

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

*Trabajo de titulación previo
a la obtención del título de
Ingeniero Mecatrónico*

PROYECTO TÉCNICO:

**“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”**

AUTORES:

JOSÉ ANDRÉS AGUILAR GAVILANES
FABRICIO ENRIQUE VILLAVICENCIO RAMOS

TUTOR:

ING. PAÚL ANDRÉS CHASI PESANTEZ

CUENCA - ECUADOR

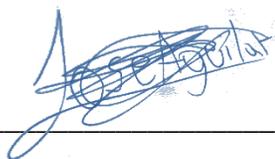
2021

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, José Andrés Aguilar Gavilanes con documento de identificación N° 0703365510 y Fabricio Enrique Villavicencio con documento de identificación N° 1311687600, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“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”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Mecatrónico*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, noviembre de 2021.



José Andrés Aguilar Gavilanes

C.I 0703365510



Fabricio Enrique Villavicencio Ramos

C.I 1311687600

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“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”**, realizado por José Andrés Aguilar Gavilanes y Fabricio Enrique Villavicencio Ramos, obteniendo el *Proyecto Técnico*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, noviembre de 2021.



Ing. Paúl Andrés Chasi Pesantez

C.I 0103652095

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, José Andrés Aguilar Gavilanes con documento de identificación N° 0703365510 y Fabricio Enrique Villavicencio Ramos con documento de identificación N° 1311687600, autores del trabajo de titulación: **“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”**, certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico*, es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, noviembre de 2021.



José Andrés Aguilar Gavilanes

C.I. 0703365510



Fabricio Enrique Villavicencio Ramos

C.I. 1311687600

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, parte fundamental en mi vida, en especial a mi madre Tania Gavilanes y mi padre José Aguilar, quienes me han brindado todo su amor, sabiduría y me apoyaron ante todas las adversidades hasta llegar a cumplir este gran logro, con quienes conté desde el inicio de este proyecto y sé que se encuentran orgullosos por todo lo alcanzado.

José

Todo este esfuerzo y trabajo está dedicado a mi familia, mi madre y mi padre que me han apoyado desde el inicio hasta el final y nunca han dejado de creer en mí. Mis abuelos quienes me han brindado su apoyo directa e indirectamente en toda mi formación universitaria. Sin ustedes esto no hubiese sido posible. Los amo.

Enrique

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, que siempre creyeron en mí y me ayudaron a que todo esto sea posible.

Al Ing. Paúl Chasi, por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación nos ayudó a culminar el presente trabajo.

Al personal del laboratorio LACTI quienes nos brindaron su apoyo y sabiduría para realizar este trabajo.

José

Agradezco a mi mamá y papá por siempre apoyarme en los momentos más duros en mi carrera universitaria, la vida lejos de ellos fue difícil pero nunca me hicieron sentir solo. Son los mejores,

A mi abuelo Oswaldo, quien con sus ayudas pude lograr superar muchos obstáculos. Y a mi abuela Schirley que siempre se preocupa por mí y está bien aferrada a mi corazón.

Al Ing. Paúl Chasi, por su paciencia y tino con nosotros. Ayudándonos siempre a mirar el proyecto desde otros puntos de vista y dándonos alternativas de solución.

Y a todo el personal encargado del laboratorio en la Universidad quienes nos ayudaron a que las cosas sean mucho más sencillas y accesibles.

Enrique

RESUMEN

Este proyecto se enfoca en actualizar la planta B del laboratorio LACTI de la Universidad Politécnica Salesiana para ser controlado y supervisado desde un servicio en la nube. La automatización industrial a gran escala es una realidad en la globalización para satisfacer la tendencia consumista mundial. Los avances tecnológicos han ayudado a que cada vez la información entre las máquinas sea más precisa y rápida, y hoy en día se utiliza a “la nube” como herramienta industrial. La mayoría de las industrias ecuatorianas aún están en proceso de actualización, es por eso que en este proyecto se busca demostrar la facilidad y eficacia de un sistema controlado y supervisado mediante un servicio de la nube.

El laboratorio LACTI posee una planta de llenado y vaciado de un tanque cerrado, teniendo válvulas proporcionales y de on/off, así mismo posee sensores para el nivel y el caudal. Esta planta es controlada mediante un PLC Siemens S7-1200 y tiene un variador de frecuencia para regular la entrada de agua en la planta. En primera instancia la planta no posee ninguna alarma led para programar posibles fallos y emergencias, y tampoco posee una pantalla HMI donde se programe un entorno de supervisión para la planta. Por esa razón, en este proyecto de titulación se emplea en la planta los componentes necesarios para actualizarla a un nivel aproximado a la industria 4.0 para así, por último, instalar el dispositivo IoT-2040 y conectar la planta B a Internet, para así, mediante un servicio de la nube, esta sea supervisada y controlada.

La planta en un principio no tenía un programa definido de algún proceso que ejecutar, por ende, se programaron dos procesos distintos para conseguir y demostrar los objetivos de nuestra tesis. El primer proceso consta de un control on/off de llenado y vaciado automático de la planta. Este proceso tiene un proceso de emergencia por si la válvula principal de funcionamiento llegase a averiarse. El segundo proceso es un control PID donde gracias al PID compact del PLC S7-1200 se obtuvieron valores para realizar el control con la válvula proporcional. En este proceso el usuario podrá elegir la consigna o también conocido como *Setpoint* de nivel deseado para la planta.

Se podrá evidenciar todas las instalaciones que se hicieron de una alarma led con sonido y de una pantalla HMI la cual tiene un entorno de toda la planta, donde se puede supervisar el funcionamiento en tiempo real, las emergencias y posibles fallos de la planta, los avisos

en tiempo real y contar con un historial de cada función u operación que la planta ha realizado detallando fechas y horas exactas. También se puede controlar la planta desde la pantalla HMI, incluyendo todas las posibles funciones para controlar los accionadores de la planta.

Las alarmas, avisos y seguridades son una parte fundamental de este proyecto. Analizando los dos procesos se programaron seguridades para posibles fallos y emergencias en la planta, priorizando siempre una seguridad industrial programable. Todos estos avisos de las emergencias que ocurran en la planta podrán ser visualizados desde nuestra pantalla HMI de forma local y así mismo desde nuestro entorno en la nube, en cualquier parte del mundo con acceso a internet.

El tablero de mando o también llamado *Dashboard* que se encuentra en el servicio de la nube, específicamente del servicio de IBM Watson, podrá acceder a toda la información de la planta, donde se visualiza las medidas en tiempo real de los sensores, funcionamiento de la planta y los avisos de cada operación, los cuales serán almacenados en un servidor de la nube en compilación y por seguridad en el IoT de forma local. El control también se realiza desde el *Dashboard*. Facilitando el control a larga distancia. Este proyecto se enfoca a la nueva era de la industrialización, demostrando un campo importante donde los ingenieros mecatrónicos pueden aportar al desarrollo y automatización industrial.

Palabras Claves: Automatización, industria, IoT (internet de las cosas), control, supervisión, industrialización, datos, *Dashboard*, nivel, caudal, válvula proporcional.

ABSTRACT

This project focuses on updating Universidad Politécnica Salesiana's plant B LACTI laboratory that can be controlled and supervised from a cloud service. Mass industrial automation is a reality in globalization to meet the global consumer trend. Technological advances have helped the information between machines to be more precise and faster, and nowadays "the cloud" is used as an industrial tool. Most of the Ecuadorian industries are still in the process of updating, that is why this project seeks to demonstrate the ease and effectiveness of a controlled and supervised system through a cloud service.

The LACTI laboratory has a closed tank filling and emptying plant, having proportional and on / off valves, as well as sensors for level and flow. This plant is controlled by a Siemens S7-1200 PLC and has a frequency inverter to regulate the entry of water into the plant. In the first instance, the plant does not have any LED alarms to program possible failures and emergencies and it does not have an HMI screen where a supervision environment can be programmed for the plant. For that reason, in this degree project, the necessary components are used in the plant to update it to an approximate level of industry 4.0 in order to, finally, install the IoT 2040 device and be able to connect the plant to the Internet in order, through a service from the cloud, being able to monitor and control the plant.

The plant at first did not have a defined program of any process to execute, therefore two different processes were programmed in order to achieve and demonstrate the objectives of our thesis. The first process consists of an on / off control of automatic filling and emptying of the plant. This process has an emergency process in case the main operating valve should fail. The second process is a PID control where, thanks to the PID compact of the S7-1200 PLC, it was possible to obtain values to carry out the control with the proportional valve. In this process, the user will be able to choose the desired level Setpoint for the plant.

It will be possible to show all the installations that were made of a led alarm with sound and an HMI screen which has an environment of the entire plant, where you can monitor the operation in real time, emergencies and possible failures of the plant, the notices in real time and have a history of each function or operation that the plant has carried out, detailing exact dates and times. Trying to be similar to a SCADA, the plant can also be

controlled from the HMI screen, including all the possible functions to be able to control the plant actuators.

Alarms, warnings and security are a fundamental part of this project. Analyzing the two processes, safety was programmed for possible failures and emergencies in the plant, always prioritizing a programmable industrial safety. All these notices of emergencies that occur in the plant can be viewed locally from our HMI screen and also from our cloud environment, anywhere in the world with internet access.

The Dashboard found in the cloud service, specifically the IBM Watson service, will be able to access all the plant information, where the real-time measurements of the sensors, plant operation and warnings are displayed. of each operation, which will be stored in a cloud server in compilation and for security in the IoT locally. The control can also be done from this Dashboard. Facilitating possible and comfortable controls at long distances.

This project focuses on the new era of industrialization, demonstrating an important field where mechatronic engineers can contribute to industrial development and automation.

Keywords: Automation, industry, IoT (internet of things), control, supervision, industrialization, Data, Dashboard, level, flow, proportional valve.

ÍNDICE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	2
CERTIFICACIÓN.....	3
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD	4
DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTOS.....	6
RESUMEN	7
LISTA DE GRÁFICAS.....	15
LISTA DE TABLAS	19
1. CAPÍTULO	20
1.1. Introducción.....	20
1.2. Antecedentes del Problema de Estudio.....	20
1.3. Objetivos.....	21
1.3.1. Objetivos generales.....	21
1.3.2. Objetivos específicos	21
1.4. Importancia y Alcances	22
1.5. Delimitación.....	22
2. CAPÍTULO	23
2.1. Marco Teórico.....	23
2.1.1. Internet de las cosas – IoT	23
2.1.2. El IoT en los sistemas de monitoreo industrial	24
2.1.3. Arquitectura del IoT	25
2.1.4. Protocolos del IoT	28
2.1.5. Aportes del IoT a un proceso industrial.....	31
2.1.6. Características de un sistema IoT	31
2.1.6.1. Supervisión remota de procesos.....	31

2.1.6.2.	Control de procesos remotamente	31
2.1.6.3.	Procesamiento de información	31
2.1.6.4.	Almacenamiento de datos	32
2.1.7.	Elementos en un entorno IoT.....	32
2.1.7.1.	Dispositivos IoT	32
2.1.7.2.	Aplicaciones de las tecnologías actuales en IoT	33
2.1.8.	Industria 4.0	33
2.1.8.1.	Avance de la industria 4.0	33
2.1.8.2.	Sistemas de monitoreo convencional y sistemas de monitoreo IoT en la industria 4.0	34
2.1.9.	Registro de información en la nube	35
2.1.9.1.	La nube como herramienta de almacenamiento de información en la industria	35
2.1.9.2.	Ventajas del registro de información en la nube	36
2.1.9.3.	Características del registro de información en la nube	38
2.1.9.4.	Tecnologías relacionadas al IIoT	38
3.	CAPÍTULO	40
3.1.	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.....	40
3.1.1.	Diagnóstico de la planta b del laboratorio LACTI de la UPS sede cuenca	40
3.1.1.1.	Identificación de los sensores y actuadores que se encontraban conectados al PLC Siemens S7-1200 de la planta B.....	41
3.1.1.2.	Identificación de las conexiones ya establecidas y las que se van a realizar para la ejecución del proyecto.	44
3.1.1.3.	Ejecución de pruebas de funcionamiento a los distintos sensores y actuadores a utilizar de la planta B.....	46

3.2. Implementación del Sistema de Monitoreo para el Control y Supervisión de la Planta B del Laboratorio LACTI	47
3.2.1. Instalación física del módulo IoT-2040 de la marca Siemens en el tablero industrial de la planta B.....	47
3.2.2. Instalación física de la pantalla HMI KTP-600 BASIC COLOR PN.....	50
3.2.3. Instalación de la alarma led con sonido LTA-505-3 RYG en la parte superior del tablero industrial de la planta B.....	50
3.2.4. Selección de procesos para la ejecución del proyecto.....	52
3.2.5. Establecer conexiones entre el PLC, IOT, pantalla HMI, PC usada para la programación y ROUTER.....	52
3.2.6. Programación de los procesos escogidos (ON/OFF & PID) en el PLC utilizando el software TIA PORTAL versión 15.	53
3.2.7. Programar la pantalla HMI para el control y supervisión de los procesos escogidos.	57
3.3. Implementación de Alarmas, Seguridades y Avisos Necesarios en los Procesos Escogidos de la Planta B.....	62
3.3.1. Identificación de alarmas necesarias para la planta.....	62
3.3.2. Caracterización de alarmas.....	62
3.3.3. Programación de alarmas.....	63
3.3.4. Identificación de seguridades necesarias para la planta.	66
3.3.5. Programación de seguridades.	66
3.3.6. Identificación de avisos necesarios para la planta.	67
3.3.7. Programación de avisos.	69
3.4. Implementación del Sistema IIoT Local.....	70
3.4.1. Instalación y configuración de los paquetes de Node-RED en el IoT-2040.	70
3.4.2. Compilación y visualización de programa en <i>Dashboard</i>	72

