

**SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA UTILIZANDO EL ASISTENTE
VIRTUAL ALEXA Y EL PLC S7-1200**

ROBERT DAVID DIAZ UNDA

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
PROGRAMA INGENIERIA MECATRONICA
PAMPLONA
2022**

**SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA UTILIZANDO EL ASISTENTE
VIRTUAL ALEXA Y EL PLC S7-1200**

ROBERT DAVID DIAZ UNDA

TESIS

PhD. DIEGO JOSÉ BARRERA OLIVEROS
Docente Universidad de Pamplona

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
PROGRAMA INGENIERIA MECATRONICA
PAMPLONA
2022

CONTENIDO

LISTA DE ILUSTRACIONES.....	5
LISTA DE TABLAS	7
ÍNDICE DE ANEXOS	8
Resumen	9
Introducción	11
Capítulo I	12
Generalidades.....	12
Planteamiento del problema y Justificación	12
Problema científico:	12
Justificación:	13
Objetivo General	13
Objetivos Específicos.....	14
Metodología	14
Etapa 1: Análisis y estudio.....	14
Etapa 2: Implementación y pruebas.	15
Etapa 3: Control y acople.....	15
Estado del arte o antecedentes	15
Capitulo II	18
Desarrollo Objetivo 1.....	18
Instrumentación y dispositivos	18
Capitulo III.....	21
Desarrollo Objetivo 2.....	21
Tia Portal.....	21
Data Log.....	21
Datos experimentales	22
Función de transferencia	23
Sistema de Primer orden	23

PID Tuner.....	24
PID Compact.....	25
Capitulo IV.....	26
Desarrollo Objetivo 3.....	26
Asistente virtual	26
Alexa de Amazon.....	26
Habilidades o Skills de Alexa	27
Node-RED.....	27
Capitulo V 29	
Desarrollo Objetivo 4.....	29
Validación aplicación Alexa	30
Validación en Node-RED	30
Validación Tia Portal	31
Prueba 1.	32
Prueba 2.	32
Error cuadrático medio	33
Prueba 3.	33
Conclusiones	34
Bibliografía	35
ANEXOS 37	

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración1:	PT100.....	18
Ilustración2:	Transmisor PT100	18
Ilustración3:	Electroválvula.....	19
Ilustración4:	Sensor de nivel.....	19
Ilustración5:	Resistencia térmica	19
Ilustración6:	Relay estado solido.....	19
Ilustración7:	Raspberry Pi 4 B.....	19
Ilustración8:	Leds Indicadores.....	19
Ilustración9:	PLC S7-1200	20
Ilustración10:	Signal Board	20
Ilustración11:	HMI SIMATIC	20
Ilustración12:	Bloques de Data Log en Tia Portal.....	22
Ilustración13:	Datos experimentales de Temperatura con la resistencia al 37.5% de potencia. 22	
Ilustración14:	Función de transferencia de primer orden	23
Ilustración15:	Respuesta de un sistema de primer con un escalón unitario.....	23
Ilustración16:	Función de transferencia de la planta	23
Ilustración17:	Gráfica de la función de transferencia con la respuesta de la planta.	24
Ilustración18:	Gráfica de la sintonización de la planta con PID Tuner	25
Ilustración19:	Skill de Alexa para Node-RED	27
Ilustración20:	Entorno de desarrollo Node-RED.....	28
Ilustración21:	Enlace de Alexa con el PLC S7-1200 por medio de Node-RED.	29
Ilustración22:	Dispositivos activados en la aplicación de Amazon Alexa	30
Ilustración23:	Alexa y PLC S7-1200 enlazados.	31

Ilustración24:	Bloque PID Compact con la tabla de constantes K_p y K_i del controlador.....	31
Ilustración25:	Activación de la planta Leds verde y amarillo encendidos y tanque lleno.....	32
Ilustración26:	Control de temperatura indicado por Alexa	33
Ilustración27:	Promedio del error cuadrático medio	33
Ilustración28:	Apagado de la de planta, indicador rojo encendido y tanque vacío	34

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Características y Funciones de la Instrumentación.....	18
Tabla 2.	Constantes KP, Ki de la sintonización del PID Tuner.....	25
Tabla 3.	Error cuadrático medio	33

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Imagen HMI.....	37
Anexo 2.	Maletín de siemens y la planta del sistema.....	37
Anexo 3.	Diseño del circuito de relays para el control de las electroválvulas.	38
Anexo 4.	Diagrama P&ID del proyecto.	38
Anexo 5.	Programa principal en Tia Portal	38
Anexo 6.	Programa toma de datos en Tia Portal.	41
Anexo 7.	Datasheet de la instrumentación	42
Anexo 8.	Video del funcionamiento.....	42

Resumen

Se busca implementar un sistema de control de temperatura, el cual vincule un sensor de temperatura, electroválvula y la resistencia térmica, de modo tal que con el asistente virtual (Alexa) se pueda accionar el PLC S7-1200 el cual está conectado al sensor de temperatura y a la resistencia, permitiendo que se valide mediante instrucciones con la voz y que el asistente virtual pueda tener un control sobre el proceso.

Para el desarrollo del sistema de control de temperatura, primeramente, se identifica la instrumentación que permita dicho control, así mismo esta instrumentación por medio del PLC S7-1200, se realiza mediciones de temperatura, activación de las electroválvulas y se obtiene un accionamiento analógico en la resistencia térmica. De manera que, teniendo clara las variables de entrada y de salida, por medio del software Tia Portal, se desarrolla un código en el lenguaje Ladder, el cual se implementa el accionamiento y la medición de variables, tanto del sensor de temperatura como en las electroválvulas y en la resistencia térmica. Teniendo en cuenta los datos recopilados de temperatura se procede realizar la sintonización de las constantes de control para ser implementados en el mismo desarrollo del código en el PLC S7-1200.

La comunicación entre el asistente virtual (Alexa) y el controlador lógico programable PLC, se realiza por medio de la herramienta Node-RED, el cual es inicializada en el sistema operativo Raspbian que es de la Raspberry Pi. Se instalan las librerías de Amazon Alexa y del PLC S7-1200 en Node-RED, y utilizando las Skill de Alexa, se realiza la configuración pertinente, ya para tener el asistente virtual con el sistema de control del PLC S7-1200 conectados.

Finalmente se logra identificar con la puesta en marcha del sistema, que la comunicación del asistente virtual es efectiva con el PLC S7-1200, donde se toman datos de medición de temperatura para el control del mismo, realizando tres validaciones, dos mediante indicaciones por voz al asistente virtual (Alexa) y la tercera con el HMI SIMATIC. Luego de realizar dichas pruebas se comprueba la efectividad del sistema de control de temperatura con el asistente virtual (Alexa) y PLC S7-1200.

Abstract

It seeks to implement a temperature control system, which links a temperature sensor, solenoid valve and thermal resistance, so that the virtual assistant (Alexa) can operate the PLC S7-1200 which is connected to the temperature sensor and resistance, allowing it to be validated by voice instructions and that the virtual assistant can have control over the process.

For the development of the temperature control system, firstly, the instrumentation that allows such control is identified, likewise this instrumentation through the PLC S7-1200 performs temperature measurements, activation of the solenoid valves and an analog drive is obtained in the thermal resistance. So, having clear the input and output variables, through the Tia Portal software, a code is developed in Ladder language, which implements the drive and measurement variables, both the temperature sensor and the solenoid valves and thermal resistance. Taking into account the collected temperature data, we proceed with the tuning of the control counters to be implemented in the same development of the code in the PLC S7-1200.

The communication between the virtual assistant (Alexa) and the PLC programmable logic controller, is done through the Node-RED tool, which is initialized in the Raspbian operating system that is Raspberry Pi. The Amazon Alexa and PLC S7-1200 libraries are installed in Node-RED, and using the Alexa Skill, the relevant configuration is performed, already to have the virtual assistant with the PLC S7-1200 control system connected.

Finally it is possible to identify with the commissioning of the system, that the communication of the virtual assistant is effective with the PLC S7-1200, where temperature measurement data are taken for the control of the same, performing three validations, two by voice prompts to the virtual assistant (Alexa) and the third with the SIMATIC HMI. After performing these tests, the effectiveness of the temperature control system with the virtual assistant (Alexa) and PLC S7-1200 is checked.

Introducción

El presente proyecto tiene como objetivo principal el desarrollo de un sistema de control de temperatura con el PLC S7-1200 de Siemens, el cual permita ser controlado por voz mediante el asistente virtual de Amazon (Alexa), por medio de un parlante de Amazon o en este caso en la aplicación móvil Amazon Alexa. Para llevar a cabo el desarrollo del sistema de control de temperatura con el asistente virtual Alexa, se debe tener en cuenta el ordenador a utilizar, como lo es la Raspberry Pi, el cual es un ordenador muy versátil, potente y de bajo costo, y que internamente la Raspberry Pi utilice como puerta de enlace Node-RED, para la comunicación con el PLC S7-1200.

Este proyecto se realiza en el laboratorio de Automatización Industrial y control de la universidad de Pamplona, donde se encuentra la mayoría de instrumentación utilizada para el proyecto. Se utilizó una planta de control de nivel la cual era de proyectos anteriores que realizaron compañeros en el mismo laboratorio, así mismo se tomó un maletín de Siemens que contiene el PLC S7-1200 con su fuente de alimentación, indicadores leds y la HMI KTP700. La demás instrumentación como los son sensores, la resistencia térmica y la Raspberry Pi, se obtuvo por tiendas en línea.

