>Figura 70</b> .....	85
<b>Figura 71</b> .....	86
<b>Figura 72</b> .....	91
<b>Figura 73</b> .....	92
<b>Figura 74</b> .....	92
<b>Figura 75</b> .....	94
<b>Figura 76</b> .....	94
<b>Figura 77</b> .....	95
<b>Figura 78</b> .....	95
<b>Figura 79</b> .....	96
<b>Figura 80</b> .....	97
<b>Figura 81</b> .....	97
<b>Figura 82</b> .....	98
<b>Figura 83</b> .....	98
<b>Figura 84</b> .....	102
<b>Figura 85</b> .....	104
<b>Figura 86</b> .....	104
<b>Figura 87</b> .....	105
<b>Figura 88</b> .....	106
<b>Figura 89</b> .....	106

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> .....	109
<b>Tabla 2</b> .....	110

## **1. TEMA:**

Diseño e implementación del control Automático y comunicación Modbus TCP/IP en un proceso de cocción de camarón con PLC's Siemens y Schneider.

## **2. PROBLEMA DE ESTUDIO:**

A nivel internacional, el camarón se ha posicionado como uno de los alimentos de mayor impacto económico y de consumo. Según la FAO, (Food and Agriculture Organization) la demanda de productos precocidos ha crecido exponencialmente, registrando en 2021 ventas cercanas a las 895,030 toneladas (Machinery, 2023). Esto ha obligado a la industria a evolucionar, integrando procesos automatizados para la producción del camarón.

En el Ecuador, la industria camaronera se encuentra en desarrollo, siendo este alimento, el principal producto de exportación en el país (Vásconez, 2025). No obstante, este proceso no se ha llevado ejecutando de la mejor manera. Gran parte de las camaroneras aún dependen de sistemas de control convencionales con alta dependencia operativa. Estos métodos poseen oscilaciones que impiden mantener un producto uniforme (IND Industrias, 2024).

Esta falta de precisión en el proceso de cocción es una limitación significativa. Según el Codex Alimentarius (Standards & Scientific Advice on Food Nutrition (SSA); Nutrition and Food Safety (NFS), 2021), una cocción incontrolada; la cual es común en procesos manuales o sin un control automatizado, hace que el camarón sufra una merma acelerada de peso y pérdida humedad. Esto resulta en una afectación de textura, sabor y color característicos que exige el mercado internacional.

La ausencia de un control automático impide el cumplimiento estricto del sistema HACCP, el cual no tolera irregularidades en parámetros fundamentales de control como la temperatura de cocción. Esta carencia técnica expone al proceso a riesgos físicos y microbiológicos inaceptables, comprometiendo la aprobación de auditorías necesarias para la comercialización en mercados internacionales (Food & Drug Administration (FDA), 2022).

Sin embargo, en la carrera de Electrónica y Automatización en la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil, se realizó el reconocimiento de que, dentro de los laboratorios de Automatización Industrial I y II, no se cuenta con prototipos que les permita a

los estudiantes analizar el cómo funcionan este tipo de procesos, de forma que, es difícil que puedan conocer cómo implementar soluciones de ingeniería a lo largo de su carrera profesional.

### **3. JUSTIFICACIÓN:**

En el enfoque industrial, la propuesta se alinea con las normativas internacionales de seguridad alimentaria, tales como el sistema HACCP (Análisis de peligros y puntos críticos de control) y los estándares del Codex Alimentarius. El control automático de la temperatura y el tiempo de cocción es fundamental para cumplir con los rigurosos protocolos de exportación que rigen en el país, mitigando los riesgos asociados a la variabilidad de los procesos manuales.

Al momento de implementar, la solución se estructura sobre un lazo de control PID alojado en el PLC Siemens, el cual será el encargado de regular la temperatura. Este prototipo se integrará mediante el protocolo Modbus TCP/IP para comunicarse con el PLC Schneider, para mantener un proceso estable y así satisfacer los márgenes térmicos impuestos por los estándares internacionales de procesamiento de camarón.

Se considera que el proceso automatizado de cocción de los camarones agrupa un valor de aprendizaje estimable gracias a la integración de equipos y redes industriales, puesto que, a diferencia de los módulos de práctica existentes en los laboratorios de la Universidad, los cuales se limitan a equipos industriales de un único fabricante, este trabajo de titulación presenta la comunicación de PLC's entre marcas diferentes como son Siemens y Schneider.

El presente trabajo de titulación tiene una importancia considerablemente alta en el ámbito académico, debido a que el desarrollo de este proceso industrial como lo es el cocido del camarón compete a capítulos y contextos fundamentales de la automatización industrial, redes industriales y del control automático, lo cual es muy beneficioso para los estudiantes de la universidad.

La implementación se basa en las necesidades académicas, por eso, en cuanto a viabilidad, se busca utilizar los recursos ya existentes dentro de la Universidad, por dicha razón, se emplearán equipos industriales disponibles en los laboratorios de la Universidad, específicamente los de Automatización Industrial 1 y 2, con el fin de realizar manuales de

práctica y aplicarlos a un prototipo que demuestre el proceso industrial de cocción de camarones.

Todo lo mencionado, ayudará a la comprensión y entendimiento del cómo realmente se ejecuta este tipo de procedimiento, este enfoque enriquece de manera práctica los conceptos que se ven en las asignaturas de Automatización Industrial 2, Teoría de Control 2 y Redes Industriales, con el fin de que los futuros estudiantes de la carrera desarrollen habilidades técnicas en la automatización y control.

## **4. OBJETIVOS:**

### **4.1. OBJETIVO GENERAL:**

Implementar el control automático y comunicación Modbus TCP/IP en un proceso de cocción de camarón con PLC's Siemens y Schneider.

### **4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Desarrollar la lógica programable para el control de temperatura de un proceso de cocción de camarón.
- Diseñar una interfaz HMI que permita ingresar parámetros manuales y visualizar el estado del proceso.
- Integrar la comunicación entre equipos industriales mediante el protocolo Modbus TCP/IP.

## 5. FUNDAMENTO TEÓRICO

### 5.1. Controlador Lógico Programable (PLC)

Un Controlador Lógico Programable, o por sus siglas en inglés; PLC, es un computador industrial diseñado con el fin de operar en entornos altamente hostiles; como fábricas e industrias, para así controlar procesos de forma secuencial o en tiempo real. Su función es recibir señales de sensores, procesarlas según la lógica programada y activar actuadores, y así ejecutar una tarea de automatización (Tenorio, 2021).

#### 5.1.1. PLC Siemens Modelo: S7-1500

El controlador S7-1500 es un controlador programable de gama alta proveniente de la familia del fabricante Siemens. Este equipo industrial está diseñado para tareas de automatización complejas que requieren un alto rendimiento, y posee altas capacidades con respecto a comunicación industrial, por su integración nativa con el protocolo Profinet (Siemens, 2025).

El PLC S7-1500, que se puede apreciar en la Figura 1, es el controlador principal del lazo de control. Este equipo funciona con una alimentación estándar de 24V DC. A diferencia de un PLC compacto, es un sistema modular, lo que significa que sus entradas y salidas (tanto digitales como analógicas) se configuran y añaden en forma de módulos separados según la necesidad del proyecto (Tecnopl.com, 2023).

*Figura 1*

*PLC Siemens Simatic S7-1500*



*Nota.* Controlador de gama alta S7-1500 con módulos de E/S. Se caracteriza por su velocidad de procesamiento y sus capacidades Profinet integradas. Tomado de (SINSIE, 2023).

### 5.1.2. Equipo de periferia descentralizada SIMATIC Modelo: ET200SP

La función del equipo ET200SP consiste en actuar como un módulo o extensión remota del PLC Siemens, este permite la integración y envío de las señales de la planta (datos de temperatura y control de calentamiento y enfriamiento) directamente al PLC Siemens (Liesa, 2021).

En la figura 2 se observa la arquitectura modular de la ET200SP con sus respectivos módulos de entradas y salidas.

*Figura 2*

*ET200SP*



*Nota.* Módulo de periferia descentralizada ET200SP con módulos de E/S. Tomado de (AWC, 2026).

### 5.1.3. PLC Schneider Modelo: M221

El PLC Modicon M221, del fabricante Schneider Electric, es un controlador lógico programable que está enfocado en aplicaciones de control compactas y sencillas. Además, destaca por su facilidad de programación a través del software gratuito Machine Expert y por su integración con la comunicación industrial Modbus TCP/IP (Schneider Electric, 2024).

En la Figura 3 se muestra el controlador Modicon M221 de Schneider Electric, que actuará como el servidor de la red. Este es un PLC de tipo compacto que opera, al igual que el S7-1500, con una tensión de 24V DC. El modelo por utilizar ya viene equipado en su propio cuerpo con 14 entradas digitales y 10 salidas tipo transistor, lo que lo hace muy práctico (se, 2024).

**Figura 3**

PLC Schneider M221



*Nota.* Controlador lógico Modicon M221. Su diseño compacto lo hace ideal para arquitecturas de control distribuido. Tomado de (One-elec, 2025).

## 5.2. PC System: WinCC Runtime Advanced

El sistema PC es una plataforma de visualización integrada en el TIA Portal, este entorno está diseñado para ejecutar aplicaciones industriales emulando el comportamiento de un panel o interfaz HMI física. Este sistema opera en el entorno WinCC Runtime Advance, el cual permite supervisar el proceso, gestionar alarmas y controlar variables directamente desde el monitor del computador (Siemens, 2024).

En la Figura 4 se puede visualizar el entorno de PC System, cuya función es permitir la visualización del estado del proceso.

**Figura 4**

PC System



*Nota.* Sistema PC en entorno SIMATIC WinCC, ideal para tareas de control y visualización. Tomado de (RS, 2023).

### **5.3. Redes de Comunicación Industrial**

Las redes industriales son el soporte de la automatización en la actualidad, estas redes permiten comunicación de confianza y en tiempo real entre controladores, sensores, actuadores y demás equipos industriales sin riesgo a pérdida de datos o información. La integración entre equipos de diferentes fabricantes es un desafío común que se resuelve mediante el uso de protocolos estandarizados (Universal Robots, 2023).

#### **5.3.1. Protocolo de comunicación: Modbus TCP/IP**

El protocolo de comunicación Modbus TCP/IP es una variante del protocolo Modbus, el cual opera sobre redes Ethernet. El Modbus TCP/IP es un protocolo abierto, lo que lo convierte en un estándar de fácil integración para la comunicación entre equipos industriales de distintos fabricantes. Este protocolo funciona bajo un modelo de Servidor (que posee los datos) y Cliente (que solicita los datos) (LogicBus, 2024).

#### **5.3.2. Protocolo de comunicación: Profinet**

El protocolo de comunicación Profinet es el estándar de Ethernet industrial del fabricante Siemens. Este protocolo permite la transmisión de datos de control en tiempo real (Profinet RT) e isócrono (IRT) para aplicaciones de alta velocidad. En

este trabajo de titulación, se utiliza el protocolo Profinet para la comunicación entre el PLC S7-1500, la HMI KTP-700 y el módulo ET200 (Profinet, 2025).

## **5.4. Variador de Frecuencia**

Un Variador de Frecuencia o también llamado por sus siglas (VDF), es un equipo industrial electrónico que permite controlar la velocidad de un motor eléctrico de corriente alterna, el variador consigue lograr esto modificando la frecuencia que se le suministra al motor, permitiendo arranques suaves y un ajuste preciso de la velocidad del proceso, para funcionar correctamente, se le debe de asignar los parámetros del motor (S&P, 2024).

### **5.4.1. Variador de Frecuencia Modelo: Schneider ATV630**

El VDF Altivar Process 630 (ATV630) es un variador de frecuencia del fabricante Schneider Electric orientado a aplicaciones de procesos industriales, especialmente en la gestión de fluidos. Aunque es bastante potente, se aprovecha como recurso disponible en la Universidad y se utiliza para el control de la velocidad de la banda transportadora de cocido, permitiendo ajustar con precisión el tiempo de residencia del camarón en el agua (Schneider Electric, 2023).

En la Figura 5 se detalla el variador de frecuencia Altivar 630. Este es un equipo de potencia que se alimenta con una tensión trifásica de 380V AC. Su función principal es el control de la banda de cocido. Este modelo está orientado a procesos, por lo que incluye de fábrica protocolos como Modbus TCP/IP y Modbus Serial. Esta capacidad permite integrarlo a la red Ethernet para que el PLC Siemens pueda ajustar la frecuencia (velocidad).

**Figura 5**

VDF Schneider ATV630



*Nota.* Variador de frecuencia de la gama Altivar Process, utilizado para el control preciso de motores en aplicaciones industriales. Tomado de (Sigelec, 2022).

#### **5.4.2. Variador de Frecuencia Modelo: Siemens Sinamics V20**

El VDF SINAMICS V20 del fabricante Siemens, es un variador de frecuencia de uso básico, está diseñado para aplicaciones sencillas que requieren robustez y facilidad de integración. En este trabajo, el VDF se utilizará con el fin de controlar el motor elevador encargado de la descarga del producto terminado, gestionando su arranque y parada (Siemens, 2025).

El variador SINAMICS V20, que se muestra en la Figura 6, es el equipo seleccionado para el motor elevador. Es un convertidor más compacto que también opera con una alimentación trifásica de 380-480V AC. Aunque es un modelo de gama básica, es robusto y más que suficiente para esta tarea. Además, cuenta con un puerto Profinet para la integración nativa con equipos de Siemens (Bombeo Colombia, 2025).

**Figura 6**

VDF Sinamics V20



*Nota.* Convertidor de frecuencia básico SINAMICS V20, utilizado para el control de velocidad en aplicaciones simples de transporte. Tomado de (Ingelcom, 2025).

## **5.5. Transferencia de Calor en Procesos de Alimentos**

La cocción industrial de alimentos como el camarón, al enfocarse en el concepto del proceso, este es un proceso de transferencia de calor. Este fenómeno físico es el que permite llevar al producto de un estado crudo a uno cocido. Tal como se analiza en estudios de modelamiento matemático (Verma SK, 2023), el proceso completo se compone de dos mecanismos principales:

1. **Convección:** Es la transferencia de calor inicial, que ocurre desde el fluido caliente (el agua de cocción) hacia la superficie exterior del camarón.
2. **Conducción:** Inmediatamente después, el calor viaja por conducción desde la superficie del camarón hacia su centro térmico (el punto más frío).

El objetivo de ingeniería de este proceso es aplicar calor por un tiempo determinado hasta que el centro térmico del producto alcance una temperatura específica. Lograr esto garantiza los cambios deseados en la textura, sabor y color. El reto es hacerlo sin sobrecalentar la superficie, lo cual requiere un control muy preciso.

### **5.5.1. Control de Temperatura**

El proceso de la cocción de camarón debe de ser preciso, al ser un proceso de alimentos, la textura y el sabor dependen de una temperatura exacta, un control simple

de encendido y apagado no contribuye con lo mencionado, ya que produce grandes oscilaciones.

Por esta razón, en este trabajo de titulación, como lo confirman estudios sobre el tema (Xiao-fan, y otros, 2021), se implementará un lazo de control PID. Este es un algoritmo de control por realimentación, considerado el estándar en la industria por su robustez y precisión. Su función es calcular la diferencia (error) entre la temperatura deseada (el Setpoint) y la temperatura real existente en el proceso.

## **5.6. Procesamiento Industrial del Camarón**

El procesamiento del camarón, y en particular la cocción, es una etapa esencial de "valor agregado". Como lo menciona (Nora A. AlFaris, 2022), el camarón crudo es altamente perecedero, y el procesamiento térmico es la principal estrategia para asegurar su inocuidad (eliminando patógenos) y extender drásticamente su vida útil, permitiendo su comercialización global. Además de la seguridad, este proceso es el que genera los atributos que se pueden observar (color rosado, textura firme) que el consumidor espera.

### **5.6.1. Proceso de Cocción de Camarón**

El calor aplicado es el responsable directo de los tres principales atributos de calidad que definen un camarón cocido:

1. Textura: El calor desnaturaliza las proteínas, dándole al músculo la firmeza característica.
2. Color: Provoca el cambio de color de gris translúcido al rojo/rosado opaco, un indicador visual clave de la cocción.
3. Sabor: Modifica los compuestos, generando el perfil de sabor y aroma deseado.

Para un enfoque industrial, lo primordial es aplicar la cantidad exacta de calor para maximizar estos atributos sin degradarlos por una cocción excesiva, lo cual requiere un control preciso de los parámetros del proceso (Ulaganathan Arisekar, 2025).

### **5.6.2. Parámetros de Cocción del Camarón**

Los parámetros más importantes que definen el proceso de cocción son; la temperatura del agua y el tiempo de residencia del producto en ella. La industria busca optimizar esta relación para obtener el mayor rendimiento y la mejor calidad.

Investigaciones académicas se enfocan en encontrar esta combinación ideal. Por ejemplo, (Santos, 2021) evaluó científicamente el efecto de temperaturas de 85, 90 y 95 °C con tiempos de 40, 60 y 80 segundos en el camarón *Litopenaeus vannamei*. Además, otros estudios (Xiong, 2025) han demostrado cómo la cocción en agua a 100 °C por tiempos de 1 a 5 minutos impacta directamente en la pérdida de humedad y la textura.

De la misma manera, se confirma que el método de hervido es una de las opciones más saludables y efectivas. La elección de un setpoint de temperatura (ej. 90 °C) y un tiempo determinado dentro del agua; el cual es controlado por la velocidad de la banda, se basa en este tipo de estudios, que buscan replicar a escala industrial los resultados óptimos de laboratorio.

## **6. MARCO METODOLÓGICO**

### **6.1. Descripción del proyecto**

El presente trabajo de titulación consistió en la automatización y control de un proceso de cocción de camarones por paquetes. La arquitectura de control diseñada toma la forma de un sistema híbrido cliente-servidor, donde el PLC Schneider M221 actuó como servidor y el PLC Siemens S7-1500 funcionó como cliente, siendo este último el responsable de ejecutar el control directo del proceso.

Para el funcionamiento del proceso, ambos controladores se conectaron a través del protocolo de comunicación Modbus TCP/IP, lo que permitió el intercambio de datos; como el del valor de referencia (Setpoint) y las variables del proceso en tiempo real. El proceso completo se ejecutó en subetapas, permitiendo el monitoreo y la validación del estado del proceso a través de una interfaz.

El proceso consistió en la selección y preparación del proceso. A través del entorno del TIA Portal y Expert Machine Basic, se seleccionó el modo de trabajo ya sea modo manual o modo automático para iniciar el proceso y a su vez se ingresaron los parámetros del lote (ej. temperatura de cocción, velocidad de banda, ingreso de usuarios).

Estos datos fueron gestionados por el PLC Siemens S7-1500 y enviados vía Modbus TCP/IP al PLC Schneider M221. Simultáneamente, el PLC S7-1500 activó las válvulas de calefacción para llevar el agua a la temperatura de consigna establecida por el lazo de control PID.

El proceso de cocción está directamente relacionado con el diseño de la interfaz. Aquí, se ingresaron los parámetros manuales desde la pantalla, como la temperatura establecida, la velocidad de la banda y la visualización del proceso de cocción. Una vez confirmados esos valores, la interfaz envió la configuración al PLC S7-1500 para la ejecución de la secuencia.

Además, en tiempo real, la pantalla mostró el estado del proceso, incluyendo la temperatura actual, las aperturas de válvulas, la velocidad del VDF, las alarmas activas y el lote de producto en la cinta. Esta visualización continua permitió monitorear el rendimiento de la cocción y aseguró que se tenga información precisa para la toma de decisiones durante la operación.

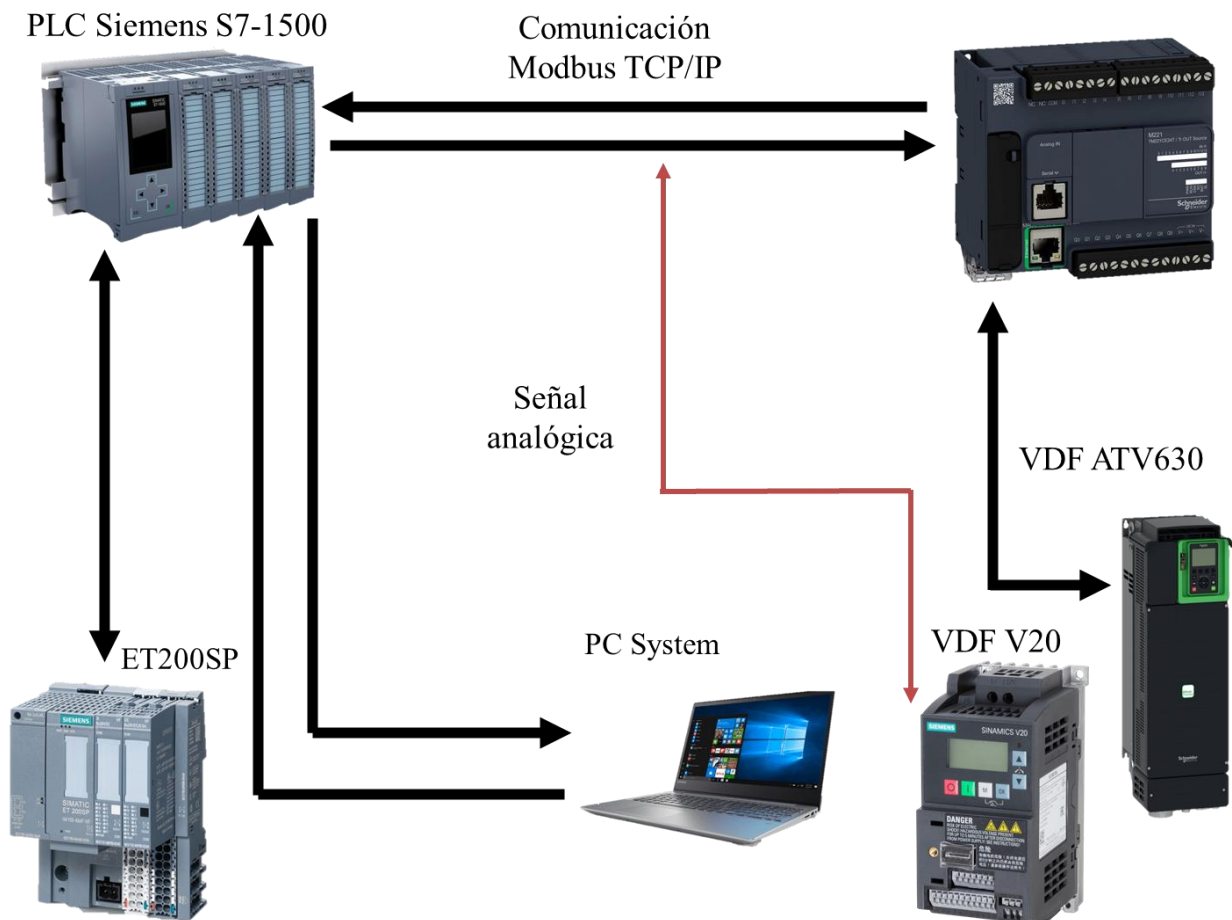
Con respecto a la integración de la comunicación entre los controladores que conforman la arquitectura del prototipo. El PLC S7-1500 intercambió información con el PLC Schneider M221 mediante el protocolo Modbus TCP/IP, asegurando que los parámetros del proceso, alarmas y estados de actuadores se mantengan sincronizados entre ambos equipos.

El S7-1500 envió al M221 los valores de temperatura, habilitación de fases y estados de válvulas, mientras que el M221 devolvió la información de arranque y el estado del motor por medio del variador. Esta comunicación bidireccional permitió coordinar el proceso de cocción y garantizó la interoperabilidad entre dispositivos de distintos fabricantes, cumpliendo el objetivo de integrar la comunicación industrial mediante Modbus TCP/IP.

A continuación, en la figura 7 se presenta un diagrama del proceso.

*Figura 7*

*Diagrama del proceso de cocción*



*Nota.* Diagrama del proceso de cocción de camarones que se lleva a cabo en el trabajo de titulación.

## **6.2. Tipo de metodología**

Para el desarrollo de este trabajo de titulación, se adoptarán dos enfoques metodológicos complementarios. Por un lado, se empleará la metodología experimental, la cual es fundamental para sintonizar correctamente el lazo de control PID encargado de la temperatura. Utilizando un túnel de calor que trae incorporado un módulo de ET200SP.

Además, esta metodología se aplicará con el fin de realizar pruebas prácticas de encendido de actuadores, y para verificar la estabilidad de la red Modbus TCP/IP mediante pruebas de comunicación e intercambio de datos. Utilizando los módulos existentes y tableros del laboratorio de Automatización Industrial II.

Simultáneamente, se aplicará la metodología sistemática, la cual permite ordenar el desarrollo del prototipo en etapas secuenciales, asegurando así el cumplimiento estructurado de los objetivos de diseño e implementación planteados. Además, como resultado de la aplicación de esta metodología, se realizaron manuales de prácticas referentes a la implementación del proceso.

## **6.3. Etapas del prototipo**

### **6.3.1. Etapa 1: Análisis de requerimientos y preparación**

Analizar y comprender a detalle cada objetivo propuesto del trabajo de titulación antes de programar es algo fundamental. En esta etapa inicial, se definieron los parámetros de temperatura necesarios para el proceso de cocción del camarón, específicamente la relación entre la temperatura y tiempo de residencia del camarón en el proceso.

A través de los entornos de desarrollo y programación; TIA Portal y Machine Expert Basic, se preparó la estructura del proyecto, definiendo las variables que el operador deberá ingresar, como la temperatura de cocción y la velocidad de la banda, las cuales serán gestionadas por el S7-1500 y enviadas al M221.

En la figura 8 se presentan las variables creadas para poder realizar el proceso de cocción mencionado.