3.4.3.	Configuración de Nodos para la comunicación entre el IoT-2040 y el PLC Siemens S7-1200.....	73
3.4.4.	Programación de variables a controlar entre IoT-2040 y PLC.....	74
3.5.	Implementación del Sistema de Control y Supervisión desde el Servicio de la Nube (IBM WATSON).	76
3.5.1.	Configuración del servicio en la nube en IBM WATSON.....	76
3.5.2.	Configuración del protocolo de comunicación entre el IoT y el IBM WATSON.....	77
3.5.3.	Programación de nodos para el control y la transferencia de datos entre el IoT-2040 y IBM Watson Cloud.	81
3.5.4.	Programación de los nodos para la configuración del <i>Dashboard</i>	89
3.6.	Comprobación del Sistema de Monitoreo y Resultados.....	95
3.6.1.	Pruebas de control y supervisión desde el <i>Dashboard</i> del servicio de la nube IBM Cloudant en la planta B en tiempo real.	95
3.6.2.	Prueba de alarmas y seguridades en la planta B desde el servicio de la nube. (En tiempo real).....	97
3.6.3.	Prueba de recolección de datos de los avisos en la base de datos de nuestro servicio en la nube. (En tiempo real).....	98
4.	CAPÍTULO	99
4.1.	Conclusiones y Recomendaciones.....	99
4.2.	Referencias.....	100
4.3.	Anexos	105

LISTA DE GRÁFICAS

Figura 1 Esquema de funcionamiento del IOT.....	24
Figura 2 Explicación de la arquitectura del IOT en tres capas.....	27
Figura 3 Clasificación de servicios de la nube.....	36
Figura 4 Opciones de uso para Node-RED.....	39
Figura 5 Diagrama P&ID de los elementos que intervienen en los procesos seleccionados para el proyecto.....	40
Figura 6 Caudalímetro Endress + Hauser Promag W.....	41
Figura 7 Sensor de nivel capacitivo Liquicap FMI51.....	41
Figura 8 Sensor para nivel alto y bajo Liquiphant T FTL20.....	41
Figura 9 Válvula de 2/2 vías neumática Burkert Tipo 2000.....	42
Figura 10 Bobina para Solenoide Danfoss BB024DS.....	42
Figura 11 Válvula proporcional 2702 con sensor remoto 8798 de Burkert.....	42
Figura 12 Regulador de posición electroneumático digital tipo 8792 de Burkert.....	43
Figura 13 Unidad de mantenimiento FESTO LOE-D-MINI BD43.....	43
Figura 14 Válvula manual de ingreso alterno de agua en el tanque.....	43
Figura 15 Válvula manual de desfogue del tanque.....	44
Figura 16 Conexiones en las salidas y entradas del PLC S7-1200.....	44
Figura 17 Módulo Siemens IoT-2040.....	47
Figura 18 IoT2000 Setup Configuración.....	48
Figura 19 IoT2000 Setup selección de interface.....	48
Figura 20 IoT2000 Setup configuración de IP.....	49
Figura 21 IoT2000 Setup Selección de servicios que inician con el sistema.....	49
Figura 22 Pantalla HMI KTP-600 Basic Color PN.....	50
Figura 23 Alarma LED LTA-505-3 RYG instalada en planta B.....	51
Figura 24 Conexiones de entradas y salidas del PLC Siemens S7-1200 y de módulo de entradas analógicas SM 1231 AI4.....	51
Figura 25 Conexiones del router TP-Link WR741ND.....	53
Figura 26 Diagrama de bloques de Proceso ON/OFF.....	53
Figura 27 Diagrama de bloques de Proceso de Emergencia ON/OFF.....	54
Figura 28 Diagrama de bloques de Proceso PID.....	54
Figura 29 Selección de dispositivo PLC en TIA Portal V15.....	55

Figura 30	Selección de módulo de entradas analógicas en TIA Portal V15.	55
Figura 31	Configuración de módulo de entradas analógicas SM1231 AI4.	56
Figura 32	Configuración de Salida analógica de PLC Siemens S7-1200.	56
Figura 33	Configuración de IP en PLC Siemens S7-1200.	57
Figura 34	Selección de Pantalla HMI en TIA Portal V15.	58
Figura 35	Pantalla principal de HMI KTP600.	58
Figura 36	Pantalla de selección de procesos de HMI KTP600.	59
Figura 37	Pantalla de proceso ON/OFF de HMI KTP600.	59
Figura 38	Pantalla de proceso de emergencia ON/OFF de HMI KTP600.	60
Figura 39	Pantalla de proceso PID de HMI KTP600.	60
Figura 40	Pantalla de gráfica PID de HMI KTP600.	61
Figura 41	Pantalla de avisos de HMI KTP600.	62
Figura 42	Diagrama de bloques de programación de alarmas de proceso PID.	64
Figura 43	Diagrama de bloques de programación de alarmas de proceso ON/OFF.	65
Figura 44	Diagrama de bloques de programación de seguridades de proceso ON/OFF.	66
Figura 45	Diagrama de bloques de programación de seguridades de proceso PID.	67
Figura 46	Diagrama de bloques de programación de avisos de proceso PID.	69
Figura 47	Diagrama de bloques de programación de avisos de proceso ON/OFF.	70
Figura 48	Interfaz web de Node-RED en IoT-2040.	70
Figura 49	Ingreso a Manage Palette en Node-RED.	71
Figura 50	Instalación de nodo S7 en Node-RED.	71
Figura 51	Compilación y visualización de Dashboard.	72
Figura 52	Dashboard del servicio en la nube IBM Watson Cloudant.	72
Figura 53	Agregar nuevo dispositivo PLC a Node-RED.	73
Figura 54	Configuración de parámetros de conexión del PLC en Node-RED.	73
Figura 55	Agregar variables del PLC en Node-RED.	75
Figura 56	Asignar Variables a nodo S7.	75
Figura 57	Configuración de credenciales de servicio Cloudant en IBM Watson Cloudant.	76
Figura 58	Detalles de la aplicación Node-RED creada en el servicio en la nube IBM Watson.	76

Figura 59 Interfaz de aplicación Node-RED.	77
Figura 60 Resultado de búsqueda del servicio IoT Platform en IBM Watson.	77
Figura 61 Creación de recurso IoT Platform.	78
Figura 62 Página principal de recurso IoT Platform.	78
Figura 63 Creación de nuevo dispositivo.	79
Figura 64 Configuración para añadir dispositivo.	79
Figura 65 Credenciales de dispositivo creado.	79
Figura 66 Creación de clave API.	80
Figura 67 Configuración de clave API.	80
Figura 68 Selección de rol para clave API.	81
Figura 69 Credenciales de clave API.	81
Figura 70 Programación de nodos de control y visualización de Dashboard en Node-RED del módulo Siemens IoT-2040.	82
Figura 71 Programación de nodos de control y visualización de Dashboard en Node-RED del servicio en la nube IBM Watson.	83
Figura 72 Configuración de nodo ‘Watson IoT’ de salida.	84
Figura 73 Configuración de nodo ‘ibmiot’ de salida.	85
Figura 74 Programación de nodos para avisos en Node-RED de módulo IoT-2040.	86
Figura 75 Programación de nodos para avisos en Node-RED del servicio en la nube IBM Watson.	86
Figura 76 Configuración de nodo ‘change’.	87
Figura 77 Configuración de nodo ‘cloudant’ de entrada.	87
Figura 78 Configuración de nodo ‘function’.	88
Figura 79 Configuración de nodo ‘cloudant’ de salida.	88
Figura 80 Configuración de nodos ‘change’ y ‘function’.	89
Figura 81 Configuración de nodo ‘template’.	89
Figura 82 Nodos Dashboard.	90
Figura 83 Programación de nodos de control en Node-RED del servicio en la nube IBM Watson.	90
Figura 84 Configuración de nodo ‘button’.	91
Figura 85 Programación de nodo para Setpoint de proceso PID en Node-RED del servicio en la nube IBM Watson.	91

Figura 86 Configuración de nodo ‘dropdown’	92
Figura 87 Programación de nodos para indicar nivel del tanque en Node-RED del servicio en la nube IBM Watson.	92
Figura 88 Configuración de nodo ‘gauge’	93
Figura 89 Configuración de nodos para visualización de gráfica PID en Node-RED del servicio en la nube IBM Watson.	93
Figura 90 Configuración de nodo ‘chart’	94
Figura 91 Gráfica PID en el Dashboard del servicio en la nube.	94
Figura 92 Proceso PID con Setpoint al 70% visualizado en el Dashboard del servicio en la nube IBM Watson Cloudant.	95
Figura 93 Proceso PID con Setpoint al 50% visualizado en el Dashboard del servicio en la nube IBM Watson Cloudant.	95
Figura 94 Proceso ON/OFF alcanzando el nivel máximo de nivel visualizado en el Dashboard del servicio en la nube IBM Watson Cloudant.	96
Figura 95 Proceso ON/OFF de emergencia visualizado en el Dashboard del servicio en la nube IBM Watson Cloudant.	96
Figura 96 Activación de alarma de fuga en proceso PID visualizado en el Dashboard del servicio en la nube IBM Watson Cloudant.	97
Figura 97 Visualización de alarmas y seguridades de la planta B en el Dashboard del servicio en la nube IBM Watson Cloudant.	97
Figura 98 Visualización de alarmas, seguridades y avisos de la planta B en la base de datos servicio en la nube IBM Watson Cloudant.	98

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Sensores conectados a PLC Siemens s7-1200 de la planta B	41
Tabla 2 Actuadores de la planta B	42
Tabla 3 Dispositivos conectados a las entradas digitales de PLC Siemens S7-1200	44
Tabla 4 Dispositivos conectados a las entradas analógicas de PLC Siemens S7-1200.	45
Tabla 5 Dispositivos conectados a las salidas digitales de PLC Siemens S7-1200.	45
Tabla 6 Dispositivo conectado a la salida analógica de PLC Siemens S7-1200.....	46
Tabla 7 Caracterización de Alarmas de la Planta B.	63
Tabla 8 Lista de avisos de la planta B.	67
Tabla 9 Caracterización de las variables del nodo “node-red-contrib-s7”.	74

1. CAPÍTULO

1.1. Introducción

En el trabajo a continuación se presentará una alternativa de actualización industrial para planta de automatización, en este caso específicamente la planta de llenado y vaciado de un tanque cerrado en el laboratorio LACTI de la Universidad Politécnica Salesiana la cual está destinado al aprendizaje de asignaturas claves en la Ingeniería mecatrónica como la automatización industrial, las comunicaciones industriales, instrumentación y manufactura integrada.

La presencia de los ingenieros mecatrónicos en el ámbito industrial está cada vez más en auge en nuestro país. Integrándose en varias áreas industriales como el mantenimiento, la automatización y el diseño de nuevos métodos que aporten a que las plantas de producción sean más eficientes, sustentables y productivas. Uno de los métodos más innovadores actualmente es la elaboración de sistemas IIoT, los cuales tienen muchas ventajas y características que aportan al mayor control y supervisión de las plantas y procesos industriales. Estos sistemas IIoT están conectados al internet y a servicios de la Nube los cuales ayudan a mantener una comunicación más amplia entre los niveles industriales (sensores, actuadores, controladores, SCADAS y el nivel de gerencia) reforzando ampliamente la eficiencia de la supervisión y registro de los datos que se maneja en toda la industria. Este proyecto tratará de explicar cómo actualizar una planta, la cual solo era controlada de forma local, a ser supervisada y controlada desde un servicio en la nube. Demostrando las grandes ventajas de controlar todos los actuadores de la planta desde cualquier parte del mundo con acceso a internet, visualizar en tiempo real los sensores de nivel y caudal que la planta maneja, recibir registros de todas las alarmas, fallos, seguridades y avisos de la planta y guardar toda esta información en una base de datos propia del servicio de la nube.

1.2. Antecedentes del Problema de Estudio

La Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca es una Institución que posee laboratorios especializados en cada una de las áreas de conocimiento, tal es el caso del Laboratorio LACTI donde se encuentra la planta B la cual posee el proceso de llenado y vaciado de un tanque cerrado con su respectiva instrumentación industrial para el uso

estudiantil. Sin embargo, la planta no posee una conexión remota como se muestra la nueva tendencia industrial; Hoy en día, las industrias están en un constante avance y desarrollo de estudios para mejorar la comunicación industrial en las empresas y estar a la vanguardia de la integración de todas las áreas involucradas en un proceso industrial en cuanto al manejo de datos y la supervisión y control, utilizando protocolos de IIoT.

Al no encontrarse implementadas este tipo de nuevas tecnologías en el laboratorio, y dado a que las industrias requieren de ingenieros que conozcan de la integración de procesos y de conocimientos de IIoT, los estudiantes de ingeniería mecatrónica que se enfocan en el área de automatización y comunicaciones industriales (manejo de PLC's), aún no cuentan con la instrumentación y correcta planificación de prácticas enfocadas en la problemática industrial anteriormente mencionada, por lo que nuestro proyecto de investigación aspira aportar este avances en la universidad; implementando un sistema de control y monitoreo remoto de procesos industriales en tiempo real con la ayuda de IIoT y servicios de la nube.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivos generales

Implementar 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.

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el sistema instalado (sensores, actuadores y controladores) de la planta B.
- Obtener los datos y variables en tiempo real de la planta B utilizando un software de control, supervisión y adquisición de datos y el dispositivo Siemens IoT 2040.
- Programar una interfaz gráfica desde la pantalla HMI Siemens y/o cualquier dispositivo, fijo o móvil con acceso a la red de la universidad.
- Programar en el sistema alarmas y seguridades para el control de la planta.
- Implementar la supervisión, control y adquisición de datos de la planta B empleando Protocolos de Comunicación Industrial a través del servicio de la nube.

1.4. Importancia y Alcances

En la actualidad la mayoría de los estudiantes de ingeniería mecatrónica desconocen que la conectividad es esencial para la industria. Es por eso que nosotros como futuros ingenieros mecatrónicos, en la universidad Politécnica Salesiana, debemos contar con un sistema de entrenamiento que emule un proceso industrial eficiente con manejo de datos en tiempo real en los laboratorios, permitiéndonos aprender a tomar acciones preventivas que en la industria podrían ayudar a evitar pérdidas económicas en la producción.

La IIoT tiene una amplia aplicación en diferentes sectores y ámbitos que aún en nuestra sociedad local no se han explorado, como en el campo de la industria, especialmente en la automatización y control de procesos. En la cual es indispensable conocer nuevas formas de monitoreo, control y supervisión industrial, es por ello que es importante conocer métodos que empleen la Web, servicios de la nube y la IIoT logrando así: controlar dispositivos, obtener y analizar los datos generados por ellos mismos.