El propósito de realizar el presente proyecto es con fines académicos y profesionales a futuro, donde se recopila conocimientos en instrumentación y manejo de dispositivos industriales como lo es el PLC y el HMI. Se maneja nuevas tecnologías en la interacción hombre-maquina mediante voz, con el asistente virtual (Alexa). Y la comunicación e iteración entre dispositivos mediante Node-RED utilizando la Raspberry Pi como ordenador.

El asistente virtual de Amazon (Alexa), surgió por primera vez en el 2014. Su funcionalidad se basa en diferentes tipos de habilidades integradas como, el responder preguntas, reproducir música en diversas aplicaciones, hacer consultas, predecir el tiempo, entre muchas cosas más. Además, tiene la capacidad de interactuar con diversos dispositivos que estén conectados a través de Wifi, como lo son, aires acondicionados, luces, televisores, entre otros. La interacción hombre-maquina y la integración que tiene la automatización con estas nuevas tecnologías nos permiten fácilmente interactuar con diferentes variables físicas, así como transmisión de datos.

Actualmente en el sector de la industria, los procesos en la mayoría de veces son automatizados y en algunos casos implementan nuevas tecnologías. En estos casos en donde el sector industrial integra sus procesos de automatización, con las nuevas tecnologías direccionadas por la inteligencia artificial y los asistentes virtuales, provocan eficiencia en la parte laboral y competitividad en la parte industrial.

El siguiente documento esta dividido por capítulos, donde se hablará en parte de los objetivos a cumplir con su planteamiento del problema y justificación para un sistema de control de temperatura utilizando el asistente virtual Alexa y el PLC S7-1200. Argumentado de forma teórica y experimental el cumplimiento de cada uno de los objetivos.

Capítulo I

Generalidades

Planteamiento del problema y Justificación

Problema científico:

En esta época del siglo XXI, el mundo avanza rápidamente en el sentido de las comunicaciones y en la virtualidad, debido a esto se cree innecesario que una persona tenga que acercarse para hacer una tarea que pueda ser sencilla como presionar un botón para encender a un electrodomestico o máquina. Por consiguiente, se considera que es un problema que deba existir un operario en todo momento en un proceso industrial, teniendo en cuenta que el hecho de estar ahí podría generar un riesgo a la integridad física, dada a las variables que se manejen.

Existen procesos que necesitan de una actuación de manera inmediata. Esto pasa cuando la variable que debe estar estable en dicho sistema, se pasa de cierto umbral, y debido a que la acción no es inmediata, el riesgo puede verse reflejado en algo que tenga un impacto más grande y así llegue a afectarse a nivel monetario o físico. Por esa razón, se requiere que la respuesta sea más ágil en dichos procesos.

Por consiguiente, hay una necesidad en la academia por falta de información basada en las tecnologías 4.0, donde en la actualidad se está utilizando varios procesos con este tipo de comunicación y un estudiante el cual está en el proceso de formación, muy poca documentación relacionada al tema se encuentra a la mano.

Justificación:

Se busca eliminar propiamente la exigencia que se tiene al contacto directo del operario con el PLC o con la instrumentación dada en el proceso de control. Así mismo, esto genera que se actúe de manera inmediata sobre las variables del proceso, y se obtenga un menor tiempo de respuesta. De esta manera, utilizar esta tecnología hace que se mejore el rendimiento en el proceso, ya que no se tiene en cuenta un procedimiento con botones, obteniendo mayor eficiencia en la respuesta, reduciendo así costes de mantenimiento provocados por demora en la acción de respuesta en una falla. Además, al utilizar esta tecnología brinda mayor seguridad al operario y reduce el riesgo de una falla más grande.

Así mismo, debido a que en la actualidad las empresas utilizan este sistema de conexiones para hacer los procesos, y además el sistema se desarrolla en un laboratorio de la universidad de pamplona, correspondiente a esto se brindará un aporte en documentación que pueda tener a mano un estudiante el cual está en el proceso de formación, para que pueda ir a la par con lo que se está desarrollando hoy en día.

Objetivo General

- Desarrollar un sistema de control de temperatura utilizando el asistente virtual Alexa y el PLC S7-1200

Objetivos Específicos

- Identificar la instrumentación para el sistema de control de temperatura, el cual sea compatible con el controlador lógico programable PLC S7-1200.
- Desarrollar e implementar un proceso de control de temperatura en el controlador lógico programable PLC S7-1200.
- Enlazar el asistente virtual Alexa al funcionamiento del proceso de control de temperatura.
- Validar el sistema de control de temperatura utilizando el asistente virtual controlado por voz.

Metodología

La metodología que se adapta para la implementación del proyecto, está basada en el método cuantitativo, donde se realizarán pruebas respecto a la comunicación hombre- maquina con Alexa y el PLC, recolectando datos respectivamente para el control de variables en este caso de temperatura. Teniendo en cuenta el alcance que lleva el proyecto y los resultados finales, a continuación, se resaltan las etapas con las actividades que se desarrollarán en el avance del proyecto:

Etapas 1: Análisis y estudio

La etapa de análisis y estudio es de gran importancia para la implementación del proyecto, ya que el proceso de recopilación en fuentes de información, es importante para la debida implementación del proyecto, alcanzando así el mejor rumbo para la elaboración del proyecto.

En esta etapa se identificará y seleccionará la instrumentación y los dispositivos necesarios para el desarrollo del proyecto, el cual se tendrá en cuenta la compatibilidad y el flujo de comunicación entre la instrumentación y los dispositivos seleccionados. También se estudiará el software especializado para cada dispositivo que lo implemente, con su respectivo lenguaje de

programación y sus protocolos de comunicación, el cual permitirá llevar a cabo la implantación y el desarrollo del proyecto.

Etapas 2: Implementación y pruebas.

En esta etapa se verán implicadas las comunicaciones entre dispositivos, específicamente el asistente virtual (Alexa), PLC S7-1200 y la Raspberry Pi, donde se le instalarán las respectivas librerías en la Raspberry Pi, se actualizará el firmware más actual para el PLC S7-1200, se establecerá los diferentes protocolos de comunicación y se descargarán las aplicaciones necesarias para el funcionamiento del asistente virtual para la comunicación con los demás dispositivos.

Respectivamente se harán pruebas de comunicación entre el asistente virtual (Alexa) y la Raspberry Pi, y la Raspberry Pi con el PLC S7-1200. Así mismo se realizarán pruebas de toma de datos para la sincronización del sensor de temperatura.

Etapas 3: Control y acople.

La última etapa se basará en realizar las respectivas pruebas del control ya con todo el montaje terminado, acoplando la comunicación entre Alexa y la Raspberry Pi y el PLC S7-1200 con la Raspberry Pi, y para culminar se hacen ajustes finales de control y sintonización de la variable de temperatura para la terminación del proyecto.

Estado del arte o antecedentes

En el siguiente apartado se encontraron las siguientes investigaciones de proyectos y artículos relacionados con el tema a tratar para esta monografía, el cual se tomaron los aspectos más relevantes donde se relacionan con el desarrollo del proyecto.

André da Silva BARBOSA, Felipe Pinheiro SILVA, Lucas Rafael dos Santos CRESTANI and Rodrigo Bueno OTTO. “Virtual Assistant to Real Time Training on Industrial

Environment”. [1] Basándose en el marco de la virtualización dado por el modelo de industria 4.0. este artículo propone e implementa un entorno virtual para sistemas industriales, con el cual se utiliza como instrumento de monitoreo de datos, capacitación técnica en la operación y mantenimiento de equipos. Además de interactuar con el sistema de adquisición de datos de la planta industrial en tiempo real el asistente virtual proporciona una vista detallada de los aspectos constructivos de las máquinas monitoreadas en 3D, lo que también permite en los aspectos operativos el análisis en línea. La virtualidad del entorno del estudio consiste en un sistema de monitoreo remoto de motobombas utilizadas para refrigerar una gran unidad de generador de energía. En las primeras pruebas indican que el asistente virtual proporciona una ayuda al proceso de formación del equipo técnico en tiempo real.

Muhammed ÇINAKLI, Melike DEMİRDAĞ, Merve ARTA, Ahmet Çağdaş SEÇKİN. “A Virtual Assistant Design and Application on Industrial Database”. [2] En este artículo, se creó una base de datos industrial, donde se configura una red de sensores inalámbricos utilizando el protocolo ZigBee para la recopilación de datos, de manera eficaz y con costo reducido se realizó la recopilación de datos en la base de datos, y se creó un Asistente virtual basado en procesamiento de lenguaje natural para consultar el dato. A diferencia de otros métodos tradicionales basados en reglas, el asistente virtual tiene una estructura no predeterminada que le permite al asistente virtual responder diferentes tipos de preguntas del usuario. La comunicación entre la red de sensores creada, la base de datos y el asistente virtual se realiza mediante el protocolo de mensajes XMPP. Nuevamente, con la ayuda de este protocolo, se presenta un sistema para comunicarse con el usuario. Con el método presentado en el estudio, los datos en la base de datos relacional se hicieron consultables independientemente de la ubicación y la plataforma. Con el sistema de ayuda virtual proporcionado, la distancia entre el lenguaje natural y el lenguaje informático se acorta y las personas pueden obtener información de forma rápida y sencilla.