**Figura 8**

*Variables para el proceso*

PLC tags					
		Name	Tag table	Data type	Address
12	←01	SP_HMI	Default tag table	Real	%MD8
13	←01	Real_Temp_DW	Default tag table	Real	%MD16
14	←01	dQ_Valvula_Vapor	Default tag table	Bool	%Q12.1
15	←01	dQ_Valvula_Agua	Default tag table	Bool	%Q12.2
16	←01	AI_Temp_RTD	Default tag table	Int	%IW22
17	←01	Temp_Move1	Default tag table	Int	%MW26
18	←01	Input_PID	Default tag table	Real	%MD28
19	←01	di_ParoDeEmergencia	01 ENTRADAS DIGI...	Bool	%I0.0
20	←01	Status_ParoDeEmergencia	02 MEMORIAS MAR...	Bool	%M200.1
21	←01	Proceso_Automatiko	02 MEMORIAS MAR...	Bool	%M200.2
22	←01	Man/Auto	01 ENTRADAS DIGI...	Bool	%M0.3
23	←01	Start/Stop_Automatiko	02 MEMORIAS MAR...	Bool	%M200.3
24	←01	Flanco_Auto	02 MEMORIAS MAR...	Bool	%M200.4
25	←01	Marca_Auto	02 MEMORIAS MAR...	Bool	%M200.5
26	←01	Proceso	02 MEMORIAS MAR...	Int	%MW400
27	←01	Status_ON_Motor_Elevador_Au...	02 MEMORIAS MAR...	Bool	%M200.6
28	←01	HMI_Tiempo_Motor_elv	02 MEMORIAS MAR...	Time	%MD12
29	←01	Status_OFF_VDF_Cocinador	02 MEMORIAS MAR...	Bool	%M205.7
30	←01	Status_ON_VDF_30Hz_Auto	02 MEMORIAS MAR...	Bool	%M201.0
31	←01	HMI_Tiempo_VDF_30hz	02 MEMORIAS MAR...	Time	%MD20
32	←01	Status_OFF_Motor_Elevador	02 MEMORIAS MAR...	Bool	%M201.1
33	←01	Status_ON_VDF_60Hz_Auto	02 MEMORIAS MAR...	Bool	%M201.2
34	←01	HMI_Tiempo_VDF_60hz	02 MEMORIAS MAR...	Time	%MD32
35	←01	HMI_Reset_Automatiko	02 MEMORIAS MAR...	Bool	%M201.3
36	←01	Status_Contador_Auto	02 MEMORIAS MAR...	Int	%MW24
37	←01	Marca_Man	01 ENTRADAS DIGI...	Bool	%M1.4

*Nota.* Variables creadas para llevar a cabo el proceso de cocción

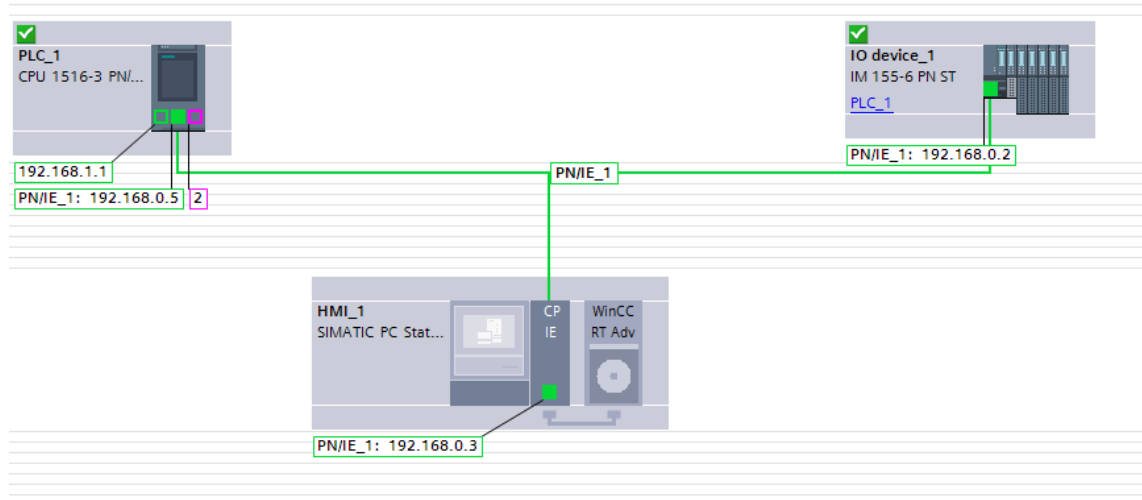
### 6.3.2. Etapa 2: Configuración de controladores

Durante esta etapa se realizó la configuración en ambos controladores, tanto PLC Siemens como PLC Schneider, en el caso del PLC Schneider M221 esto fue más primordial, puesto que se debe de configurar al equipo para que trabaje como Servidor en la arquitectura “Cliente – Servidor” al momento de establecer comunicación mediante el protocolo Modbus TCP/IP.

En la figura 9 se presenta la configuración de la red en el entorno de Siemens – TIA Portal.

**Figura 9**

*Direccionamiento de Red Profinet*



*Nota.* Configuración y direccionamiento de los equipos de la marca Siemens

Para integrar la comunicación entre los controladores de diferente fabricante, primero fue necesario comunicarse individualmente entre el equipo de cómputo y los PLC, con el fin de configurar los puertos Ethernet de cada PLC para asignar las direcciones IP y estos operen en el mismo segmento de red, el cual se va a mantener durante todo el proceso del presente trabajo de titulación.

En la figura 10 se observa la configuración de red en el PLC Schneider.

**Figura 10**

*Direccionamiento de red y modo servidor en PLC Schneider*



*Nota.* Se configura el PLC Schneider en modo Servidor Modbus

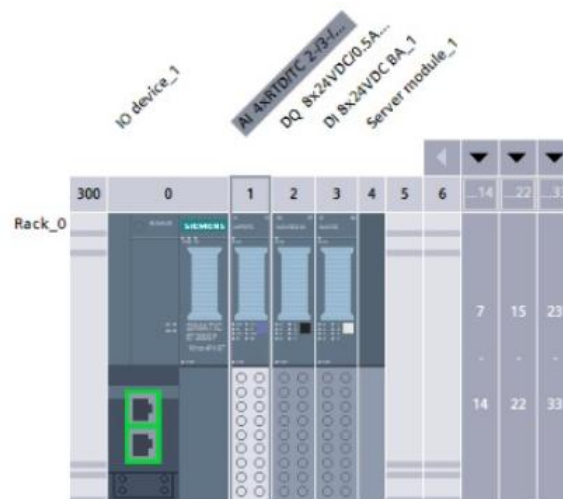
Adicionalmente se parametrizaron los variadores de frecuencia, de acuerdo con el tipo de conexionado del motor y a sus datos de voltaje, corriente, potencia, HP y frecuencia, proveniente de la placa y hoja de datos del fabricante del motor.

Por otra parte, para implementar el control PID del proceso, se necesitó configurar el módulo de ET200SP, con el propósito de verificar que entradas y salidas físicas; tanto analógicas como digitales, se utilizaron al momento del ensamble y programación del módulo para el control calentamiento y enfriamiento del Túnel de calor.

En la figura 11 se visualiza la ET200SP, dentro del entorno de TIA Portal.

**Figura 11**

*ET200SP y Módulos de E/S*



*Nota.* Detección de ET200SP y sus respectivos módulos de E/S

### 6.3.3. Etapa 3: Implementación del control automático

Esta parte del proceso ocurre netamente en el software TIA Portal, a propósito de implementar un control de lazo cerrado, se optó por emplear el bloque PID Temp, el cual a diferencia del bloque PID Compact, está basado específicamente para procesos que requieran gestionar el calentamiento y refrigeración con el objetivo de controlar la temperatura.

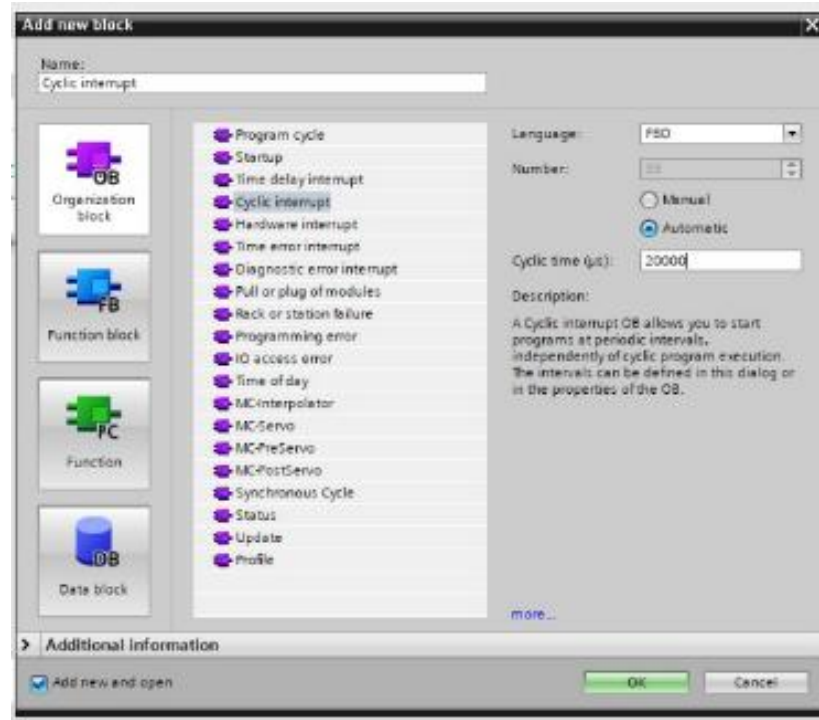
Se creó un bloque de interrupción cíclica para el correcto funcionamiento del control automático, puesto que el control PID requiere obligatoriamente una tasa de muestro y ejecuciones constantes, dentro de este bloque de organización (OB), es

donde se agrega la programación para implementar el PID y, por ende, el bloque PID Temp.

En la figura 12, se visualiza la creación del bloque de interrupción cíclica.

**Figura 12**

*Creación de bloque de Interrupción Cíclica*



*Nota.* Se seleccionan los 20000 microsegundos que vienen por defecto.

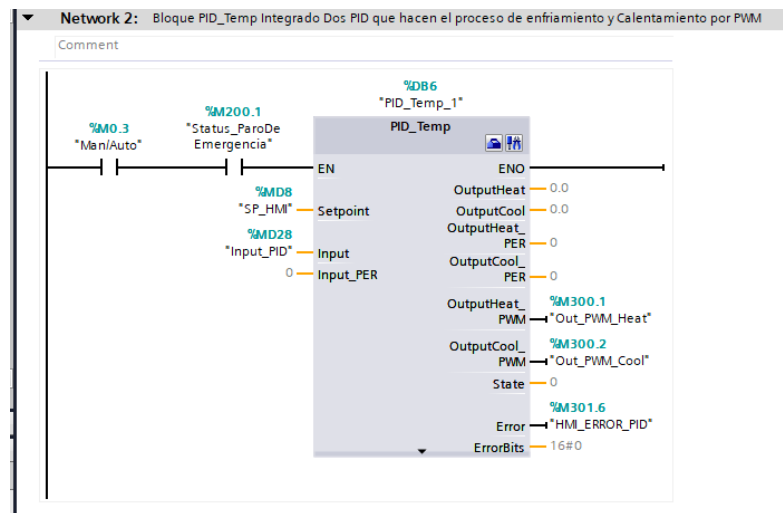
- **Network 1: Configuración del bloque PID Temp**

Referente a la entradas y salidas del bloque, sus conexiones fueron realizadas de la siguiente manera:

La variable de entrada Input\_PER se enlazó a la dirección analógica de la tarjeta ET200SP donde está conectada la PT100, la salida de calefacción Output\_Heat\_PWM se asignó a la salida digital que comanda la resistencia, mientras que la salida Output\_Cool se asignó al ventilador del túnel. En la En En la figura 13 se muestra la configuración del bloque PID Temp.

**Figura 13**

Configuración de bloque PID



*Nota.* Asignación de variables de proceso y salidas de actuación PWM.

Una vez asignadas las variables del proceso, con la finalidad de obtener los parámetros de las constantes proporcional, integral y derivativa, se procede a ejecutar la rutina de “Pre-tuning” con el túnel de calor en temperatura ambiente, y así lograr optimizar la respuesta en el punto de operación referente al Setpoint. Esto permitió calcular las ganancias PID adecuadas para el control de temperatura del túnel.

En la figura 14 se muestra las ganancias obtenidas mediante el proceso del pre-tuning.

### Sintonización del bloque PID Temp

**Figura 14**

Ganancias obtenidas

	Heating	Cooling
Proportional gain:	3.151644	10.07739
Integral action time:	254.814 s	293.6257 s
Derivative action time:	22.93326 s	26.42632 s
Derivative delay coefficient:	0.1	0.1
Proportional action weighting:	0.8	0.8
Derivative action weighting:	0.0	0.0
Sampling time of PID algorithm:	2.599979 s	5.497394 s
Dead zone width:	0.0 °C	0.0 °C
Control zone width:	70.09421 °C	44.72354 °C

Tuning rule  
Controller structure: PID (temperatur) PID (temperatur)

*Nota.* Sintonización de parámetros PID utilizando la rutina de pre-tuning a temperatura ambiente.

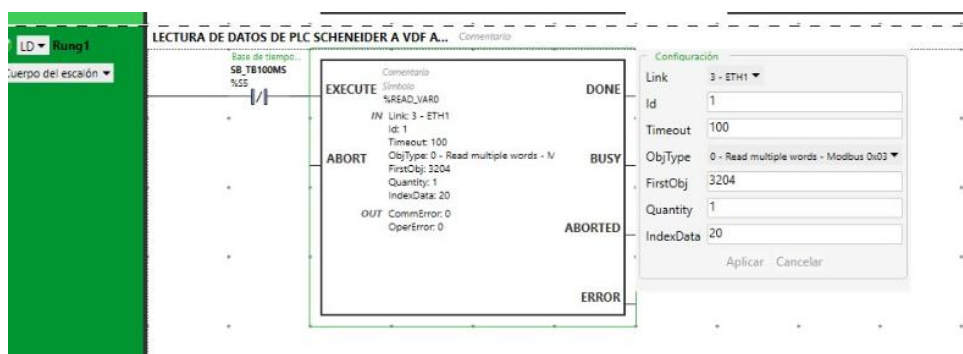
#### 6.3.4. Etapa 4: Comunicación Modbus TCP/P entre PLCs

La finalidad de esta etapa fue realizar la lógica de programación para establecer una comunicación estable entre el PLC Siemens (Cliente) y el PLC Schneider (Servidor), empleando el protocolo Modbus TCP/IP para realizar la lectura y escritura de los datos.

En la figura 15 se muestra programación del PLC Schneider para establecer la comunicación.

Figura 15

Bloques de comunicación en PLC Schneider



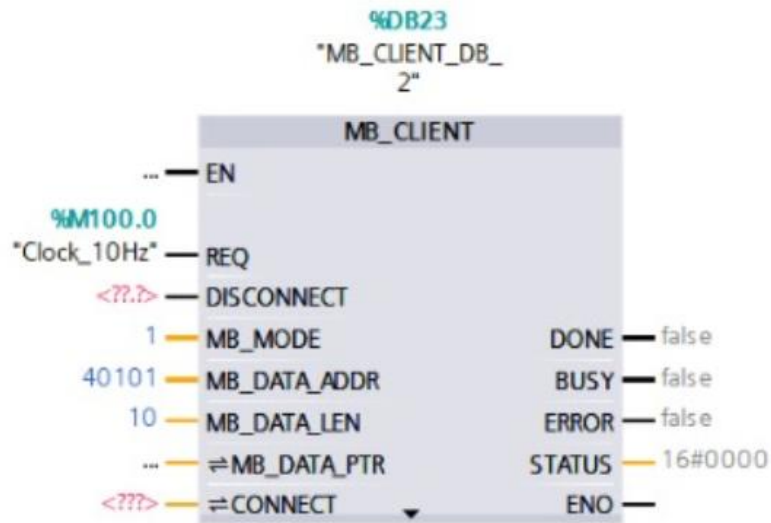
Nota. Programación de PLC Schneider para establecer comunicación Modbus TCP/IP

Para esto se creó un bloque de organización en el entorno de TIA Portal, con el fin de tener la programación de la comunicación organizada y aislada, aquí se implementaron los bloques MB\_Client respectivos para el intercambio bidireccional de la información, es decir lectura y escritura de datos entre ambos PLC; tanto Siemens como Schneider.

En la figura 16 se muestra la implementación del bloque MB\_Client

Figura 16

Implementación de bloque MB\_Client para comunicación Modbus



Nota. Implementación del bloque necesario para lograr establecer comunicación.

Adicional, se crearon bloques de datos (DB) específicos donde se almacenan los datos que se van a recibir desde el PLC Schneider, y para enviar los datos desde el PLC Siemens hacia el Schneider.

En la figura 17, se observa el Data Block en donde se almacenan los datos y variables mencionados.

Figura 17

Data Block Siemens-Schneider

DATOS_PLC_SIE_SCH			
	Name	Data type	Offset
1	Static		
2	DATOS_SIE_SE	Array[0..9] of Word	0.0
3	DATOS_SIE_SE[0]	Word	0.0
4	DATOS_SIE_SE[1]	Word	2.0
5	DATOS_SIE_SE[2]	Word	4.0
6	DATOS_SIE_SE[3]	Word	6.0
7	DATOS_SIE_SE[4]	Word	8.0
8	DATOS_SIE_SE[5]	Word	10.0
9	DATOS_SIE_SE[6]	Word	12.0
10	DATOS_SIE_SE[7]	Word	14.0
11	DATOS_SIE_SE[8]	Word	16.0
12	DATOS_SIE_SE[9]	Word	18.0

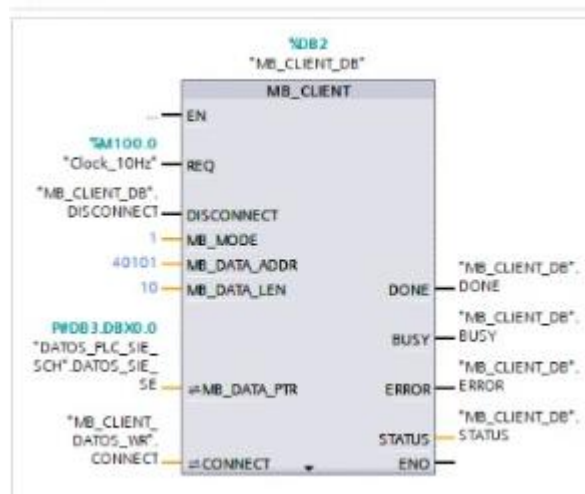
Nota. DB en donde se guarda la información enviada desde el Siemens hacia Schneider

Los datos que se van a recibir son las lecturas de corriente y voltaje provenientes del variador de frecuencia del motor elevador, y el dato que se va a enviar son la asignación de frecuencia con la que el variador va a trabajar. Una vez creadas las variables de los datos a enviar y recibir, se procede a parametrizar los bloques MB\_Client.

En la figura 18 se muestra el bloque MB\_Client ya configurado.

**Figura 18**

Bloque MB\_Client



*Nota.* MB Client configurado

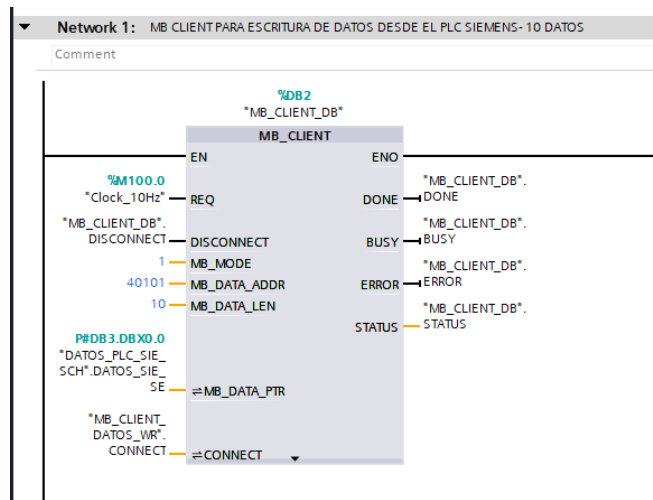
### 6.3.5. Etapa 5: Programación de PLC's para lectura y escritura de datos

En esta parte del proceso, se configuran las conexiones de los bloques MB\_Client como la dirección IP del servidor (el PLC Schneider), el puerto de conexión y el ID de la unidad, teniendo en cuenta que se usa un ID diferente para los dos bloques con el fin de que no exista un conflicto de comunicación en la lectura y la escritura.

En la figura 19, se visualiza el bloque MB Client para escritura de datos desde el PLC Siemens al PLC Schneider.

Figura 19

Bloque de escritura de datos



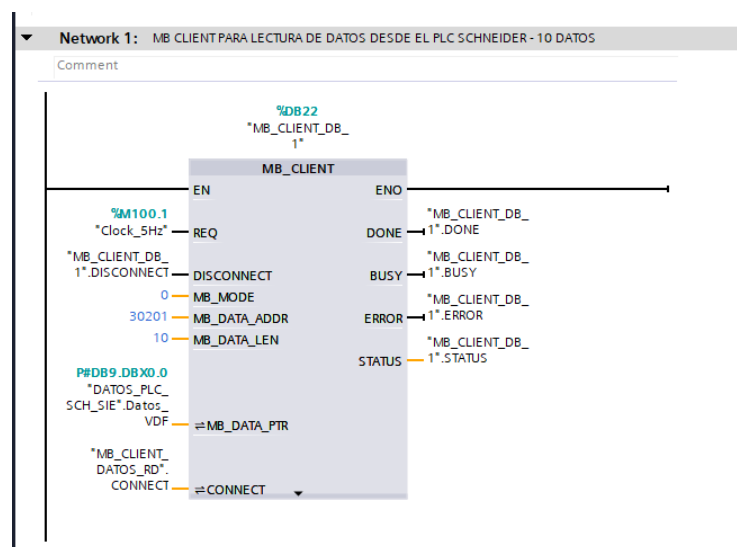
Nota. El MB\_Mode con valor 1, es el valor específico establecido para la escritura de datos.

Además, la habilitación de los bloques se hace mediante una señal de clock para que la comunicación se habilite constantemente, y se configuraron punteros de datos que almacenan la información en el bloque de datos específicos asignados, dependiendo si sea de lectura o de escritura.

En la figura 20, se visualiza el bloque MB Client para la lectura de datos recibidos desde el PLC Schneider.

Figura 20

Bloque de lectura de datos



Nota. El MB\_Mode con valor 0, es el valor específico asignado para la lectura de datos.

Al ser los controladores lógicos de diferente fabricante, los PLCs administran los datos de diferente manera, por ende, se emplea un mapa de direcciones Modbus, con el propósito de que ambos PLC interpreten la información de manera correcta. Por eso se utiliza un mapa de memoria ya existente.

En la figura 21, se observa el mapa de direcciones Modbus mencionado.

**Figura 21**

*Mapa de direcciones modbus*

	A	B	C
1	<b>Code</b>	<b>Name</b>	<b>Logic address</b>
2	<b>CMI</b>	Extended control word	16#2138 = 8504
3	<b>CMD</b>	Cmd Register	16#2135 = 8501
4	<b>RPR</b>	Time Counter Reset	16#0C30 = 3120
5	<b>LFRD</b>	Speed setpoint	16#219A = 8602
6	<b>LFR</b>	Ref Frequency	16#2136 = 8502
7	<b>PISP</b>	PID Set Point	16#2137 = 8503
8	<b>AIV1</b>	AIV1 Image input	16#14A1 = 5281
9	<b>MFR</b>	Multiplying coeff.	16#2E37 = 11831
10	<b>ETA</b>	CIA402 State Reg	16#0C81 = 3201
11	<b>HMIS</b>	Drive State	16#0CA8 = 3240
12	<b>ETI</b>	Internal State Reg	16#0C86 = 3206
13	<b>CRC</b>	Ref Freq Channel	16#20F9 = 8441
14	<b>CCC</b>	Active command channel	16#20FA = 8442

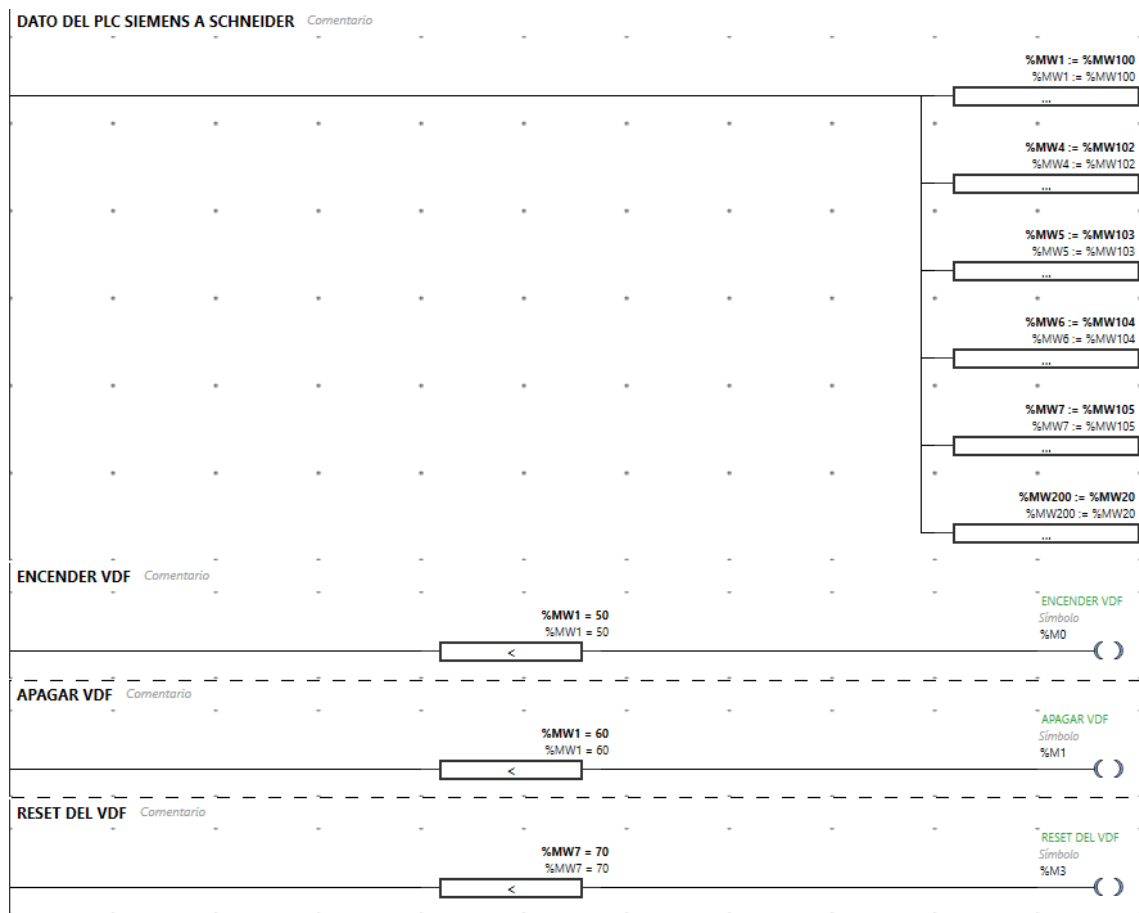
*Nota.* Cada dirección lógica significa las diferentes instrucciones mostradas

Cabe recalcar que, en el PLC Schneider, no se requirió código extenso o de alta complejidad, solo la asignación de las palabras de memoria en variables, a fin de asignar instrucciones recibidas desde el PLC Siemens, al variador de frecuencia del motor, u obtener datos de este, para enviarlas desde el PLC Schneider hacia el PLC Siemens.

En la figura 22 se observa la lógica de programación implementada en el entorno de Machine Expert para asignar y obtener datos del variador de frecuencia.

Figura 22

Programación en Machine Expert



Nota. De estas variables de memoria tipo Word se obtienen y asignan los datos mencionados

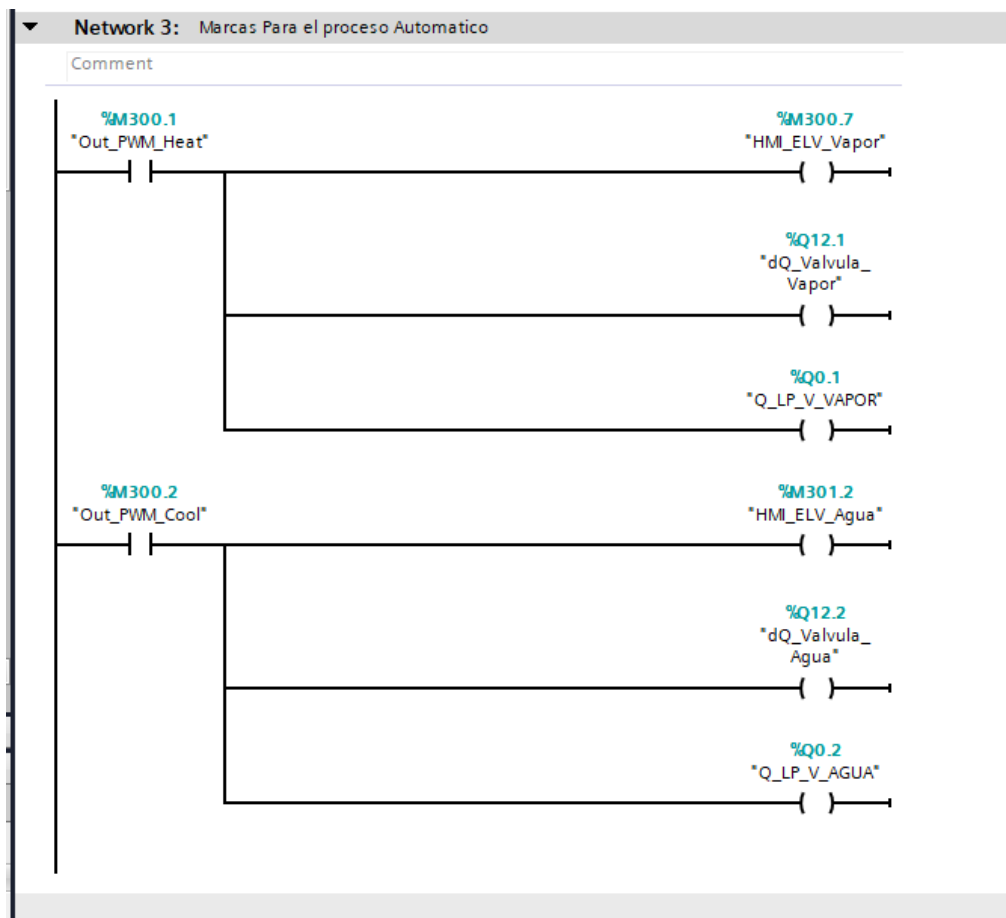
### 6.3.6. Etapa 6: Programación de PLC Siemens para proceso de cocción

En esta etapa se desarrolló toda la lógica de control dentro del entorno TIA Portal para el PLC S7-1500. El objetivo principal fue programar el algoritmo que mantiene estable la temperatura y coordina cuándo se deben activar los actuadores de calentamiento y enfriamiento (que es controlada por las salidas del bloque PID Temp).