Dentro de los objetivos que tiene la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca se encuentra la formación integral de profesionales de excelencia con enfoque investigativo, con la capacidad de solucionar problemas en el entorno en el que se desarrollen, es por eso que el presente proyecto se busca mejorar la manera de llevar a cabo un eficiente monitoreo, control y supervisión de la planta B del laboratorio LACTI, en tiempo real de manera remota, utilizando algún servicio de la nube (Internet Industrial de las Cosas - IIoT), visualizando así sus datos y además logrando controlar la planta en cualquier lugar en el que se pueda obtener acceso a internet con un dispositivo, ya sea un computador o un equipo móvil.

1.5. Delimitación

Este proyecto se desarrolló dentro de la Universidad Politécnica Salesiana en la planta B del laboratorio LACTI y está enfocado al progreso tecnológico de todo el sector industrial del país y al aprendizaje de nuevos métodos de automatización de los futuros ingenieros mecatrónicos en esta nueva era de industrialización.

2. CAPÍTULO

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Internet de las cosas – IoT

El IoT en español, conocido como el Internet de las cosas, significa semánticamente "una red mundial de objetos interconectados direccionables de forma única, basada en protocolos de comunicación estándar", esta se asocia a una red interconectada de objetos que se comunican entre sí por medio de internet y generan datos para otros sistemas. Está basado en dispositivos embebidos dotados de sensores, actuadores y módulos de procesamiento e interconectividad para la toma de decisiones sin intervención humana. (L. Atzori, A. Lera, & G. Morabito, 2010)

Con la aparición del IoT nace un nuevo término y aplicación dentro del campo industrial: El IIoT (IoT industrial), donde las empresas industriales empiezan a digitalizar procesos, transformar modelos de negocio y mejorar el rendimiento y la productividad, al tiempo que reducen las pérdidas.

En esta nueva era de industrialización es muy importante tanto para las grandes empresas industriales las cuales se utilizan usan miles de variables como para las pequeñas que usan menos el hacer análisis predictivos de la calidad y el mantenimiento, el monitoreo del estado de los activos y la optimización de los procesos. (Amazon, 2020)

El funcionamiento general de un sistema IOT se basa en el siguiente esquema:

- Nivel de dispositivos
- Nivel de datos
- Nivel de conectividad
- Usuarios de las tecnologías

Figura 1 Esquema de funcionamiento del IOT.



Fuente: (telemetrik)

2.1.2. El IoT en los sistemas de monitoreo industrial

El IOT en los sistemas de monitoreo industrial no podría resumirse de mejor forma como una “Medición a distancia, control y analítica de procesos y activos industriales”. El mantenimiento industrial se apoya mucho en el monitoreo industrial. Un enfoque “holístico” del mismo requiere del aumento de tecnología “inteligente” y receptiva. Aquí entran los dispositivos y tecnologías IIoT, los cuales cambian el TPM (Mantenimiento productivo total) convencional en una industria. Existen ciertas aplicaciones de servicios en la nube que ofrecen el análisis de datos recolectado para realizar un diagnóstico de mantenimiento. Este enfoque ayuda al mantenimiento descriptivo y predictivo. (S. F. P. W. S. R. P. F. D. S. K. L. H. C. W. V. M. R. A. J. T. J. B. L. K. D. S. R. P. S. C. D. R. W. Nathaniel Palmer, 2015)

Hoy en día, la industria no tiene un reto más desafiante que lograr aumentar la productividad, la eficiencia operacional y la reducción de costos/gastos de producción. Todo esto es posible si se logra un buen monitoreo y un exacto control en tiempo real de todos los procesos críticos posibilitando “obtener la información sobre la propia información”.

Está claro que la medición y el control de procesos son importantes y fundamentales para llegar a los mejores resultados a lo que, industrialmente se refiere, la optimización de

recursos, máquinas, rendimiento, rentabilidad, protección medioambiental y seguridad. En otras palabras, lograr una eficiente y segura unidad productiva. (T.N.T. Company) (telemetrik)

En el monitoreo industrial existe un término muy importante: “El monitoreo de la condición de los activos físicos”, este se basa en cuatro elementos para realizar el monitoreo de una planta industrial los cuales son:

- La vigilancia de máquinas. Indicar cuando existe un problema. Debe distinguir entre condición buena y mala, y si es mala indicar cuán mala es.
- Protección de máquinas. Evitar fallas catastróficas. Una máquina está protegida, si cuando los valores que indican su condición llegan a valores considerados peligrosos, la máquina se detiene automáticamente.
- Diagnóstico de fallos. Definir cuál es el problema específico.
- Pronóstico de la esperanza de vida (LCC). Estimar cuánto tiempo más podría funcionar la máquina sin riesgo de fallos catastróficos.

La finalidad del monitoreo según condición es obtener una indicación de la condición (mecánica) o estado de salud de la máquina o actuadores, de manera que pueda ser operados y mantenidos con seguridad y economía. (Luis Amendola, 2014)

2.1.3. Arquitectura del IoT

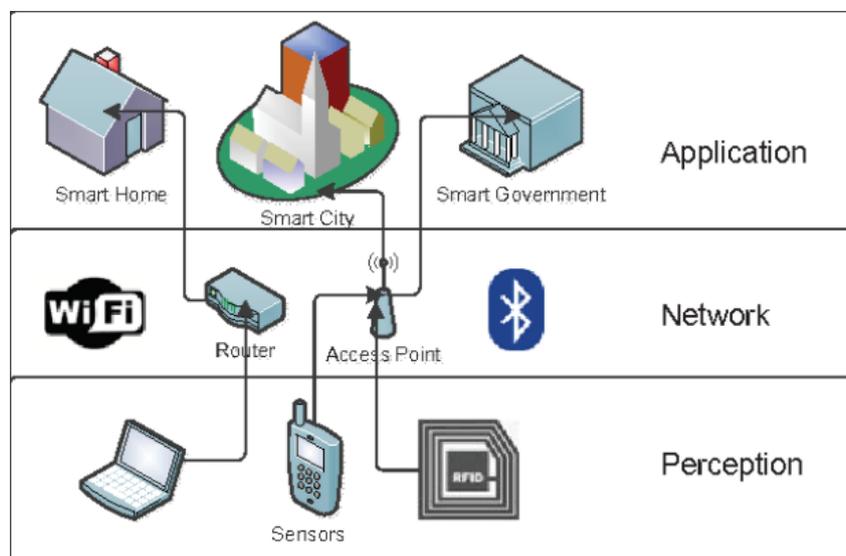
Dentro de la arquitectura del IOT se requiere de (E. Crespo, 2017):

- Conectividad y comunicación. - Esta sección es muy importante dentro de un sistema IoT, se necesita una planificación de una infraestructura de conexión. Donde se debe analizar el alcance de la red, el ancho de banda de la red, el uso de energía, la interoperabilidad, la conectividad intermitente y la seguridad.
- Gestión y control de dispositivos. - La gestión y control de dispositivos se obtiene mediante una correcta conexión de redes entre los controladores de la planta, los actuadores y sensores, los dispositivos de comunicación IoT y el sistema donde se va a alojar el *Dashboard* que será el entorno específico para controlar la planta.
 - La posibilidad de monitorear la desconexión de un dispositivo en la planta.
 - La habilidad de actualizar el software de un dispositivo.

- La actualización de credenciales de seguridad.
 - Autorizar o denegar algunas capacidades del hardware remotamente.
 - Monitorizar el estado de un dispositivo.
 - Monitorizar el funcionamiento de un dispositivo.
 - Supervisar la información recolectada de la planta.
 - Supervisar las emergencias de la planta.
 - Configurar parámetros de Wi-Fi, GPRS u otras redes remotamente.
- Recolección, análisis y actuación de los datos. - A nivel gerencial y de mantenimiento este parámetro es muy importante. Con la correcta recolección de datos de la planta se puede ejecutar análisis de producción en tiempo real o en periodos de tiempo para cumplir objetivos productivos en la empresa. Así mismo con la recolección de datos de funcionamiento de los sensores y actuadores se puede prevenir fallos en los dispositivos de la planta y ejecutar mantenimientos preventivos y predictivos más precisos.
 - Escalabilidad. - Implementar sistemas IoT nos asegura mayor escalabilidad a nuestra industria. Estos sistemas nos ayudan a aumentar la capacidad de un negocio o sistema para crecer en magnitud. Además de ir a la vanguardia con el progreso tecnológico mundial.
 - Flexibilidad. - Las compañías que hayan aprovechado este periodo para avanzar en su digitalización, contarán con una ventaja sustancial que les permitirá liderar el nuevo escenario, en un sector que es tractor económico a nivel global, y las plataformas de Internet of Things (IoT) será uno de los principales factores de transformación en la personalización de la experiencia del cliente para los próximos años, algo que será clave para aumentar su fidelización.
 - Alta disponibilidad
 - Integración
 - Seguridad
 - Riesgos inherentes de cualquier sistema de internet pero que los diseñadores IoT o de producto no tengan consciencia de ellos.
 - Riesgos específicos de los dispositivos IoT
 - Seguridad, la cual nos ayuda a comprobar que no se causan daños, por ejemplo, el mal uso de los actuadores.

Además, la arquitectura IoT posee capas las cuales se presentan a continuación:

Figura 2 Explicación de la arquitectura del IOT en tres capas.



Fuente: (Google)

Donde tenemos la capa de los dispositivos que representan todos los posibles dispositivos como equipos electrónicos, actuadores industriales, y sensores. La capa de comunicaciones representa los tipos de redes industriales que se utilizan para conectar nuestra capa de dispositivos entre sí o hacia el internet. Y la capa de aplicación y procesamiento son los controladores que nos permiten comunicarnos con el servicio de internet que maneja nuestro sistema IoT.

Los componentes que funcionan dentro de una estructura IoT son (E. Crespo, 2017):

- Cosas equipadas con sensores para recoger datos y actuadores para realizar comandos recibidos desde la nube.
- Gateway's para filtrar, preprocesar y mover datos a la nube y viceversa, – recibir comandos desde la nube.
- Pasarelas en nube (Cloud Gateway's) para garantizar la transmisión de datos entre las pasarelas sobre el terreno y los servidores centrales de IoT.
- Procesadores de datos en tiempo real para distribuir los datos procedentes de los sensores entre los componentes de las soluciones de IoT pertinentes.
- Bases de Datos para almacenar todos los datos de valor definido e indefinido.
- Big Data Warehouse para la recogida de datos valiosos.
- Aplicaciones de control para enviar comandos a los actuadores.

- Machine Learning para generar los modelos que luego son utilizados por las aplicaciones de control.
- Aplicaciones de usuario que permiten a los usuarios monitorizar el control de sus cosas conectadas.
- Análisis de datos para el procesamiento manual de datos.

2.1.4. Protocolos del IoT

Los dispositivos IoT se comunican mediante protocolos de IoT. El protocolo de Internet (IP) es un conjunto de reglas que determina cómo se envían los datos a Internet. Los protocolos de IoT garantizan que un dispositivo o sensor lea y comprenda la información enviada por otro dispositivo o sensor. Dada la gran diversidad de dispositivos IoT disponibles, es importante usar el protocolo adecuado en el contexto adecuado.

El tipo de protocolo de IoT que se use dependerá del nivel de arquitectura del sistema en el que deben moverse los datos. El modelo de interconexión de sistemas abiertos (OSI) proporciona un mapa de los distintos niveles que envían y reciben datos. Cada protocolo de la arquitectura del sistema de IoT permite la comunicación de dispositivo a dispositivo, de dispositivo a puerta de enlace, de puerta de enlace a datos o de puerta de enlace a la nube, así como la comunicación entre centros de datos.

En el **nivel de aplicación** (El cual es el nivel que actúa como interfaz entre el usuario y el dispositivo), tenemos los siguientes protocolos de comunicación:

- Advanced Message Queuing Protocol (AMQP). - Nivel de software que crea interoperabilidad entre el middleware de mensajería. Ayuda a que una gran variedad de aplicaciones y sistemas funcionen juntos, lo que permite crear una mensajería normalizada a escala industrial.
- Protocolo de aplicación restringida (CoAP). - Protocolo de red y ancho de banda restringidos diseñado para que dispositivos con capacidad limitada puedan conectarse en la comunicación entre máquinas. CoAP es también un protocolo de transferencia de documentos que se ejecuta a través del Protocolo de datagramas de usuario (UDP).
- Servicio de distribución de datos (DDS). - Protocolo de comunicación punto a punto versátil que hace de todo, desde ejecutar pequeños dispositivos hasta

conectar redes de alto rendimiento. DDS optimiza la implementación, aumenta la confiabilidad y reduce la complejidad.

- Message Queue Telemetry Transport (MQTT). - Protocolo de mensajería diseñado para la comunicación ligera entre equipos que se usa principalmente para las conexiones de poco ancho de banda con ubicaciones remotas. MQTT utiliza un patrón de publicación-suscripción y es ideal para dispositivos pequeños que requieren un uso eficiente del ancho de banda y de la batería.

Dentro del **nivel de transporte** (El cual habilita y protege la comunicación de los datos a medida que viajan entre niveles), tenemos los siguientes protocolos de comunicación:

- Protocolo de control de transmisión (TCP). - Protocolo dominante en la mayor parte de la conectividad con Internet. Ofrece comunicación entre hosts, para lo que divide grandes conjuntos de datos en paquetes individuales que envía y vuelve a ensamblar según sea necesario.
- Protocolo de datagramas de usuario (UDP). - Protocolo de comunicaciones que permite la comunicación entre procesos y se ejecuta sobre IP. UDP mejora la velocidad de transferencia de datos a través de TCP y es ideal para las aplicaciones que requieren transmisiones de datos sin pérdida.

Para el **nivel de red** (El cual permite la comunicación entre los dispositivos individuales y el enrutador), tenemos los siguientes protocolos de comunicación:

- 6LoWPAN. - Versión de IPv6 de bajo consumo que reduce los tiempos de transmisión.
- IPv6. - Esta actualización reciente de IP dirige el tráfico a través de Internet e identifica y localiza dispositivos en la red.

El **nivel de vínculo de datos** (El cual transfiere los datos dentro de la arquitectura del sistema e identifica y corrige los errores que encuentra en el nivel físico), tenemos los siguientes protocolos de comunicación:

- IEEE 802.15.4. - Estándar de radio para una conexión inalámbrica de bajo consumo. Se usa con Zigbee, 6LoWPAN y otros estándares para crear redes inalámbricas insertadas.