Jung-Sing Jwo, Ching-Sheng Lin , and Cheng-Hsiung Lee. “An Interactive Dashboard Using a Virtual Assistant for Visualizing Smart Manufacturing”. [3] Este artículo está enfocado en tableros que pueden ayudar a la toma de decisiones en los mercados comerciales, a organizar datos de máquinas, sensores y trabajadores en imágenes en tiempo real. De modo que brindan una descripción general rápida de cómo se está desempeñando todo su negocio y cuál es su posición

en términos de indicadores clave de rendimiento para respaldar el impulso hacia procesos más sostenibles y eficientes en el uso de los recursos. Sin embargo, si el usuario necesita más información relacionada con las métricas que se muestran en el tablero, los métodos actuales se basan principalmente en humanos para buscar y recuperar la información. La falta de interacción entre los tableros y los usuarios, hace que muchas veces genere inconvenientes y limita el uso de las herramientas, especialmente en producción. En este estudio, se desarrolló un diseño de interacción para abordar este problema. El tablero propuesto está diseñado utilizando una estructura de tres niveles, que incluye una capa de datos, una capa de procesamiento y una capa de presentación. Se introducen asistentes virtuales que actúan como intermediarios entre el panel de control y el usuario. Proporciona una interfaz de lenguaje natural para que los usuarios se comuniquen, interactúa directamente con el tablero en nombre del usuario y alerta proactivamente a las partes interesadas para acelerar la recopilación de datos.

Yousra Mohamed. “Virtual Assistant Design for Water Systems Operation”.[4] En la siguiente investigación, se explora en la arquitectura para construir un asistente virtual en el dominio de los sistemas de agua. este diseño se centró en desarrollar una mejor inferencia semántica en las diferentes etapas del proceso. Se desarrolló un reconocedor de entidades con nombre que es capaz de inferir la semántica en el campo del agua aprovechando los métodos más avanzados para incrustaciones de palabras. Este modelo logró mejoras significativas en comparación con el modelo de base Term Frequency – Inverse Document Frequency (TF-IDF) modelo de similitud del coseno.

Edison Manuel Garcia Florez “Control De Variables Discretas Y Analógicas Del PLC-S7-1200 Por Medio De Asistente De Voz”.[5] La tesis a continuación, muestra el proceso y la guía para controlar un PLC S71200 mediante el sistema del asistente virtual, donde se utiliza la Raspberry PI para las comunicaciones a través de node-red, el cual es una herramienta de programación visual donde el desarrollo está basado en flujo. Con este sistema se y con los elementos o dispositivos que con tiene el proyecto se interactúa con el sistema de comando de voz.

Capítulo II

Desarrollo Objetivo 1.

Para el desarrollo del primer objetivo, se identifica la instrumentación adecuada para el control de temperatura, donde para el funcionamiento adecuado del proyecto, se incluyen elementos de gran importancia tanto para la comunicación de los dispositivos involucrados, como para el control de temperatura deseado. Así mismo se tiene en cuenta que se utilizará la planta de control de nivel ya ensamblada y un maletín de siemens con un PLC S7-1200, con su HMI, en el aula CD206 de automatización industrial y control de la universidad de pamplona.

Instrumentación y dispositivos

A continuación, en la tabla 1 se toma información de los datasheet de la instrumentación y de los dispositivos que se utilizan en el proyecto, escribiendo sus características y funcionalidades más importantes, respecto a su aplicación en el proyecto.

Tabla 1. Características y Funciones de la Instrumentación

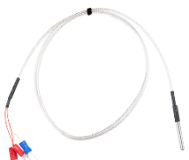
Ilustración	Características	Función
Ilustración1: PT100  Fuente:[M. libre]	Resistencia: 100Ω a 0 °C Rango:-200°C a 550°C Hilos: 3 Precisión de ± 0.5 °C de -10 °C a + 85 °C	Es de gran importancia para el control de temperatura, debido a que tiene como finalidad medir la variable de temperatura del sistema.
Ilustración2: Transmisor PT100  Fuente:[M. libre]	Voltaje: 24V Salida: 4-20 mA Rango : 0-200°C Precisión más o menos 0.2 por ciento FS.	El transmisor tiene como funcionalidad tomar valores resistivos del pt100 y convertirlos en una salida de 4-20 mA. Es complemento para el sensor de temperatura.

Ilustración3: Electroválvula  Fuente:[M. libre]	Voltaje:24 Tipo: solenoide Potencia:5W Presión:0-0,8MPa Flujo:1200cc	En el proyecto se manejan dos electroválvulas, donde su función es llenar y vaciar el tanque de un fluido en este caso agua.
Ilustración4: Sensor de nivel  Fuente:[M. libre]	Voltaje: 24V Interfaz de salida: PNP Salida: 5V-12V Corriente de salida: 12A Sensor: sin contacto	El sensor de nivel sin contacto, tiene como funcionalidad detectar el líquido cuando esté a un nivel específico. En este caso se utilizan dos, para nivel alto y otro para el nivel bajo.
Ilustración5: Resistencia térmica  Fuente:[M. libre]	Temperatura: máx. 200°C Rango: 12V-300V Potencia:74W (a 110V, con 5 metros) Resistencia del conductor: 33 ohm/M	La resistencia térmica, es la que se encarga de aumentar la temperatura del agua, donde su tensión es controlada para que la temperatura llegue a un valor deseado.
Ilustración6: Relay estado solido  Fuente:[Autonics]	Input: 4-20mA Output Corriente: 20A Output Voltaje:100-240V Frecuencia: 50/60Hz	El relay en estado sólido tiene una función importante para el control de temperatura debido a que su entrada es analógica hace que se obtenga una salida que varíe y así lograr el control deseado.
Ilustración7: Raspberry Pi 4 B  Fuente:[Raspberry Pi]	RAM: 2GB Alimentación: 5V/3A Puerto power: USB tipo C Puerto de Ethernet Gigabit	La Raspberry Pi es utilizada en el proyecto principalmente para la comunicación con Alexa, el cual la misma tarjeta tiene su propio sistema operativo.
Ilustración8: Leds Indicadores	Voltaje:24v-AC/DC Corriente: $\leq 20\text{Ma}$	Los leds indicadores nos permiten mirar en qué estado se

 Fuente:[SCHRACK Techmik]	Temperatura:5°C...+70°C Humedad relativa: 50% a +40°C 90% a +20°C	encuentra la planta. Este caso; color verde planta está encendida, amarillo tanque lleno y rojo para cuando la planta se encuentre apagada.
Ilustración9: PLC S7-1200  Fuente:[Siemens]	Tensión alimentación: 24V Entradas digitales:14 Salidas digitales:10 N° de entradas analógicas: 2 Tipo de interfaz: PROFINET	El PLC S7-1200 es el dispositivo controlador del proyecto, recibe todas las señales digitales y analógicas, y mandando a la salida transistorizada 24V, activando los elementos finales de control.
Ilustración10:Signal Board  Fuente:[Siemens]	Input Corriente: 15mA Salida analógica Rango Voltaje: -10v a 10v Rango corriente: 0 a 20Ma	La Singnal Board es un complemento del PIC S7-1200, este módulo permite al PLC tener una salida analógica, logrando así controlar la variable de temperatura con la resistencia térmica.
Ilustración11:HMI SIMATIC  Fuente:[Siemens]	Screen diagonal: 7 in Pantalla: táctil y de teclas, alta definición y atenuable de 65.536 colores.	La función que tiene la H,I es visualizar la información del proceso, graficas, indicadores, etc. además, tiene pulsadores táctiles para realizar acciones en el proceso.

Nota. Los datasheet de cada instrumento y dispositivo se encuentran en el anexo 6.

Capítulo III

Desarrollo Objetivo 2.

Para realizar el control de temperatura en el sistema, y utilizar el controlador lógico programable PLC S7-1200, se debe utilizar software especializado para la programación del mismo. En este proyecto se manejará el TIA PORTAL en la versión v16, así mismo se utilizarán bloques del mismo programa para la recolección de datos, y obtener la función transferencia correspondiente.

Tia Portal

El portal de automatización totalmente integrado (Tia Portal), es un software diseñado para la ingeniería, el cual permite el acceso a la configuración de todos los procesos de automatización relacionados con el PLC de Siemens, su funcionalidad optimiza la productividad en procesos de ingeniería proporcionando una interfaz que se relacionan con tareas de visualización, accionamiento de dispositivos y control.

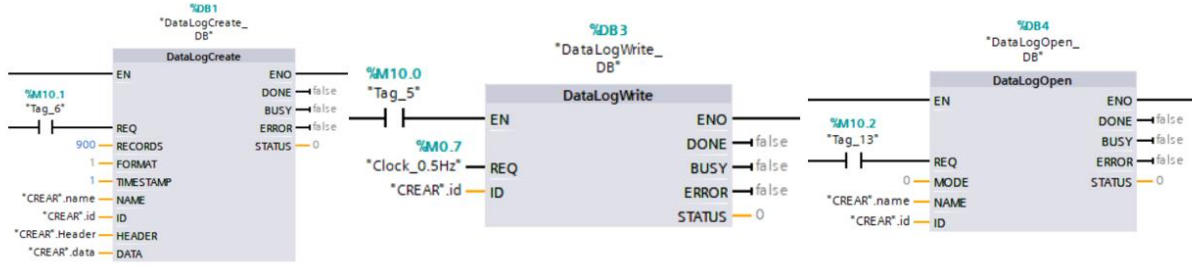
Las funcionalidades de Tia Portal no sola mente une diferentes softwares de integración, sino que además permite configurar e implementar componentes de automatización como periféricas HMI, motores, variadores, etc.[5]

Data Log

Data Log es una serie de bloques en Tia Portal, donde se guardan datos a medida que se va ejecutado el PLC, estos se guardan en archivos de registro continuo. Los bloques de Data Log realizan ciertas instrucciones para crear, escribir y cerrar archivos Data Log. Los archivos tienen como almacenamiento la memoria Flash CPU con el formato CSV(valores separados con comas), que permiten ser leídos por el software Excel.