En la figura 23 se puede visualizar la lógica de programación de los actuadores del control de temperatura.

Figura 23

Activación de actuadores en el proceso



Nota. Salidas del bloque PID para activar actuadores.

Lo primero fue configurar el control de la temperatura. Para esto, se utilizó el bloque PID\_Temp, ya que este bloque es capaz de gestionar dos salidas distintas: una para calentar y otra para enfriar. En la configuración, se enlaza la entrada Input\_PER directamente a la dirección analógica del módulo ET200SP, que es en donde se conectó la PT100.

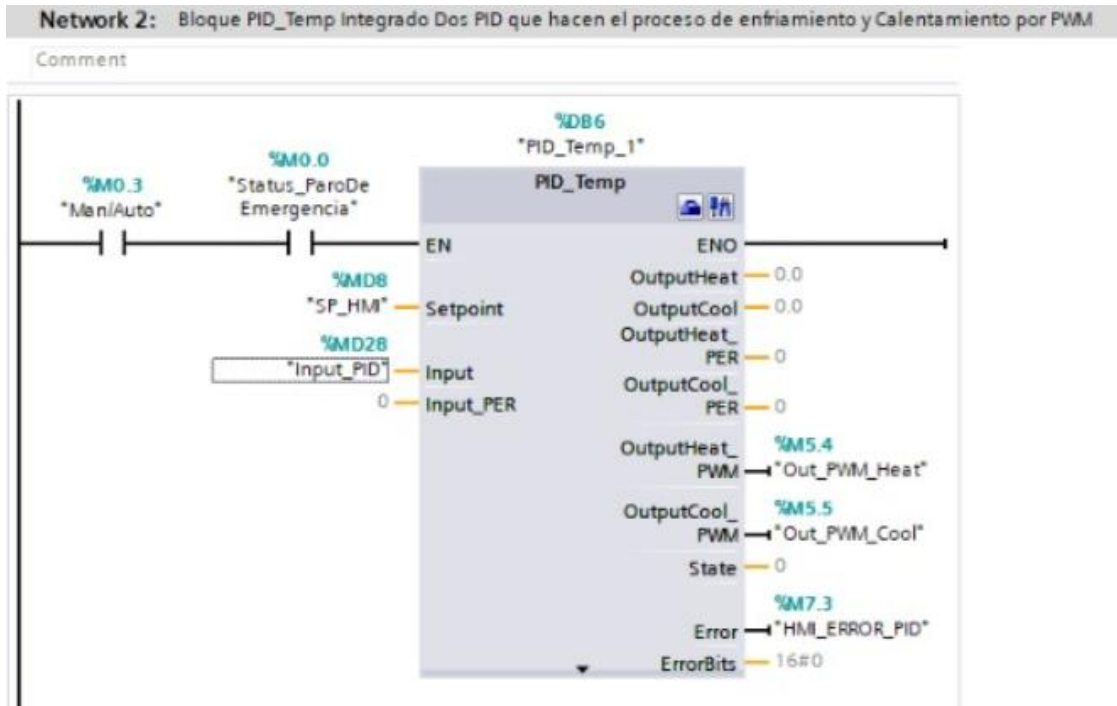
Para la calefacción, se utiliza la salida Output\_Heat\_PWM, la cual envía pulsos a la resistencia para regular el calor en lugar de encenderla y apagarla de golpe. El Setpoint (la temperatura deseada) se asignó a una variable de memoria que el operador puede modificar desde la HMI.

Para evitar que el túnel se pase de temperatura, se programó la lógica de enfriamiento. El bloque PID tiene una salida llamada Output\_Cool; cuando el controlador detecta que la temperatura subió mucho más de lo debido, activa la salida digital del ventilador. De esta forma, se simula lo que haría una válvula de agua fría en la industria; si hay exceso de calor, el ventilador entra automáticamente para bajar la temperatura y estabilizar el proceso.

En la figura 24 se muestran las configuraciones del bloque de control PID.

**Figura 24**

*Bloque PID Temp*



*Nota.* Configuración de entradas y salidas de Bloque PID Temp

Para el envío de datos al PLC Schneider; como el motor de la banda está conectado físicamente al PLC Schneider, el Siemens no puede arrancarlo directamente. Lo que se realizó fue preparar los datos para enviarlos por la red. Se utiliza bloques MOVE para asignar el valor de velocidad y moverlo al bloque de datos (DB) que se comparte vía Modbus.

En la figura 25, se muestra el DB en donde se guarda la información que se envía desde el PLC Siemens al PLC Schneider.

Figura 25

Data Block de envío de datos

	Name	Data type	Offset
1	▼ Static		
2	▼ DATOS_SIE_SE	Array(0..9) of Word	0.0
3	■ DATOS_SIE_SE[0]	Word	0.0
4	■ DATOS_SIE_SE[1]	Word	2.0
5	■ DATOS_SIE_SE[2]	Word	4.0
6	■ DATOS_SIE_SE[3]	Word	6.0
7	■ DATOS_SIE_SE[4]	Word	8.0
8	■ DATOS_SIE_SE[5]	Word	10.0
9	■ DATOS_SIE_SE[6]	Word	12.0
10	■ DATOS_SIE_SE[7]	Word	14.0
11	■ DATOS_SIE_SE[8]	Word	16.0
12	■ DATOS_SIE_SE[9]	Word	18.0

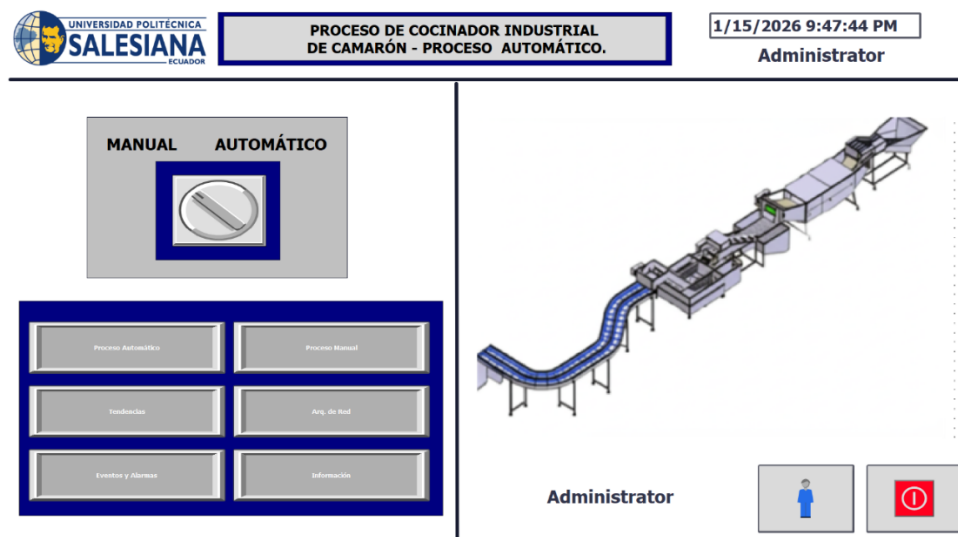
Nota. Array de datos en donde se guardan los datos que se envían

### 6.3.7. Etapa 7: Diseño de la interfaz HMI

En la interfaz HMI se definieron las pantallas requeridas para el control del proceso de cocción, estructurando la navegación de forma intuitiva para facilitar la operación. En esta etapa se establecieron los niveles de seguridad, la visualización de la arquitectura de comunicación y el monitoreo en tiempo real de las variables de proceso. En la Figura 26 se muestra la pantalla de inicio del HMI.

Figura 26

Navegación en la HMI



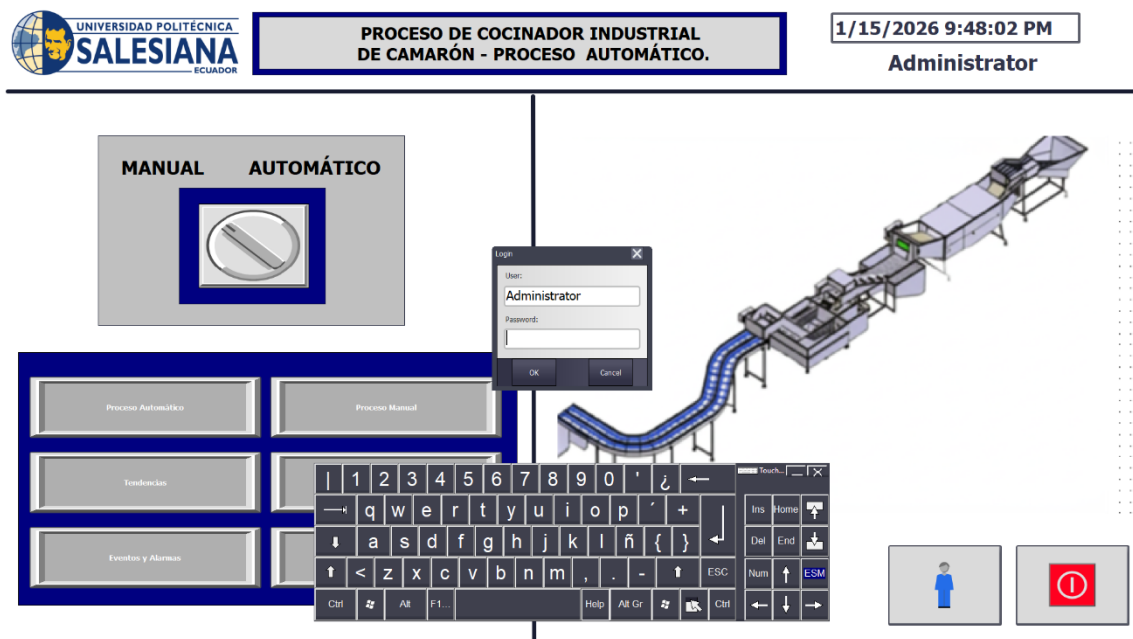
*Nota.* Estructura de menús y subpantallas de la interfaz.

## Inicio de Sesión

Se configuraron distintos niveles de usuario para restringir el acceso a parámetros que puedan afectar al proceso. El usuario de "Operador" permite únicamente visualizar el proceso y dar comandos básicos de marcha/paro, mientras que el usuario del "Administrador", tiene acceso total a la configuración de parámetros. En la Figura 27 se observa el inicio de sesión y acceso con las credenciales.

**Figura 27**

*Inicio de sesión*



*Nota.* Sistema de seguridad para restricción de acceso mediante usuario y contraseña.

## Menú Principal y Arquitectura de Red

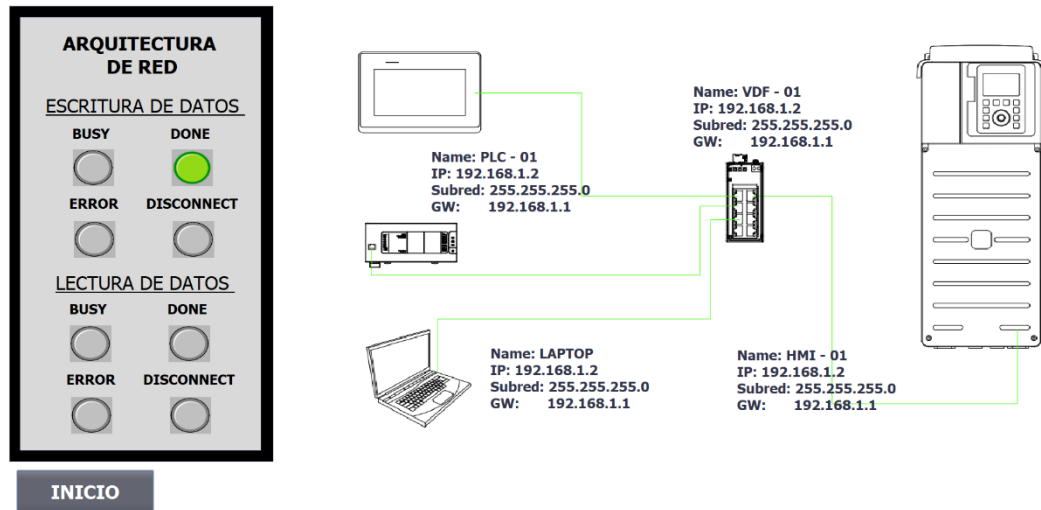
Una vez ingresadas las credenciales, se accede al Menú Principal, el cual actúa como el centro de navegación. Desde aquí se derivan los botones hacia las pantallas de "Control Manual", "Visualización del proceso", "Tendencias" y "Alarmas".

Adicionalmente, se diseñó un botón específico para visualizar el estado y la arquitectura de la red. Al ingresar a esta pantalla, se visualiza la arquitectura de comunicación en tiempo real. Se utilizan indicadores gráficos para mostrar el estado de la conexión Modbus TCP/IP entre el PLC Siemens (Cliente) y el PLC Schneider (Servidor); si la conexión es exitosa, el enlace se ilumina de color verde, permitiendo

un diagnóstico rápido del estado de la red. En la figura 28 se muestra la pantalla de “Estado de red”.

**Figura 28**

*Visualización de la arquitectura de red*



*Nota.* Monitoreo del estado de enlace Modbus TCP/IP entre los controladores.

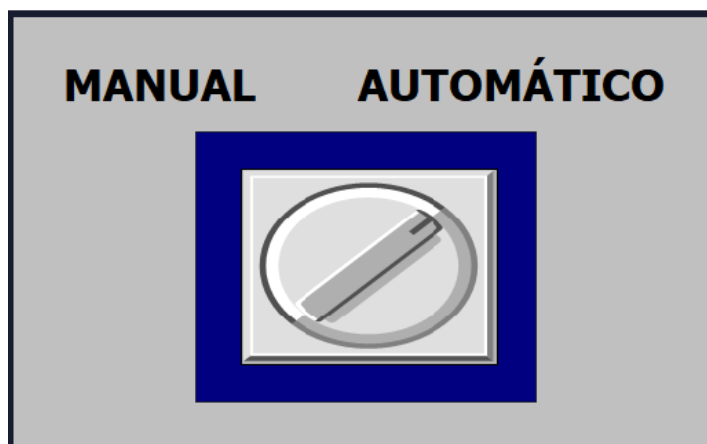
### Selección de Modo (Manual / Automático)

Se implementó un selector de dos vías, en donde asigna el modo de operación deseado, ya sea este manual o automático.

En la figura 29 se observa el selector mencionado.

**Figura 29**

*Selector de modo de operación*



*Nota.* El selector permite escoger entre modo manual y modo automático

- **Modo Manual:** Permite al operador activar los actuadores de forma individual (encender ventilador, activar resistencia, mover banda).

Los actuadores (resistencia, ventilador, motor) cuentan con animaciones de cambio de color:

- **Gris:** Equipo detenido o apagado.
- **Verde:** Equipo en funcionamiento o válvula abierta.
- **Rojo:** Equipo en fallo.

En la figura 30, se logra visualizar la pantalla del proceso manual.

*Figura 30*

*Proceso manual*



*Nota. Activación de actuadores en proceso manual*

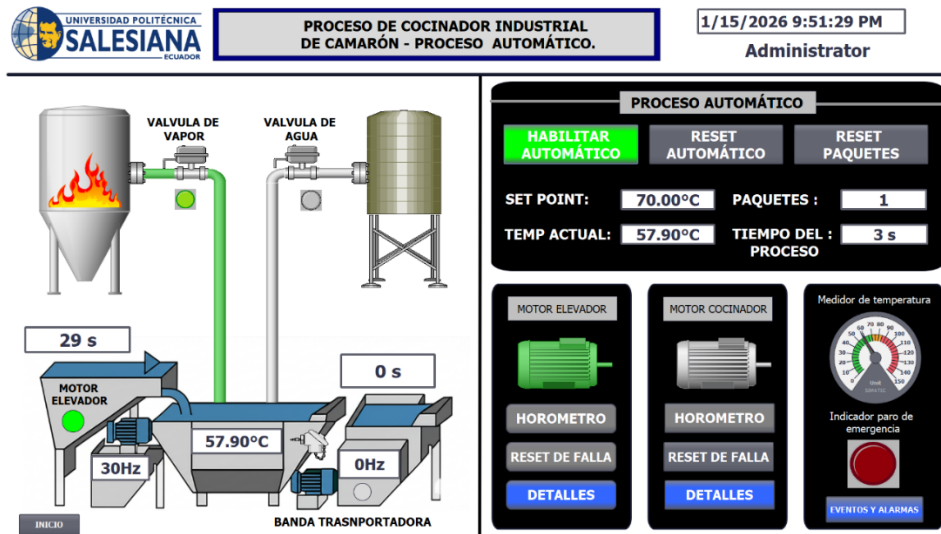
- **Modo Automático:** Habilita la secuencia programada donde el PLC Siemens toma el control del PID y asigna la velocidad de la banda.

### Visualización del Proceso y Actuadores

Esta es la pantalla principal de operación. Se diseñó un esquema gráfico del proceso de cocción que representan las bandas en las que se transportan los camarones y el área en donde se realiza la cocción. En esta pantalla se visualizan los valores numéricos de la temperatura actual (PV) y la consigna (SP), así como la velocidad de la banda. En la figura 31 se muestra el gráfico del proceso.

Figura 31

Proceso de cocción



Nota. Visualización en tiempo real de temperatura, frecuencia y estado de actuadores.

### Gráfica de Tendencias

Para validar la estabilidad del control de temperatura, se implementó una pantalla de "Tendencias". Se utilizó el objeto Trend View para graficar el comportamiento de la temperatura real frente al Setpoint a lo largo del tiempo. Esta herramienta es fundamental para analizar la respuesta del control automático, permitiendo observar si existen sobre impulsos o si la temperatura se mantiene estable con respecto al valor asignado en el setpoint.

En la figura 32 se muestra la gráfica de tendencias del proceso.

Figura 32

Gráfica de tendencias



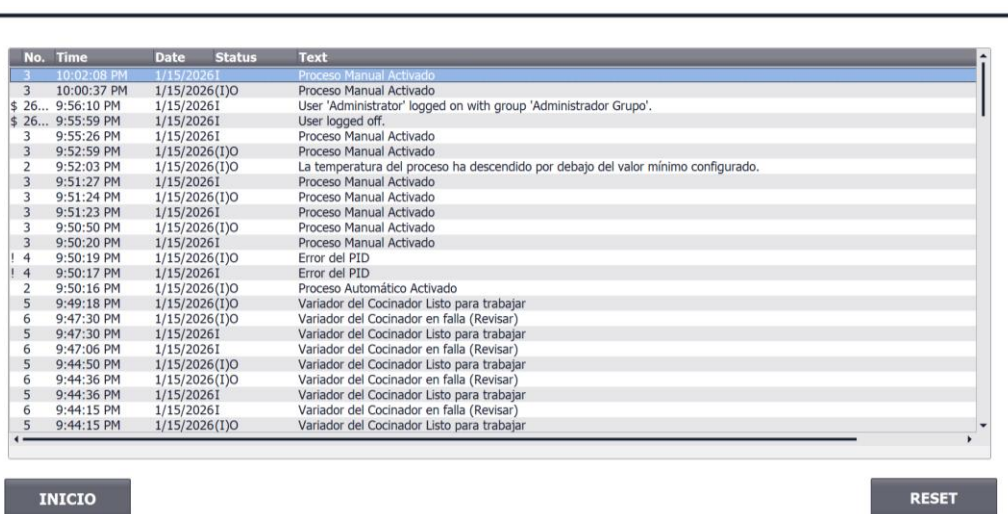
Nota. Curvas de comportamiento térmico.

## Alarmas y Eventos

Finalmente, se configuró la pantalla de "Alarmas". Se implementó una tabla con registro histórico que detalla fallos ocurridos durante el proceso, mostrando la fecha, hora y descripción del evento. Esto asegura la trazabilidad de las incidencias y facilita el mantenimiento del equipo. En la figura 33 se muestra la tabla de registros de eventos y fallos.

Figura 33

Historial de alarmas y eventos



No.	Time	Date	Status	Text
3	10:02:08 PM	1/15/2026		Proceso Manual Activado
3	10:00:37 PM	1/15/2026	(I)O	Proceso Manual Activado
\$ 26...	9:56:10 PM	1/15/2026		User 'Administrator' logged on with group 'Administrador Grupo'.
\$ 26...	9:55:59 PM	1/15/2026		User logged off.
3	9:55:26 PM	1/15/2026		Proceso Manual Activado
3	9:52:59 PM	1/15/2026	(I)O	Proceso Manual Activado
2	9:52:03 PM	1/15/2026	(I)O	La temperatura del proceso ha descendido por debajo del valor mínimo configurado.
3	9:51:27 PM	1/15/2026		Proceso Manual Activado
3	9:51:24 PM	1/15/2026	(I)O	Proceso Manual Activado
3	9:51:23 PM	1/15/2026		Proceso Manual Activado
3	9:50:50 PM	1/15/2026	(I)O	Proceso Manual Activado
3	9:50:20 PM	1/15/2026		Proceso Manual Activado
! 4	9:50:19 PM	1/15/2026	(I)O	Error del PID
! 4	9:50:17 PM	1/15/2026		Error del PID
2	9:50:16 PM	1/15/2026	(I)O	Proceso Automático Activado
5	9:49:18 PM	1/15/2026	(I)O	Variador del Cocinador Listo para trabajar
6	9:47:30 PM	1/15/2026	(I)O	Variador del Cocinador en falla (Revisar)
5	9:47:30 PM	1/15/2026		Variador del Cocinador Listo para trabajar
6	9:47:06 PM	1/15/2026		Variador del Cocinador en falla (Revisar)
5	9:44:50 PM	1/15/2026	(I)O	Variador del Cocinador Listo para trabajar
6	9:44:36 PM	1/15/2026	(I)O	Variador del Cocinador en falla (Revisar)
5	9:44:36 PM	1/15/2026		Variador del Cocinador Listo para trabajar
6	9:44:15 PM	1/15/2026		Variador del Cocinador en falla (Revisar)
5	9:44:15 PM	1/15/2026	(I)O	Variador del Cocinador Listo para trabajar

INICIO RESET

Nota. Registro de fallos y avisos del sistema para diagnóstico.

## 7. RESULTADOS

### 7.1. Comunicación Modbus TCP/IP

Con el objetivo de comprobar que la comunicación fuera estable, se realizaron pruebas de conexión continua, enviado y recibiendo datos entre ambos controladores, tanto PLC Siemens como PLC Schneider mientras se monitoreó el bloque MB\_Client de lectura y escritura para asegurarse de que no exista ningún error o conflicto al momento del intercambio de datos.

Se realizaron pruebas de escritura y lectura de datos para verificar que la comunicación entre los PLCs Siemens y Schneider, esté funcionando correctamente. En la figura 34, se aprecia en la interfaz, se está comunicando y enviando información.

*Figura 34*

*Interfaz de comunicación*



*Nota.* Comunicación Modbus TCP/IP establecida.

La prueba realizada consistió en enviar comandos desde el PLC Siemens al PLC Schneider con el fin de que el Schneider active el variador de frecuencia ATV630. Los comandos que se envían son la instrucción de encendido y la asignación de la frecuencia.

En la figura 35 se logra observar como el variador se encendió con una frecuencia asignada.

**Figura 35**

*Encendido de variador de frecuencia*



*Nota.* El encendido fue ejecutado mediante el modo manual, con el fin de realizar pruebas.

Además, se realizaron pruebas de fallas de comunicación desconectando cables de red, enviando el variador de frecuencia a un estado de falla, el cual me detiene el proceso hasta que se solucione la falla mencionada.

En la figura 36 se observa como el variador se encuentra en falla.

**Figura 36**

*Variador de frecuencia en falla*

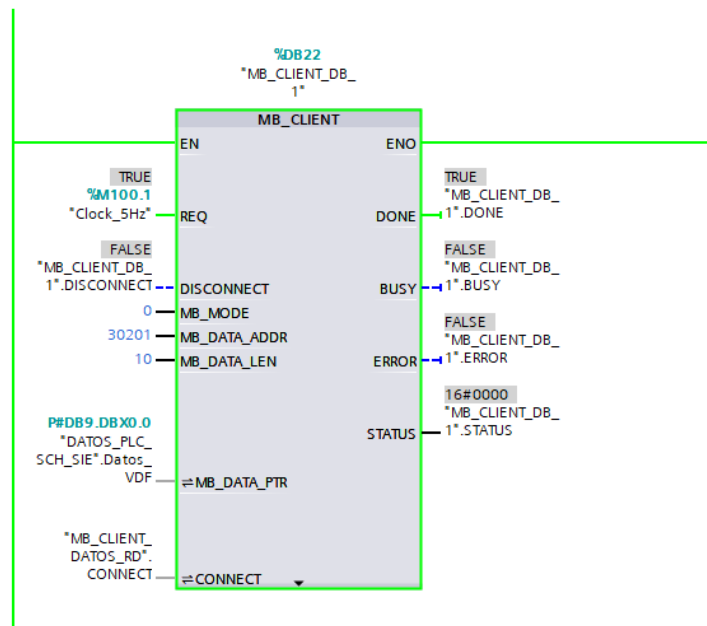
5	9:44:36 PM	1/15/2026I	Variador del Cocinador Listo para trabajar
6	9:44:15 PM	1/15/2026I	Variador del Cocinador en falla (Revisar)
5	9:44:15 PM	1/15/2026(I)O	Variador del Cocinador Listo para trabajar

*Nota.* Esta falla se ocasionó desconectando el cable de red para perder el enlace.

Del mismo modo, al restablecer el enlace, la actualización de las variables de proceso se recupera dándole al botón de reset de falla dentro de la interfaz. Como se puede observar en la figura 37, el bloque MB Client no muestra ningún error, lo que significa que la conexión volvió a establecerse.

**Figura 37**

Bloque MB Client para lectura de datos



*Nota.* El bloque MB Client no marca error y se encuentra listo para la lectura de datos.

Estas pruebas confirmaron que el direccionamiento IP, la configuración de puertos y el mapa de direcciones de memoria fueron establecidos correctamente para lograr una comunicación exitosa por medio del protocolo industrial Modbus TCP/IP.