- LPWAN. - Este tipo de red permite la comunicación en un radio mínimo de 500 metros. LoRaWAN es un ejemplo de red LPWAN optimizada para un consumo bajo de energía.

Dentro del **nivel físico** (El cual establece un canal de comunicación que permite que los dispositivos se conecten dentro de un entorno especificado), tenemos los siguientes protocolos de comunicación:

- Bluetooth Low Energy (BLE). - Reduce drásticamente el consumo de energía y el costo, y mantiene una distancia de conectividad similar a la del Bluetooth clásico. BLE funciona de forma nativa en todos los sistemas operativos móviles y se está convirtiendo rápidamente en el favorito para la electrónica de consumo por su bajo costo y la larga duración de la batería.
- Ethernet. - Esta conexión por cable es una opción menos costosa que proporciona conectividad rápida para datos con una latencia baja.
- Evolución a largo plazo (LTE). - Estándar de comunicación inalámbrica de banda ancha para dispositivos móviles y terminales de datos. LTE aumenta la capacidad y la velocidad de las redes inalámbricas y admite secuencias de difusión y multidifusión.
- Transmisión de datos en proximidad (NFC). - Conjunto de protocolos de comunicación que utilizan campos electromagnéticos y permiten que dos dispositivos se comuniquen si están a una distancia no superior a cuatro centímetros. Los dispositivos habilitados para NFC funcionan como tarjetas de identidad y suelen utilizarse para pagos móviles, vales y tarjetas inteligentes sin contacto.
- Identificación por radiofrecuencia (RFID). - Utiliza campos electromagnéticos para hacer un seguimiento de etiquetas electrónicas no alimentadas de otro modo. El hardware compatible proporciona energía y se comunica con estas etiquetas para leer su información con fines de identificación y autenticación.
- Wi-Fi/802.11.- Estándar en hogares y oficinas. Aunque es una opción económica, puede que no se ajuste a todos los escenarios por su alcance limitado y el consumo energético ininterrumpido. (Microsoft)

2.1.5. Aportes del IoT a un proceso industrial

Una instalación industrial típica tiene miles de sensores que generan datos. Gracias al IoT, los fabricantes, por ejemplo, pueden combinar los datos de las máquinas de una sola línea, fábrica o red de sitios, como plantas de fabricación, instalaciones de ensamblaje y refinerías, para mejorar de forma proactiva el rendimiento mediante la identificación de posibles “cuellos de botella”, errores, deficiencias en los procesos de producción y problemas de calidad antes de que estos se materialicen. Al combinar los datos de una red de sitios también se puede lograr un control más eficiente del flujo de materiales, la detección e identificación tempranas de fallos en la producción o el suministro a fin de abordarlos, así como el funcionamiento optimizado de la maquinaria y el equipo en todas las instalaciones. (Amazon, 2020)

2.1.6. Características de un sistema IoT

2.1.6.1. Supervisión remota de procesos

Hay que tener en cuenta que la supervisión remota de procesos siempre empieza desde la recopilación de datos obtenida por la instrumentación que la planta industrial utilice. La diferencia de un sistema IoT, es que permite realizar esta supervisión desde un servicio de la nube. Los sistemas IoT, ventajosamente, facilitan la comunicación con servicios de la nube los cuales nos brindan un servicio de administración, almacenamiento y supervisión de nuestros datos. (Google)

2.1.6.2. Control de procesos remotamente

La comunicación existente entre los servicios de la nube y los sistemas IoT, permite enviar y recibir datos a nuestra planta local industrial. Desde el punto de vista de la producción, esta ventaja permite ser más versátil productivamente. Por ejemplo, modificar la planificación en menor tiempo, adaptándose a variaciones en la demanda o en función de acciones de la competencia. (Andy Toro, Gustavo Sánchez, Miguel Strefezza, & Ernesto Granado, 2017)

2.1.6.3. Procesamiento de información

El procesamiento de información es una característica muy útil en el campo del IoT. Permittiéndonos generalmente realizar un seguimiento de la logística de distribución, el manejo del tiempo de vida de productos, la medición del desempeño de procesos,

seguimiento de las condiciones y el estado de sus pedidos por parte de los clientes, etc. Todo este seguimiento nos permite ser más capaces de tomar decisiones correctas para futuras modificaciones a los procesos, apuntando a una mayor eficiencia. (Andy Toro, Gustavo Sánchez, Miguel Strefezza, & Ernesto Granado, 2017)

2.1.6.4. Almacenamiento de datos

El almacenamiento de los datos obtenidos de las plantas industriales es esencial para la administración y supervisión de la producción. La información obtenida ayuda a gestionar el nivel de gestión de producción que maneja y nos ayuda a obtener conclusiones de productividad. (Andy Toro, Gustavo Sánchez, Miguel Strefezza, & Ernesto Granado, 2017)

2.1.7. Elementos en un entorno IoT

2.1.7.1. Dispositivos IoT

- Accionadores. - Los accionadores son elementos que realizan acciones físicas cuando su controlador se lo indica, normalmente debido a cambios identificados por los sensores. Son un tipo de transductor.
- Sistemas insertados. - Los sistemas insertados se basan en microprocesadores o microcontroladores y administran una función específica dentro de un sistema más grande (Como una planta industrial). Incluyen componentes tanto de hardware como de software.
- Dispositivos inteligentes. - Son dispositivos que tienen la capacidad de procesar información. A menudo, incluyen un microcontrolador y pueden usar servicios de conexión IoT para optimizar la implementación de determinadas cargas de trabajo entre los dispositivos.
- Unidad de controlador. - Estos equipos pequeños se insertan en microchips y contienen CPU, RAM y ROM. Aunque contienen los elementos necesarios para ejecutar tareas sencillas, los microcontroladores tienen menos capacidad que los microprocesadores.
- Dispositivos sin capacidad de proceso. - Dispositivos que solo se conectan y transmiten datos, y no tienen capacidad de procesamiento.
- Transductores. - En términos generales, los transductores son dispositivos que convierten una forma de energía en otra. En los dispositivos IoT, esta categoría

incluye los sensores y accionadores internos que transmiten datos a medida que diversos dispositivos interactúan con su entorno.

- Sensores. - Los sensores detectan cambios en su entorno y crean impulsos eléctricos para comunicarse. Normalmente, los sensores detectan variaciones en el entorno, como los cambios de temperatura, la presencia de productos químicos y la posición física, y son un tipo de transductor. (Microsoft)

2.1.7.2. Aplicaciones de las tecnologías actuales en IoT

Las aplicaciones de esta tecnología son múltiples, porque es ajustable a casi cualquier tecnología que sea capaz de aportar información relevante sobre su propio funcionamiento, sobre el desempeño de una actividad e incluso sobre las condiciones que necesitemos monitorear y controlar a distancia. En esta era moderna y del Internet, las aplicaciones más importantes en las que el IoT tiene protagonismo en las industrias son:

- Gestión de mantenimiento. - Una de las áreas donde más extensiva resulta la aplicación de la tecnología IoT, es precisamente la gestión de mantenimiento. Mediante la combinación de sensores y de un software especializado en la gestión de mantenimiento CMMS/EAM, se obtiene una herramienta multifuncional cuyo uso puede ser aplicable a una multiplicidad de disciplinas y prácticas, con la finalidad de alargar la vida útil de sus activos físicos, al tiempo que garantiza su confiabilidad y disponibilidad.
- IoT Industrial. - El IIoT ayuda a la fabricación disminuyendo los costos de mantenimiento, habilitando nuevas líneas de negocios y mejorando la productividad general. Las soluciones de IoT Industrial (IIoT) son elementos seguros y escalables fundamentales en una fábrica inteligente, y proporcionan inteligencia a sus activos operativos e información valiosa a partir de los datos producidos. (Fractal, 2018)

2.1.8. Industria 4.0

2.1.8.1. Avance de la industria 4.0

Hay que tener claro que, si desde la industria no se incorpora toda la potencia de internet, puede que las empresas y fábricas mundiales no alcancen un nivel de producción eficiente, ordenado, eficaz y rápido. Esta revolución de tecnologías aumenta la eficiencia,

calidad y la seguridad en cuanto a los procesos del sector industrial. En la actualidad ha ayudado a mejorar la automatización e interconexión de los procesos, optimizando y aportando eficiencia a todas las fases y etapas de la fabricación. Estos avances de la tecnología ayudan a todos los procesos implicados en la industria y afectan directamente con el ciclo de vida del producto, conectando a todos los implicados de una manera más eficaz.

Los mejores avances que ha proporcionado la industria 4.0 son:

- Información en formato digital. - Nos permite disponer la información de una manera más efectiva, facilita la toma de decisiones analizando y procesando los datos para ayudar en pronósticos de mantenimiento o de productividad.
- Procesos automatizados. - Gracias a esto la gestión manual ha pasado al segundo plano, otorgando mayor autonomía a todo el sistema, evitando errores y reduciendo costes.
- Producción inteligente. - Este avance ha permitido la sincronización de todas las fases de fabricación, dando lugar a mayor productividad, rendimiento económico y sostenibilidad.
- Cliente conectado. - Los avances de la industria 4.0 ha permitido tener mayor acceso a la información de referencia, involucrándose más en el propio producto, lo que da a lugar a nuevas e interesantes oportunidades de negocio. (ISOTools Excellence, 2018)

2.1.8.2. Sistemas de monitoreo convencional y sistemas de monitoreo IoT en la industria 4.0

Actualmente aún existen muchas industrias que poseen sistemas de monitoreo convencionales en sus plantas de producción. Este tipo de sistemas convencionales comprenden sistemas SCADA o HMI simplemente, donde se puede supervisar una planta industrial sin problemas, pero solo de forma local, presencialmente en la pantalla de control de la planta.

Los sistemas SCADA ofrecen una interfaz gráfica PC-Operario tipo HMI, pero no todos los sistemas de automatización que tienen HMI son SCADA. La diferencia radica en la función de supervisión que pueden realizar estos últimos a través del HMI. Las principales características que tienen estos sistemas de supervisión son: Adquisición y

almacenamiento de datos, para recoger, procesar y almacenar la información recibida, en forma continua y confiable. Representación gráfica y animada de variables de proceso y monitorización de éstas por medio de alarmas. La ejecución de acciones de control, para modificar la evolución del proceso, actuando bien sobre los reguladores autónomos básicos (consignas, alarmas, menús, etc.) bien directamente sobre el proceso mediante las salidas conectadas. Una arquitectura abierta y flexible con capacidad de ampliación y adaptación. La conectividad con otras aplicaciones y bases de datos, locales o distribuidas en redes de comunicación. También ofrece supervisión, para observar desde un monitor la evolución de las variables de control. Una transmisión de información con dispositivos de campo y otros PC.

Otra de las características más importantes es la base de datos, donde se gestionan los datos con bajos tiempos de acceso. También la presentación, la cual es la representación gráfica de los datos. Interfaz del Operador o HMI (Human Machine Interface). Esto induce a la explotación de los datos adquiridos para gestión de la calidad, control estadístico, gestión de la producción y gestión administrativa y financiera. Por último, una de las características más importantes. Alertar al operador de cambios detectados en la planta, tanto aquellos que no se consideren normales (alarmas) como cambios que se produzcan en la operación diaria de la planta (eventos). Estos cambios son almacenados en el sistema para su posterior análisis. (Google Sites)

2.1.9. Registro de información en la nube

2.1.9.1. La nube como herramienta de almacenamiento de información en la industria

Los servicios de la nube son infraestructuras, plataformas o sistemas de software que los proveedores externos alojan y que se ponen a disposición de los usuarios a través de Internet. Estos facilitan el flujo de datos de los usuarios a través de Internet, desde los clientes hasta los sistemas de los proveedores, y viceversa. Para acceder a los servicios de nube, los usuarios no necesitan más que una computadora, un sistema operativo y una conexión de red a Internet.

Todas las infraestructuras, las plataformas, los sistemas de software o las tecnologías a los que acceden los usuarios a través de Internet sin tener que descargar sistemas de

software adicionales se consideran servicios de nube, al igual que las siguientes soluciones como servicio:

- Infraestructura como servicio (IaaS). - La IaaS ofrece a los usuarios recursos informáticos, de red y de almacenamiento.
- Plataforma como servicio (PaaS). - La PaaS proporciona a los usuarios una plataforma en la que se pueden ejecutar las aplicaciones, así como toda la infraestructura de TI que se necesita para que funcione.
- Software como servicio (SaaS). - El SaaS ofrece a los usuarios una aplicación completamente funcional, así como la plataforma en la que se ejecuta y su infraestructura subyacente.

Figura 3 Clasificación de servicios de la nube.



Fuente: (Google)

Ahora, ‘La Nube’ también se considera un servicio de la nube. Las nubes son entornos de TI (Tecnologías de la información) que extraen, agrupan y comparten recursos escalables en una red de los TO (tecnologías de la operación). Además, habilitan el cloud computing, que consiste en ejecutar cargas de trabajo dentro de un entorno de nube. Las nubes son un tipo de PaaS, ya que una persona (que no es el usuario) brinda la infraestructura subyacente en la que se proporciona una plataforma basada en la web. (Red Hat)

2.1.9.2. Ventajas del registro de información en la nube

Como se explicaba anteriormente, la nube es considerada una PaaS, y nos provee muchas ventajas al momento de introducir esta plataforma como apoyo en la industria y en la

automatización. Esta incluye infraestructura (servidores, almacenamiento y redes), pero también incluye middleware, herramientas de desarrollo, servicios de inteligencia empresarial (BI), sistemas de administración de bases de datos, etc. PaaS está diseñado para sustentar el ciclo de vida completo de las aplicaciones web: compilación, pruebas, implementación, administración y actualización.

Puesto que ofrece infraestructura como servicio, PaaS aporta las mismas ventajas que IaaS. Pero las características adicionales, como herramientas de desarrollo y otras herramientas empresariales, ofrecen más ventajas:

Reducir el tiempo de programación. Las herramientas de desarrollo de PaaS pueden reducir el tiempo que se tarda en programar aplicaciones nuevas con componentes de aplicación preprogramados que están integrados en la plataforma, como flujos de trabajo, servicios de directorio, características de seguridad, búsqueda, etc. Agregar más funcionalidad de desarrollo sin incorporar más personal. Los componentes de plataforma como servicio pueden aportar a su equipo de desarrollo nuevas características sin necesidad de contratar personal especializado.