El Data Log, desarrolla una tecnología unida con páginas web, esto permite a los usuarios ingresar remotamente a las páginas y de ahí descargar los archivos generados desde una PC, y que el mismo PC esté conectado a la red del controlador.[6]

Ilustración12: Bloques de Data Log en Tia Portal

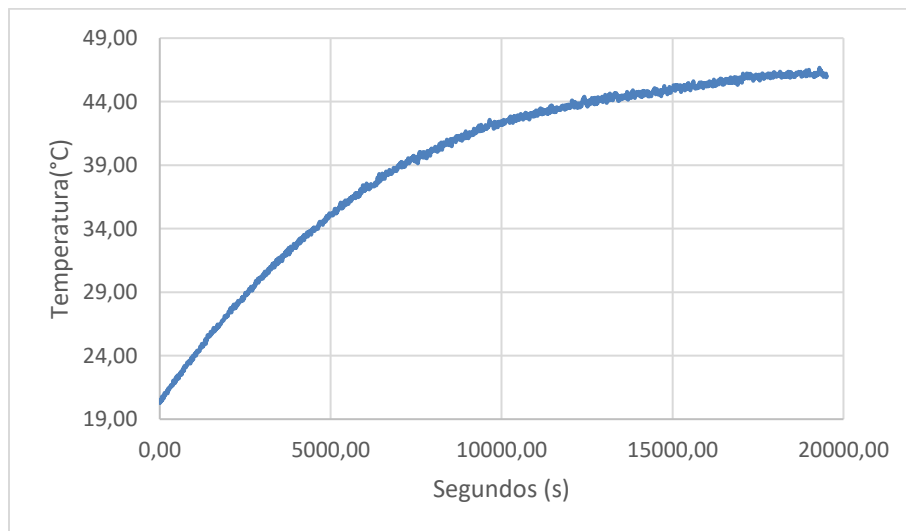


Fuente:[Tia Portal]

Datos experimentales

Para la toma de datos, se utiliza el Data Log mencionado anteriormente, utilizando como dato de captura, la variable de temperatura de la planta, suministrada por el sensor pt100. Esto se realiza cuando la potencia de la resistencia esté a un 37.5% de su potencia máxima, seguidamente se dejarán de tomar datos hasta que la gráfica muestre que se estabilice en un punto. A continuación, en la Ilustración 13 se muestra la gráfica obtenida por la toma de datos experimentales del proyecto.

Ilustración13:Datos experimentales de Temperatura con la resistencia al 37.5% de potencia.



Fuente:[Excel]

Función de transferencia

Para la obtención de la función de transferencia, se toman los datos de temperatura recopilados por el Data Log, luego por medio de la herramienta Excel se grafica y de ahí se corrobora el sistema de primer orden que tiene la planta.

Sistema de Primer orden

la función de transferencia para un sistema de primer orden es:

Ilustración14: *Función de transferencia de primer orden*

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{K}{\tau s + 1}$$

Fuente:[7]

Donde K es la ganancia y τ es la constante de tiempo.

Cuando le ingresamos un escalón unitario al sistema, su respuesta es:

Ilustración15: *Respuesta de un sistema de primer con un escalón unitario*

$$y(t) = K(1 - e^{-t/\tau})$$

Fuente:[7]

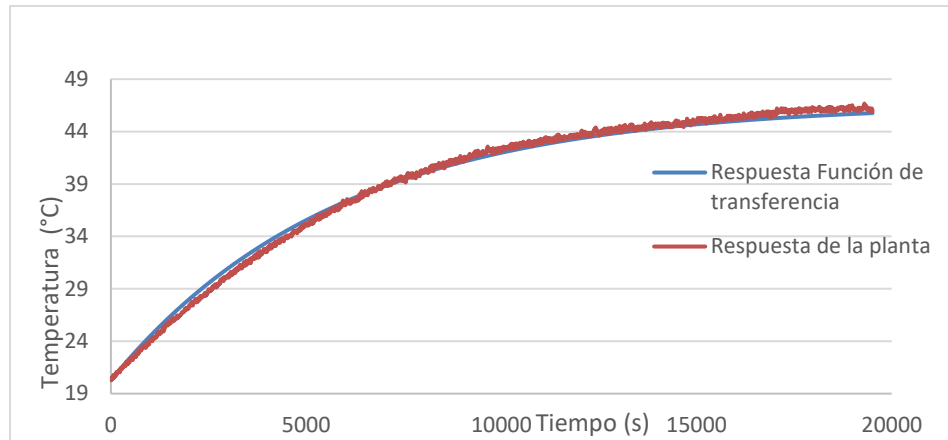
Utilizando la Excel como herramienta, se sacan las constantes de la función de transferencia de primer orden, e implementando la ecuación del sistema del primer orden con escalón unitario, se obtiene la función de transferencia de la planta. En la ilustración 17 se ve la respuesta de la función de transferencia obtenida con los datos de la planta.

Ilustración16: *Función de transferencia de la planta*

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{0,704}{5789,974s + 1}$$

Fuente:[Autor]

Ilustración17: Gráfica de la función de transferencia con la respuesta de la planta.



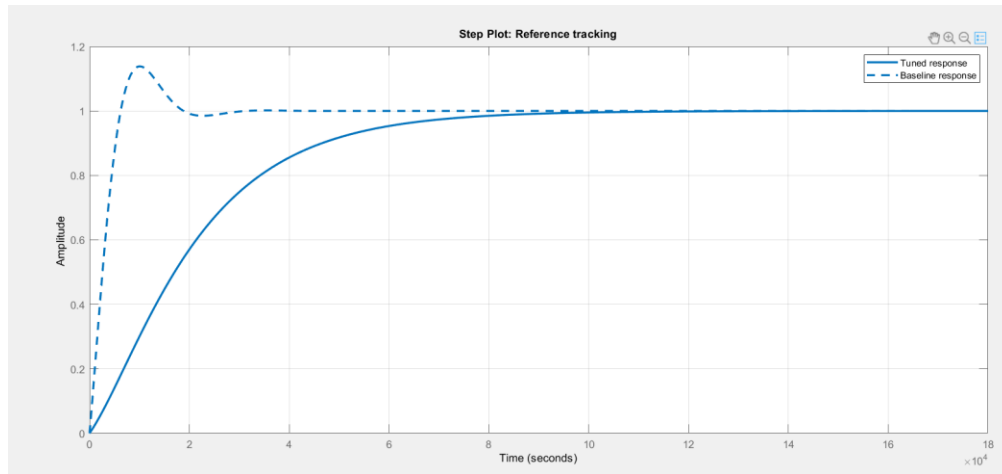
Fuente:[Excel]

PID Tuner

Un PID Tuner (controlador de sintonización PID) es una herramienta gráfica de MATLAB que, cuando funciona como un controlador PID, se utiliza para reducir el exceso o mejorar el rechazo de ruido en la entrada de la planta. Tiene la posibilidad de ajustar el tipo de controlador, como controladores PI, PD, o PID. La herramienta permite analizar el rendimiento de los controladores en la gráfica donde su dominio es de tiempo y frecuencia. [8]

Utilizando la aplicación de Matlab PID Tuner, se realiza la sintonización con el controlador PI, usando la herramienta de identificación de planta. En la ilustración 18 se puede ver la respuesta del PID Tuner con la función de transferencia de la planta, donde se manipula el tiempo de respuesta y el comportamiento transitorio, para un mejor comportamiento del controlador ya en campo.

Ilustración18: Gráfica de la sintonización de la planta con PID Tuner



Fuente:[Matlab]

Tabla 2. Constantes K_P , K_i de la sintonización del PID Tuner

K_P	K_i
0,18483	0.000064721

PID Compact

La función del PID Compact es registrar le valor real de la variable media dentro de un lazo de regulación y lo compara con un set point deseado. Este bloque tecnológico tiene un regulador PID continuo con optimización integrado, tiene integrado un regulador de impulsos y además tiene la posibilidad de cambiar de modos entre manual y automático. [9]

El bloque de PID compact se utiliza en el proyecto teniendo en cuenta las variables halladas del PID Tuner, poniendo solo las constante K_P y K_i y seleccionando PI como controlador en los parámetros del bloque, además utiliza la variable de temperatura normalizada y escalada del sensor para la realimentación del controlador, poniendo como set point el valor de temperatura dada por voz con el asistente virtual Alexa.

Capítulo IV

Desarrollo Objetivo 3.

Para enlazar el asistente virtual Alexa con el sistema de control, se debe tener un conocimiento acerca del asistente virtual, de las páginas web donde se puede configurar el asistente virtual ,y los programas para enlazar Alexa con el PLC S7-1200.

Asistente virtual

Un Asistente Virtual Inteligente (IVA), es un agente de tipo software que permite a las personas realizar tareas y prestar servicios. Estos agentes están diseñados para ayudar a los usuarios mediante la automatización y la realización de diversas tareas diarias que antes los humanos tenían que realizar de forma manual; como son: apagar o encender las luces, obtener información sobre las condiciones climáticas, ajustar el calefactor o controlar otros dispositivos del hogar inteligentes.