En la figura 38 se muestra el cómo se realizaron las pruebas de comunicación en el laboratorio de Automatización Industrial II

**Figura 38**

Pruebas de comunicación

No.	Time	Date	Status	Text
3	10:02:08 PM	1/15/2026I		Proceso Manual Activado
3	10:00:37 PM	1/15/2026(I)O		Proceso Manual Activado
\$ 26...	9:56:10 PM	1/15/2026I		User 'Administrator' logged on with group 'Administrador Grupo'.
\$ 26...	9:55:59 PM	1/15/2026I		User logged off.
3	9:55:26 PM	1/15/2026I		Proceso Manual Activado
3	9:52:59 PM	1/15/2026(I)O		Proceso Manual Activado
2	9:52:03 PM	1/15/2026(I)O		La temperatura del proceso ha descendido por debajo del valor mínimo configurado.
3	9:51:27 PM	1/15/2026I		Proceso Manual Activado
3	9:51:24 PM	1/15/2026(I)O		Proceso Manual Activado
3	9:51:23 PM	1/15/2026I		Proceso Manual Activado
3	9:50:50 PM	1/15/2026(I)O		Proceso Manual Activado
3	9:50:20 PM	1/15/2026I		Proceso Manual Activado
! 4	9:50:19 PM	1/15/2026(I)O		Error del PID
! 4	9:50:17 PM	1/15/2026I		Error del PID
2	9:50:16 PM	1/15/2026(I)O		Proceso Automático Activado
5	9:49:18 PM	1/15/2026(I)O		Variador del Cocinador Listo para trabajar
6	9:47:30 PM	1/15/2026(I)O		Variador del Cocinador en falla (Revisar)
5	9:47:30 PM	1/15/2026I		Variador del Cocinador Listo para trabajar
6	9:47:06 PM	1/15/2026I		Variador del Cocinador en falla (Revisar)
5	9:44:50 PM	1/15/2026(I)O		Variador del Cocinador Listo para trabajar
6	9:44:36 PM	1/15/2026(I)O		Variador del Cocinador en falla (Revisar)
5	9:44:36 PM	1/15/2026I		Variador del Cocinador Listo para trabajar
6	9:44:15 PM	1/15/2026I		Variador del Cocinador en falla (Revisar)
5	9:44:15 PM	1/15/2026(I)O		Variador del Cocinador Listo para trabajar

## 7.2. Control automático PID

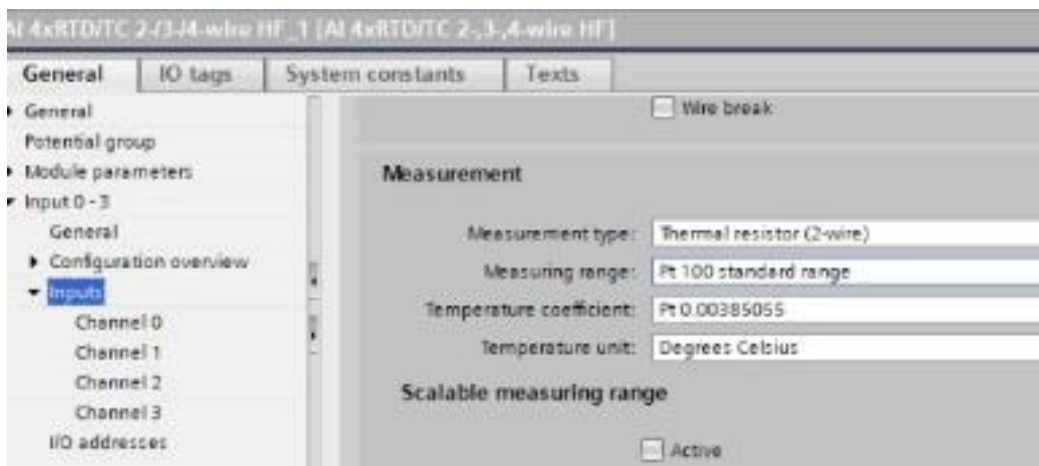
Para el control automático, desde una temperatura ambiente se configuró un set point de alta temperatura para observar el comportamiento de la planta.

Se implementó este algoritmo de control gracias al módulo de la ET200SP y al túnel de calor que le acompaña. Al principio, se aplicó prueba y error puesto que se debía verificar que salidas estaban configuradas tanto para el relé de la resistencia y el del ventilador, además de la entrada de la PT100.

En la figura 39 se muestra la configuración de la PT100 como entrada de la ET200SP para poder obtener los valores de temperatura.

Figura 39

PT100 como entrada de la ET200SP



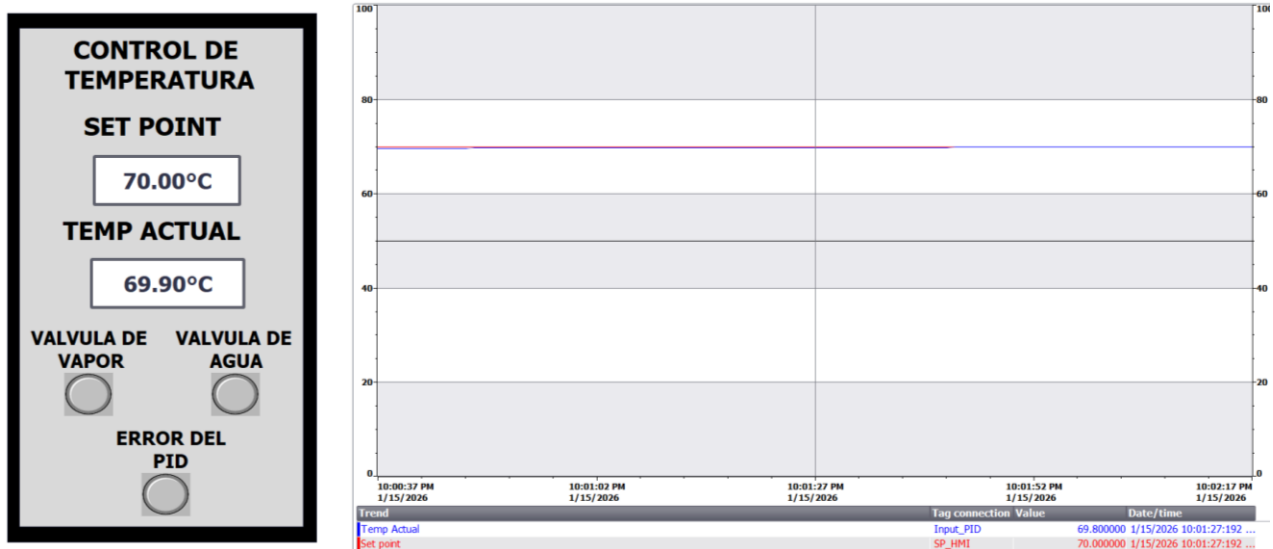
Nota. Se configura el sensor como PT100 en grados Celsius.

Luego, se procedió a realizar pruebas de lectura del sensor en temperatura ambiente, luego se ingresó un valor alto de temperatura en el set point con el fin de analizar el comportamiento de la planta cuando se desea activar el calentamiento.

En la figura 40 se muestra la comparación entre el valor del set point y el valor detectado por la PT100, además de la gráfica de tendencias del controlador.

Figura 40

Comparativa entre Setpoint y valor sentido



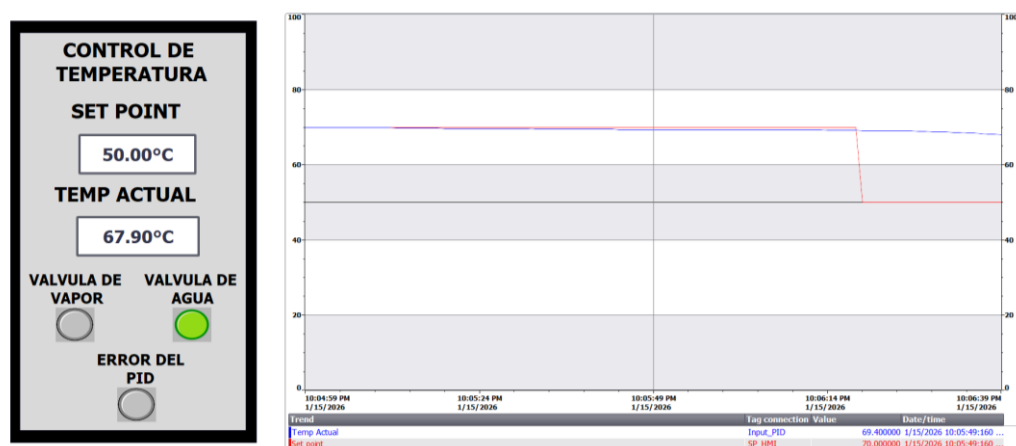
Nota. Al momento de realizar la fotografía, la temperatura todavía se estaba estabilizando.

Con el fin de verificar que el algoritmo logre estabilizar la temperatura al bajarla de repente, se ingresó un valor bastante menor de temperatura en el setpoint, aquí el controlador procedió a activar el ventilador para enfriar el túnel.

En la figura 41 se observa como la temperatura leída por la PT100 es estable con respecto al setpoint.

Figura 41

Setpoint en valor de temperatura bajo



Nota. La temperatura sensada estaba disminuyendo gracias al enfriamiento del control automático.

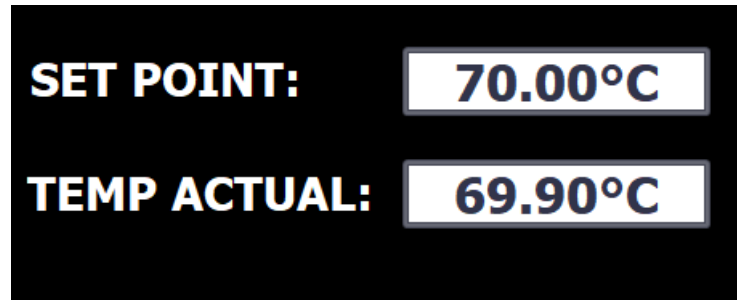
En las pruebas mencionadas, se demostró que el algoritmo es capaz de gestionar la salida PWM de la resistencia y la activación del ventilador en el túnel de

calor. Se estableció una consigna de 70 grados Celsius, y la temperatura real sensada osciló entre los 69.90°C y los 70.05°C.

En la figura 42 se muestran los valores del setpoint y de la temperatura real.

**Figura 42**

*Comparación entre SP y PV*



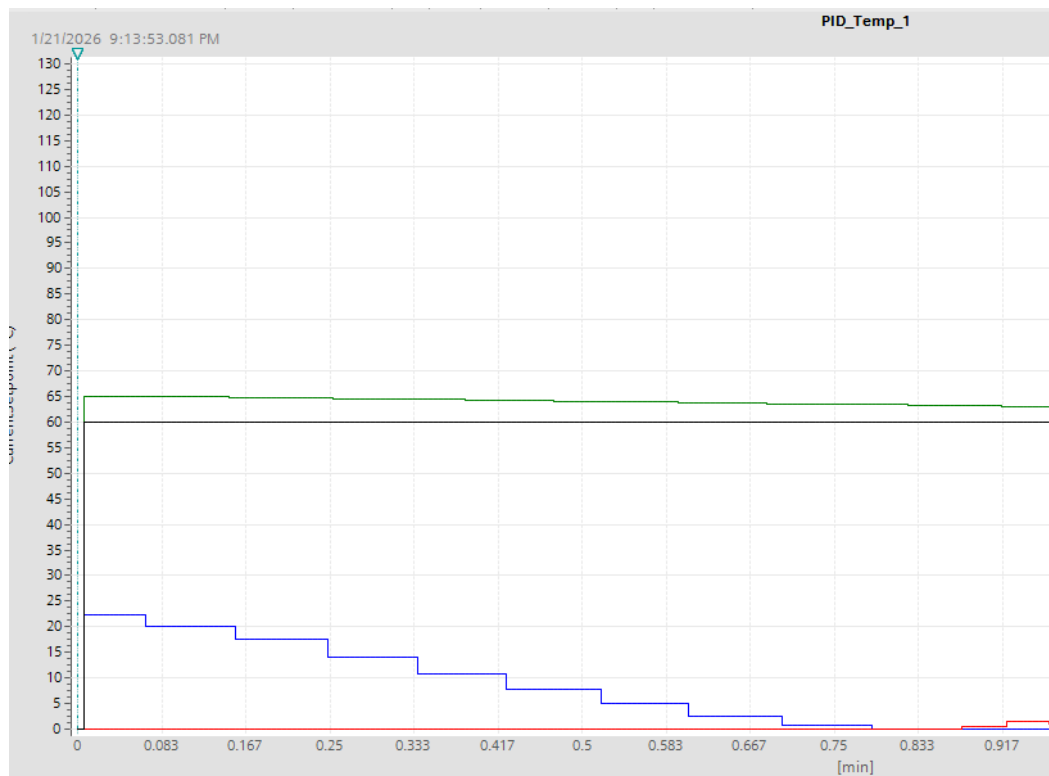
*Nota.* Valor de temperatura sensado por la PT100 en comparación al valor asignado por setpoint

Además, se puso a prueba la capacidad de enfriamiento de la planta. Al bajar el setpoint repentinamente, el control automático reaccionó activando la salida de enfriamiento; es decir el ventilador, y la temperatura comienza a descender hasta mantenerla estable en el punto de consigna.

En la figura 43 se puede visualizar la gráfica del control PID implementado.

**Figura 43**

*Gráficas de lazo de control cerrado*



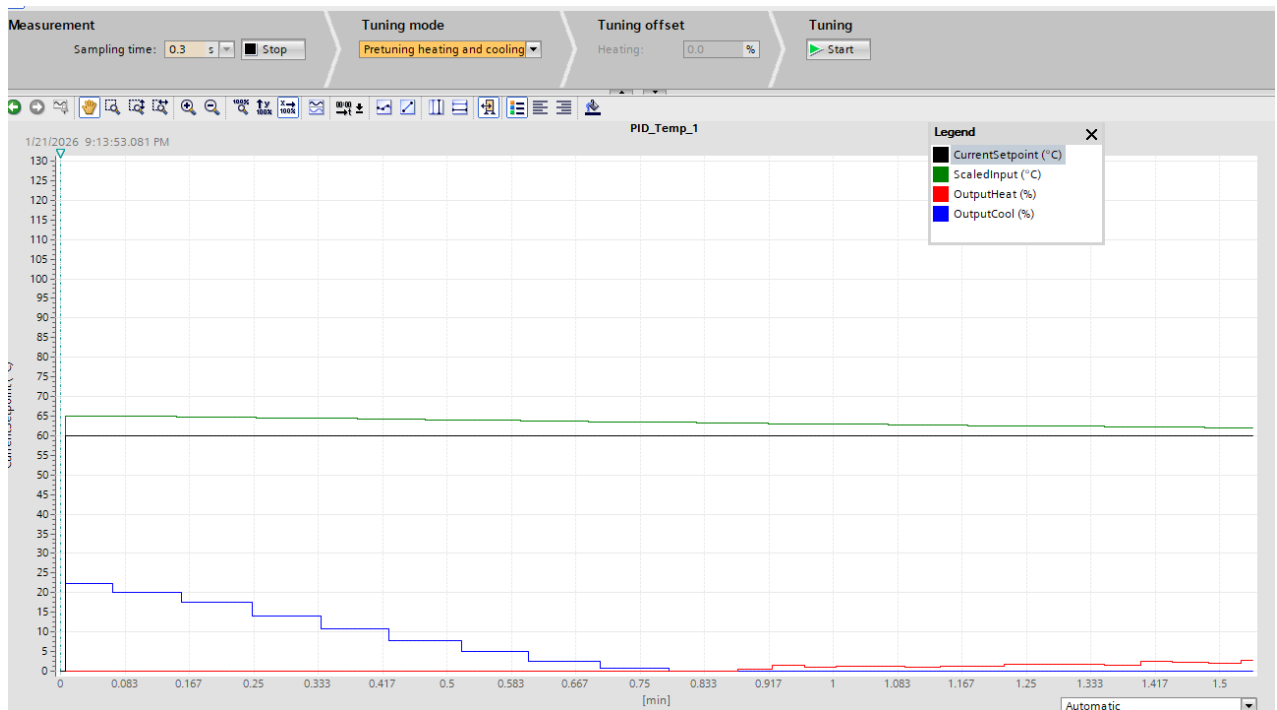
*Nota. El color negro representa el Setpoint, el verde la temperatura actual mientras que el rojo la resistencia y el azul para el ventilador.*

Esta prueba del control de lazo cerrado fue fundamental para analizar el comportamiento de la planta y para verificar el correcto funcionamiento del controlador PID en conjunto con los valores de ganancia obtenidos por la sintonización automática del pretuning.

En la figura 44 se muestra una fotografía de la sintonización y prueba del control automático en el PID Temp.

**Figura 44**

*Pruebas de control PID*



*Nota. Se muestra la configuración del lazo de control realizada en el laboratorio.*

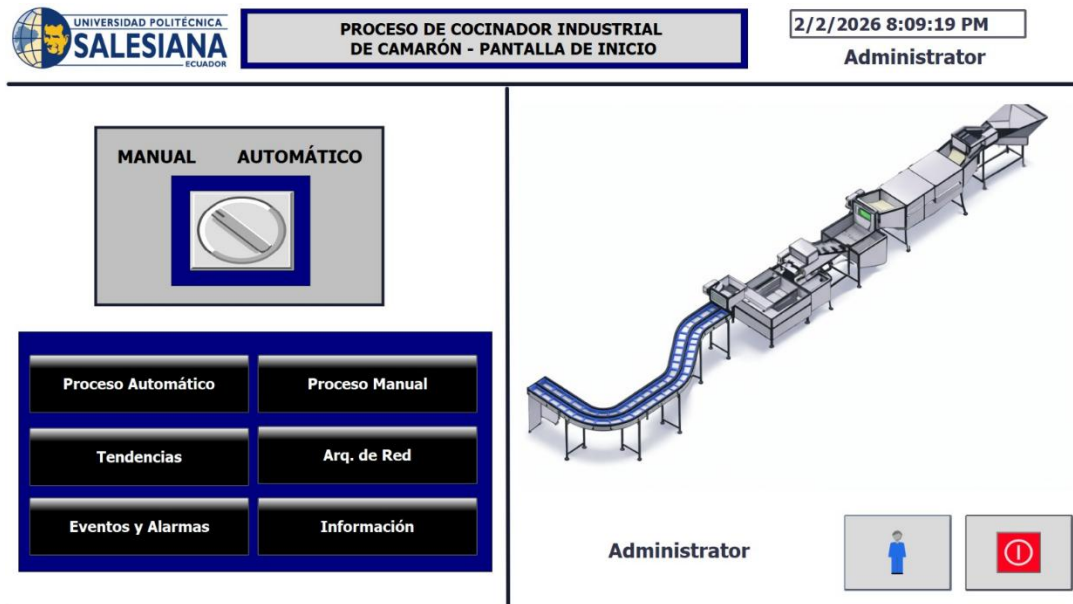
### 7.3. Funcionamiento general desde la interfaz

Para demostrar el correcto funcionamiento de todo el proceso, se inició la simulación de la cocción de varios lotes dando inicio al proceso y estableciendo valores de temperatura en la consigna del setpoint.

En la figura 45 se muestra el control del proceso desde la interfaz creada.

Figura 45

Interfaz del proceso



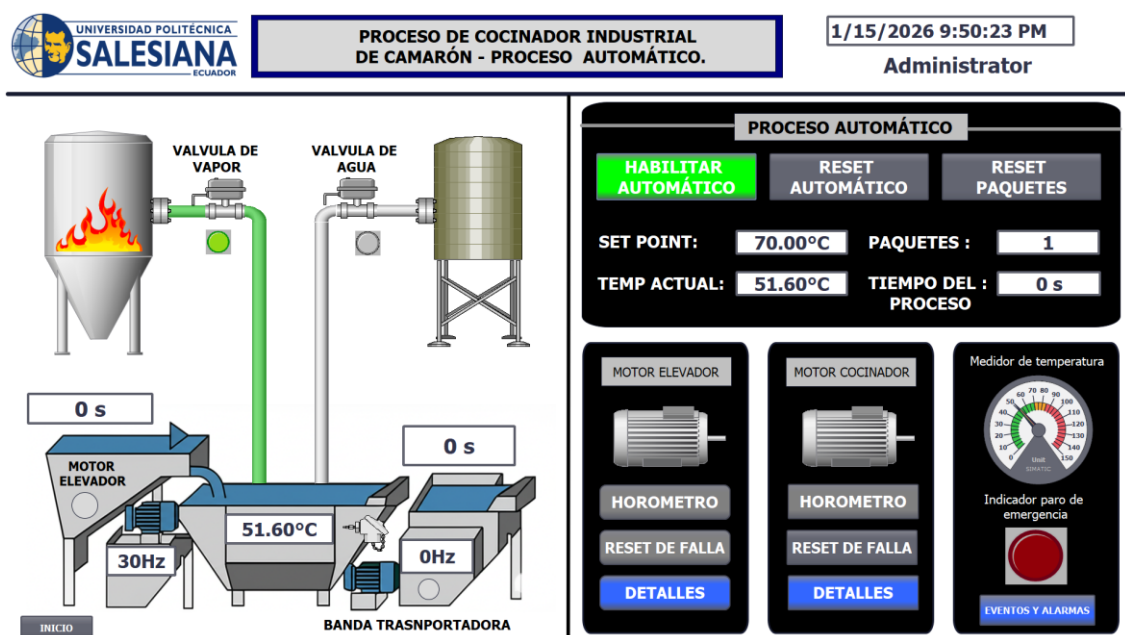
Nota. Interfaz desde el equipo de cómputo y desde el dispositivo móvil.

Al darse la orden de marcha, el proyecto ejecutó la secuencia del proceso de forma autónoma y continua, calentando primero el túnel hasta alcanzar la temperatura establecida. Una vez alcanzada dicha temperatura, se envía la orden para arrancar el variador de frecuencia.

En la figura 46 se muestra el estado del proceso desde la pantalla.

Figura 46

Estado del proceso



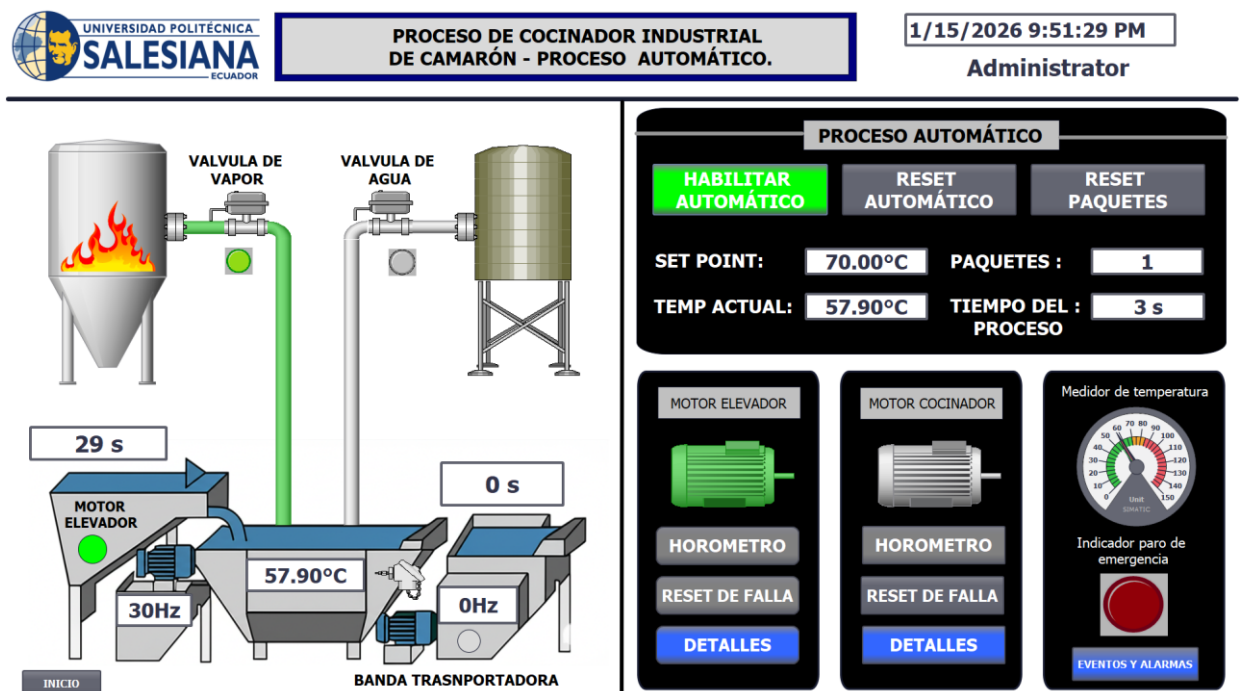
Nota. Estado del proceso mostrado por WinCC Runtime Advance

Durante estas pruebas, se modificó el setpoint de temperatura en tiempo real para validar que el PID mantuviera la estabilidad térmica aun cuando el proceso estaba activo. Simultáneamente, se establecieron tiempos específicos de funcionamiento para el variador y se programó una secuencia para que la frecuencia de velocidad cambiara automáticamente cada cierto intervalo.

En la figura 47, se muestra todo el proceso funcionando en conjunto.

**Figura 47**

*Prueba de funcionamiento completo del proceso*



*Nota.* Prueba de funcionamiento del proceso.

Esto permitió confirmar que el proceso responde de manera sincronizada, ajustando tanto el calor del túnel como la velocidad de la banda simulada sin presentar conflictos de comunicación.

La temperatura del proceso se mantuvo estable dentro del margen permitido, demostrando así que el integrar PLC's de diferentes marcas, en este caso Siemens y Schneider, es una solución robusta y funcional tanto para la academia como para la industria.

#### **7.4. Manuales de práctica**

Se realizaron un total de cuatro manuales de práctica, diseñados de forma secuencial para que los estudiantes de la carrera puedan comprender el funcionamiento del prototipo paso a paso.

La estructura de estos manuales permite dividir el proyecto en subprocesos, facilitando el aprendizaje al abordar primero cada funcionalidad o etapa por separado (como la configuración de redes industriales, el manejo de variadores y el control PID) antes de intentar realizar el proceso por completo.

De esta manera, las primeras tres prácticas funcionan como módulos de preparación, mientras que la cuarta práctica integra todos los conocimientos adquiridos para ejecutar el proceso de cocción de camarón con el control automático funcionando en su totalidad. A continuación, se muestran las prácticas mencionadas.

## **7.5. PRÁCTICA 1**

**TEMA:**

**Configuración de PLC Schneider M221 para  
comunicación Modbus TCP/IP**

**NÚMERO DE ESTUDIANTES 2**

**Integrantes:**

**David Jativa**

**Jeremy Espinoza**

**Ing. Geovanny García Flor, MSc**

**TIEMPO ESTIMADO 2 HORAS**

		REVISION 1/1	Página 62
		MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS	
LABORATORIO	Electrónica Automatización Industrial II		
CARRERA	Ingeniería Electrónica		
SEDE	Guayaquil		

### 1. OBJETIVOS GENERALES

- Realizar configuraciones previas en el PLC Schneider para ejecutar comunicación Modbus TCP/IP.

### 2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar direccionamiento IP similar al PLC Siemens para lograr comunicación.
- Configurar parámetros en el entorno Machine Expert Basic para establecer la arquitectura Cliente – Servidor.
- Desarrollar la lógica de programación para efectuar el intercambio de datos.

### 3. NORMAS DE SEGURIDAD

- Alimentar correctamente el PLC.
- Verificar el buen estado de los cables de red Ethernet.
- Utilizar el mandil de laboratorio.
- No ingerir alimentos en el laboratorio.

### 4. RECURSOS UTILIZADOS (EQUIPOS, Y ACCESORIO)

- PLC Schneider M221
- Equipo de cómputo
- Software Machine Expert Basic
- PLC Siemens S7-1500
- Software TIA Portal V18
- Cables para realizar conexiones
- Cables de red Ethernet

### 5. MARCO TEÓRICO

#### 5.1. Software Machine Expert Basic

El software Machine Expert Basic es el entorno de programación y desarrollo básico del fabricante Schneider Electric para sus PLC, este entorno posee funciones sencillas pero fundamentales para proyectos de automatización que

	REVISION 1/1	Página 63
	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS	
LABORATORIO	Electrónica Automatización Industrial II	
CARRERA	Ingeniería Electrónica	
SEDE	Guayaquil	

no requieran estructuras complejas, además el programa cuenta con licencia permanente gratuita (Schneider Electric, 2025).

En la figura 48 se muestra una vista previa del software a utilizar.

*Figura 48*

*Machine Expert Basic*



*Nota.* Entorno de desarrollo y programación EcoXStructure Machine Expert Basic. Tomado de (Escuela Control+, 2022).