Desarrollar para varias plataformas (incluidos los dispositivos móviles) con más facilidad. Algunos proveedores de servicios ofrecen opciones de desarrollo para varias plataformas, como PC, dispositivos móviles y exploradores, lo que agiliza y facilita el desarrollo de aplicaciones multiplataforma. Usar herramientas sofisticadas a un precio asequible. Gracias a un modelo de pago por uso, las personas u organizaciones pueden usar software de desarrollo sofisticado y herramientas de inteligencia empresarial y análisis cuya compra no se podrían permitir.

Colaboración en equipos de desarrollo distribuidos geográficamente. Puesto que al entorno de desarrollo se accede a través de Internet, los equipos de desarrollo pueden colaborar en proyectos incluso si los miembros del equipo se encuentran en lugares diferentes. Administrar el ciclo de vida de las aplicaciones con eficacia. PaaS proporciona todas las características necesarias para sustentar el ciclo de vida completo de las aplicaciones web: compilación, pruebas, implementación, administración y actualización, dentro del mismo entorno integrado. (Microsoft)

2.1.9.3. Características del registro de información en la nube

Dentro de las características se incluyen: escalabilidad, alta disponibilidad y funcionalidad multi-inquilino, lo que reduce la cantidad de código que tienen que escribir los desarrolladores.

Análisis o inteligencia empresarial. - Las herramientas que se proporcionan como servicio con PaaS permiten a las organizaciones llevar a cabo análisis y minería de datos, obtener información privilegiada, detectar patrones y predecir resultados con el fin de mejorar las previsiones, las decisiones sobre el diseño de productos, el retorno de las inversiones y otras decisiones empresariales.

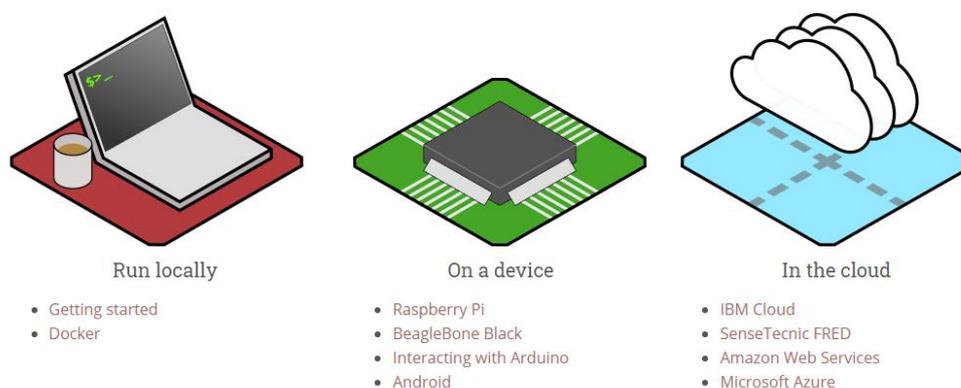
Uno de los lenguajes de programación más conocidos para las aplicaciones en línea, las de dispositivos móviles y los productos de SaaS es Hyper Text Markup Language 5 (HTML5), el cual incorpora tres lenguajes de programación para crear aplicaciones interactivas basadas en el explorador. El lenguaje HTML agrega contenido a las páginas web. El Cascading Style Sheets (CSS) agrega elementos de presentación al contenido de las páginas web. Y el lenguaje JavaScript agrega elementos interactivos al contenido de las páginas web. (Red Hat)

2.1.9.4. Tecnologías relacionadas al IIoT

Dentro de este proyecto cabe mencionar que el servicio de la nube a utilizar es el IBM Watson, gracias a las prestaciones gratuitas que brinda y la compatibilidad con Node RED. Esta es una herramienta de programación para conectar dispositivos de hardware, API y servicios en línea de formas nuevas e interesantes. Esta aplicación proporciona un editor basado en navegador que facilita la interconexión de flujos utilizando la amplia gama de nodos de la paleta que se pueden implementar en su tiempo de ejecución con un solo clic.

Node-RED proporciona un editor de flujo basado en navegador que facilita la conexión de flujos utilizando la amplia gama de nodos de la paleta. Luego, los flujos se pueden implementar en el tiempo de ejecución con un solo clic. Las funciones de JavaScript se pueden crear dentro del editor usando un editor de texto enriquecido. Una biblioteca incorporada le permite guardar funciones, plantillas o flujos útiles para su reutilización. (Node-RED)

Figura 4 Opciones de uso para Node-RED.



Fuente: (Node-RED)

Dentro de las tecnologías que esta plataforma puede brindar a los sistemas IIoT, están:

- Resolución de los problemas instantáneamente. - Comprende un análisis de límites y predictivo en tiempo real de los datos de usuarios, máquinas y ambientales que aprovechan machine learning y las APIs cognitivas.
- Gestión del riesgo y la seguridad. - Administra las aplicaciones y los dispositivos dentro de un ecosistema de IoT: patrones de uso y rendimiento, detección de anomalías, validación de datos y transacciones.
- Integración y comunicación. - Conecta dispositivos de IoT, redes y pasarelas a través de un creciente ecosistema que utiliza comunicaciones basadas en estándares abiertos como MQTT y HTTPS.
- Gestión e integración de datos de IoT. - Identifica, agrega y transforma datos de sus fuentes de IoT en estructuras de datos basadas en activos. (IBM Watson)
- Machine learning y analítica. - Con los avances en machine learning y analítica, junto con el acceso a cantidades grandes y variadas de datos almacenados en la nube, las empresas pueden recopilar información más rápida y fácilmente. Por un lado, el surgimiento de estas tecnologías aliadas sigue traspasando los límites de IoT; por otro, los datos producidos por IoT también alimentan estas tecnologías.
- Inteligencia artificial (IA) conversacional. - Los avances en las redes neuronales han llevado el procesamiento del lenguaje natural (PLN) a los dispositivos IoT (como los asistentes personales digitales Alexa, Cortana y Siri) y los han hecho atractivos, asequibles y viables para uso doméstico. (ORACLE)

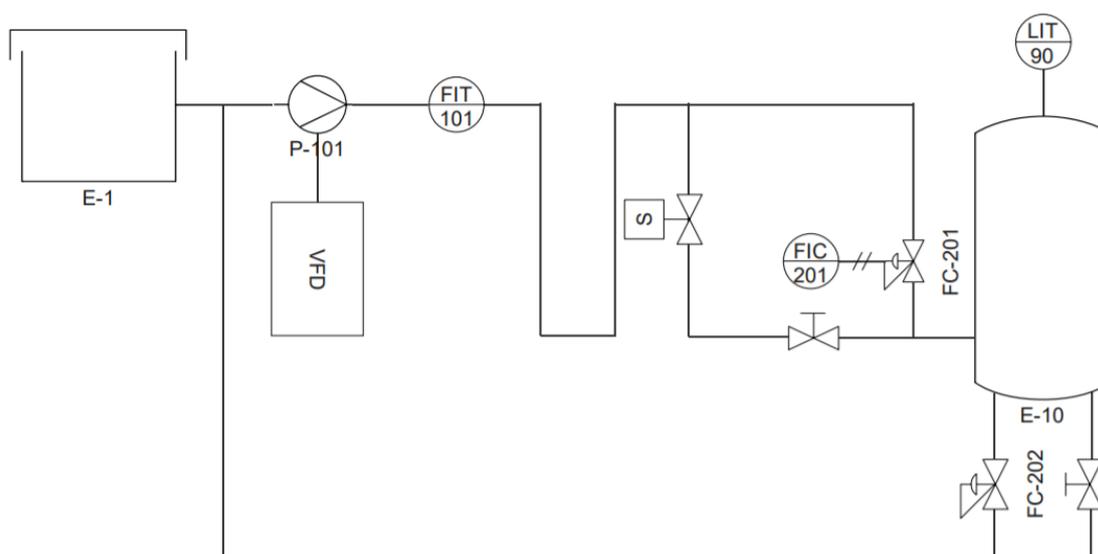
3. CAPÍTULO

3.1. 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.

3.1.1. Diagnóstico de la planta b del laboratorio LACTI de la UPS sede cuenca

La planta B del laboratorio LACTI en la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, es un laboratorio dedicado al estudio de instrumentación, comunicación y automatización industrial. En esta planta se pueden realizar procesos de llenado y vaciado de un tanque cerrado. Está compuesta de sensores para la medición de nivel y caudal específicamente. También posee válvulas electrónicas y neumáticas las cuales pueden ser controladas mediante los PLC que están en el tablero de la planta. Los dos PLC son de la marca Siemens y Schneider respectivamente. Así mismo hay válvulas manuales para controlar el paso y la retención del agua o realizar desfogues del tanque.

Figura 5 Diagrama P&ID de los elementos que intervienen en los procesos seleccionados para el proyecto.



Fuente: (Autor)

3.1.1.1. Identificación de los sensores y actuadores que se encontraban conectados al PLC Siemens S7-1200 de la planta B.

Los sensores identificados en la planta B son los siguientes:

Tabla 1 Sensores conectados a PLC Siemens s7-1200 de la planta B

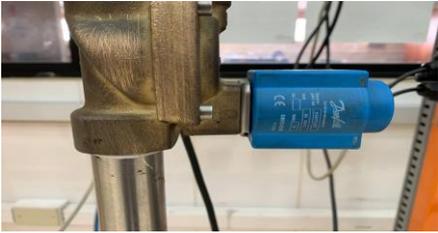
Sensores	Características
<p>Figura 6 Caudalímetro Endress + Hauser Promag W.</p>  <p>Fuente: (Endress + Hauser)</p>	<p>Suministro de energía: HART, PROFIBUS DP, EtherNet/IP.</p> <p>Salidas: 0-20 mA/4-20 mA HART (activa)</p> <p>Comunicación digital: HART, PROFIBUS DP, EtherNet/IP</p> <p>Rango de medición: 9 dm³/min a 110 000 m³/h (2.5 gal/min a 700 Mgal/d)</p>
<p>Figura 7 Sensor de nivel capacitivo Liquicap FMI51.</p>  <p>Fuente: (Endress + Hauser)</p>	<p>Suministro / Comunicación: 12-36V DC HART PFM</p> <p>Comunicación: 4...20mA HART PFM</p> <p>Conexión a proceso: G 1/2, G 3/4, G 1, G 1-1/2 /NPT 1/2, NPT 3/4, NPT 1", NPT 1-1/2</p> <p>Bridas desde DN25.../ANSI 1".../JIS...</p>
<p>Figura 8 Sensor para nivel alto y bajo Liquiphant T FTL20.</p>	<p>Suministro / Comunicación: 19 ... 253V AC 10 ... 35V DC-PNP ASI-Bus</p> <p>Conexión a proceso: G1/2A, G3/4A, G1A, NPT1/2", NPT3/4", R1/2", R3/4"</p> <p>Longitud del sensor: 64mm (2.52")</p> <p>Comunicación: AC, DC-PNP, ASi</p>



Fuente: (Endress + Hauser)

Fuente: (Autor)

Tabla 2 Actuadores de la planta B

Actuadores	Características
<p>Figura 9 Válvula de 2/2 vías neumática Burkert Tipo 2000.</p>  <p>Fuente: (Burkert)</p>	<p>Diámetro nominal de conexión: DN10...DN65, NPS 3/8...NPS 2 1/2</p> <p>Número de indicadores de posición final: 2x Interruptores micro y de proximidad para indicador de posición final.</p> <p>Voltaje de operación: 24 V DC / 110 a 120 V DC / 220 a 240 V DC.</p>
<p>Figura 10 Bobina para Solenoide Danfoss BB024DS.</p>  <p>Fuente: (Danfoss)</p>	<p>Voltaje de operación y alimentación: 24 VC</p> <p>Tamaño del actuador: 13.5 mm</p>
<p>Figura 11 Válvula proporcional 2702 con sensor remoto 8798 de Burkert.</p>	<p>Voltaje de operación de la válvula: 24 V DC / 110 a 120 V DC / 220 a 240 V DC.</p> <p>Comunicación: Transmisión digital de la señal al posicionador remoto/regulador de proceso.</p>

 <p>Fuente: (Burkert)</p>	<p>Voltaje de operación del controlador: 15 a 35 V DC Valores admitidos de corriente: De 0.9 A a 0.073 A Permite el paso de 67 lt/min para el llenado del tanque.</p>
<p>Figura 12 Regulador de posición electroneumático digital tipo 8792 de Burkert.</p>  <p>Fuente: (Burkert)</p>	<p>Comunicación: EtherNet/IP, PROFINET, Modbus TCP, PROFIBUS DP-V1, DeviceNet or Bürkert system bus.</p> <p>Voltaje de operación: 24 V DC \pm10% Señal de <i>Setpoint</i>: 4 a 20 mA o 5 a 10 V DC</p>
<p>Figura 13 Unidad de mantenimiento FESTO LOE-D-MINI BD43.</p>  <p>Fuente: (FESTO)</p>	<p>Presión máxima admitida: 0 a 16 bares.</p>
<p>Figura 14 Válvula manual de ingreso alterno de agua en el tanque.</p> 	<p>Utilizada para el paso de agua en una entrada alternativa para el tanque de la planta. Permite el paso de 50 lt/min de llenado en el tanque.</p>

Fuente: (Autor)	
<p>Figura 15 Válvula manual de desfogue del tanque.</p>  <p>Fuente: (Autor)</p>	<p>Utilizada para el desfogue de agua en el tanque de la planta.</p>

Fuente: (Autor)

- 3.1.1.2. Identificación de las conexiones ya establecidas y las que se van a realizar para la ejecución del proyecto.

Figura 16 Conexiones en las salidas y entradas del PLC S7-1200.



Fuente: (Autor)

Tabla 3 Dispositivos conectados a las entradas digitales de PLC Siemens S7-1200

Entradas Digitales	Sensor/Actuador
I0.0	Sensor de Nivel Bajo Lquiphant T FTL20

I0.1	Sensor de Nivel Alto Liquiphant T FTL20
------	---

Fuente: (Autor)

Tabla 4 Dispositivos conectados a las entradas analógicas de PLC Siemens S7-1200.

Entradas Analógicas	Sensor/Actuador
IW96	Sensor de Nivel Capacitivo Liquicap FMI51
IW98	Sensor de Nivel Ultrasónico
IW100	Caudalímetro de Turbina Endress + Hauser Promag W

Fuente: (Autor)

Tabla 5 Dispositivos conectados a las salidas digitales de PLC Siemens S7-1200.