Así mismo, se busca que la interacción hombre-Maquina sea lo más reducida, por esa razón las órdenes que se le da al asistente virtual son exclusivamente por comandos de voz, esto permite que el asistente virtual se pueda utilizar e implementar en diferentes dispositivos, como los son: altavoces inteligentes, teléfonos móviles, automóviles etc. [10]

Alexa de Amazon

Alexa, el servicio de voz de Amazon, es el cerebro de todos los dispositivos Amazon ECHO, este servicio es implementado en la nube, el cual su funcionamiento se basa en el reconocimiento de voz, donde se caracteriza principalmente por activarse al responder al llamado de “Alexa”, respondiendo preguntas, haciendo llamadas telefónicas, reproducir música, etc.[11]

El servicio de Alexa, otorga capacidades o habilidades a los usuarios y empresas, donde ellos mismos pueden crear su propia experiencia personalizada. Hoy en día diferentes empresas, diseñadores y desarrolladores, como Uber, Starbucks y Capital One, tienen sus propias habilidades personalizadas. [12]

Habilidades o Skills de Alexa

Las habilidades o skills de Alexa, es realmente un modelo de interacción, que es definido por medio de intents(peticiones de activación), donde se describe específicamente las configuraciones del reconocimiento de voz. Además, las skills internamente tienen funciones con intenciones claras, que permite a los usuarios tener personalizado su interfaz de usuario por voz.

El servicio de skills llega a gestionar eventos para las intenciones del usuario, y para que el servicio de Alexa llame a la habilidad, la intención del discurso del usuario debe coincidir, y de ahí encontrar una respuesta adecuada a la intención del usuario. [13]

Para el proyecto se utiliza una Skill de Alexa para la comunicación con Node-RED. La Skill “Node-RED Alexa Home Skill Bridge” , tiene la opción de configurar los dispositivos el cual se quiere que, al hacer el llamado de asistente virtual Alexa, cambien los valores en Node-RED, además se modifican los parámetros de comportamiento, que para este caso se utilizan los parámetros del cambio temperatura y el encendido y apagado de la planta. En la ilustración 19 se muestra los dispositivos utilizados con sus parámetros de comportamiento.

Ilustración19:Skill de Alexa para Node-RED



Fuente:[Skill de Alexa]

Node-RED

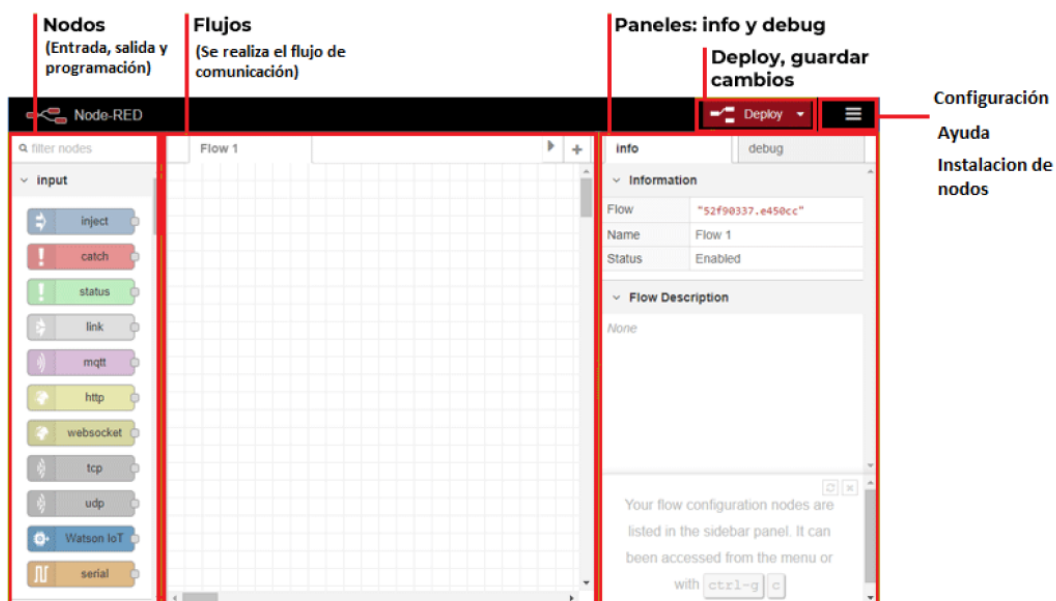
Node-RED es una herramienta visual de programación y desarrollo, para conectar diferentes dispositivos de hardware, Interfaz de programación de aplicación(API), y servicios en línea de una

manera nueva e inusual. La aplicación de Node-RED proporciona en el navegador su interfaz de edición, esta facilita el manejo de la interconexión de flujos con la diversidad de la paleta de nodos el cual se puede implementar en el tiempo establecido de ejecución a tan solo un clic.

En año 2013 un grupo de servicios de tecnología crea Node-RED, con el propósito de proponer una solución a las integraciones que tienen los distintos dispositivos IoT, esto permitió que hubiera aporte al desarrollo en la industria 4.0, además tiene como relevancia lo fácil que es instalar en el sistema operativo, donde se destaca Raspbian el cual es el sistema operativo propia de Raspberry Pi. [14]

El entorno que ofrece la aplicación para la interconexión de flujos por medio de los bloques su desarrollo es muy amplio, teniendo una gran cantidad de tareas, gracias a la amplia y diversa gama de librería en nodos. Para el proyecto utilizaremos las librerías que nos permitan enlazar los servicios de Amazon en la web con el controlador lógico programable (PLC-S71200) de la marca de Siemens, asimismo el entorno grafico que ofrece tiene las herramientas la cual nos permite llegar a la comunicación que deseamos. En la Ilustración 20 se mira el entorno básico de los elementos de Node-RED. [5]

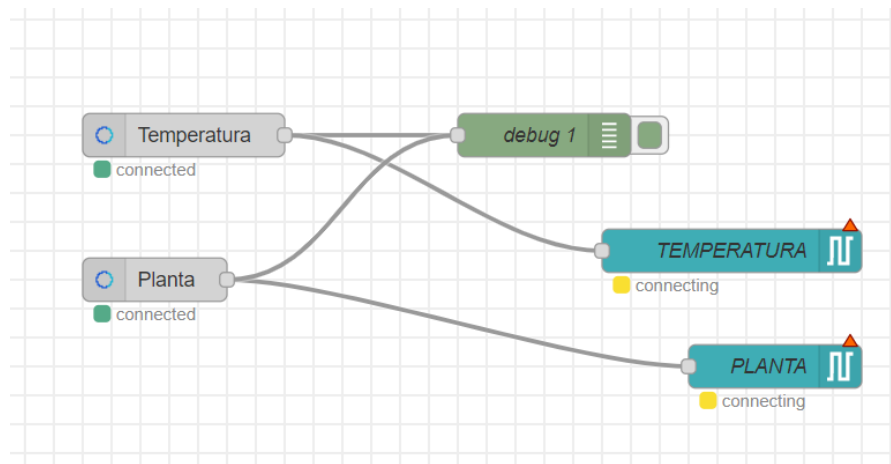
Ilustración20:Entorno de desarrollo Node-RED



Fuente:[5]

En este caso se utiliza la Raspberry Pi 4 B, con el sistema operativo Raspbian para instalar el Node-RED, para esto se necesita tener la Raspberry conectada a internet y tener el sistema operativo actualizado. Ya instalado el Node-RED, se abre la aplicación y luego se instalan las librerías de Alexa y para el PLC S7-1200. Ya realizado los procedimientos anteriores se empieza a colocar los respectivos nodos para enlazar el asistente virtual con el PLC, como se muestra en la ilustración 21.

Ilustración21: Enlace de Alexa con el PLC S7-1200 por medio de Node-RED.



Fuente:[Node-RED]

Capítulo V

Desarrollo Objetivo 4.

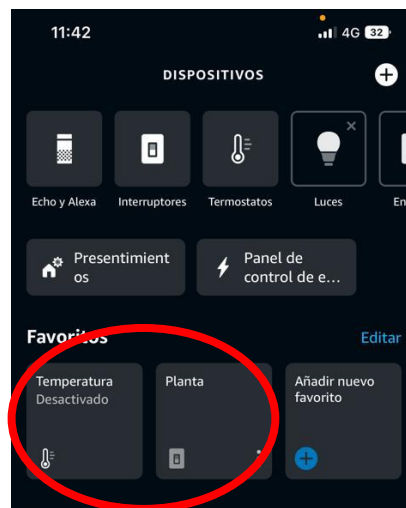
Para la validación de la comunicación de Alexa con el PLC S7-1200 y el control de temperatura, se realizan tres pruebas. En la primera se le da la indicación por voz al asistente virtual que encienda la planta. La segunda prueba se le dice a Alexa dos diferentes valores de temperatura para que controle en esos valores, y un valor más de temperatura que se indica por medio del HMI. Y la tercera prueba se le indica por voz al asistente virtual (Alexa) que apague la planta .

Antes que todo se debe comprobar los enlaces y configuraciones realizadas en los anteriores objetivos del proyecto.

Validación aplicación Alexa

Habiendo realizado las respectivas configuraciones de los dispositivos en la Skill de Alexa "Node-RED Alexa Home Skill Bridge" y habiendo puesto los parámetros de acción de cada dispositivo. En la aplicación de Amazon Alexa se valida que los dispositivos configurados se encuentren en la lista de dispositivos activos, y después a gusto personal se añade a favoritos para poder ver el dispositivo todo el tiempo, como se muestra en la Ilustración 22.