## 5.2. Software TIA Portal V18

El entorno de TIA Portal V18 es, como el nombre indica (Totally Integrated Automation Portal) un programa con todas las funcionalidades integradas para proyectos de automatización que requieran múltiples necesidades, este software es exclusivo del fabricante Siemens (Siemens, 2026).

En la figura 49 se muestra la versión del programa a utilizar y algunas de sus nuevas características.

*Figura 49*

*TIA Portal V18*

		REVISION 1/1	Página 64
		MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS	
LABORATORIO	Electrónica Automatización Industrial II		
CARRERA	Ingeniería Electrónica		
SEDE	Guayaquil		



*Nota.* Entorno de desarrollo y programación TIA Portal V18 y sus características importantes. Tomado de (Tecnopl, 2024).

### 5.3. Redes industriales

Las redes industriales a diferencia de las redes domésticas comunes, estas tienen la particularidad de transmitir o recibir datos sin riesgo a fluctuaciones por ruido electromagnético y distancias, esto sucede gracias a la estandarización y protocolos que llevan este tipo de redes, las cuales permiten gestionar las variables del proceso en tiempo real (SDIndustrial, 2022).

### 5.4. Direccionamiento IP

Es una dirección única virtual que permite identificar al dispositivo asignado en Internet o en alguna red determinada, con el fin de enviar o recibir información entre dispositivos. Esta dirección son números separados por puntos en cuatro conjuntos de hasta tres dígitos cada uno, por ejemplo, el 192.168.0.1 (Kaspersky, 2026).

### 5.5. Scalance Switch Ethernet Industrial Siemens

Este switch conmutador actúa con 24VDC de alimentación, posee 5 puertos ethernet RJ45 hembra para realizar el conexionado, tiene la función de estructurar topologías con conexiones tipo estrella y línea, además posee

		REVISION 1/1	Página 65
		MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS	
LABORATORIO	Electrónica Automatización Industrial II		
CARRERA	Ingeniería Electrónica		
SEDE	Guayaquil		

velocidades de transferencia de 5, 10 y 100 Mb/s (Siemens, 2025).

En la figura 50 se visualiza el componente de forma física.

*Figura 50*

*Switch SCALANCE XB005*



*Nota.* Switch Industrial SCALANCE XB005. Tomado de (TechDealio, 2026).


### **5.6. Comunicación Modbus TCP/IP**

Es una variante del protocolo Modbus tradicional adaptada para redes Ethernet. A diferencia de la versión serial (RTU), no requiere comprobación de errores por CRC (ya que TCP/IP se encarga de ello) ni direcciones de esclavos físicas estrictas en la trama, sino que se basa en direcciones IP (Universal Robots, 2023).

El protocolo encapsula las tramas de datos Modbus dentro de paquetes TCP, utilizando típicamente el puerto 502. Es el estándar de facto para la interoperabilidad entre marcas debido a su simplicidad y estructura abierta (LogicBus, 2024).

## **6. INSTRUCCIONES PARA EL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA**

- 6.1. Realizar la conexión de alimentación del PLC Schneider
- 6.2. Realizar la conexión de alimentación del PLC Siemens
- 6.3. Conectar ambos PLC al Switch por medio de cables Red Ethernet

		REVISION 1/1	Página 66
		MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS	
LABORATORIO	Electrónica Automatización Industrial II		
CARRERA	Ingeniería Electrónica		
SEDE	Guayaquil		

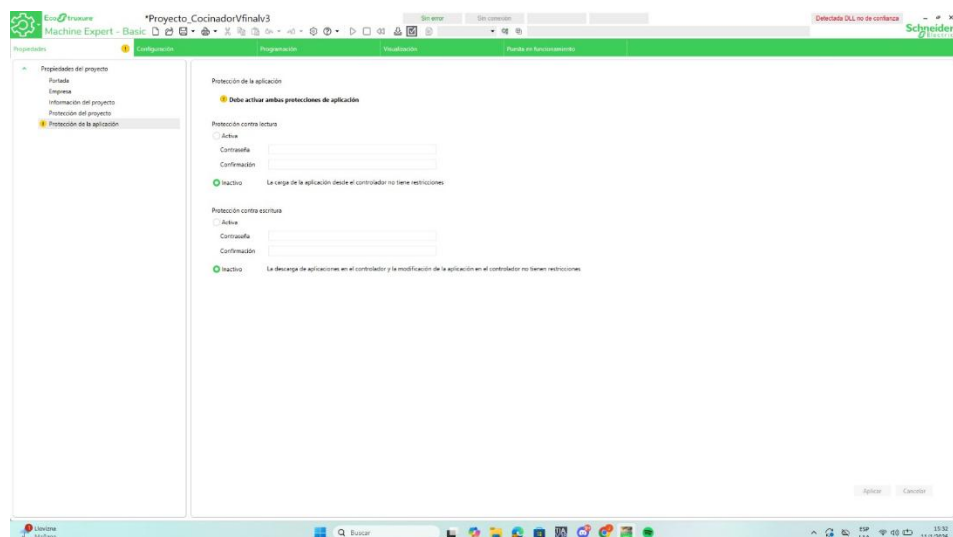
- 6.4. Conectar el equipo de cómputo al switch por medio de un cable de red
- 6.5. Inicializar el software Machine Expert Basic
- 6.6. Realizar la configuración para poder comunicarse mediante Modbus TCP/IP.

## 7. MARCO PROCEDIMENTAL

- 7.1. Primero se inicializa el software gratuito Machine Expert Basic de Schneider.
- 7.2. Crear un nuevo archivo y se coloca la opción de inicializar sin protecciones, ya que el proyecto a realizar es de uso educacional. En las figuras 50 y 51 se muestra la opción a seleccionar.

**Figura 51**

*Configuración inicial del software*



*Nota.* Propiedades de cifrado a aplicar en el proyecto.

**Figura 52**

*Protecciones contra lectura y escritura*

		REVISION 1/1	Página 67
		MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS	
LABORATORIO	Electrónica Automatización Industrial II		
CARRERA	Ingeniería Electrónica		
SEDE	Guayaquil		

Protección de la aplicación

**⚠ Debe activar ambas protecciones de aplicación**

Protección contra lectura

Activa

Contraseña

Confirmación

Inactivo La carga de la aplicación desde el controlador no tiene restricciones

Protección contra escritura

Activa

Contraseña

Confirmación

Inactivo La descarga de aplicaciones en el controlador y la modificación de la aplicación en el controlador no tienen restricciones

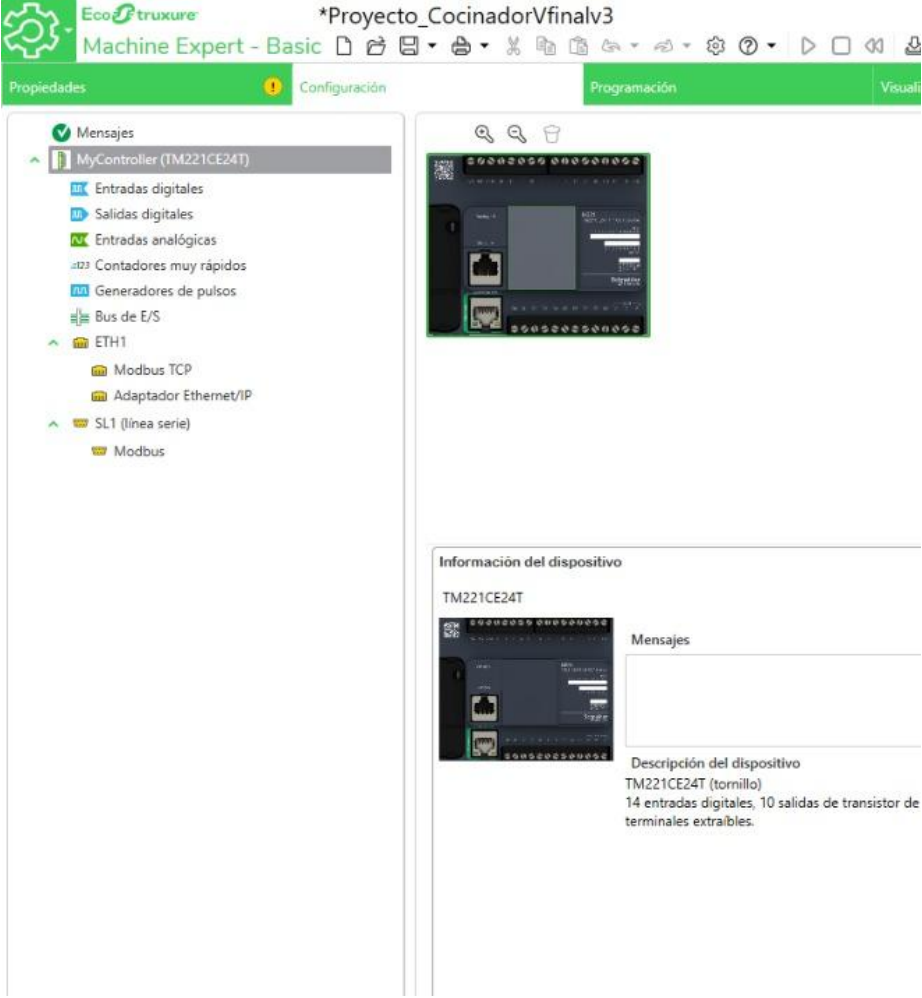
*Nota.* Se selecciona protección inactiva para ambos casos.

7.3. Se selecciona el modelo del PLC a utilizar, en este caso es el PLC M221. En la figura 53 se muestra el modelo específico del PLC.

**Figura 53**

*Selección de modelo de controlador*

	REVISION 1/1	Página 68
	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS	
LABORATORIO	Electrónica Automatización Industrial II	
CARRERA	Ingeniería Electrónica	
SEDE	Guayaquil	



*Nota.* Se selecciona el modelo TM221CE24T porque este es el que se encuentra en el módulo del laboratorio.

7.4. Colocar la dirección IP del PLC, la cual se guiará de acuerdo con la ya establecida en el PLC Siemens. En la figura 54 se asigna la dirección.

**Figura 54**  
Configuración ethernet del PLC

	REVISION 1/1	Página 69
	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS	
LABORATORIO	Electrónica Automatización Industrial II	
CARRERA	Ingeniería Electrónica	
SEDE	Guayaquil	



*Nota.* Se ingresa la dirección IP fija y además se habilitan todos los parámetros de seguridad, sobre todo el que indica “Servidor Modbus habilitado”.

7.5. Dirigirse al apartado de configuración Modbus TCP, dentro de dicho apartado se debe crear un elemento genérico que se conectará por Modbus TCP/IP, el cual se asignará el VDF ATV630, además se le establece la dirección IP que ya estaba previamente configurada en el variador de frecuencia. En la figura 55 se

		REVISION 1/1	Página 70
		MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS	
LABORATORIO	Electrónica Automatización Industrial II		
CARRERA	Ingeniería Electrónica		
SEDE	Guayaquil		

muestra la creación y dirección del elemento.

**Figura 55**

*Tabla de dispositivos remotos para conectar por Modbus TCP*



*Nota.* Direccionamiento de Variador de frecuencia ATV630.

7.6. Dirigirse a la pestaña de programación, allí crear un objeto de comunicación, para este caso, se necesita el bloque Write Var.

El primer renglón es el que engloba la escritura de los datos enviados desde el PLC Schneider hacia el VDF ATV630, la configuración de este bloque como se mencionó; es específica para la escritura de datos. Las opciones que se visualizan al lado del bloque son para configurar la comunicación del bloque, las cuales funcionan de la siguiente manera:

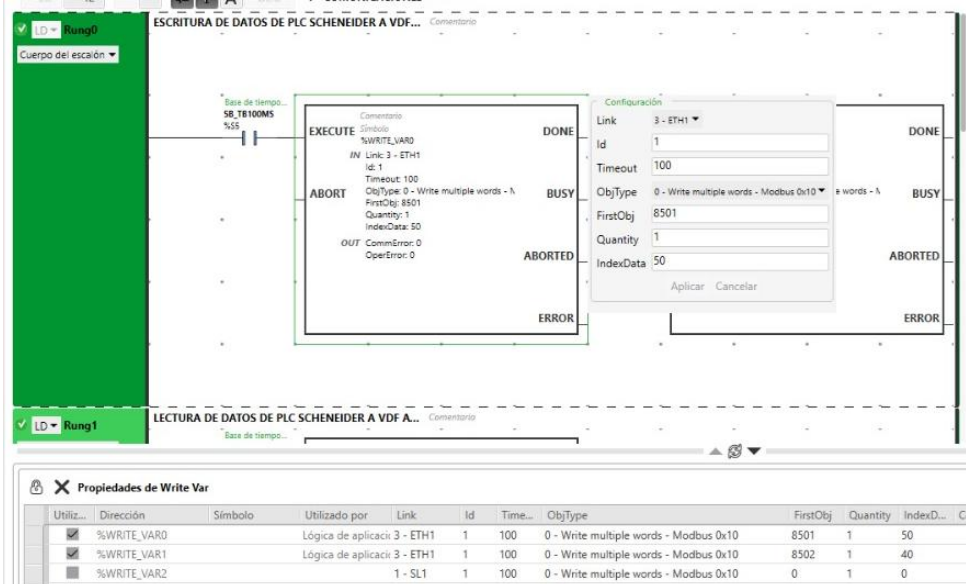
- Link: Aquí se coloca el tipo de medio por el cual se va a comunicar, al ser protocolo Modbus TCP/IP, el medio es Ethernet.
- ID: Es el identificador del bloque.
- Timeout: Se asigna por defecto 100ms.
- ObjType: Se asigna el valor de 0, puesto que este valor es el que se utiliza para poder enviar múltiples variables tipo Word.

		REVISION 1/1	Página 71
		MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS	
LABORATORIO	Electrónica Automatización Industrial II		
CARRERA	Ingeniería Electrónica		
SEDE	Guayaquil		

- FirstObj: Es a la dirección hacia donde se va a apuntar las instrucciones para el variador de frecuencia, en este caso es encender, apagar y reset. Se utiliza la dirección 8501.
  - Quantity: Es la cantidad de registros.
  - IndexData: Es la memoria asignada en donde se guardan las instrucciones que van hacia el variador de frecuencia, por ejemplo se envía la %MW50 que es igual al valor de 7, y se apaga el VDF.
- En la figura 56 se observa la configuración planteada.

**Figura 56**

*Escritura de datos de PLC a VDF*



Utiliz...	Dirección	Símbolo	Utilizado por	Link	Id	Time...	ObjType	FirstObj	Quantity	IndexD...	Com
<input checked="" type="checkbox"/>	%WRITE_VAR0		Lógica de aplicac	3 - ETH1	1	100	0 - Write multiple words - Modbus 0x10	8501	1	50	
<input checked="" type="checkbox"/>	%WRITE_VAR1		Lógica de aplicac	3 - ETH1	1	100	0 - Write multiple words - Modbus 0x10	8502	1	40	
<input type="checkbox"/>	%WRITE_VAR2			1 - SL1	1	100	0 - Write multiple words - Modbus 0x10	0	1	0	

*Nota.* Configuración de bloque de escritura de datos.

La dirección del FirstObj provienen de un mapa de direcciones Modbus estándar que se utiliza para este tipo de comunicaciones. En la figura 57 se visualiza la dirección lógica asignada y el mapa mencionado.

**Figura 57**

		REVISION 1/1	Página 72
		MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS	
LABORATORIO	Electrónica Automatización Industrial II		
CARRERA	Ingeniería Electrónica		
SEDE	Guayaquil		

Mapa de direcciones Modbus

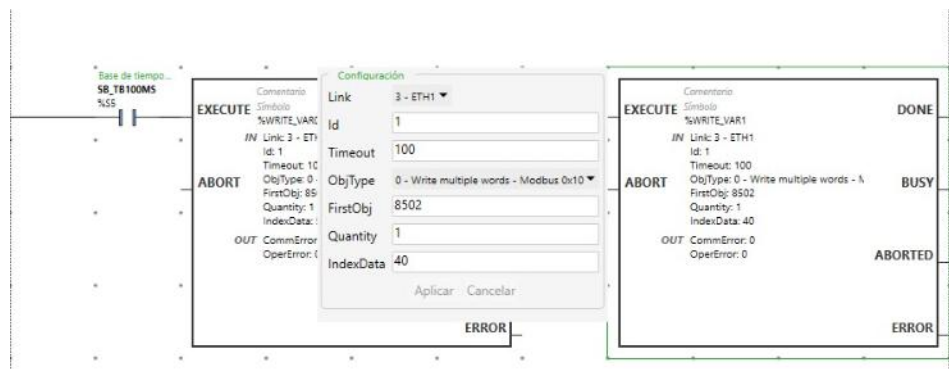
	A	B	C
1	Code	Name	Logic address
2	CMI	Extended control word	16#2138 = 8504
3	CMD	Cmd Register	16#2135 = 8501
4	RPR	Time Counter Reset	16#0C30 = 3120
5	LFRD	Speed setpoint	16#219A = 8602
6	LFR	Ref Frequency	16#2136 = 8502
7	PISP	PID Set Point	16#2137 = 8503
8	AIV1	AIV1 Image input	16#14A1 = 5281
9	MFR	Multiplying coeff.	16#2E37 = 11831
10	ETA	CIA402 State Reg	16#0C81 = 3201
11	HMIS	Drive State	16#0CA8 = 3240
12	ETI	Internal State Reg	16#0C86 = 3206
13	CRC	Ref Freq Channel	16#20F9 = 8441
14	CCC	Active command channel	16#20FA = 8442

Nota. Estas direcciones se utilizan para que el software conozca que tipo de acción va a realizar o cambiar.

7.7. Adicional se crea el mismo bloque para escribirle datos al variador de frecuencia, pero en este caso será para asignar la frecuencia, utilizando la dirección lógica 8502 y un indexdata de 40, tal como se visualiza en la figura 58.

Figura 58

Asignación de frecuencia



Nota. Si se observa la figura del mapa de direcciones, se puede apreciar que la dirección 8502, es exclusiva

		REVISION 1/1	Página 73
		MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS	
LABORATORIO	Electrónica Automatización Industrial II		
CARRERA	Ingeniería Electrónica		
SEDE	Guayaquil		

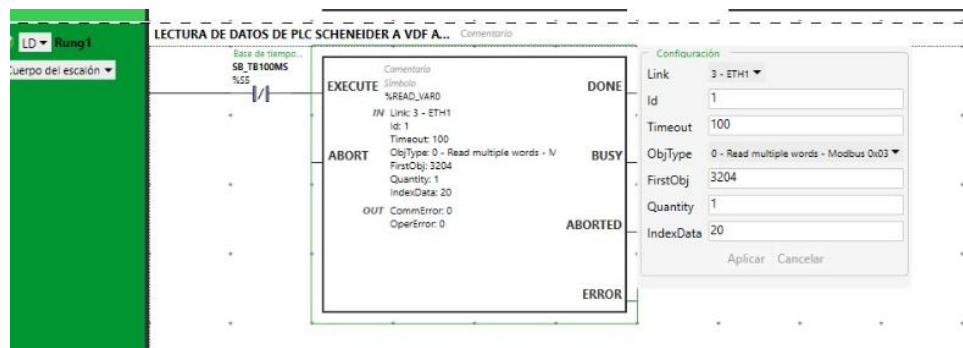
para la frecuencia del variador.

7.8. Ahora, se realiza un proceso similar, pero ahora será para la lectura de datos del variador de frecuencia.

7.9. Se crea un objeto de comunicación Read Var y se configuran los parámetros mencionados. La dirección lógica de FirstObj basándose en lo que se desea realizar la lectura y de acuerdo con el mapa de direcciones Modbus, se apunta a la dirección 3204, la cual es específica para los datos de corriente, tal como se muestra en la figura 59.

**Figura 59**

*Bloque de comunicación para lectura*



*Nota.* En este caso se le asigna un IndexData de 20.

		REVISION 1/1	Página 74
		MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS	
LABORATORIO	Electrónica Automatización Industrial II		
CARRERA	Ingeniería Electrónica		
SEDE	Guayaquil		

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1. CONCLUSIONES

- Se logró determinar que la implementación de la comunicación Modbus TCP/IP es bastante viable cuando se desea realizar el intercambio de información y datos entre dos controladores de diferentes marcas
- Se analizó que el correcto direccionamiento IP de la red es fundamental para poder realizar la comunicación y el envío de paquetes de datos.
- Se concluye que el entorno de programación de Schneider “Machine Expert Basic”, es bastante intuitivo y fácil de comprender, haciendo que no sea complejo realizar las configuraciones y el desarrollo del código.
- Se concluye que el uso del switch es importante para realizar conexiones con topología tipo estrella, garantizando una transmisión de datos estable y centralizando la información.

### 8.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar pruebas de envío y recepción de datos mediante la ventana de comandos de Windows, utilizando el comando “ping”.
- Se recomienda utilizar cables de red Ethernet apantallados y de categoría 5e o 6 para evitar errores y pérdida de datos por el ruido electromagnético de los equipos.
- Se recomienda tener marcado los cables de red Ethernet para conocer a que equipo se encuentra conectado cada uno y evitar confusiones.
- Se recomienda documentar una tabla de variables para tener un orden de acuerdo con los datos que se envían entre los controladores.

	REVISION 1/1	Página 75
	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS	
LABORATORIO	Electrónica Automatización Industrial II	
CARRERA	Ingeniería Electrónica	
SEDE	Guayaquil	

## 7.5. PRÁCTICA 2

TEMA:

Programación para comunicación entre PLC Siemens y PLC Schneider mediante Modbus TCP/IP

NÚMERO DE ESTUDIANTES 2

Integrantes:  
David Jativa  
Jeremy Espinoza

Ing. Geovanny García Flor, MSc

TIEMPO ESTIMADO 2 HORAS

## **1. OBJETIVO GENERAL**

- Implementar una arquitectura de comunicación entre el PLC Schneider y un PLC Siemens, utilizando el protocolo Modbus TCP/IP para el envío de registros de memoria.

## **2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Configurar la dirección de red Ethernet y el mapeo de registros de memoria en el software Machine Expert Basic para habilitar al PLC Schneider como servidor Modbus.
- Programar los bloques de comunicación (MB\_CLIENT) en el software TIA Portal para que el PLC Siemens gestione las peticiones de lectura y escritura de datos.
- Validar la transmisión de datos mediante tablas de forzado y observación en ambos entornos de software.

## **3. NORMAS DE SEGURIDAD**

- Uso de Mandil durante las prácticas en el Laboratorio
- No consumir alimentos dentro del laboratorio
- Utilizar únicamente software solicitado para la simulación de los módulos

## **4. RECURSOS UTILIZADOS (EQUIPOS, Y ACCESORIO)**

- Software TIA PORTAL
- Software Machine Expert Basic
- PLC Siemens S7-1500
- PLC Schneider M221
- Fuente de alimentación 24VDC
- Cable de red Ethernet

## **5. MARCO TEÓRICO**

### **5.1. PLC Schneider M221**

El Modicon M221 es un controlador lógico programable de la gama MachineStruxure de Schneider Electric, diseñado para arquitecturas de automatización compactas. Se destaca por integrar un puerto Ethernet RJ45 nativo que soporta el protocolo Modbus TCP/IP (Schneider Electric, 2024).

Su función principal será actuar como el nodo que aloja los datos del proceso en sus palabras de memoria (%MW), permitiendo el acceso externo sin requerir

programación compleja de bloques de comunicación. En la Figura 60 se muestra el controlador Modicon M221 de Schneider Electric, que actuará como el servidor de la red (Schneider Electric, 2024).

**Figura 60**

*PLC Schneider M221*



*Nota.* Controlador lógico programable Modicon M221. Tomado de (One-elec, 2025).

## **5.2 PLC Siemens S7-1500**

El PLC S7-1500 de Siemens representa a la generación avanzada de controladores de Siemens, este controlador está orientado a procesos de media y alta complejidad. Su arquitectura interna y su procesador de alto rendimiento le permiten gestionar múltiples conexiones de comunicación simultáneas (Siemens, 2025).

A través del software TIA Portal, este controlador posee librerías específicas de "Open User Communication", las cuales permiten instanciar bloques de función para protocolos abiertos, otorgándole la capacidad de conectarse con equipos de diferentes marcas siguiendo un estándar de comunicación industrial, el controlador se puede apreciar en la figura 61 (Tecnopl.com, 2023).

**Figura 61**

*PLC Siemens Simatic S7-1500*



*Nota.* Controlador lógico programable S7-1500 con módulos de E/S. Tomado de (SINSIE, 2023).

### **5.3 Mapa de direcciones Modbus**

Dado que cada fabricante organiza la memoria de sus PLCs de forma diferente, el protocolo Modbus utiliza un esquema de direccionamiento estandarizado que funciona como un traductor. Esto permite que la estructura interna de Schneider se entienda perfectamente con la de Siemens sin conflictos.

Esta práctica está centrada en los denominados "Holding Registers" o Registros de Retención, que son espacios de almacenamiento de 16 bits aptos para lectura y escritura. Según la norma del protocolo, estos registros se identifican habitualmente dentro del rango lógico que inicia en la dirección 40001.

El controlador Schneider M221 realiza un mapeo directo y automático de sus words de memoria internas, conocidas como %MW, hacia estos registros del estándar Modbus. De esta forma, cualquier dato que se guarde en la memoria %MW del servidor estará disponible inmediatamente para ser leído por el cliente.

## **6. INSTRUCCIONES PARA EL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA**

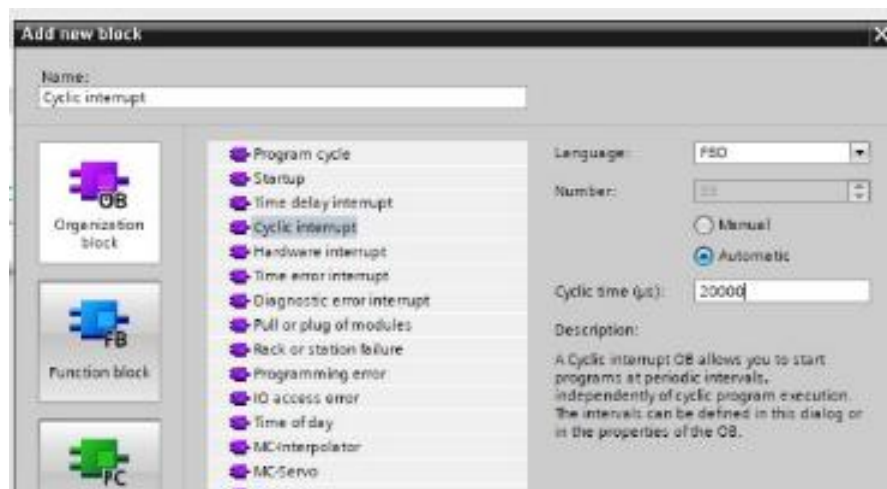
- 6.1 Realice la conexión de alimentación del PLC Siemens.
- 6.2 Realice la conexión de alimentación del módulo del PLC Schneider.
- 6.3 Conecte ambos PLC mediante el puerto ethernet hacia el módulo del Switch
- 6.4 Conecte la computadora del laboratorio o laptop personal en el switch
- 6.5 Luego proceda con el direccionamiento IP de todos los dispositivos (PLC y equipo de cómputo).
- 6.6 Proceda con la configuración del PLC Schneider mediante el software Machine Expert Basic para implementar comunicación Modbus TCP/IP como Servidor
- 6.7 Implementar la programación en el PLC Siemens en el entorno de TIA Portal, mediante el bloque MB\_Client para comunicarse con el PLC Schneider
- 6.8 Enviar y recibir datos entre ambos PLC para verificar la comunicación.
- 6.9 Simular y forzar las tablas de variables para comprobar la red.

## 7. MARCO PROCEDIMENTAL

- 7.1 Se crea proyecto con el controlador a utilizar, en este caso un S7-1500.
- 7.2 Se crean bloques de interrupción cíclica, con un tiempo de 20000 microsegundos, tal como se muestra en la figura 62.