Salidas Digitales	Sensor/Actuador
Q0.0	Válvula de Asiento Inclinado de 2/2 Vías accionada Automáticamente Burkert Tipo 2000
Q0.1	Bobina para Solenoide Danfoss BB024DS
Q0.2	Alimentación del Variador de Frecuencia
Q0.3	Alarma LED Roja
Q0.4	Alarma Sonido
Q0.5	VDF en alto para dar el arranque
Q0.6	Arranque VDF
Q0.7	VDF
Q1.0	Alarma LED Naranja

Q1.1	Alarma LED Verde
------	------------------

Fuente: (Autor)

Tabla 6 Dispositivo conectado a la salida analógica de PLC Siemens S7-1200.

Salidas Analógicas	Sensor/Actuador
QW80	Válvula proporcional 2702 con sensor remoto 8798 de Burkert

Fuente: (Autor)

3.1.1.3. Ejecución de pruebas de funcionamiento a los distintos sensores y actuadores a utilizar de la planta B.

Una vez identificados todos los sensores y actuadores a utilizar en la planta se procedió a probarlos de forma manual. En mi primer lugar se pudo observar que el variador de frecuencia cuando se usa el PLC S7-1200 de la planta solo puede controlarse de forma manual, es decir, en el tablero de la planta se requiere poner el control de la frecuencia en forma manual y girar la perilla a 60 Hz. Así mismo se identificó que no debe existir aberturas de válvulas manuales externas en otras líneas de la planta para que el flujo sea el medido inicialmente (67 lt/min con la válvula proporcional 100% abierta y de 50 lt/min cuando se usa la electroválvula Danfoss). Se debe asegurar que siempre haya 6 bares de presión para el correcto funcionamiento de los actuadores neumáticos. Hay que asegurarse que la válvula manual de desfogue del tanque siempre esté cerrada. Y por último se pudo identificar que el uso del sensor de nivel Liquicap FMI51 es óptimo en el llenado del tanque debido a que las turbulencias del llenado no afectan a sus lecturas.

Se pudieron identificar las respectivas conexiones como se indicó en el anterior subcapítulo las cuales nos permitirán realizar la correcta programación en el PLC. Así mismo se pudo identificar que las variables a controlar dentro del proceso y la planta serán: nivel del tanque, caudal del agua que ingresa en el tanque, las debidas posiciones de los actuadores on/off y por último la posición exacta de la válvula proporcional.

3.2. Implementación del Sistema de Monitoreo para el Control y Supervisión de la Planta B del Laboratorio LACTI

3.2.1. Instalación física del módulo IoT-2040 de la marca Siemens en el tablero industrial de la planta B.

Se instaló el módulo IoT-2040 en el panel de dispositivos y conexiones de la planta B del laboratorio, se colocó en los rieles al lado izquierdo del PLC S7-1200 para mantener un orden entre el uso de los dispositivos. Así mismo, se realizó la conexión para la alimentación del IoT-2040 de 24 V continuos.

Figura 17 Módulo Siemens IoT-2040.



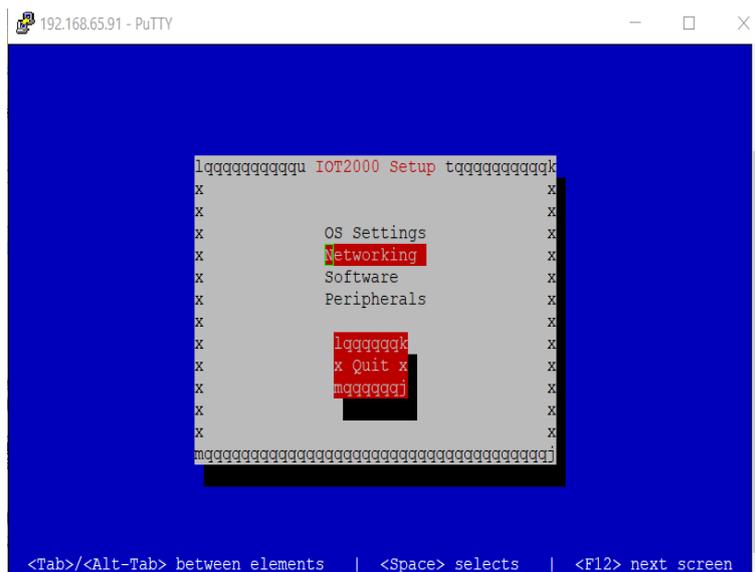
Fuente: (Autor)

Después, se instaló el sistema operativo en la micro SD que se va a utilizar en el IoT-2040. Para realizar la instalación se necesita descargar una imagen de firmware el cual contiene el sistema operativo Yocto Linux, para lo cual es necesario registrarse en el foro de Siemens y luego descargar el archivo de imagen. En la siguiente referencia se encuentra el archivo de imagen (dirigirse a la bibliografía para encontrar el link), (Siemens, 2020).

Posterior a eso se descarga un programa para cargar la imagen en la tarjeta microSD la cual se instala en el dispositivo IoT 2040. El siguiente paso fue introducir la tarjeta microSD en el dispositivo IoT 2040 y conectar el cable Ethernet desde el puerto X1 del SIMATIC IOT 2040 al PC. Para acceder al dispositivo se puede utilizar el software Putty

con la dirección IP predeterminada del dispositivo la cual es 192.168.200.1, para que el PC pueda reconocer el dispositivo debe estar en la misma red IP. Para configurar nuestro dispositivo se ingresa el comando *iot2000setup* y nos aparece la siguiente ventana:

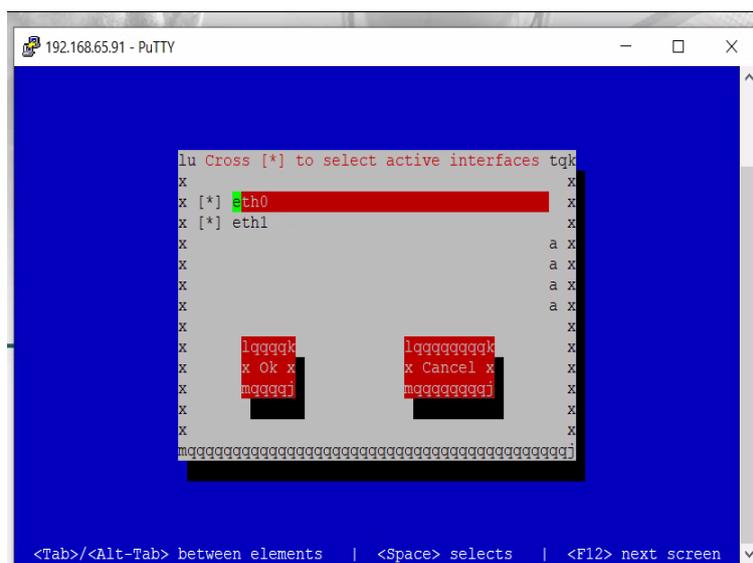
Figura 18 IoT2000 Setup Configuración.



Fuente: (Autor)

Nos dirigimos a Networking para configurar la dirección IP que nos proporcione el router al cual está conectado el dispositivo SIMATIC IoT 2040.

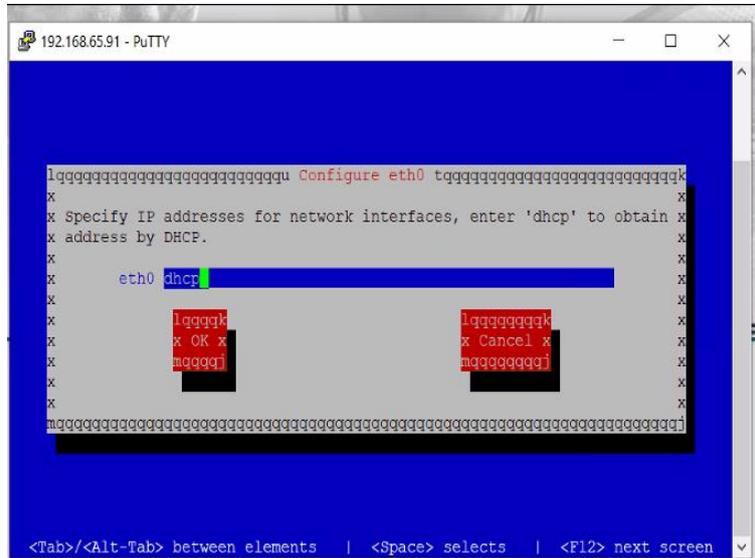
Figura 19 IoT2000 Setup selección de interface.



Fuente: (Autor)

Configuramos ambos puertos tanto el eth0 como el eth1 en dhcp.

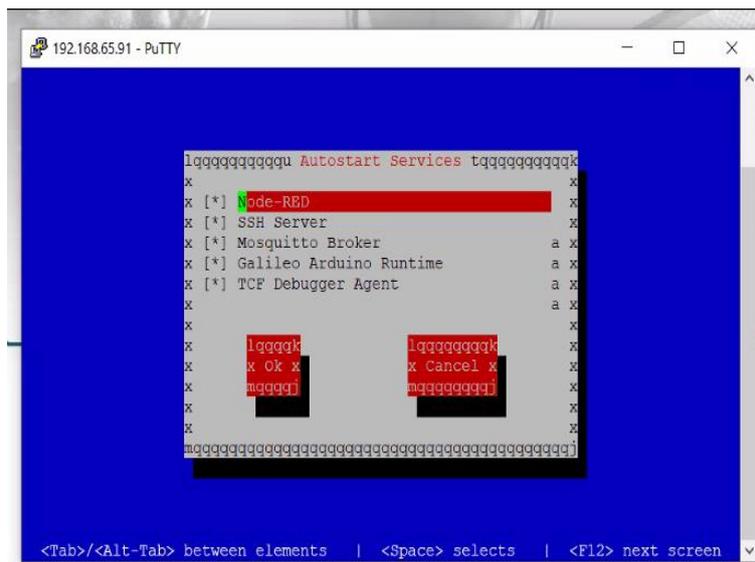
Figura 20 IoT2000 Setup configuración de IP.



Fuente: (Autor)

Por último, nos dirigimos a Software y configuramos los servicios que se van a iniciar de forma automática al prender nuestro dispositivo.

Figura 21 IoT2000 Setup Selección de servicios que inician con el sistema.



Fuente: (Autor)

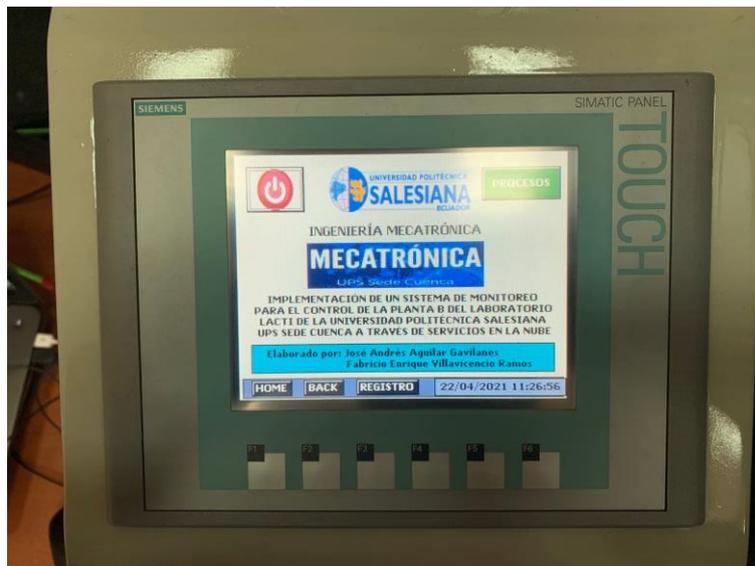
Para información más detallada de la instalación y configuración del dispositivo SIMATIC IoT 2040 guiarse de la siguiente referencia. (Siemens, 2018)

3.2.2. Instalación física de la pantalla HMI KTP-600 BASIC COLOR PN.

La pantalla HMI no pudo colocarse en el panel frontal de la planta debido a que no quedaba espacio para su instalación. Se colocó a un costado de la plata manteniendo una cómoda facilidad de uso.

Esta es una pantalla touch de la marca Siemens a color la cual se puede programar su entorno desde el TIA PORTAL. Esta pantalla fue otorgada por la Universidad para el uso en el proyecto.

Figura 22 Pantalla HMI KTP-600 Basic Color PN.



Fuente: (Autor)

3.2.3. Instalación de la alarma led con sonido LTA-505-3 RYG en la parte superior del tablero industrial de la planta B.

Se procedió a instalar la alarma led LTA-505-3 RYG como se puede observar en la siguiente imagen, para obtener una mejor visualización de los colores led de las alarmas.

Figura 23 Alarma LED LTA-505-3 RYG instalada en planta B.



Fuente: (Autor)

Cada uno de los conectores que representan a cada color y el sonido de la alarma se conectaron con las salidas digitales del PLC S7-1200 (específicamente las salidas digitales: DQa3, DQa4, DQb0 y DQb1) como se puede apreciar en las siguientes figuras:

Figura 24 Conexiones de entradas y salidas del PLC Siemens S7-1200 y de módulo de entradas analógicas SM 1231 AI4.



Fuente: (Autor)

3.2.4. Selección de procesos para la ejecución del proyecto.

Dentro del proyecto de titulación, se planteó que es necesario escoger al menos dos procesos que se ejecuten en la planta, tratando de representar lo mayor posible a los de una planta industrial regular.

Después de analizar todos los sensores y actuadores que están conectados y se pueden programar y utilizar en la planta con el PLC S7-1200, se decidió programar los dos siguientes procesos industriales:

Proceso ON/OFF. Este proceso representa un control on/off del llenado de agua en el tanque de la planta B. Utilizando los sensores de nivel alto y nivel bajo, se ejecuta un proceso en “loop”, de llenado y vaciado del tanque de forma automática. Además, dentro de este proceso se tendrá un proceso de emergencia en caso de que la válvula proporcional tenga algún fallo. Utilizando la electroválvula de emergencia se debe ejecutar el mismo proceso de llenado y vaciado automático on/off en la planta. Estos procesos deberán ser controlados desde la pantalla HMI de la planta y desde nuestro entorno en la nube.