Ilustración22:Dispositivos activados en la aplicación de Amazon Alexa

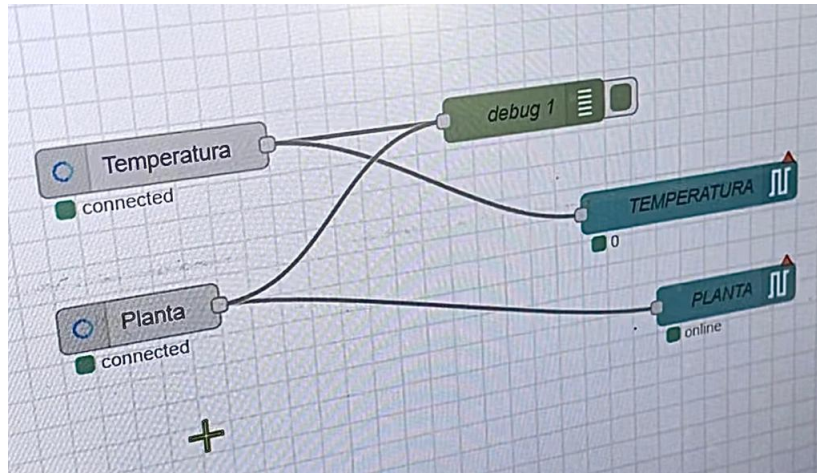


Fuente: [Amazon]

Validación en Node-RED

En Node-red después de haberle instalado todas las librerías de Alexa y del PLC S7-1200, se tiene que configurar cada uno de los nodos. Para Alexa se le ingresa el usuario y la contraseña que se le ingresó en la Skill, después se elige el dispositivo que antes se había configurado. Para el PLC se debe introducir la IP que tiene establecido el PLC propio, luego se escriben las marcas que se utilizan para indicar la temperatura, el inicio y el paro de la planta. Después de haber realizado todas las configuraciones, el indicador de los nodos debe estar de color verde, que quiere decir que el PLC y Alexa están enlazados, como se puede ver en la Ilustración 23.

Ilustración23: Alexa y PLC S7-1200 enlazados.

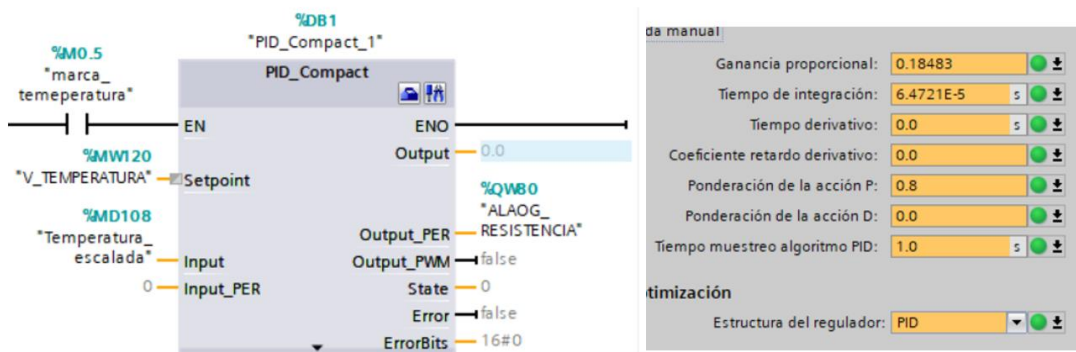


Fuente:[Node-RED]

Validación Tia Portal

En Tia Portal primeramente se debe nombrar las Marcas seleccionadas en Node-RED y realizar un código en el lenguaje de programación Ladder para el encendido y apagado de la planta y la lectura del sensor de temperatura. Luego se configura el bloque de PID Compact con la Marca utilizada en Node-RED, y se ponen las constantes Kp y Ki sintonizadas con el PID Tuner en capítulos anteriores. En la ilustración 24 se ve bloque PID Compact, con la tabla de las constantes Kp y Ki.

Ilustración24: Bloque PID Compact con la tabla de constantes Kp y Ki del controlador

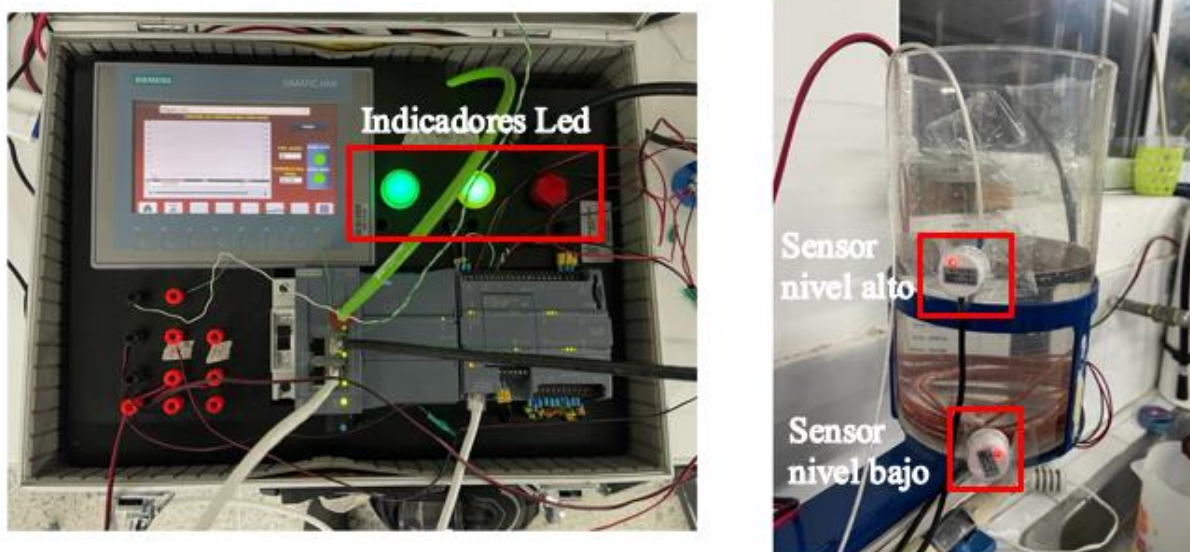


Fuente:[Tia Portal]

Prueba 1.

Después de haber realizado la validación de Alexa con Node-RED y el PLC S7-1200, se le da la primera indicación al asistente virtual Alexa, de activar la planta “Alexa Activa la planta”, esto hace que el indicador de color verde se encienda y se active la electroválvula de llenado. El tanque se empieza a llenar hasta que los dos sensores de nivel se activen, la electroválvula se apaga y el indicador de color amarillo se enciende, indicando que el tanque está lleno, como se puede ver en la ilustración 25.

Ilustración 25: Activación de la planta Leds verde y amarillo encendidos y tanque lleno

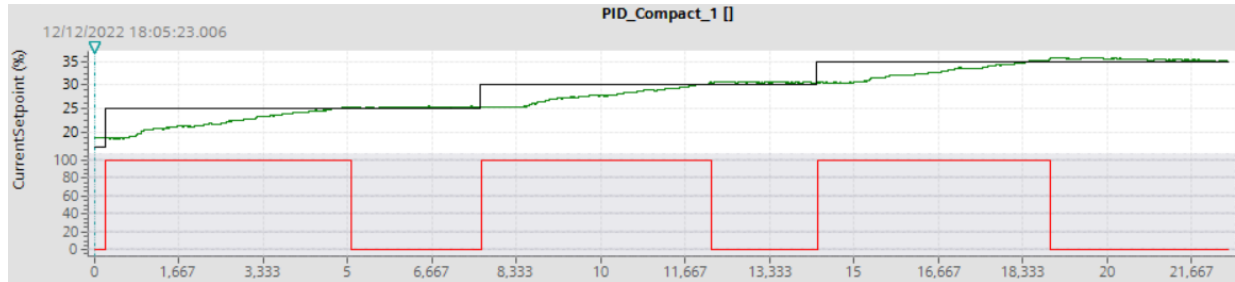


Fuente:[Autor]

Prueba 2.

Luego de que el tanque llegue al nivel alto, se le indica por voz al asistente virtual (Alexa) el primer valor de temperatura “Alexa pon la temperatura a 25 °C”, inmediatamente empieza a controlar hasta estabilizarse. Después se le indica el segundo valor de temperatura al asistente virtual (Alexa) “Alexa pon la temperatura a 30 °C”, y realiza el control igualmente. Finalmente, el ultimo valor de temperatura se introduce por medio de la HMI KTP 700 BASIC, que así mismo realiza el control. En la ilustración 26 se muestra los cambios de temperatura y del control que realiza por medio de la salida del relay en estado dolido (SSR).

Ilustración26: Control de temperatura indicado por Alexa



Fuente:[Tia portal-SIEMENS]

Error cuadrático medio

En la tabla 3 se mira el valor deseado Set Point y la respuesta del controlador, también se mira la diferencia de los dos y se eleva al cuadrado para calcular el error cuadrático medio.

Seguidamente suman las tres diferencias elevadas al cuadrado y se divide entre 3 para hallar el promedio del error, como se mira en la ilustración 27.

Tabla 3. Error cuadrático medio

Set Point	Controlador	Diferencia	Diferencia^2
25	25,71	0,71	0,5041
30	30,145	0,145	0,021025
35	35,732	0,732	0,535824

Ilustración27: Promedio del error cuadrático medio

$$ECM = \frac{0,5041 + 0,021025 + 0,535824}{3} = 0,354$$

Fuente:[15]

Prueba 3.