*Figura 62*

*Creación de bloque de organización*



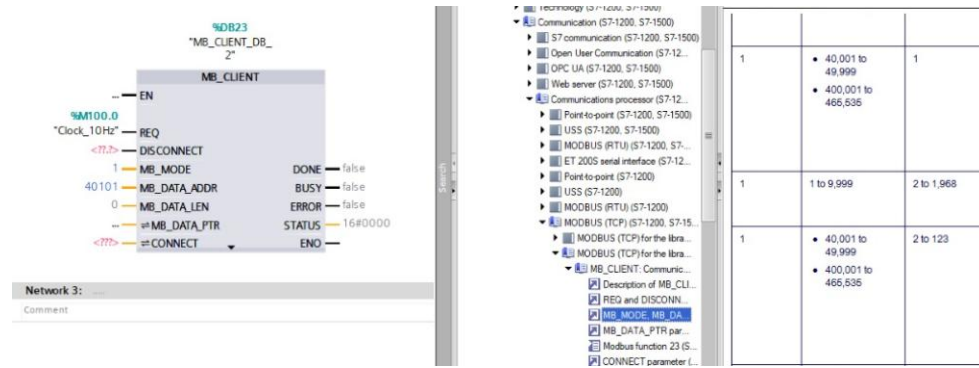
*Nota.* Creación de OB de interrupción cíclica para implementar comunicación Modbus.

- 7.3 En la network se crea el bloque MB\_Client, este bloque es el que gestionará toda la comunicación con el PLC Schneider, aquí se asigna una frecuencia de

reloj para enviar datos constantemente, se asigna el bloque en modo 1 (modo de escritura de datos) y se apunta la dirección 40101, como lo indica la figura 63.

**Figura 63**

Configuración de bloque MB\_Client

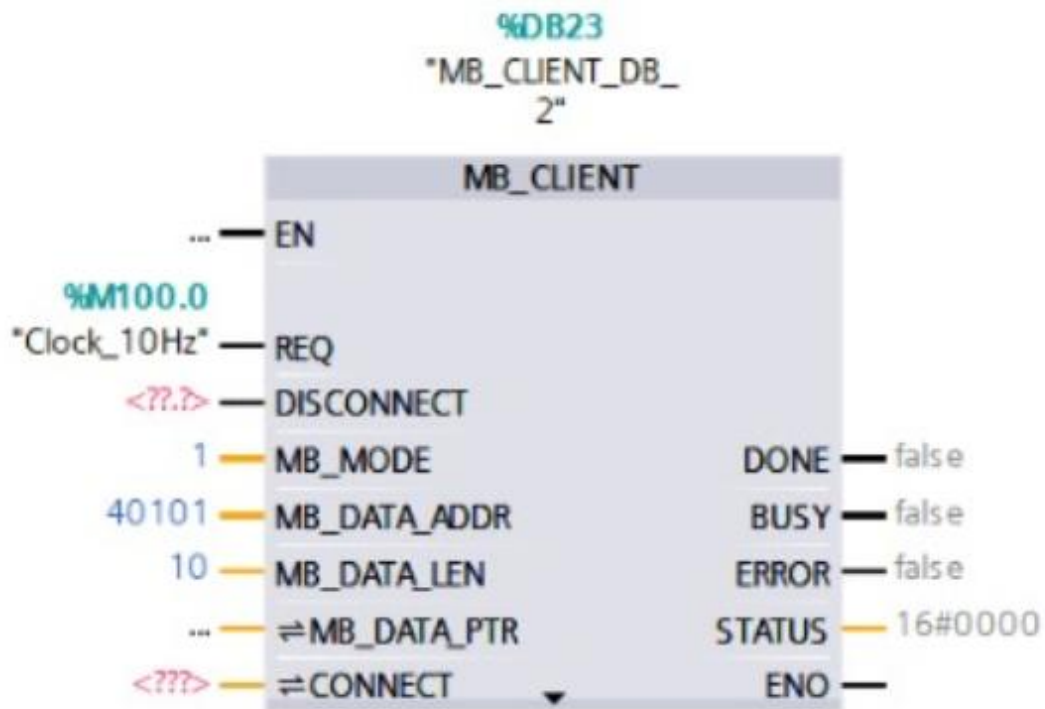


*Nota.* La dirección 40101 el PLC Schneider lo interpretará como la marca %MW100.

**7.4** En MB\_DATA\_LEN se asigna la cantidad de datos que se van a escribir, para este caso se necesita enviar un máximo de 10 datos, por lo tanto, se asigna ese valor. En la figura 64 se visualiza la configuración del bloque.

Figura 64

Bloque MB\_Client



Nota. Esta longitud de datos significa que se van a ocupar las memorias desde la %MW100 hasta la %MW110.

**7.5** Se crea un bloque de datos (DB) y dentro del bloque se crea un array de datos tipo Word con la longitud configurada anteriormente (10 datos). En la figura 65 se observa los datos creados en el DB.

Figura 65

Array de datos tipo Word

DATOS_PLC_SIE_SCH			
	Name	Data type	Offset
1	Static		
2	DATOS_SIE_SE	Array[0..9] of Word	0.0
3	DATOS_SIE_SE[0]	Word	0.0
4	DATOS_SIE_SE[1]	Word	2.0
5	DATOS_SIE_SE[2]	Word	4.0
6	DATOS_SIE_SE[3]	Word	6.0
7	DATOS_SIE_SE[4]	Word	8.0
8	DATOS_SIE_SE[5]	Word	10.0
9	DATOS_SIE_SE[6]	Word	12.0
10	DATOS_SIE_SE[7]	Word	14.0
11	DATOS_SIE_SE[8]	Word	16.0
12	DATOS_SIE_SE[9]	Word	18.0

*Nota El Offset es la dirección en donde se guardó el dato dentro del DB con el arreglo de datos.*

**7.6** Se crea otro Data Block para la configuración de la comunicación Modbus, aquí se debe de tener en consideración lo siguiente:

El puerto de salida del PLC es 64, el ID del bloque será el del MB\_Client, la dirección IP del servidor será la asignada en el PLC Schneider, y al puerto remoto se le asignará el valor de 502. En la figura 66 se visualiza la configuración planteada para este bloque.

Figura 66

Bloque DB para comunicación

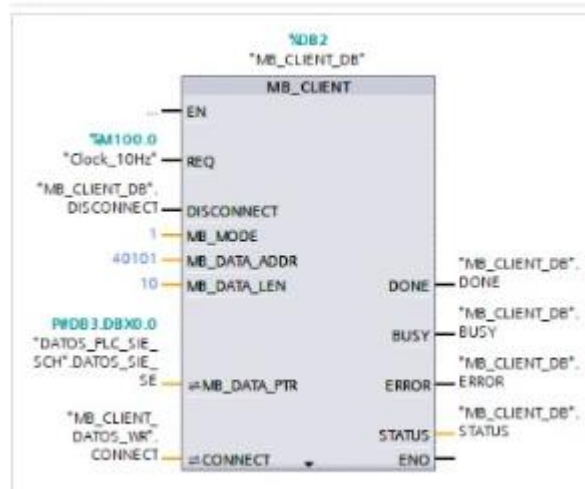
▼ Static		
▼ CONNECT	TCON_IP_v4	
Interfaceld	HW_ANY	64
ID	CONN_OUC	2
ConnectionType	Byte	11
ActiveEstablished	Bool	TRUE
▼ RemoteAddress	IP_V4	
▼ ADDR	Array[1..4] of Byte	
ADDR[1]	Byte	192
ADDR[2]	Byte	168
ADDR[3]	Byte	0
ADDR[4]	Byte	52
RemotePort	UInt	502
LocalPort	UInt	0

Nota. El valor del puerto de 502 es el estándar para establecer la comunicación Modbus TCP/IP.

7.7 Se asignan todas las entradas y salidas del MB\_Client de escritura. En la figura 67 se detalla cómo y cuales variables y valores fueron las asignadas.

Figura 67

MB\_Client para escritura de datos

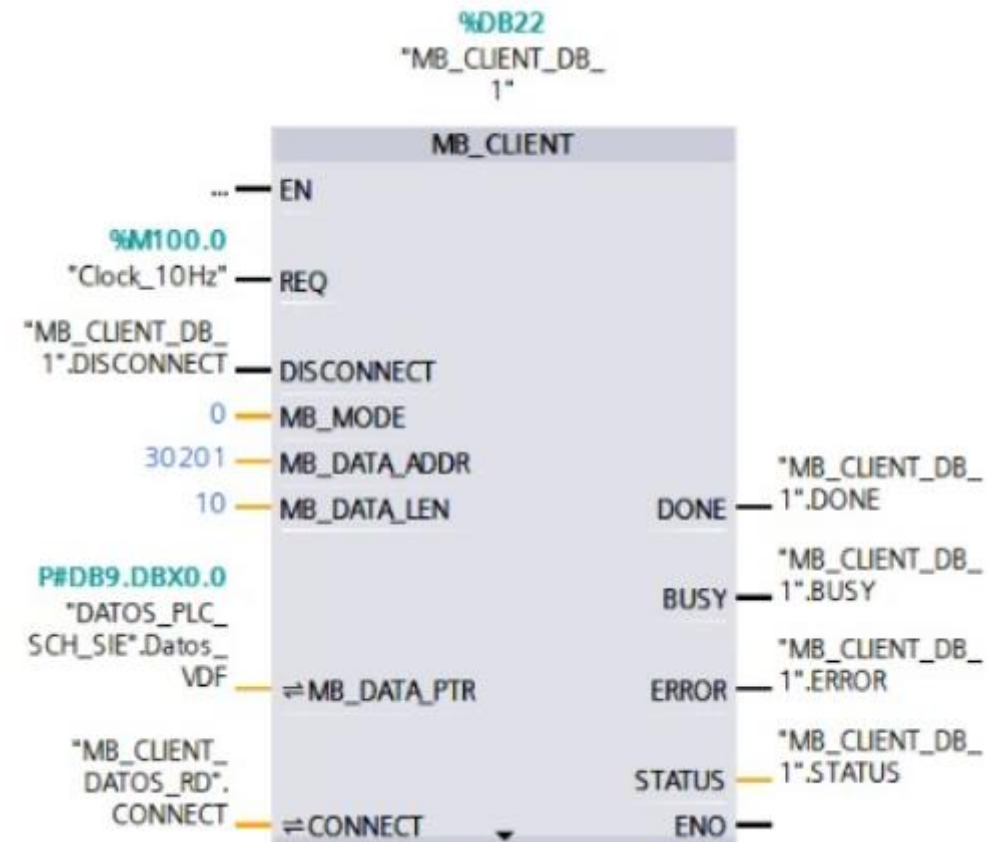


Nota. La función de este bloque MB\_Client será únicamente para la escritura de datos.

7.8 Se procede a realizar los mismos pasos pero en este caso para la lectura de datos, se crea el mismo bloque MB\_Client pero se le asigna el modo 0, que es el modo de lectura de datos, los valores de dirección para asignar se observan en la figura 68.

Figura 68

Bloque MB\_Client para lectura de datos



Nota. Este bloque se crea dentro de otro bloque de interrupción cíclica para evitar conflictos, además el tiempo del ciclo será de 10000 microsegundos.

7.9 Se crea el Data Block en donde se configura la comunicación del bloque de lectura, y se configura de la forma en la que se muestra en la figura 69.

**Figura 69**

Configuración de Data Block de lectura

MB_CLIENT_DATOS_RD			
	Name	Data type	Start value
1	Static		
2	CONNECT	TCON_IP_v4	
3	InterfaceId	HW_ANY	64
4	ID	CONN_OUC	3
5	ConnectionType	Byte	11
6	ActiveEstablished	Bool	TRUE
7	RemoteAddress	IP_V4	
8	ADDR	Array[1..4] of Byte	
9	ADDR[1]	Byte	192
10	ADDR[2]	Byte	168
11	ADDR[3]	Byte	0
12	ADDR[4]	Byte	52
13	RemotePort	Uint	502
14	LocalPort	Uint	0

*Nota.* Configuración de parámetros de comunicación para lectura de datos.

**7.10** De la misma manera, se crea otro Data Block en donde se van a guardar los datos de lectura provenientes del PLC Schneider, el arreglo se muestra en la figura 70.

**Figura 70**

Datos de lectura

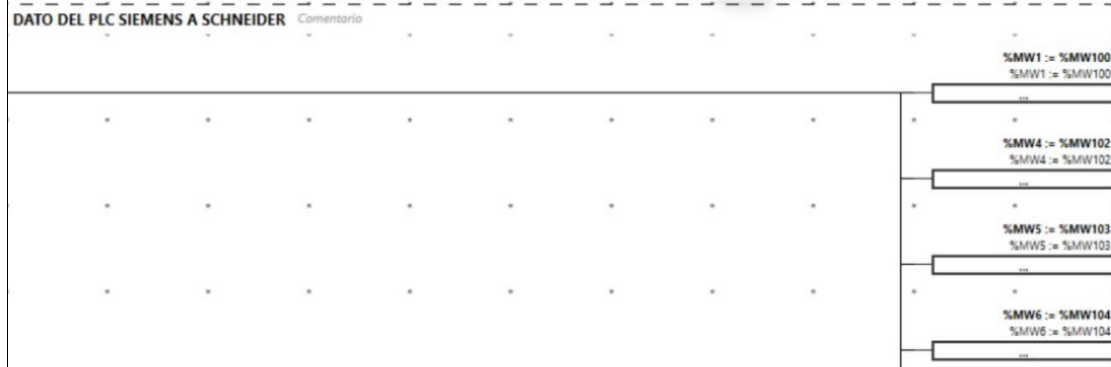
DATOS_PLC_SCH_SIE			
	Name	Data type	Offset
1	Static		
2	Datos_VDF	Array[0..9] of Word	0.0
3	Datos_VDF[0]	Word	0.0
4	Datos_VDF[1]	Word	2.0
5	Datos_VDF[2]	Word	4.0
6	Datos_VDF[3]	Word	6.0
7	Datos_VDF[4]	Word	8.0
8	Datos_VDF[5]	Word	10.0
9	Datos_VDF[6]	Word	12.0
10	Datos_VDF[7]	Word	14.0
11	Datos_VDF[8]	Word	16.0
12	Datos_VDF[9]	Word	18.0

*Nota.* Array de lectura en donde se van a almacenar los datos provenientes del PLC Schneider.

**7.11** Finalmente, en el software Machine Expert Basic, se crean las variables de memoria en donde se van a guardar los datos, como se observa en la figura 71.

**Figura 71**

*Datos del PLC Siemens a Schneider*



*Nota. Variables de memoria tipo Word en donde se almacenarán los datos provenientes del PLC Siemens.*

## **8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **8.1. CONCLUSIONES**

- Se verificó que el protocolo abierto Modbus TCP/IP es una solución estandarizada para integrar controladores de fabricantes diferentes (Siemens y Schneider) logrando un intercambio de datos fluido y estandarizado a través de una red de Ethernet Industrial.
- Se determinó que la arquitectura, con el PLC Siemens S7-1500 actuando como Cliente y el Schneider M221 como Servidor, optimiza el intercambio de datos.
- Se comprobó que existe un desfase (offset) entre la dirección lógica del protocolo Modbus (ej. 40001) y la dirección física interna de los PLC, por lo que la validación de estas direcciones de registro es indispensable para evitar la lectura de datos erróneos o nulos.
- Se concluyó que la conexión vía Ethernet industrial ofreció tiempos de respuesta cortos y una tasa de error nula durante la práctica, garantizando la integridad de los datos enviados entre ambos PLC.

### **7.13 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar un ping o prueba de comunicación utilizando el centro de comandos de windos (cmd), con respecto a ambos plc antes de cargar la

programación.

- Se sugiere programar rutinas de diagnóstico utilizando las salidas de estado (STATUS y ERROR) del bloque de comunicación en el entorno del TIA Portal. Visualizar estos códigos de error en tiempo real permite al estudiante identificar rápidamente problemas comunes.
- Se recomienda documentar en una tabla de variables qué registro del Schneider (ej. %MW0) corresponde a qué dirección Modbus (ej. 40001), ya que un error de cálculo en este parámetro es la causa más frecuente de fallos en la lectura de datos.
- Se recomienda asegurar que los tipos de datos sean idénticos en ambos controladores para evitar incoherencias en el recibimiento de información.

## 7.6. PRÁCTICA 3

TEMA:

Implementación de control automático (PID)  
para proceso de control de temperatura

NÚMERO DE ESTUDIANTES 2

Integrantes:

David Jativa

Jeremy Espinoza

Ing. Geovanny García Flor, MSc

TIEMPO ESTIMADO 2 HORAS

## **1. OBJETIVO GENERAL**

- Implementar un sistema de control de lazo cerrado gestionando la adquisición de señales a través de una ET200SP.

## **2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Comunicar la ET200SP con el PLC Siemens S7-1500 vía Profinet para reconocer los módulos de E/S analógicos y digitales.
- Realizar la programación para recibir datos del sensor de temperatura y controlar los actuadores
- Parametrizar el bloque PID Temp y ejecutar las rutinas de sintonización automática.

## **3. NORMAS DE SEGURIDAD**

- Seguir siempre las instrucciones del docente.
- Uso de Mandil durante las prácticas en el laboratorio.
- Tener precaución con respecto a la alta temperatura del túnel de calor
- Transportar el módulo cuidadosamente hacia la mesa de trabajo.

## **4. RECURSOS UTILIZADOS (EQUIPOS, Y ACCESORIO)**

- Software TIA PORTAL
- Cable Ethernet
- Módulo de túnel de calor con ET200SP
- PLC Siemens S7-1500

## **5. MARCO TEÓRICO**

### **5.1. Control PID**

El control PID (Proporcional-Integral-Derivativo) es esencial para la regulación de procesos continuos. Funciona mediante un lazo de retroalimentación que compara constantemente el valor real del proceso (PV - Process Value) con referencia al valor deseado (SP - Setpoint), generando una señal de error (Smith, 2024).

El objetivo del controlador es reducir este error a cero mediante tres acciones correctivas simultáneas:

- **Acción Proporcional (Kp - Ganancia):**

Es la respuesta inmediata al error actual. Genera una salida de control proporcional a la magnitud del error. Si la diferencia de temperatura es grande, la acción P aplica mucha potencia. Sin embargo, por sí sola, no puede estabilizar el sistema exactamente en el Setpoint, dejando siempre un pequeño desfase conocido como "error en estado estacionario" u offset (National Instruments, 2025).

- **Acción Integral (Ki - Tiempo de Integración):**

Acumula la suma de los errores en el tiempo. Su función principal es eliminar el offset que deja la acción proporcional, incrementando gradualmente la salida hasta que la temperatura alcanza exactamente el valor consignado. Es vital para la precisión, pero un exceso de acción integral puede causar oscilaciones lentas (Castaño, Acción de Control Integral – Control PID, 2026).

- **Acción Derivativa (Kd - Tiempo Derivativo):**

Analiza la velocidad de cambio del error. Si la temperatura sube muy rápido hacia el Setpoint, la acción derivativa "frena" la salida para evitar que el sistema se pase de largo (sobrepulso). Es fundamental en procesos térmicos para evitar picos de temperatura indeseados (Castaño, Acción de Control Derivativo – Control PID, 2025).

## **5.2. Bloque PID Temp**

A diferencia del bloque PID Compact (bloque de uso general para control PID), el bloque PID Temp está diseñado específicamente para procesos térmicos. Su principal característica es la capacidad de gestionar dos actuadores; uno para calentar y otro para enfriar. El PID decide automáticamente cuándo activar la resistencia y cuándo el ventilador (Siemens, 2025).

## **5.3. Modulación por ancho de pulso**

Dado que las resistencias eléctricas son dispositivos digitales (solo pueden estar Encendidas o Apagadas), el PLC debe simular una salida analógica (0-100%)

utilizando PWM. Esta técnica consiste en variar el tiempo que la salida permanece activa dentro de un periodo fijo (Gonzalez, 2024).

Por ejemplo, si el PID calcula una potencia del 50% y el ciclo es de 2 segundos, el PLC encenderá la resistencia durante 1 segundo y la apagará durante el otro segundo. Esto permite controlar la temperatura de forma precisa utilizando salidas digitales (Cadence, 2024).

#### **5.4. SIMATIC ET 200SP**

Es un sistema de E/S modular que permite la adquisición de señales, la ET 200SP actúa como una interfaz remota: su módulo de entradas analógicas obtiene la señal de resistencia de la PT100, y su módulo de salidas ejecuta los comandos de conmutación (Siemens, 2025).

En la figura 72 se visualiza el módulo de la ET200SP.

*Figura 72*

*ET200SP*



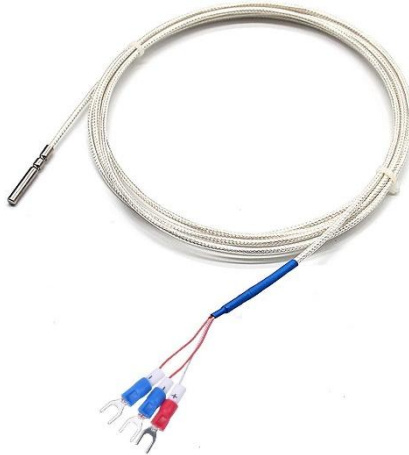
*Nota.* Módulo de periferia descentralizada ET200SP. Tomado de (AWC, 2026).

#### **5.5. Sensor de temperatura PT100**

La PT100 es un detector de temperatura basado en la variación de resistencia del platino. Su característica normativa es ofrecer una resistencia de 100 ohmios a 0 °C. Se utiliza en lugar de las termocuplas en aplicaciones de alimentos (como la cocción de camarón) debido a su alta linealidad y estabilidad a largo plazo en rangos de temperatura moderados (Omega, 2026). En la figura 73 se muestra el respectivo sensor de temperatura.

*Figura 73*

*PT100*



*Nota.* Sensor de temperatura RTD PT100. Tomado de (Grupo Electrostore, 2026).

## 5.6. Relé de estado sólido

El Relé de Estado Sólido (SSR) utiliza semiconductores (tiristores/triacs) para realizar conmutación sin accionamiento mecánico. Esto ofrece dos ventajas: una vida útil prácticamente ilimitada ante conmutaciones rápidas y una operación silenciosa libre de ruido electromagnético (GEYA, 2022).

En la figura 74, se aprecia el componente mencionado.

*Figura 74*

*Relé de estado sólido*



*Nota.* Relé de estado sólido (SSR). Tomado de (MEGATRONICA, 2026)

## 5.7. Sintonización automática (Tuning)

El entorno TIA Portal incorpora algoritmos para calcular las constantes ( $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ ) basándose en la respuesta física del sistema:

El pre tuning se ejecuta con el sistema estable. El controlador aplica un escalón de potencia (lazo abierto) y analiza cuánto tarda en reaccionar la planta y la pendiente de subida de la temperatura.

## **6. INSTRUCCIONES PARA EL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA**

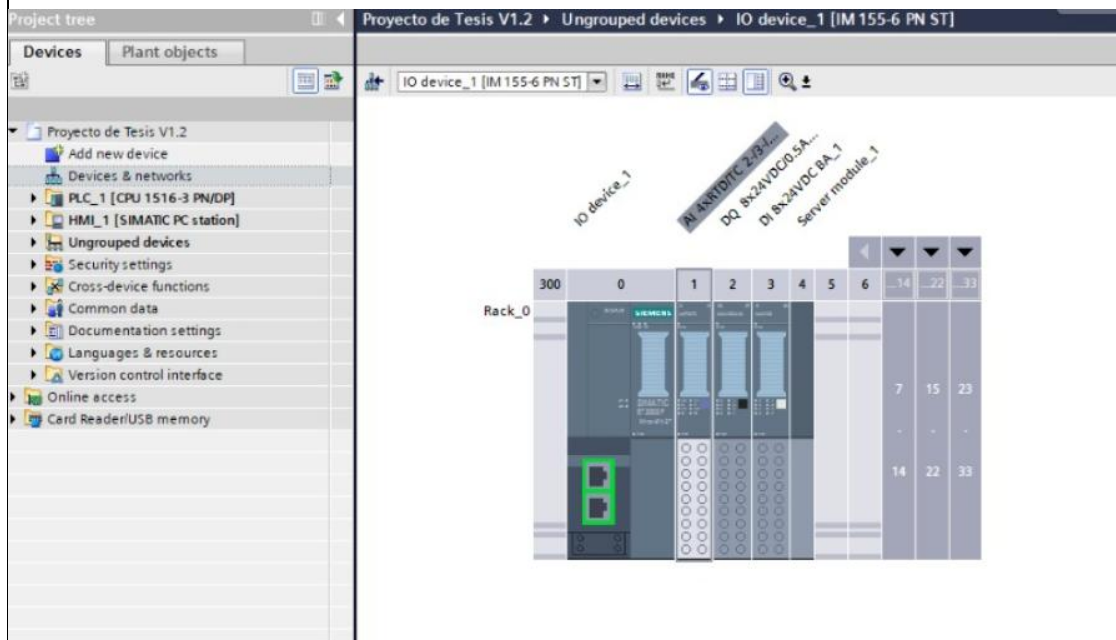
- 6.1. Realice el cableado de alimentación de todos los equipos, luego proceda con la activación de los disyuntores.
- 6.2. Conecte los cables de red Ethernet hacia el switch para realizar la comunicación vía Profinet entre la ET200SP y el PLC Siemens S7-1500
- 6.3. Detectar en que entrada está conectado el sensor de temperatura (PT100) y en que salidas están conectados los actuadores (resistencia y ventilador)
- 6.4. Realizar la programación para implementar el bloque PID Temp en el entorno del TIA Portal
- 6.5. Configurar el bloque PID Temp
- 6.6. Llevar a cabo el proceso de sintonización automática (Pre tuning) para obtener los valores de  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ .
- 6.7. Comprobar mediante pruebas físicas los datos obtenidos de la sintonización.
- 6.8. Verificar si el proceso funciona correctamente de acuerdo con el ajuste de valor en el Set Point.

## **7. MARCO PROCEDIMENTAL**

- 7.1. Agregar un nuevo dispositivo, el cuál será la ET200SP, como se observa en la figura 75.

Figura 75

Agregar ET200SP

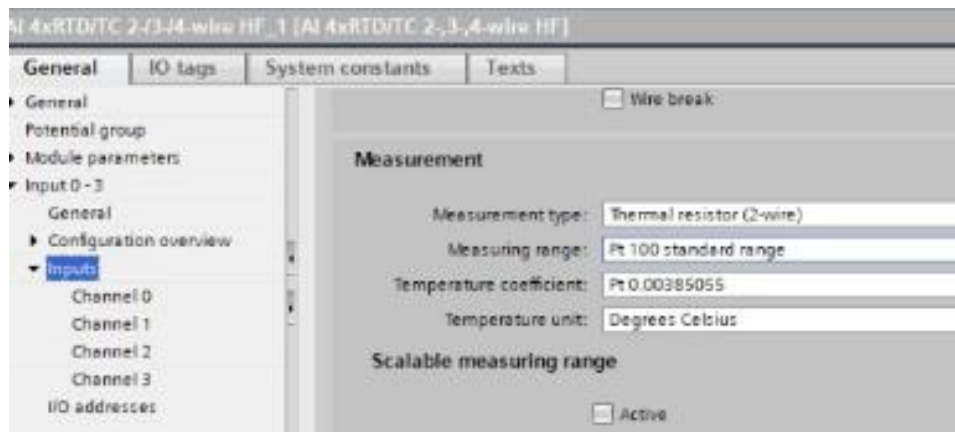


Nota. El módulo cuenta con E/S analógicas y digitales.