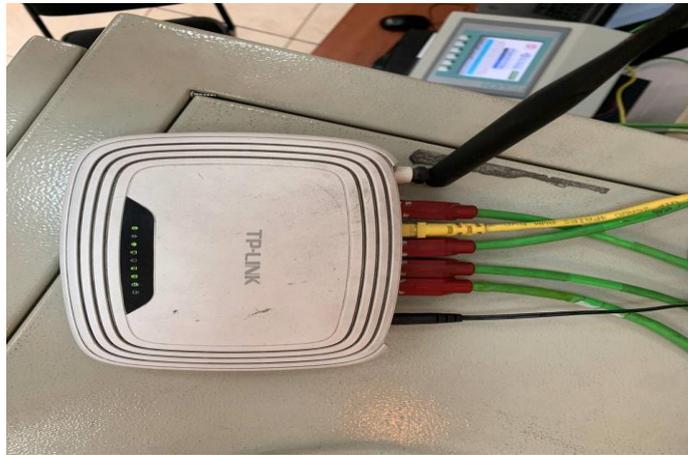
Proceso PID. Gracias a la función del PID Compact que ofrece Siemens en sus controladores podremos realizar de forma experimental una representación de un proceso PID para alcanzar nuestros verdaderos objetivos de tesis. En este proceso se controlará la válvula proporcional de forma automática para lograr obtener un nivel en el tanque establecido por un *Setpoint* que se debe colocar de forma manual desde la pantalla HMI o desde el entorno en la nube de nuestro sistema.

La programación de ambos procesos anteriormente detallados estará en los anexos del documento.

3.2.5. Establecer conexiones entre el PLC, IOT, pantalla HMI, PC usada para la programación y ROUTER.

Se utilizó un router de la marca TP-LINK el cual fue proporcionado por la Universidad para establecer conexión entre el PLC Siemens s7-1200, el dispositivo SIMATIC IOT 2040 de Siemens, la pantalla HMI KTP600 de Siemens y la PC de programación.

Figura 25 Conexiones del router TP-Link WR741ND.



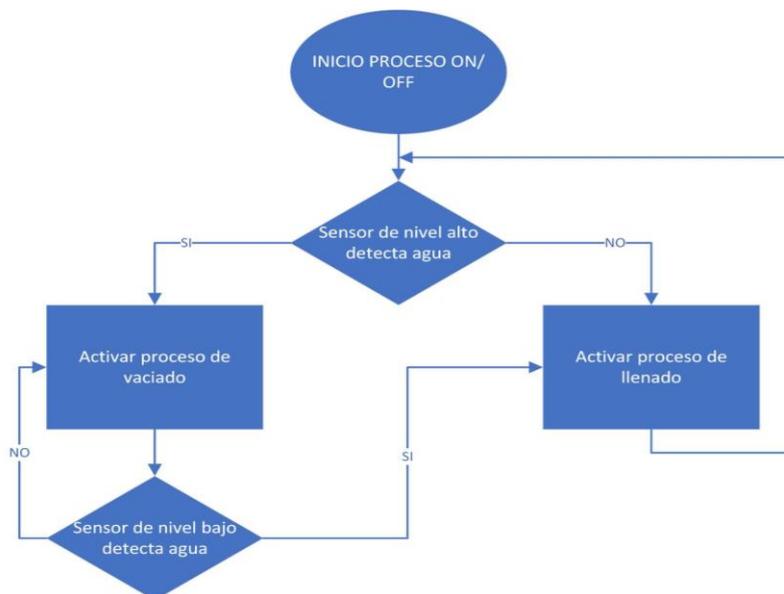
Fuente: (Autor)

3.2.6. Programación de los procesos escogidos (ON/OFF & PID) en el PLC utilizando el software TIA PORTAL versión 15.

Como fue mencionado anteriormente, tenemos el proceso On/Off de llenado y vaciado automático del tanque, un proceso de emergencia para el mismo usando la electroválvula de emergencia, y por último un proceso de control PID.

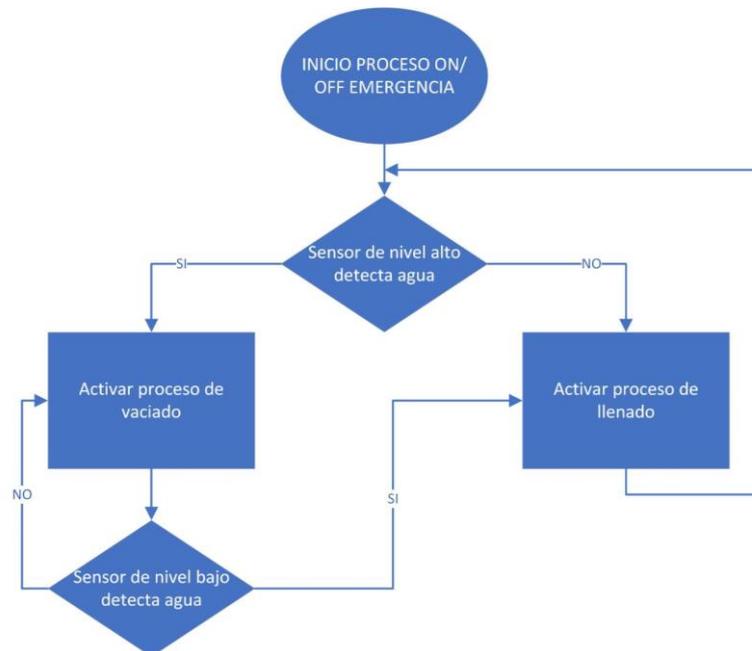
En los siguientes diagramas de flujo se podrá observar la lógica de programación que se empleó para programar los procesos en el PLC mediante el TIA Portal.

Figura 26 Diagrama de bloques de Proceso ON/OFF.



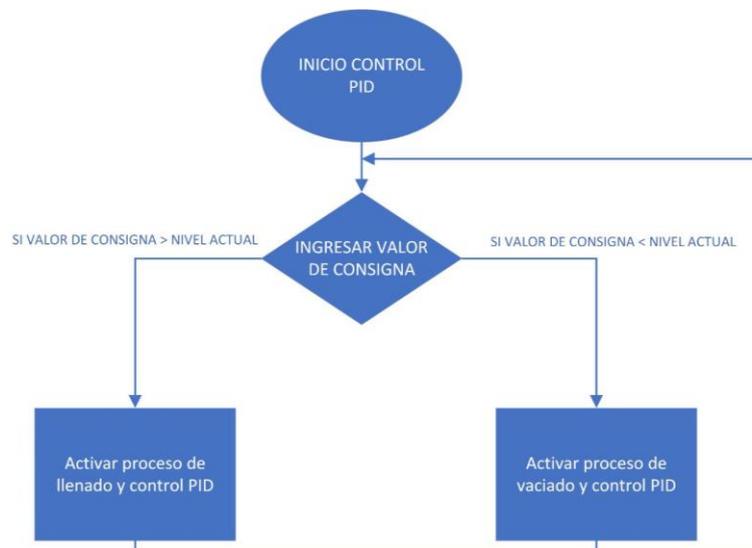
Fuente: (Autor)

Figura 27 Diagrama de bloques de Proceso de Emergencia ON/OFF.



Fuente: (Autor)

Figura 28 Diagrama de bloques de Proceso PID.



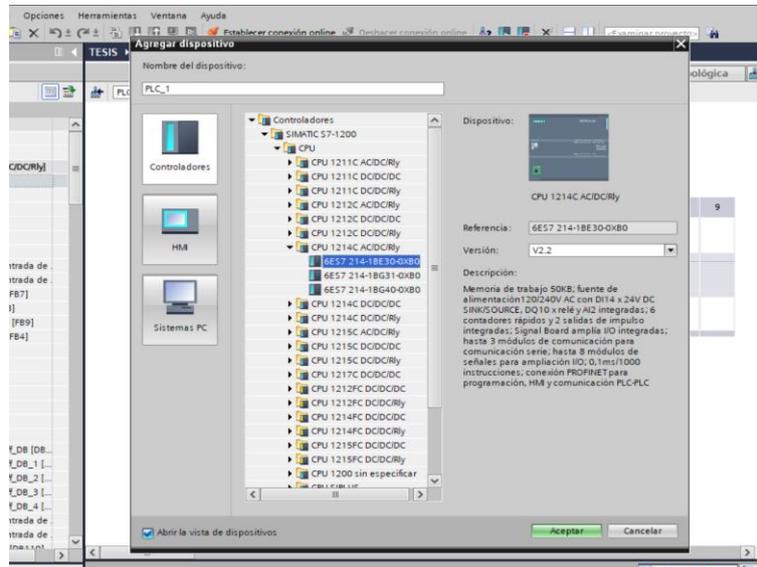
Fuente: (Autor)

Donde se puede observar que cada proceso contiene condiciones para realizar su correcto funcionamiento. Cabe resaltar que ninguno de los procesos puede activarse mientras otro esté activado como método de seguridad.

La programación del PLC se realizó en lenguaje Ladder en el Tia Portal de Siemens, a continuación, se mostrará las configuraciones en el software de programación.

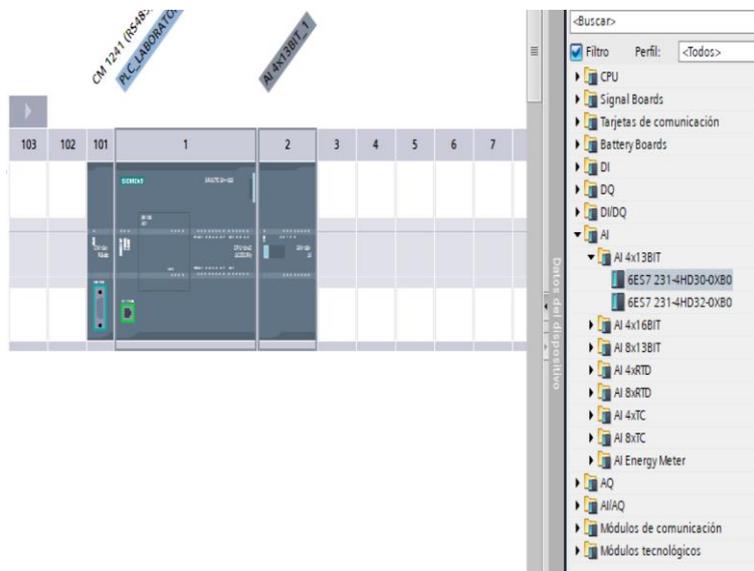
En primer lugar, se configuró en el TIA Portal la versión de PLC y los módulos que se van a utilizar respectivamente como se puede apreciar en las siguientes imágenes:

Figura 29 Selección de dispositivo PLC en TIA Portal V15.



Fuente: (Autor)

Figura 30 Selección de módulo de entradas analógicas en TIA Portal V15.

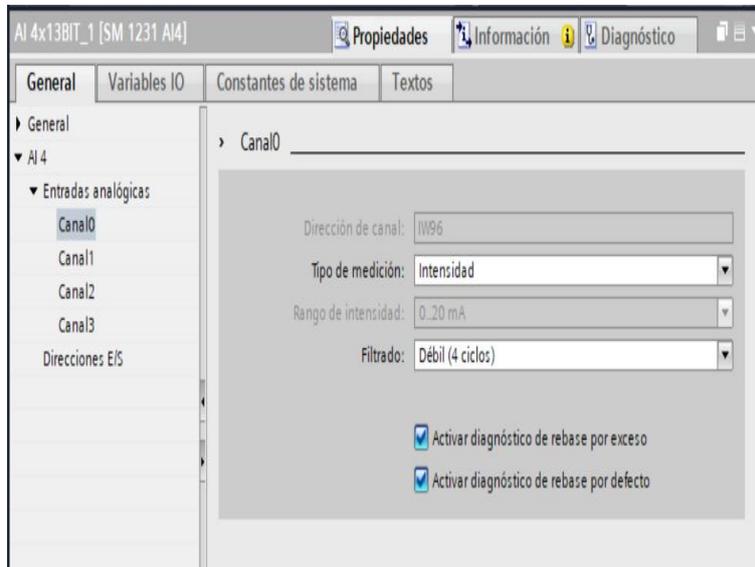


Fuente: (Autor)

Así mismo, se procedió a configurar las variables en las entradas y salidas analógicas. Este paso es muy importante. Para nuestro caso, se colocó el tipo de medición en “Intensidad” para programar la adquisición de los sensores de nivel y caudal que trabajan

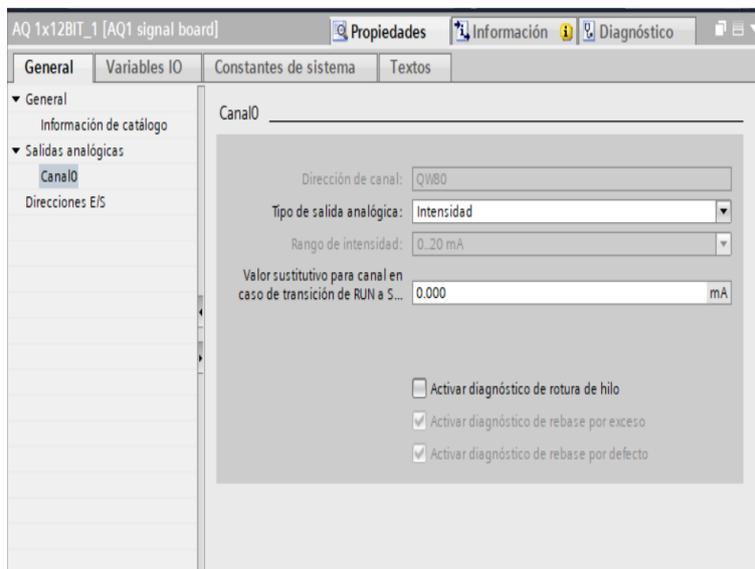
a 4-20 mA y de la misma forma enviar datos y controlar la posición de válvula proporcional.

Figura 31 Configuración de módulo de entradas analógicas SM1231 AI4.