Para terminar, se realiza el apagado de la planta, para eso se le indica al Asistente virtual (Alexa) por voz, que apague la planta “Alexa apagar planta”, de inmediato la resistencia térmica deja de calentar, el led indicador Rojo se enciende, se apaga el verde y la electroválvula de vacío del tanque se enciende, hasta que los sensores de nivel dejen de detectar, como se poder en la Ilustración 28.

Ilustración28:Apagado de la de planta, indicador rojo encendido y tanque vacío



Fuente:[Autor]

Conclusiones

Se logró identificar la instrumentación para el control de temperatura, se implementó un sensor de temperatura Pt100 con su transmisor, para la entrada analógica del PLC S7-1200. Para las entradas digitales tenemos los dos sensores de nivel sin contacto. En la salida analógica tenemos un SSR(Relay estado sólido) en cual está conectada a la resistencia térmica. Y en las salidas digitales, se utilizó dos electroválvulas a 24v y tres leds indicadores.

Se desarrolló un proceso de control con el sensor de temperatura, la resistencia térmica y el PLC S7-1200. Recopilando datos del sensor de temperatura por medio del bloque de tia portal (Data log), se calculó la función de transferencia. Después con la función de transferencia se realizó la sintonización con el PID Tuner de Matlab, para que con las constantes K_p y K_i de la sintonización, se introdujeran en el bloque de PID Compact de Tia portal para implementarlo en el PLC S7-1200.

El asistente virtual (Alexa) se enlazó con el PLC S7-1200 sin problema. Utilizando la Raspberry Pi 4 como ordenador, y el Node-RED como medio para enlazar Alexa con el PLC. Se tuvo que instalar las librerías para el Node-RED de Amazon Alexa así mismo del PLC S7-1200. Y configurar los dispositivos y parámetros en la skill de Alexa con Node-RED. Para el final

configurar los nodos necesarios para que el asistente virtual se enlace con el proceso de control del PLC S7-1200.

El funcionamiento y la comunicación del control de temperatura con Asistente virtual Alexa y el PLC S7-1200 se comprobó correctamente, y se valida realizando tres pruebas. La primera diciéndole al asistente virtual (Alexa) que encendiera la planta. La segunda fue diciendo en dos oportunidades al asistente virtual que cambiara el valor de temperatura y el tercer valor se le indicaba por medio de la HMI. Ya en la última prueba se le indica al asistente virtual Alexa que apague la planta. En todas las pruebas realizadas se validó el correcto funcionamiento del sistema y el control por voz de la temperatura.

Bibliografía

- [1] A. da S. Barbosa, F. P. Silva, L. R. D. S. Crestani, and R. B. Otto, "Virtual assistant to real time training on industrial environment," in *Advances in Transdisciplinary Engineering*, 2018, vol. 7. doi: 10.3233/978-1-61499-898-3-33.
- [2] M. ÇINAKLI, M. ARTA, M. DEMİRDAĞ, and A. Ç. SEÇKİN, "A VIRTUAL ASSISTANT DESIGN AND APPLICATION ON INDUSTRIAL DATABASE," *Uluslararası Yönetim Bilişim Sistemleri ve Bilgisayar Bilimleri Dergisi*, 2021, doi: 10.33461/uybisbbd.952310.
- [3] J. S. Jwo, C. S. Lin, and C. H. Lee, "An Interactive Dashboard Using a Virtual Assistant for Visualizing Smart Manufacturing," *Mobile Information Systems*, vol. 2021, 2021, doi: 10.1155/2021/5578239.
- [4] Y. Mohamed, "Virtual Assistant Design for Water Systems Operation," Waterloo, 2019.
- [5] E. Manuel and G. Florez, "CONTROL DE VARIABLES DISCRETAS Y ANALÓGICAS DEL PLC S7-1200 POR MEDIO DE ASISTENTE DE VOZ," Pamplona, 2022.
- [6] A. S. OLMOS TIGSE and H. F. POVEDA OCAÑA, "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HMI PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE LAS VARIABLES PRESIÓN, TEMPERATURA Y NIVEL EN LA CASA DE MÁQUINAS DEL HOSPITAL DEL IESE DE LA CIUDAD DE LATACUNGA," UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS, LATACUNGA, 2016.
- [7] V. M. TIGRE CHUSINO, "CONSTRUCCIÓN DE UN KIT DIDÁCTICO ORIENTADO AL ANÁLISIS DE SISTEMAS DINÁMICOS Y ESTRATEGIAS DE CONTROL," Cuenca, 2018.
- [8] MathWorks América Latina, "PID Tuner-Ajustar controladores PID," 2022. <https://la.mathworks.com/help/control/ref/pidtuner-app.html> (accessed Dec. 08, 2022).
- [9] SIEMENS, "MANUAL DE FUNCIONES-S7-1200, S7-1500-Regulación PID," Nov. 2022.

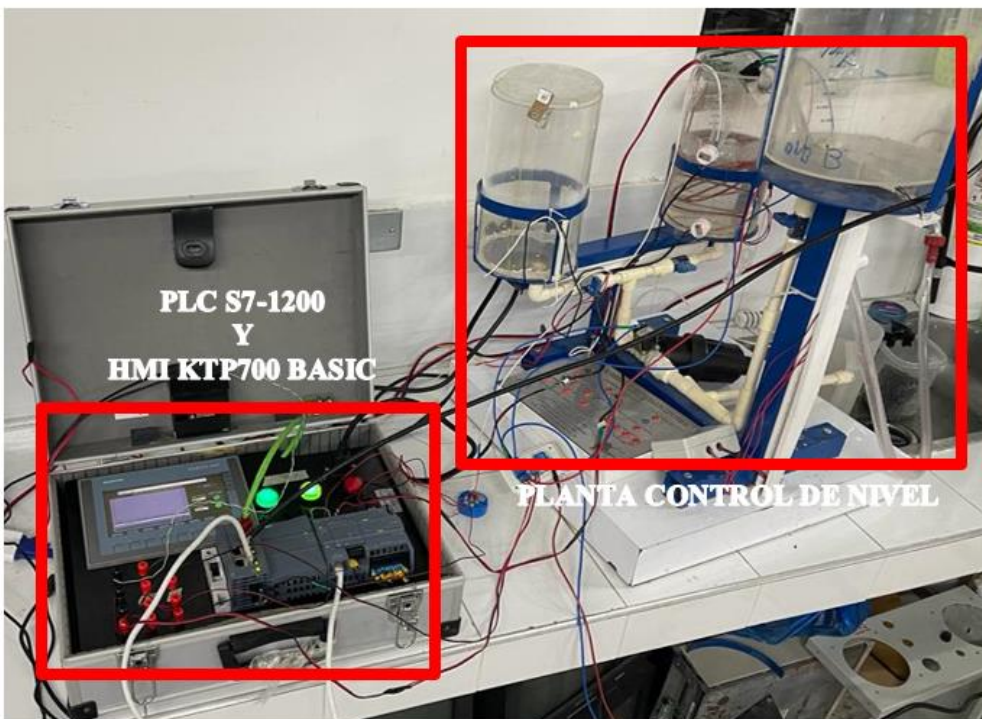
- https://cache.industry.siemens.com/dl/files/036/108210036/att_916495/v1/s71500_pid_control_function_manual_esES_es-ES.pdf (accessed Dec. 08, 2022).
- [10] R. Barceló Armada, “Disección y análisis del tráfico de red de Amazon Alexa,” UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUNYA, Barcelona, 2021. Accessed: Dec. 09, 2022. [Online]. Available: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/348745/155639.pdf>
 - [11] O. P. GUZMÁN VILLAGÓMEZ, “DESARROLLO DE UN MODELO PARA ELANÁLISIS DE VULNERABILIDADES DE DISPOSITIVOS INTELIGENTES DE RECONOCIMIENTO DE VOZ, BASADO EN LA NORMA ISO/IEC 27005:2011,CASO DE ESTUDIO AMAZON ECHO(ALEXA),” UNIVERSIDADINTERNACIONALSEK, 2018. Accessed: Dec. 09, 2022. [Online]. Available: https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2937/2/TRABAJO_FIN_CARRERA_PGUZMAN_ABRIL2018.pdf
 - [12] M. C. Niño Rivera, “NiñoRiveraMaríaCarolina2018,” UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, BOGOTÁ D.C., 2018. Accessed: Dec. 09, 2022. [Online]. Available: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/14629/Ni%C3%B1oRiveraMar%C3%ADDaCarolina2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 - [13] A. Navarro, “Creación e implementación de una skill de Alexa para laboratorios farmacéuticos MEMORIA Escola Tècnica Superior d’Enginyeria Industrial de Barcelona,” Barcelona, Jun. 2020. Accessed: Dec. 09, 2022. [Online]. Available: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/329976/memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 - [14] J. A. AGUILAR GAVILANES and F. E. VILLAVICENCIO RAMOS, “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO PARA EL CONTROL DE LA PLANTA B DEL LABORATORIO LACTI DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA –UPS SEDE CUENCA A TRAVÉS DE SERVICIOS EN LA NUBE,” INGENIERÍA MECATRÓNICA, UNIVERSIDADPOLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA, CUENCA, 2021. Accessed: Dec. 09, 2022. [Online]. Available: <file:///C:/Users/PC/Desktop/diplomado/REFERENCIAS/UPS-CT009388.pdf>
 - [15] M. E. BENJAMÍN, “Estimadores para modelos con errores en las variables que describen un problema metrológico,” UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES, 2014. Accessed: Dec. 10, 2022. [Online]. Available: http://cms.dm.uba.ar/academico/carreras/licenciatura/tesis/2014/Manuel_Benjamin.pdf