7.2. Configurar el tipo de PT100 en el módulo, como se muestra en la figura 76.

Figura 76

Tipo de PT100



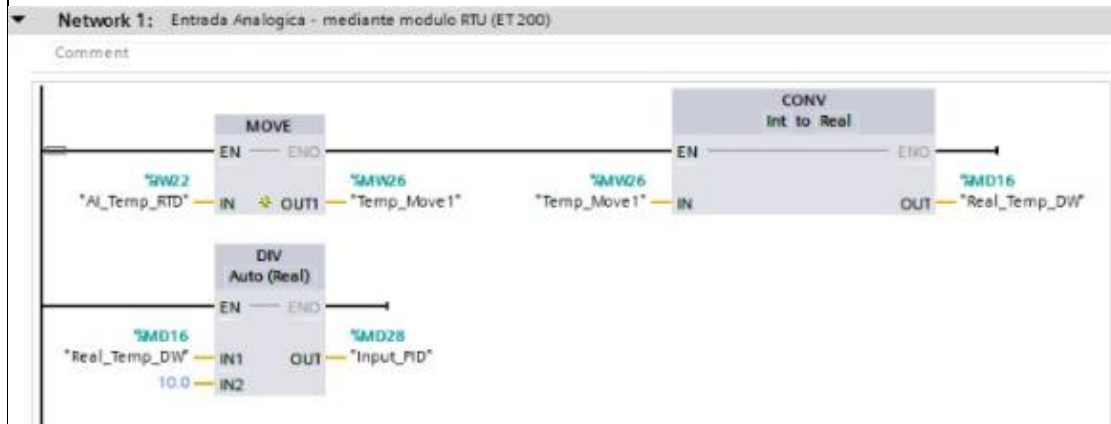
Nota. La PT100 existente en el módulo es una RTD de 2 hilos.

7.3. Verificar a que memoria se encuentra conectada la PT100

7.4. Una vez encontrada, al ser el valor sensado un valor entero, se lo convierte a real para poderlo implementar en el bloque de PID, tal como se muestra en la figura 77.

**Figura 77**

Conversión de valor de temperatura



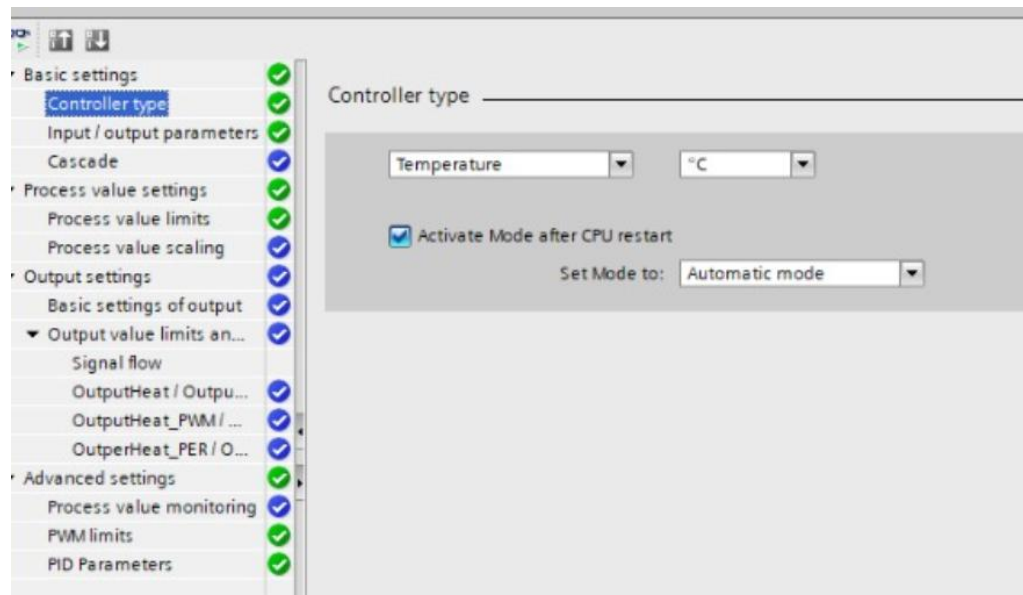
Nota. Además, se divide para 10 con el fin de obtener el valor real de temperatura en decimales.

7.5. Ahora se procede a crear un bloque de interrupción cíclica para poder implementar el control automático. Dentro de este OB, en la network se crea el bloque de PID\_Temp, el cual es específico para esta aplicación de control de temperatura.

7.6. Dentro del bloque PID\_Temp se configuran los valores que se muestran en la figura 78.

**Figura 78**

Tipo de controlador

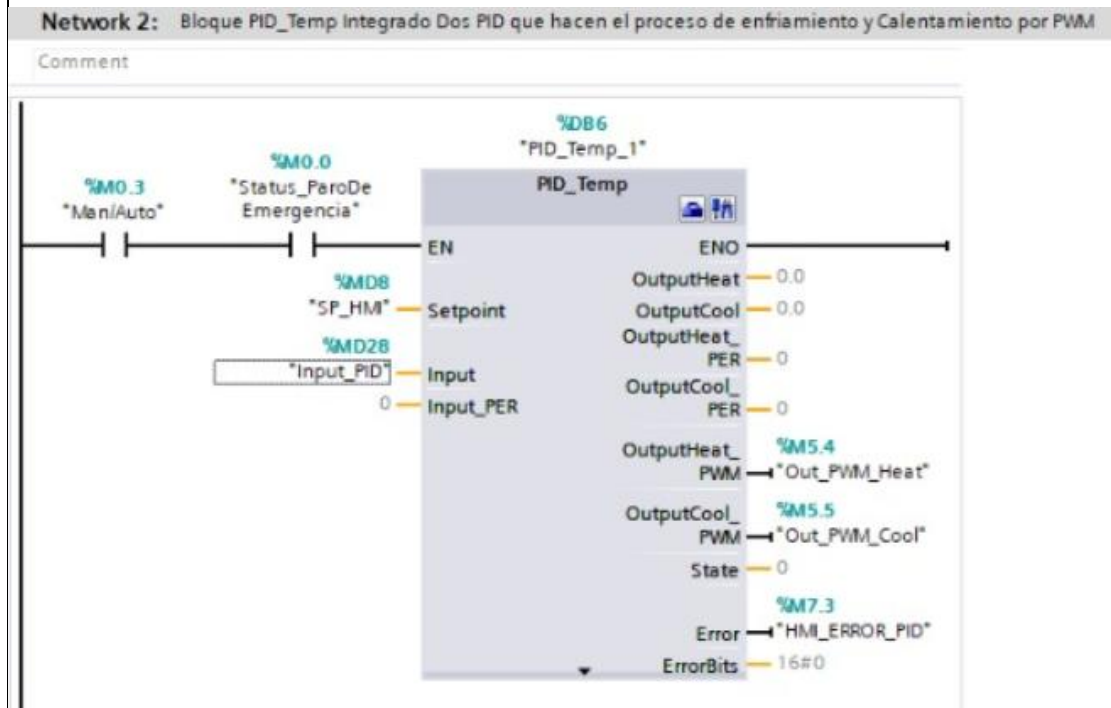


Nota. Se selecciona control de temperatura y grados en Celsius.

7.7. El bloque PID\_Temp será asignado y configurado con las variables mostradas en la figura 79.

Figura 79

Bloque PID\_Temp configurado

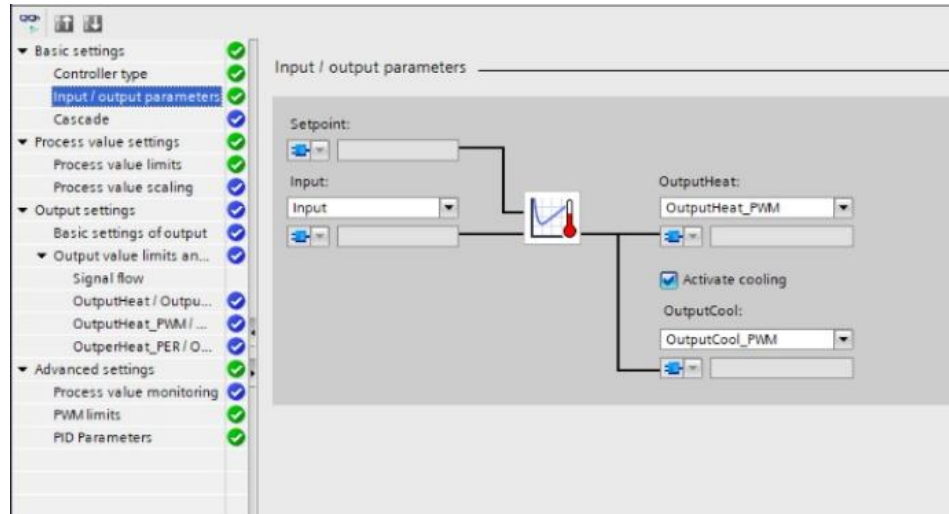


Nota. Se configura permisivos con el fin de parar el proceso manualmente cuando se desee.

7.8. Se configuran los parámetros de entrada y salida como se observa en la figura 80.

**Figura 80**

Parámetros de entrada y salida

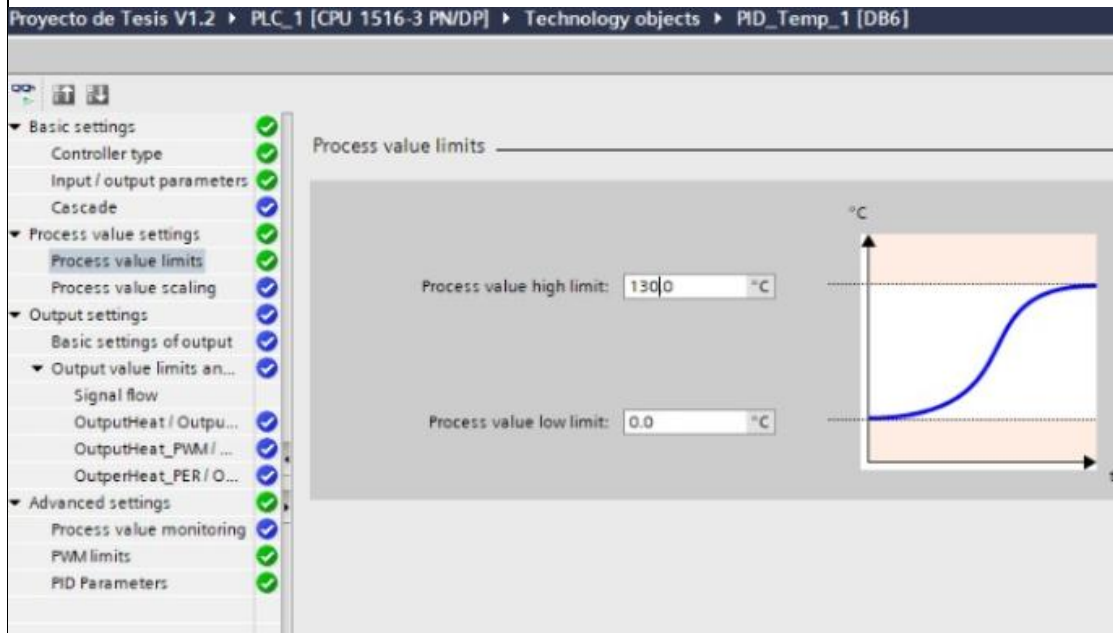


Nota. Se configuran las salidas para calentamiento y enfriamiento.

7.9. Se configuran los valores límites del proceso, tal como se muestra en la figura 81.

**Figura 81**

Valores límites de temperatura

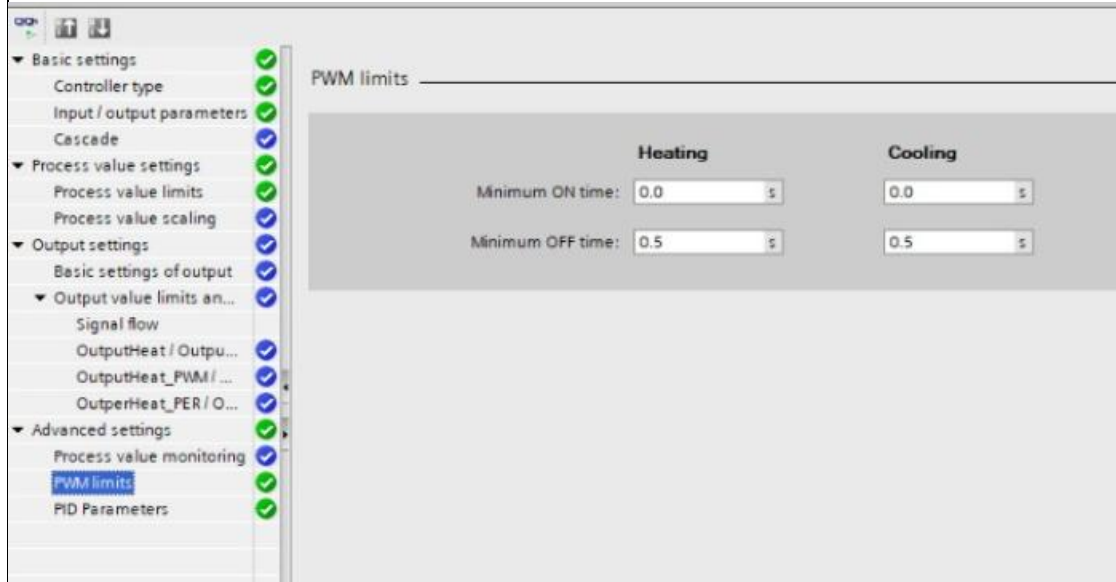


Nota. Estos valores se asignan para proteger la PT100 y también depende del tipo de proceso a implementar.

7.10. Establecer los límites de valores PWM en segundos para calentamiento y enfriamiento, tal como se muestra en la figura 82.

Figura 82

Límites PWM

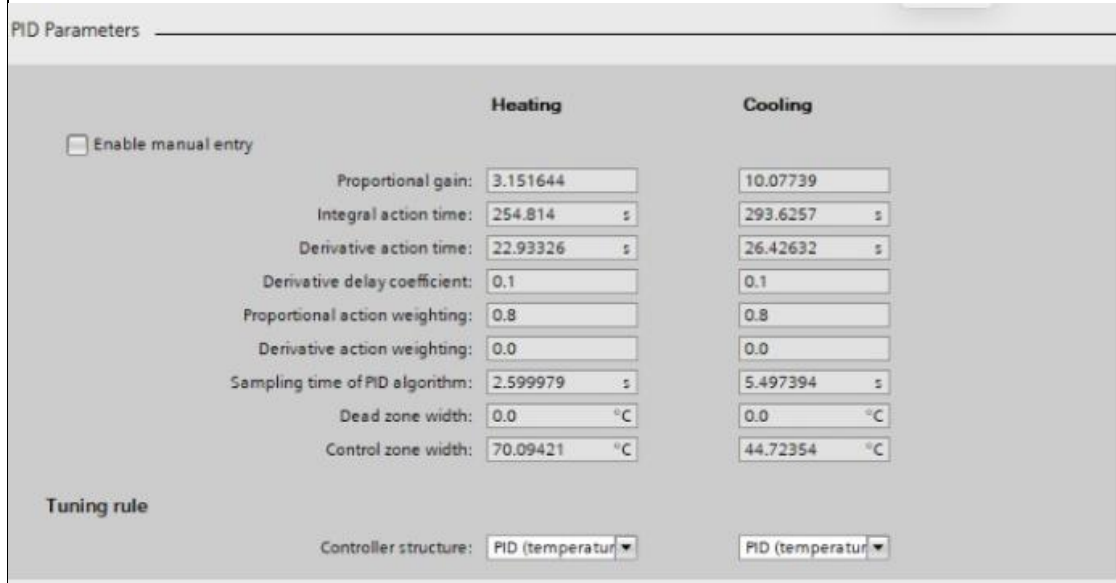


Nota. Para un control óptimo se establecieron estos valores encontrados mediante prueba y error.

7.11. Se aplica la sintonización de Pre tuning para calentamiento y enfriamiento, y en este caso, se logró obtener los valores mostrados en la figura 83.

Figura 83

Constantes de ganancia



Nota. Constantes de control PID obtenidas mediante sintonización automática de Pre tuning.

7.12. Finalmente, ya se encuentra automatizado el control de la temperatura.

## **8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **8.1. Conclusiones**

- Se comprobó que las herramientas de sintonización automática integradas en el TIA Portal facilitan la puesta en marcha del proceso.
- La programación fue capaz de identificar las variables del proceso y calcular constantes ( $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ ).
- Se logró gestionar la transición entre calentar y enfriar cambiando los valores del setpoint para conseguir una temperatura baja o alta
- Se concluyó que el relé de estado sólido conectado a la resistencia es muy importante puesto que permite aumentar o disminuir la potencia dependiendo de la temperatura requerida.

### **8.2. Recomendaciones**

- Verificar que tipo de PT100 tiene el túnel de calor, ya sea de 2 o de 3 hilos.
- Realizar varias pruebas del control PID después del pre tuning, subiendo y bajando el valor del set point para verificar temperatura y tiempo de estabilización.
- No colocar valores tan altos de temperatura en el set point porque el sensor de temperatura no lo soportará
- Comprobar el funcionamiento de sensores y actuadores antes de implementar el control automático.

## **7.7. PRÁCTICA 4**

**TEMA:**

Implementación del control automático para el proceso industrial de cocción de camarones mediante PLC Siemens y Schneider utilizando comunicación Modbus TCP/IP

**NÚMERO DE ESTUDIANTES: 2**

**Integrantes:**

David Jativa

Jeremy Espinoza

Ing. Geovanny García Flor, MSc

**TIEMPO ESTIMADO 2 HORAS**

## **1. OBJETIVOS GENERALES**

- Integrar la comunicación industrial entre PLCs de diferentes marcas y el control automático para automatizar el proceso de cocción del camarón.

## **2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Desarrollar la lógica de programación para el proceso de cocción.
- Diseñar la interfaz HMI para permitir el ingreso de parámetros de temperatura y la visualización de datos.
- Incorporar el variador de frecuencia Schneider para simular una banda transportadora en el proceso de cocción.

## **3. NORMAS DE SEGURIDAD**

- Evitar el contacto con el túnel de calor por riesgos de quemaduras.
- Utilizar el mandil y seguir las normas de laboratorio.
- Evitar que los demás módulos, equipos y/o cables entren en contacto con el túnel de calor
- Establecer un perímetro para no estar cerca del motor cuando este se encuentre energizado.

## **4. RECURSOS UTILIZADOS (EQUIPOS, Y ACCESORIO)**

- PLC Siemens S7-1500
- PLC Schneider M221
- Módulo de ET200SP con Túnel de calor
- Cables de red Ethernet
- Switch
- Equipo de cómputo
- Cables de conexión
- Software TIA Portal V18
- Software Machine Expert Basic
- Fuente de alimentación 24VDC

## **5. MARCO TEÓRICO**

### **5.1. Variador de frecuencia Schneider ATV630**

El VDF Altivar Process 630 es un variador de frecuencia del fabricante Schneider Electric, este variador es un equipo de alta potencia ya que está orientado a procesos industriales de alta demanda, además al pertenecer a la

marca Schneider, es capaz de soportar nativamente el protocolo Modbus TCP/IP y Modbus Serial (RG-Energia, 2023).

En la figura 84 se muestra el equipo de potencia.

**Figura 84**

*VDF ATV630*



*Nota.* Variador de Frecuencia Schneider Altivar Process ATV630. Tomado de (Aotewell Automation, 2024)

## **5.2. Control de temperatura**

Un sistema de control de temperatura necesita y debe de ser obligatoriamente preciso, por esa razón en procesos industriales se utiliza un lazo de control PID, con el fin de tener un proceso estable y sin variaciones significativas. El control PID calcula en tiempo real la diferencia o "error" que existe entre la temperatura deseada y la temperatura actual medida por el sensor (Sinny, 2025).

Al minimizar este error de forma continua, el sistema asegura que la temperatura se mantenga en el valor exacto requerido, evitando que se generen grandes oscilaciones del valor de la temperatura (Garcés, 2025).

## **5.3. Cocinador industrial de camarones**

Un cocinador industrial es un sistema de transferencia de calor diseñado para transformar el producto en camarón cocido. Este proceso físico ocurre en dos etapas: primero por convección, donde el calor pasa del agua al exterior del camarón, y luego por conducción, viajando desde la superficie hacia el centro térmico del alimento (Laitram Machinery, 2025).

## **6. INSTRUCCIONES PARA EL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA**

- 6.1. Realice la conexión física de los cables de red Ethernet entre el PLC Siemens, el PLC Schneider y el Switch.
- 6.2. Verificar que ambos controladores se encuentren energizados y dentro del mismo segmento de red (IPs asignadas).
- 6.3. Configurar el PLC Schneider M221 como Servidor Modbus y mapear las palabras de memoria (%MW) que recibirán los datos.
- 6.4. En el TIA Portal, programar el bloque de comunicación (MB\_CLIENT) para establecer enlace con el Schneider.
- 6.5. Integrar el bloque PID\_Temp (previamente configurado) con la lógica de comunicación para coordinar temperatura y movimiento.
- 6.6. Programar la lógica de envío de datos utilizando bloques de movimiento para transferir la velocidad y la marcha hacia el variador.
- 6.7. Implementar la lógica de enfriamiento activo utilizando el ventilador del túnel.
- 6.8. Diseñar las pantallas en la HMI para el ingreso de parámetros y visualización de alarmas.

## **7. MARCO PROCEDIMENTAL**

- 7.1. Tomando como base la configuración de red establecida en las prácticas 1 y 2 se procede a programar el bloque MB\_CLIENT en el PLC Siemens. A diferencia de las pruebas iniciales de conexión, aquí se debe apuntar específicamente al Bloque de Datos (DB) que contiene la estructura completa del lote (velocidad, marcha, paro), asegurando que el puntero de datos coincida con las direcciones mapeadas en el PLC Schneider (Servidor), como se muestra en la figura 85.

Figura 85

Bloque de almacenamiento de datos (DB)

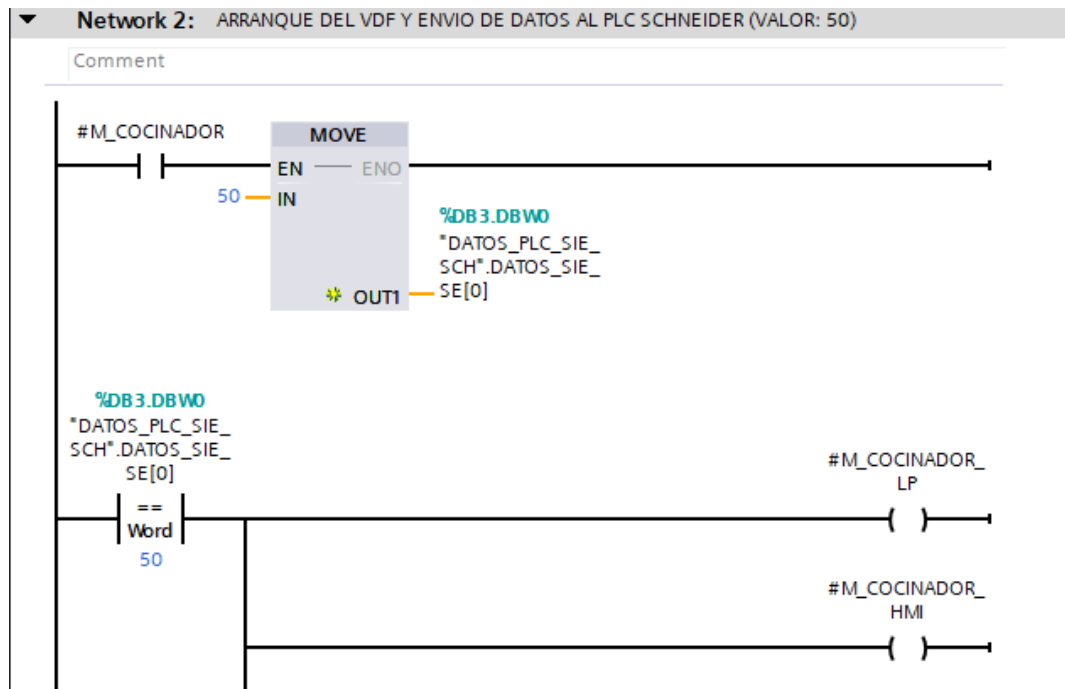
	Name	Data type	Offset
1	Static		
2	Datos_VDF	Array[0..9] of Word	0.0
3	Datos_VDF[0]	Word	0.0
4	Datos_VDF[1]	Word	2.0
5	Datos_VDF[2]	Word	4.0
6	Datos_VDF[3]	Word	6.0
7	Datos_VDF[4]	Word	8.0
8	Datos_VDF[5]	Word	10.0
9	Datos_VDF[6]	Word	12.0

Nota. En este Data Block se guardan los valores provenientes del PLC Schneider

7.2. Dado que el motor y el variador están conectados físicamente al PLC Schneider, el Siemens no tiene acceso directo a las salidas. Se utilizan bloques MOVE para tomar el valor de velocidad. Esta lógica es la que permite que, al dar la orden en el Siemens, el Schneider arranque la banda a la frecuencia exacta, tal como se muestra en la figura 86.

Figura 86

Arranque del VDF

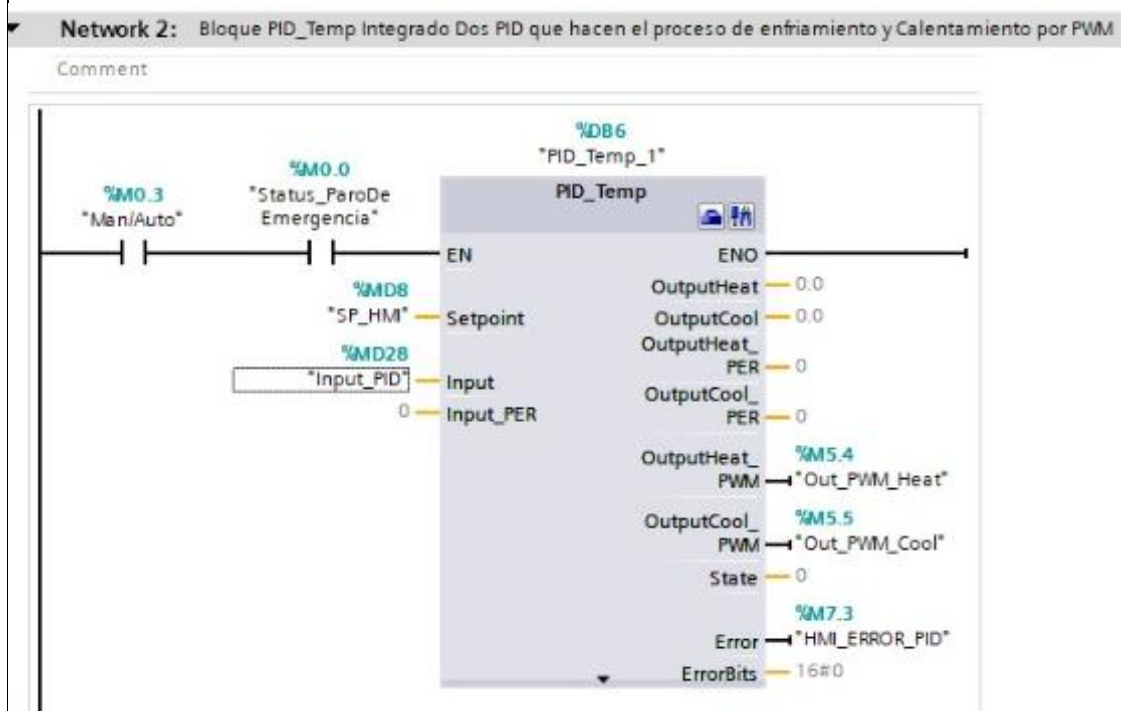


Nota. En esta Network se realiza el envío del dato de arranque del VDF

7.3. Se retoma el bloque PID\_Temp que fue sintonizado y probado en la Práctica 3. Ahora, se configura la salida de calefacción Output\_Heat\_PWM para que trabaje en conjunto con la secuencia automática. El control por ancho de pulso (PWM) permite que la resistencia mantenga la temperatura estable en el punto de consigna sin las oscilaciones bruscas de un control ON/OFF, garantizando la cocción uniforme del camarón, en la figura 87 se muestra el bloque empleado.