ANEXOS

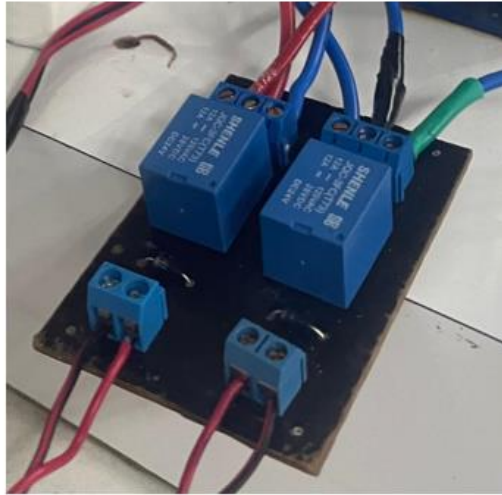
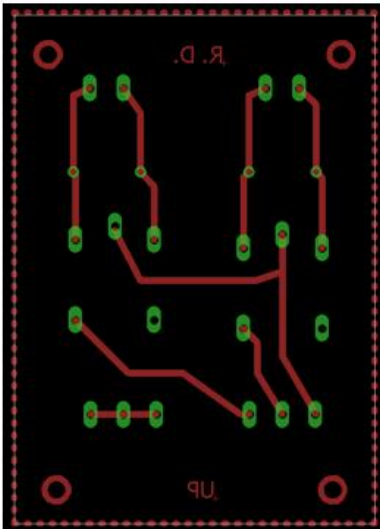
Anexo 1. Imagen HMI.



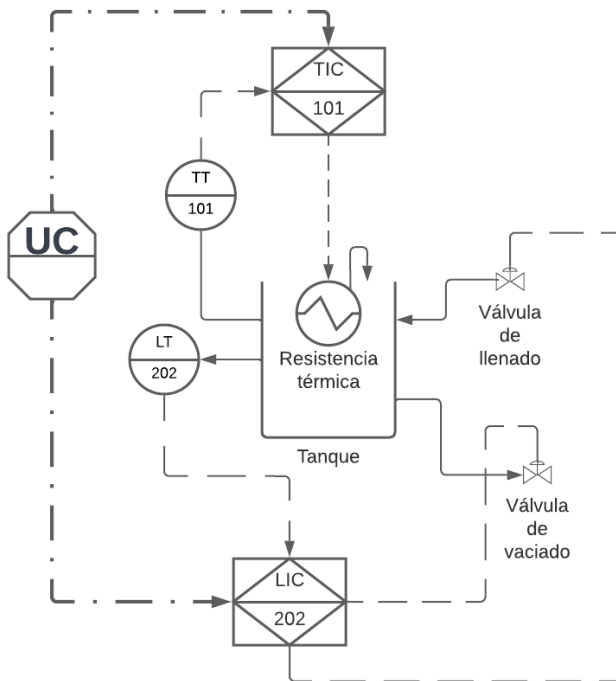
Anexo 2. Maletín de siemens y la planta del sistema.



Anexo 3. Diseño del circuito de relays para el control de las electroválvulas.



Anexo 4. Diagrama P&ID del proyecto.



Anexo 5. Programa principal en Tia Portal

Página 1. Bloques Cyclic interrupt

Página 2. Bloques Main

PROGRAMA_1_DIPLOMADO / PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Bloques de programa

Cyclic interrupt [OB30]

Cyclic interrupt Propiedades

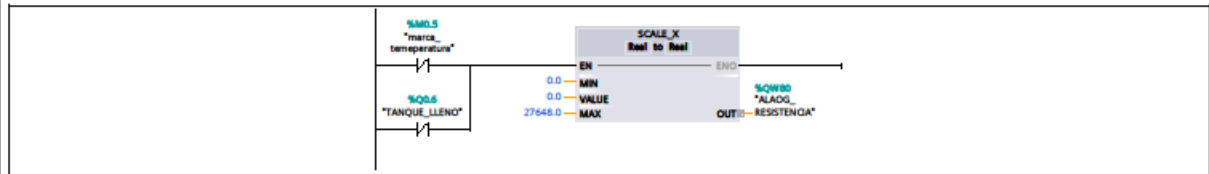
General

Nombre	Cyclic interrupt	Número	30	Tipo	OB	Idioma	KOP
Numeración	Automático						
Información							
Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizado					

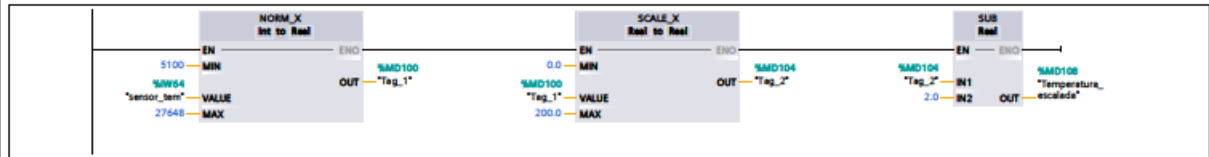
Cyclic interrupt

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Event_Count	Int		Events discarded
Temp			
Constant			

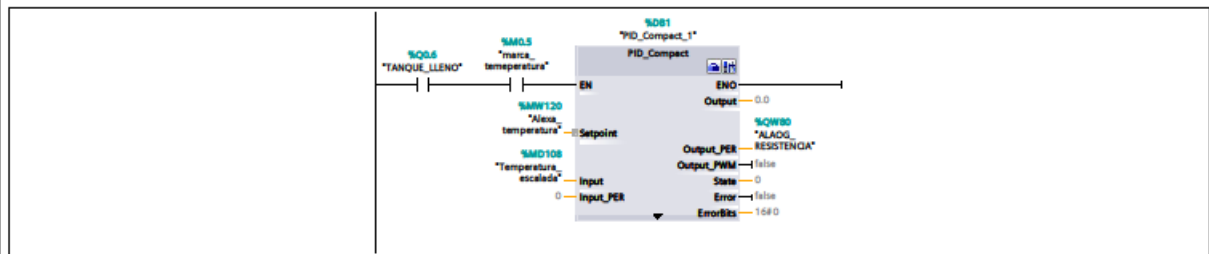
Segmento 1:



Segmento 2:



Segmento 3:



Totally Integrated Automation Portal		
PROGRAMA_1_DIPLOMADO / PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Bloques de programa		
Main [OB1]		
Main Propiedades		
General		
Nombre	Main	Número 1
Numeración	Automático	Tipo OB
Idioma		KOP
Información		
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor
Comentario		Familia
Versión	0.1	ID personalizado
Main		
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.
Comentario		
▼ Input		
Initial_Call	Bool	Initial call of this OB
Remanence	Bool	=True, if remanent data are available
Temp		
Constant		
Segmento 1:		

Anexo 6. Programa toma de datos en Tia Portal.

Totally Integrated Automation Portal							
TOMA_DE_DATOS / PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Bloques de programa							
Main [OB1]							
Main Propiedades							
General							
Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB	Idioma	KOP
Numeración		Automático					
Información							
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizado					
Main							
Nombre	Input	Tipo de datos		Valor predet.		Comentario	
Initial_Call	Bool					Initial call of this OB	
Remanence	Bool					=True, if remanent data are available	
Temp							
Constant							
Segmento 1:							
Segmento 2:							
Segmento 3:							
Segmento 4:							
Segmento 5:							

Anexo 7. Datasheet de la instrumentación

Fuente 1. Sensor de temperatura PT100

https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-509547304-sensor-de-temperatura-pt100-rtd-platino-3-hilos-1m-wzp-035-_JM

Fuente 2. Modulo transmisor de temperatura Pt100

https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-551909240-modulo-transmisor-temperatura-pt-100-pt100-4-20ma-0-200-rtd-_JM?quantity=1

Fuente 3. Electroválvula

https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-978702819-valvula-solenoid-de-agua-dc-24v-38-pulgadas-conexion-rapid-_JM?matt_tool=45862477&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=14633851677&matt_ad_group_id=122277564610&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=545410559199&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=524394152&matt_product_id=MCO978702819&matt_product_partition_id=1403299324506&matt_target_id=aud-1919918614931:pla-1403299324506

Fuente 4. Sensor de nivel de agua

https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-832474295-detector-de-nivel-de-agua-o-liquido-xkc-y25-pnp-_JM?quantity=2

Fuente 5. Resistencia térmica

https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-607715847-resistencia-electrica-silicona-incubadora-100w-carbono-110v-_JM?quantity=1

Fuente 6. SRH, Relay de estado solido

https://autonics.se/wp-content/uploads/2018/03/srh1_ke_en_ma_drw161098aa_20161107_he_20171214.pdf

Fuente 7. Raspberry Pi 4 B

<https://datasheets.raspberrypi.com/rpi4/raspberry-pi-4-datasheet.pdf>

Fuente 8. PLC S7-1200

<https://docs.rs-online.com/4ed5/0900766b81397276.pdf>

Fuente 9. Signal Board

<https://media.automation24.com/datasheet/es/6ES72324HA300XB0.pdf>

Fuente 10. HMI Simatic

<https://docs.rs-online.com/3a81/0900766b813c29b5.pdf>

Fuente 11. Leds indicadores

https://image.schrackcdn.com/datenblaetter/h_bz501210-14-a_en.pdf

Anexo 8. Video del funcionamiento

<https://youtu.be/cZgiL6uj34s>