**Figura 87**

*Bloque PID Temp con todas sus conexiones*

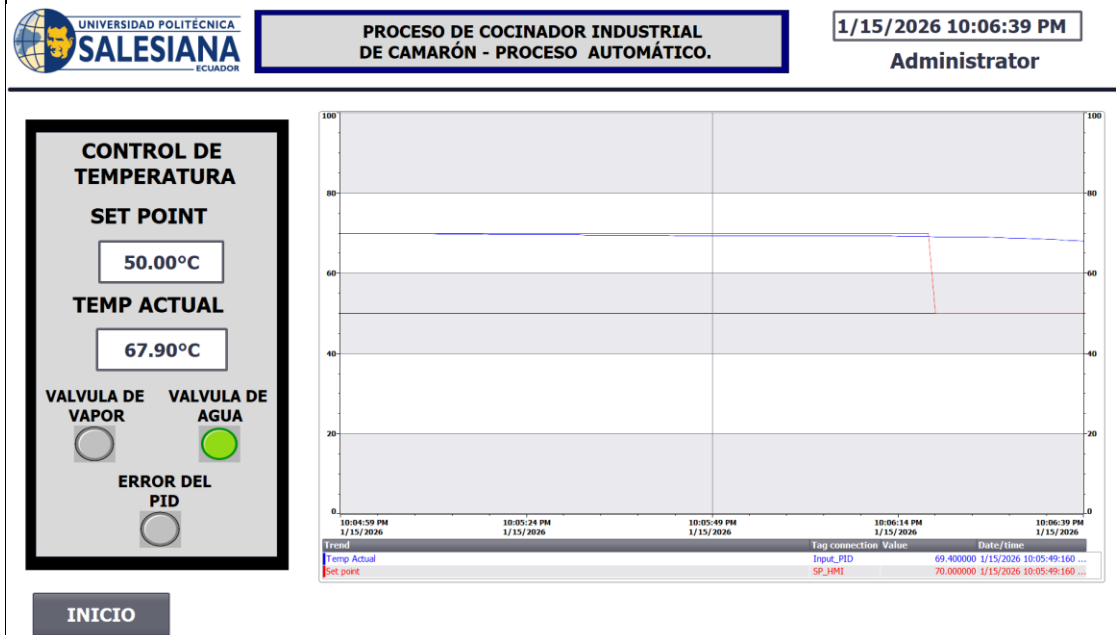


*Nota.* En esta Network se configuran las entradas y salidas del bloque PID Temp

7.4. Para evitar que el túnel se pase de temperatura, se programa la lógica de enfriamiento. Cuando el PID detecta exceso de calor, activa la salida Output\_Cool, la cual enciende el ventilador del túnel, tomando como ejemplo la figura 86.

Figura 88

Activación del ventilador

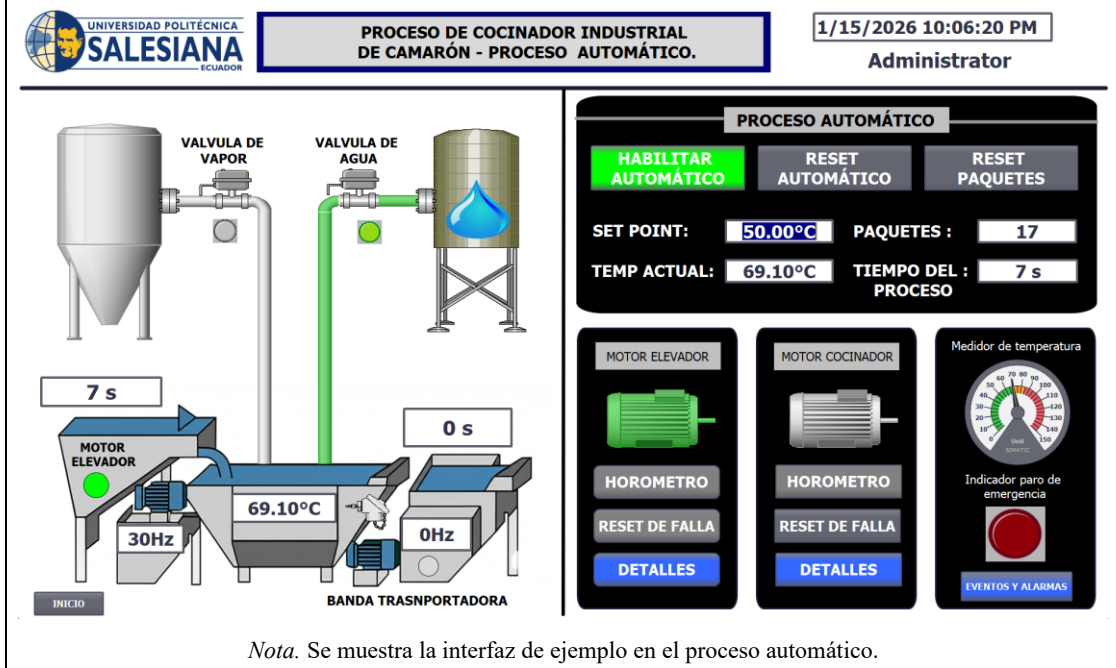


Nota. Se visualiza que, para bajar la temperatura, se manda a activar el ventilador

7.5. Finalmente, se integran todas las variables en la interfaz diseñada. Se enlazan los tags de los dos PLCs para visualizar en una sola pantalla el estado térmico del túnel (Siemens) y la velocidad de la banda (Schneider), permitiendo al operador supervisar la cocción integral en tiempo real, se puede tomar como ejemplo la figura.

Figura 89

Visualización en la interfaz



## **8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **8.1. CONCLUSIONES**

- Se concluye que el PLC Siemens S7-1500 es robusto y capaz de procesar simultáneamente los parámetros ingresados en el HMI, leer el dato de temperatura, realizar el control automático y enviar datos al PLC Schneider.
- Se concluye que la comunicación Modbus TCP/IP es confiable y fácil de implementar.
- Se verificó que el proceso de control automático estabiliza la temperatura de forma óptima de acuerdo con lo ingresado en el set point.
- Se analizó que el ventilador existente en el módulo no es capaz de lograr descender la temperatura con mucha rapidez.

### **8.2. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda diseñar una interfaz HMI amigable e intuitiva para no tener confusiones en las lecturas del estado del proceso.
- Una vez finalizada la práctica, se recomienda dejar enfriar el módulo del túnel de calor para evitar riesgos de quemadura.
- Se recomienda organizar la lógica de programación en bloques separados.
- Se sugiere esperar a que el control automático estabilice la temperatura.

### **7.6. Visualización de actuadores y variables de proceso en la interfaz**

En base a lo demostrado en la sección 7.3, la interfaz propuesta consiguió mostrar una interacción amigable con el proceso, permitiendo así visualizar el correcto estado de los actuadores, los valores de las variables de proceso y su funcionamiento en general.

### **7.7. Estabilidad del controlador PID y margen de tolerancia térmica**

Como indica el apartado 7.2, se estableció que el algoritmo se comporta de forma estable y logra regular la temperatura de forma constante, evitando picos de temperatura o sobre impulso. Esto representa una desviación máxima de  $0.5^{\circ}\text{C}$ , lo que equivale a un margen de tolerancia o error del 0.83%, demostrando así que el control PID implementado cumple con el margen de desviación máximo del 2%.

### **7.8. Robustez y actualización de datos en la comunicación Modbus TCP/IP**

Tal como se muestra en la sección 7.1, la red Modbus TCP/IP demostró ser lo suficientemente robusta y rápida para este proceso de control de temperatura para cocción de camarones, garantizando que tanto las variables de control como los eventos y alarmas de seguridad se actualicen en la interfaz de pantalla sin perder información del proceso.

## 8. CRONOGRAMA

En la Tabla 1 se disponen las actividades a realizar durante los meses de noviembre, diciembre y enero en un período de cuatro semanas por cada mes, en la cual, se logra visualizar cada uno de los pasos que conlleva realizar el desarrollo del proceso de cocción del camarón.

*Tabla 1*

*Cronograma de actividades*

<i>Actividades</i>	<i>Tiempo de duración</i>												
	<i>Meses</i>	<i>Noviembre</i>				<i>Diciembre</i>				<i>Enero</i>			
	<i>Semanas</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Propuesta del tema del trabajo de titulación.		X											
Análisis de objetivos generales y específicos.		X											
Enfoque y reconocimiento del problema.			X	X									
Selección de equipos industriales y planificación.				X									
Investigación en base a comunicación industrial Modbus TCP/IP.					X								
Diseño de la interfaz para la visualización del proceso de cocción.						X	X	X					
Desarrollo del sistema de control en el PLC para el control de temperatura del proceso de cocinado.									X	X			
Simulación y pruebas virtuales.									X	X			
Validación de funcionalidades y ajustes.										X	X		
Pruebas finales del proceso de cocción.												X	

*Nota.* En esta tabla se desglosa de manera semanal cada actividad que se va a llevar a cabo durante los tres meses mencionados.

## 9. PRESUPUESTO

En la Tabla 2 se presenta el presupuesto sobre las horas de ingeniería invertidas al momento de desarrollar el trabajo de titulación, en donde se tuvo en consideración el salario básico unificado del presente periodo 2025.

**Tabla 2**

*Cuadro de presupuesto*

<i>DETALLE</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>COSTO UNITARIO</i>	<i>COSTO TOTAL</i>
<i>Horas de ingeniería</i>	<b>160h</b>	<b>\$3,15</b>	<b>\$504,00</b>
<i>TOTAL</i>			<b>\$504,00</b>

*Nota.* Cuadro de presupuesto estimado.

## 10. CONCLUSIONES

- Se determinó que el algoritmo PID implementado en el PLC S7-1500 es capaz de controlar el proceso térmico con precisión. Las pruebas demostraron que el controlador mantiene la temperatura estable con una desviación promedio de  $0.5^{\circ}\text{C}$ , lo que representa un error inferior al 0.83%. Esto valida que el algoritmo cumple con el margen de tolerancia del  $\pm 2\%$  planteado inicialmente, manteniendo una cocción uniforme del producto.
- La interfaz desarrollada cumplió con el objetivo de centralizar la operación, permitiendo la correcta gestión del sistema. Se verificó que la visualización gráfica de los actuadores y variables de proceso, facilitan la toma de decisiones en tiempo real, eliminando la necesidad de supervisión física del proceso.
- Se validó que la arquitectura Cliente-Servidor mediante Modbus TCP/IP es una solución robusta para integrar equipos de diferentes fabricantes. La estructura ordenada de las direcciones de memoria permitió el intercambio de datos entre el PLC Siemens y el Schneider, demostrando que no es necesario depender de una única marca para lograr una automatización compleja.

## 11. RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar relés de estado sólido para la activación del ventilador de enfriamiento, reemplazando el relé mecánico. Dado que la lógica PID realiza conmutaciones frecuentes para estabilizar la temperatura, un SSR evitará el desgaste físico de los contactos, prolongando la vida útil del equipo. De la misma manera, con el fin de obtener datos de lectura limpios, se sugiere verificar el aislamiento de la tierra en el túnel para evitar que el ruido eléctrico afecte la señal de la PT100.
- Se aconseja configurar límites (rangos máximos y mínimos) en los campos de entrada de la pantalla. Esto evitará que se ingrese por error valores fuera de la realidad que podrían arruinar el lote del producto durante el proceso de cocción.
- Se sugiere utilizar cableado Ethernet blindado de categoría 6 para la comunicación Modbus TCP/IP, asegurando también su correcta puesta a tierra. Esto es fundamental, puesto que, al trabajar con variadores de frecuencia y motores, se genera ruido electromagnético que puede ocasionar interferencia en el intercambio de datos entre los equipos.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

- Aotewell Automation. (25 de Mayo de 2024). *Schneider Variable Speed Drive ATV630*. Obtenido de <https://www.aotewell.com/schneider/variable-speed-drive-altivar-process-atv600-atv630-atv630u75n4.html>
- AWC. (Enero de 2026). *Siemens: ET200SP Selection Guide*. Obtenido de <https://www.awc-inc.com/siemens-et200sp-selection-guide/>
- Bombeo Colombia. (13 de Junio de 2025). *Variador de velocidad Siemens SINAMICS V20*. Obtenido de bombeo: <https://bombeo.co/producto/variador-de-velocidad-siemens-sinamics-v20-2-hp-200-240-v-ac-19-7-amp-100465571-6sl3210-5bb21-5uv1/>
- Cadence. (17 de Julio de 2024). *Pulse Width Modulation Characteristics and the Effects of Frequency and Duty Cycle*. Obtenido de <https://resources.pcb.cadence.com/blog/2020-pulse-width-modulation-characteristics-and-the-effects-of-frequency-and-duty-cycle>
- Castaño, S. (Agosto de 2025). *Acción de Control Derivativo – Control PID*. Obtenido de Control Automatico Educacion: <https://controlautomaticoeducacion.com/control-realimentado/accion-de-control-derivativo-control-pid/>
- Castaño, S. (Enero de 2026). *Acción de Control Integral – Control PID*. Obtenido de Control Automatico Educacion: <https://controlautomaticoeducacion.com/control-realimentado/accion-de-control-integral-control-pid/>
- eco.business Fund Latinoamérica & el Caribe. (7 de Noviembre de 2022). *Guía para el procesamiento de camarón*. Obtenido de Asobanca: <https://asobanca.org.ec/wp-content/uploads/2022/11/7.-Guia-para-el-procesamiento-de-camaron-con-resumen.pdf>
- Eibabo. (Enero de 2026). *imatic HMI KTP700 Básico - Panel gráfico de 7 pulgadas*. Obtenido de <https://www.eibabo.es/siemens/simatic-hmi-ktp700-basico-panel-grafico-de-7-pulgadas-6av2123-2gb03-0ax0-eb16104597>
- Escuela Control+. (30 de Diciembre de 2022). *Machine Expert Basic M221*. Obtenido de <https://miembros-escuelacontrolmas.com/courses/machine-expert-basic-m221/>
- Food & Drug Administration (FDA). (Junio de 2022). *Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance. Center for Food Safety and Applied Nutrition*.
- Garcés, G. J. (15 de Octubre de 2025). *Mantén una Temperatura Constante por Medio del Control PID*. Obtenido de <https://blog.uelectronics.com/tarjetas-desarrollo/arduino/manten-una-temperatura-constante-por-medio-del-control-pid/>
- GEYA. (17 de Octubre de 2022). *Funcionamiento del relé de estado sólido: ¿Cómo funciona un relé de estado sólido?* Obtenido de <https://www.geya.net/es/solid-state-relay-working-how-does-a-solid-state-relay-work/>
- Gonzalez, J. (3 de Julio de 2024). *Principios de la Modulación por Ancho de Pulso (PWM)*. Obtenido de Tecneu: <https://www.tecneu.com/blogs/noticias/principios-de-la-modulacion-por-ancho-de-pulso-pwm>

- Grupo Electrostore. (Enero de 2026). *SENSOR DE TEMPERATURA PT100 RTD ACERO INOXIDABLE VERSION PREMIUM*. Obtenido de <https://www.grupoelectrostore.com/producto/sensor-de-temperatura-pt100-rtd-acero-inoxidable-version-premium/>
- IND Industrias. (6 de Marzo de 2024). *La transformación tecnológica impulsa la industria camaronera de Ecuador*. Obtenido de [revistaindustrias.com/la-transformacion-tecnologica-impulsa-la-industria-camaronera-de-ecuador/](https://revistaindustrias.com/la-transformacion-tecnologica-impulsa-la-industria-camaronera-de-ecuador/)
- Inductive Automation. (9 de Octubre de 2025). *HMI: Interfaz Hombre-Máquina*. Obtenido de [¿Qué es la interfaz hombre-máquina \(HMI\), cuáles son sus usos comunes, tendencias y futuro?: https://translate.google.com/translate?u=https://inductiveautomation.com/resources/article/what-is-hmi&hl=es&sl=en&tl=es&client=srp](https://translate.google.com/translate?u=https://inductiveautomation.com/resources/article/what-is-hmi&hl=es&sl=en&tl=es&client=srp)
- Industry Support Siemens. (Octubre de 2024). *Liberación para el suministro del SIMATIC HMI KTP700 Basic DP*. Obtenido de Siemens: [https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/90114350/HWBasicPanels2GesES\\_es-ES.pdf](https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/90114350/HWBasicPanels2GesES_es-ES.pdf)
- Ingelcom. (2025). *VARIADOR DE VELOCIDAD V20,3AC 15HP 380-480V SINAMICS 6SL3210-5BE31-1UV0*. Obtenido de ingelcom: <https://www.ingelcom.com.ec/shop/variador-de-velocidad-v203ac-15hp-380-480v-sinamics-6sl3210-5be31-1uv0-ingelcom-16358#attr=>
- Kaspersky. (Enero de 2026). *Qué es una dirección IP*. Obtenido de <https://latam.kaspersky.com/resource-center/definitions/what-is-an-ip-address>
- Laitram Machinery. (18 de Agosto de 2025). *Convección forzada: La ciencia detrás de los sistemas de cocción, secado y rostizado de Laitram*. Obtenido de <https://www.laitrammachinery.com/es/post/convecci%C3%B3n-forzada-la-ciencia-detr%C3%A1s-de-los-sistemas-de-cocci%C3%B3n-secado-y-rostizado-de-laitram>
- Liesa. (29 de Marzo de 2021). *Simatic ET200 SP*. Obtenido de Liesa Blog: <https://blog.liesa.com.ar/simatic-et200sp/>
- LogicBus. (30 de Noviembre de 2024). *Protocolos de comunicación: MODBUS TCP/IP*. Obtenido de LogicBus: <https://www.logicbus.com.mx/blog/modbus-tcp-ip/>
- Machinery, L. (23 de Enero de 2023). *¿Qué buscar en un sistema de cocción de camarones? Todo se reduce a balancear estos tres elementos clave*. Obtenido de Global Seafood Alliance: <https://www.globalseafood.org/advocate/que-buscar-en-un-sistema-de-coccion-de-camarones-todo-se-reduce-a-balancear-estos-tres-elementos-clave/>
- MEGATRONICA. (Enero de 2026). *Rele De Estado Sólido SSR-60D 60A*. Obtenido de <https://megatronica.cc/producto/rele-de-estado-solido-ssr-60d-60a/>
- National Instruments. (13 de Marzo de 2025). *Explicación sobre el controlador PID y la teoría*. Obtenido de ni: <https://www.ni.com/es/shop/labview/pid-theory-explained.html?srsId=AfmBOop35F2IZ9TdTApTnUaJjtvBHtpdk80Vn8pBQhQoUv iULUKBjbmL>

- Nora A. AlFaris, G. M. (2022). Evaluating the effects of different processing methods on the nutritional composition of shrimp and the antioxidant activity of shrimp powder. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(1), 640-649. doi:10.1016/j.sjbs.2021.09.029
- Omega. (Enero de 2026). *Introducción y tipos de sensores Pt100*. Obtenido de <https://es.omega.com/prodinfo/pt100.html>
- One-elec. (2025). *Modicon M221 - Controlador M221 c/ Ethernet 24 ES de tipo transistor PNP - TM221CE24T*. Obtenido de One-elec: <https://www.one-elec.com/es/modicon-m221-controlador-m221-c-ethernet-24-es-de-tipo-transistor-pnp-tm221ce24t.html>
- Profinet. (2025). *PROFINET*. Obtenido de The Leading Industrial Ethernet Protocol: <https://www.profinet.com/>
- RG-Energia. (Octubre de 2023). *VDF SCHNEIDER MODELO ALTIVAR ATV 630*. Obtenido de <https://rg-energia.com/producto/vdf-schneider-modelo-altivar-atv-630-18-5kw-25hp-380v/>
- RS. (Octubre de 2023). *SIMATIC WinCC Advanced V18*. Obtenido de RS: <https://es.rs-online.com/web/p/software/2674678>
- S&P. (3 de Julio de 2024). *¿Qué es y para qué sirve un variador de frecuencia?* Obtenido de solerpalau: <https://www.solerpalau.com/blog/es-es/variador-de-frecuencia/>
- Santos, J. I. (2021). *Diseño conceptual de una planta de procesamiento de camarón (Litopenaeus vannamei)*. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Departamento de Agroindustria Alimentaria, Santa Rosa. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6979/1/AGI-2021-T013.pdf>
- Schneider Electric. (1 de Junio de 2023). *Variador de velocidad ATV630*. Obtenido de se: <https://www.se.com/pe/es/product/ATV630D22N4/variador-de-velocidad-atv630-22-kw-30-hp-380-480v-ip21-ul-tipo-1/>
- Schneider Electric. (1 de Mayo de 2024). *PLCM221 - 14 entradas digitales - 10 salidas transistor - Ethernet*. Obtenido de se: <https://www.se.com/co/es/product/TM221CE24T/plcm221-14-entradas-digitales-10-salidas-transistor-ethernet/>
- Schneider Electric. (1 de Septiembre de 2025). *EcoStruxure Machine Expert - Basic*. Obtenido de Guía de funcionamiento: <https://www.se.com/es/es/download/document/EIO0000003284/>
- SDIndustrial. (Abril de 2022). *¿Qué son las redes industriales y cómo se clasifican?* Obtenido de <https://sdindustrial.com.mx/blog/redes-industriales/>
- se. (1 de Marzo de 2024). *PLCM221 - 14 entradas digitales - 10 salidas transistor - Ethernet*. Obtenido de se: <https://www.se.com/co/es/product/TM221CE24T/plcm221-14-entradas-digitales-10-salidas-transistor-ethernet/>
- Siemens. (Octubre de 2024). *Basic Panels 2nd Generation*. Obtenido de Support Industry Siemens:

[https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/90114350/HWBasicPanels2GesES\\_es-ES.pdf](https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/90114350/HWBasicPanels2GesES_es-ES.pdf)

Siemens. (Noviembre de 2024). *WinCC Runtime Advanced (RT Advanced)*. Obtenido de Siemens Documents: <https://docs.tia.siemens.cloud/r/es-es/v20/caracteristicas-basic-panels-panels-comfort-panels-rt-advanced-rt-professional/caracteristicas-de-rendimiento-de-los-paneles-basic-panels-panels-comfort-panels-rt-advanced-rt-professional/wincc-runtime-advanced-r>

Siemens. (15 de Diciembre de 2025). *Hoja de datos SCALANCE XB005*. Obtenido de <https://support.industry.siemens.com/cs/pd/343384?pdtd=td&dl=es&lc=es-EC>

Siemens. (Noviembre de 2025). *Manual de funciones*. Obtenido de Regulación PID: [https://support.industry.siemens.com/dl/files/036/108210036/att\\_1306950/v2/s71500\\_pid\\_control\\_function\\_manual\\_es-ES\\_es-ES.pdf](https://support.industry.siemens.com/dl/files/036/108210036/att_1306950/v2/s71500_pid_control_function_manual_es-ES_es-ES.pdf)

Siemens. (Noviembre de 2025). *SIMATIC ET 200SP Sistema de periferia descentralizada*. Obtenido de Support Industry Siemens: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/58649293/simatic-et-200sp-sistema-de-periferia-descentralizada>

Siemens. (2025). *SIMATIC S7-1500 – máximo rendimiento para tu instalación*. Obtenido de Siemens: <https://www.siemens.com/es/es/productos/automatizacion/sistemas/simatic/controladores-simatic/simatic-s7-1500.html>

Siemens. (2025). *Sinamics G120 - The modular multifunctional frequency converter*. Obtenido de <https://www.siemens.com/global/en/products/drives/sinamics/low-voltage-converters/standard-performance-frequency-converter.html>

Siemens. (2025). *SINAMICS V20 - The compact basic performance converter*. Obtenido de Siemens: <https://www.siemens.com/global/en/products/drives/sinamics/low-voltage-converters/standard-performance-frequency-converter/sinamics-v20.html>

Siemens. (Enero de 2026). *TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal)*. Obtenido de <https://www.siemens.com/ar/es/productos/automatizacion/software-industrial/tia-portal.html>

Sigelec. (2022). *VARIADOR ATV630 15HP/11KW (380...480)VAC-3F IN=23.5A 50/60HZ IP21*. Obtenido de sigelec: <https://www.sigelec.com.pe/variador-atv630-15hp-11kw--380---480-vac-3f-in-23-5a-50-60hz-ip21/p?srsId=AfmBOoqLknDTCR6Vwzi2zaIoJHo8FEHILCeboUkHR4JY-uxW4IgyyWFT>

Sinny. (15 de Abril de 2025). *Valores PID para Control de Temperatura*. Obtenido de <https://www.sinny.com/valores-pid-para-control-de-temperatura-guia-completa.html>

SINSIE. (11 de Septiembre de 2023). *Siemens Simatic S7-1500*. Obtenido de Sinsie: <https://www.siensie.net/cnc/es/siemens-simatic-s7-1500/>

Smith, G. M. (19 de Junio de 2024). *¿Qué es un controlador PID?* Obtenido de DEWESoft: <https://dewesoft.com/es/blog/que-es-un-controlador-pid>

- Standards & Scientific Advice on Food Nutrition (SSA); Nutrition and Food Safety (NFS). (01 de Enero de 2021). Código de prácticas para el pescado y los productos pesqueros. (O. M. Salud, & O. d. Alimentación, Edits.) *Codex Alimentarius*, 207-219. Obtenido de <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789240013179>
- TechDealio. (Enero de 2026). *SCALANCE XB005 by Siemens Industry*. Obtenido de <https://techdealio.com/products/scalance-xb005>
- Tecnopl. (Febrero de 2024). *Novedades TIA Portal V18 todas las mejoras software y hardware*. Obtenido de <https://www.tecnopl.com/novedades-tia-portal-v18-todas-las-mejoras-software-y-hardware/>
- Tecnopl.com. (29 de Marzo de 2023). *Qué es un PLC y para qué sirve. Utilidades y funcionamiento*. Obtenido de Tecnopl: <https://www.tecnopl.com/que-es-un-plc-y-para-que-sirve-utilidades-y-funcionamiento/>
- Tenorio, M. V. (2021). *Breve Ensayo Sobre el PLC y su Importancia en la Industria*. Quito: Universidad Tecnológica Israel.
- Ulaganathan Arisekar, R. S. (2025). Impact of cooking methods on the nutritional profile, microelements and Se-Pb risk-benefit of farmed shrimp (*Penaeus vannamei*). *Regional Studies in Marine Science*, 89. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rsma.2025.104282>
- Universal Robots. (1 de Septiembre de 2023). *Redes Industriales: que son, principales tipos y su utilidad*. Obtenido de Universal Robots: <https://www.universal-robots.com/mx/blog/redes-industriales-que-son-principales-tipos-y-su-utilidad/>
- Vásconez, L. (21 de Octubre de 2025). El camarón es el rey de las exportaciones de Ecuador con un récord histórico en 2025. *El Comercio*.
- Verma SK, G. P. (2023). Effects of different cooking methods on the proximate composition and physical properties of Brown shrimp (*Metapenaeus dobsonii*) during cooking and freezing cycle. *Food Science and Technology International*, 30(6), 517-526. doi:10.1177/10820132231166972
- VVA Industrial. (29 de Noviembre de 2024). Obtenido de <https://vva-industrial.net/siemens/6av2123-2gb03/>
- Xiao-fan, Y., Ya-ming, Y., Yu, Y., Chao, X., Ying, T., & Hui-qing, X. (2021). Effect of Cooking Shrimp at Different Temperatures Using Different Methods on Meat Quality and Protein Structure. *Modern Food Science & Technology*, 37(5), 160. doi:10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.5.1009
- Xiong, M. Z. (2025). Effects of thermal processing methods on the edible quality, nutrition, and metabolites of shrimp of *Metapenaeus ensis*. *Food Production, Processing and Nutrition*, 7(29). doi:<https://doi.org/10.1186/s43014-025-00308-1>