Fuente: (Autor)

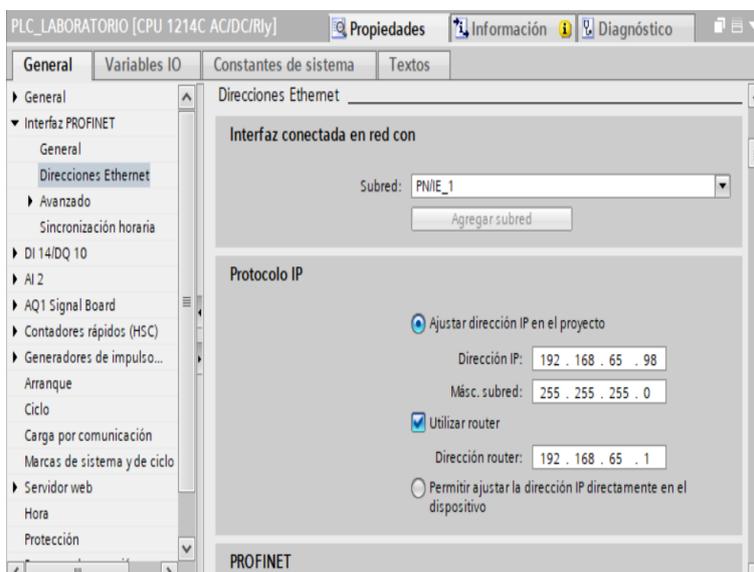
Figura 32 Configuración de Salida analógica de PLC Siemens S7-1200.



Fuente: (Autor)

Para que el programa TIA PORTAL de Siemens reconozca el PLC se procede a configurar la dirección IP del PLC y se marca la opción de Utilizar router, esto debido a que el PLC y la PC están conectadas a un mismo router, finalmente se configura la puerta de enlace predeterminada del router.

Figura 33 Configuración de IP en PLC Siemens S7-1200.



Fuente: (Autor)

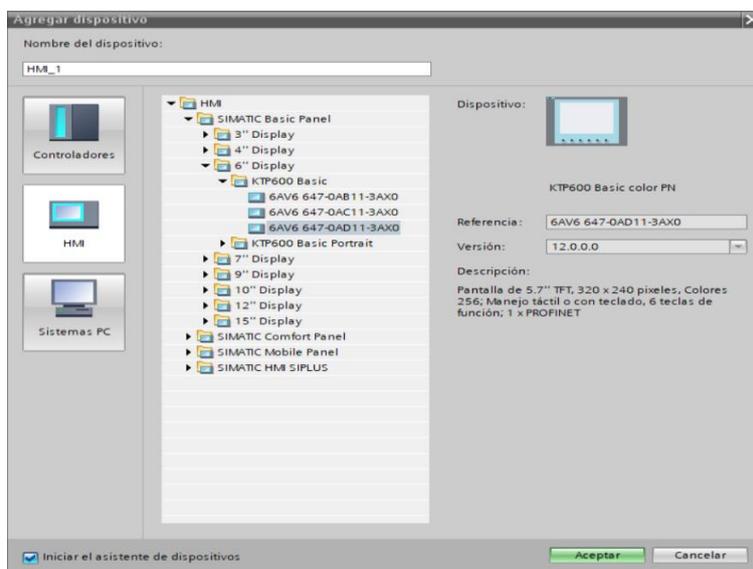
Para obtener la información completa del programa revisar los anexos.

3.2.7. Programar la pantalla HMI para el control y supervisión de los procesos escogidos.

La programación de la pantalla HMI es muy importante para el sistema, como resultado final se pretende tener una pantalla HMI que actúe como un sistema SCADA, es decir, que desde la pantalla se pueda observar en tiempo real el funcionamiento de la planta, se pueda controlar la planta y así mismo recibir y monitorear los datos que se obtienen de los sensores para cada uno de los procesos que se ejecuten.

En el TIA Portal se debe escoger el modelo de la pantalla que se va a utilizar. En nuestro caso fue la pantalla KTP600 de Siemens.

Figura 34 Selección de Pantalla HMI en TIA Portal V15.



Fuente: (Autor)

Después, se fue programando una a una las pestañas necesarias para completar el SCADA idóneo que supervisará y controlará nuestra planta.

Desde la pestaña de “HOME” se puede apagar la pantalla HMI, se puede acceder a la pestaña de “Procesos”, se puede visualizar la fecha y hora correspondiente y se puede acceder a la pestaña de los registros que se van adquiriendo de la planta.

Figura 35 Pantalla principal de HMI KTP600.



Fuente: (Autor)

Dentro de la pestaña de “Procesos”, se puede elegir entre los dos procesos industriales que la planta puede ejecutar. Así mismo se puede regresar a la pestaña anterior de “HOME”

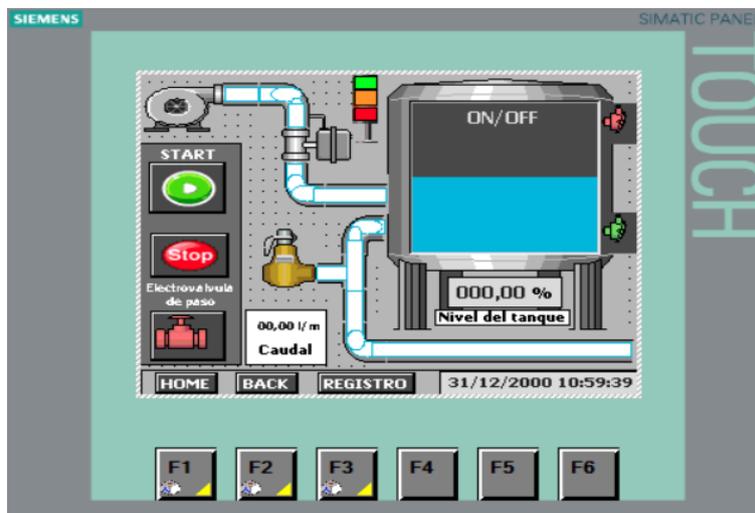
Figura 36 Pantalla de selección de procesos de HMI KTP600.



Fuente: (Autor)

En la pestaña del proceso ON/OFF se pueden observar los principales actuadores que interactúan durante el proceso en tiempo real. Los datos de las mediciones de los sensores, las luces de la alarma led que se instaló en la planta y se programaron los botones que ayudarán a controlar el proceso.

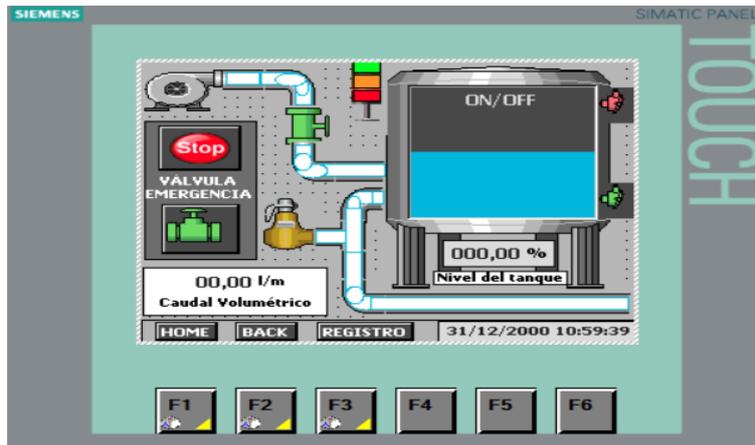
Figura 37 Pantalla de proceso ON/OFF de HMI KTP600.



Fuente: (Autor)

Como se ha mencionado anteriormente, en este proceso de on/off se programó un proceso de emergencia para la planta. En el botón de “Electroválvula de paso” se puede acceder a una nueva pestaña como se aprecia a continuación:

Figura 38 Pantalla de proceso de emergencia ON/OFF de HMI KTP600.

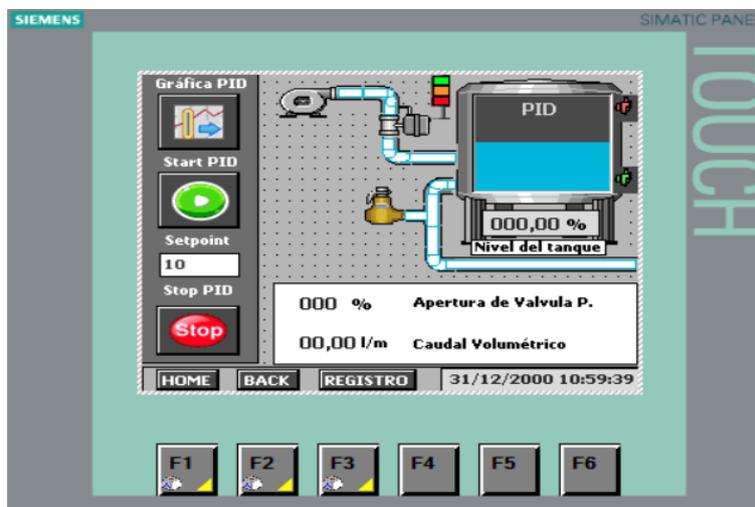


Fuente: (Autor)

En esta pestaña se puede activar un proceso on/off de emergencia utilizando la electroválvula de paso que está en la planta en caso de que la válvula proporcional tenga alguna avería. Una vez activado este proceso la planta funcionará automáticamente realizando un llenado y vaciado reemplazando el proceso on/off habitual.

Regresando a la pestaña de “Procesos” y entrando a ahora a la pestaña de “Control PID” encontraremos la siguiente pantalla:

Figura 39 Pantalla de proceso PID de HMI KTP600.

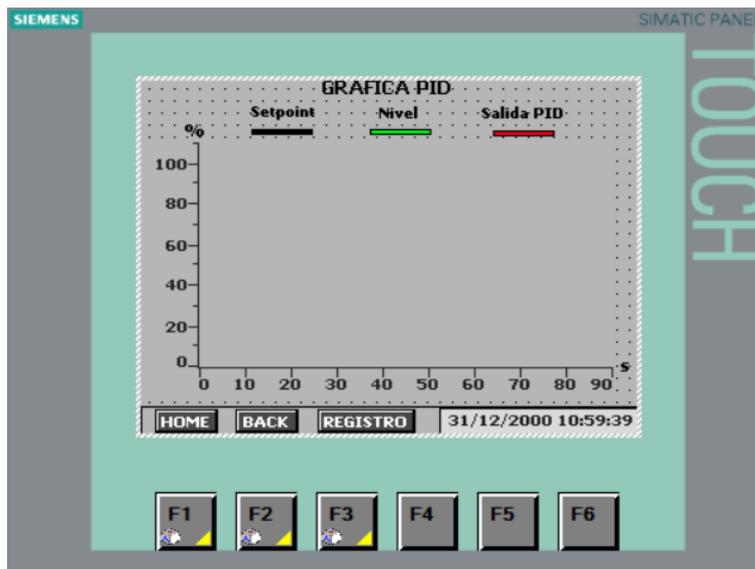


Fuente: (Autor)

En la pestaña de Control PID se podrán observar en primera instancia a todos los actuadores, sensores y alarmas led en tiempo real. Obteniendo mediciones del caudal volumétrico en la entrada de la planta, apertura de la válvula proporcional y el nivel en porcentaje del tanque. Para este proceso PID, la apertura de la válvula proporcional es una variable clave en el control.

La opción de “*Setpoint*” permite al usuario colocar el *Setpoint* inicial que necesita durante el proceso de control PID. Además, el operador puede monitorear la gráfica PID en tiempo real de la comparación entre el nivel (variable controlada), el *Setpoint* y la salida del control PID (Posicionamiento de la válvula proporcional) como se puede observar en la siguiente imagen:

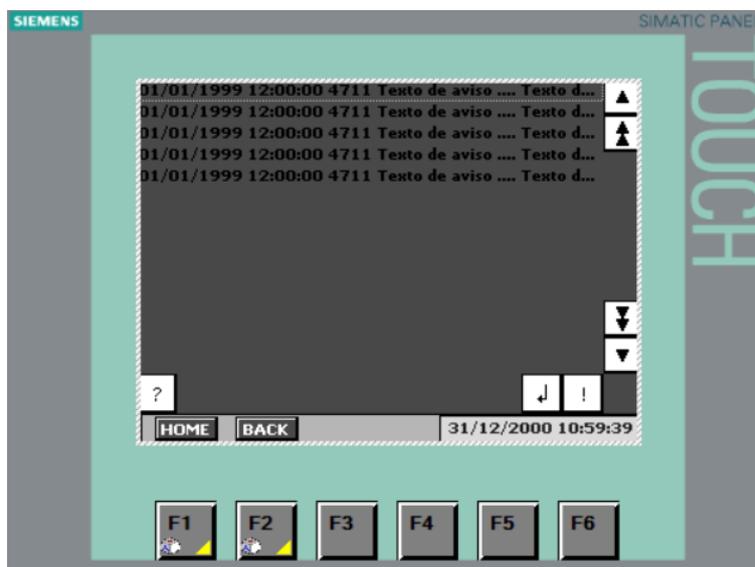
Figura 40 Pantalla de gráfica PID de HMI KTP600.



Fuente: (Autor)

Por último, como se ha mencionado anteriormente, desde cualquiera de las pestañas de los procesos se podrá acceder a los registros donde se detallan todas las acciones, ejecuciones y novedades en tiempo real que la planta registre durante los procesos. En esta pestaña de registro se indicará al operador las alarma y avisos que se programaran en la planta. Con posibles causas y soluciones.

Figura 41 Pantalla de avisos de HMI KTP600.



Fuente: (Autor)

3.3. Implementación de Alarmas, Seguridades y Avisos Necesarios en los Procesos Escogidos de la Planta B.

3.3.1. Identificación de alarmas necesarias para la planta.

Primero se identificaron todas las seguridades, alarmas y avisos que la planta debe tener para funcionar como un sistema completo y seguro. Entre las alarmas de la planta tenemos tres tipos: Color verde, color naranja, color rojo y sonido. La alarma de color verde en la planta indicará que cualquiera de los dos procesos (Control ON/OFF o Control PID) está activado y en funcionamiento normal. La alarma de color naranja se activará cuando los procesos y la planta esté en “STOP”, cuando el nivel de agua esté llegando cerca de los límites alto y bajo en el tanque y cuando se activa el proceso de emergencia para el control ON/OFF. Por último, la alarma roja y el sonido se usan para cuando existe una avería grave en la planta.

Lo primordial en la planta es precautelar los dos procesos, que los actuadores funcionen correctamente para realizar los dos controles y que el tanque siempre mantenga los niveles seguros.

3.3.2. Caracterización de alarmas.

Tabla 7 Caracterización de Alarmas de la Planta B.

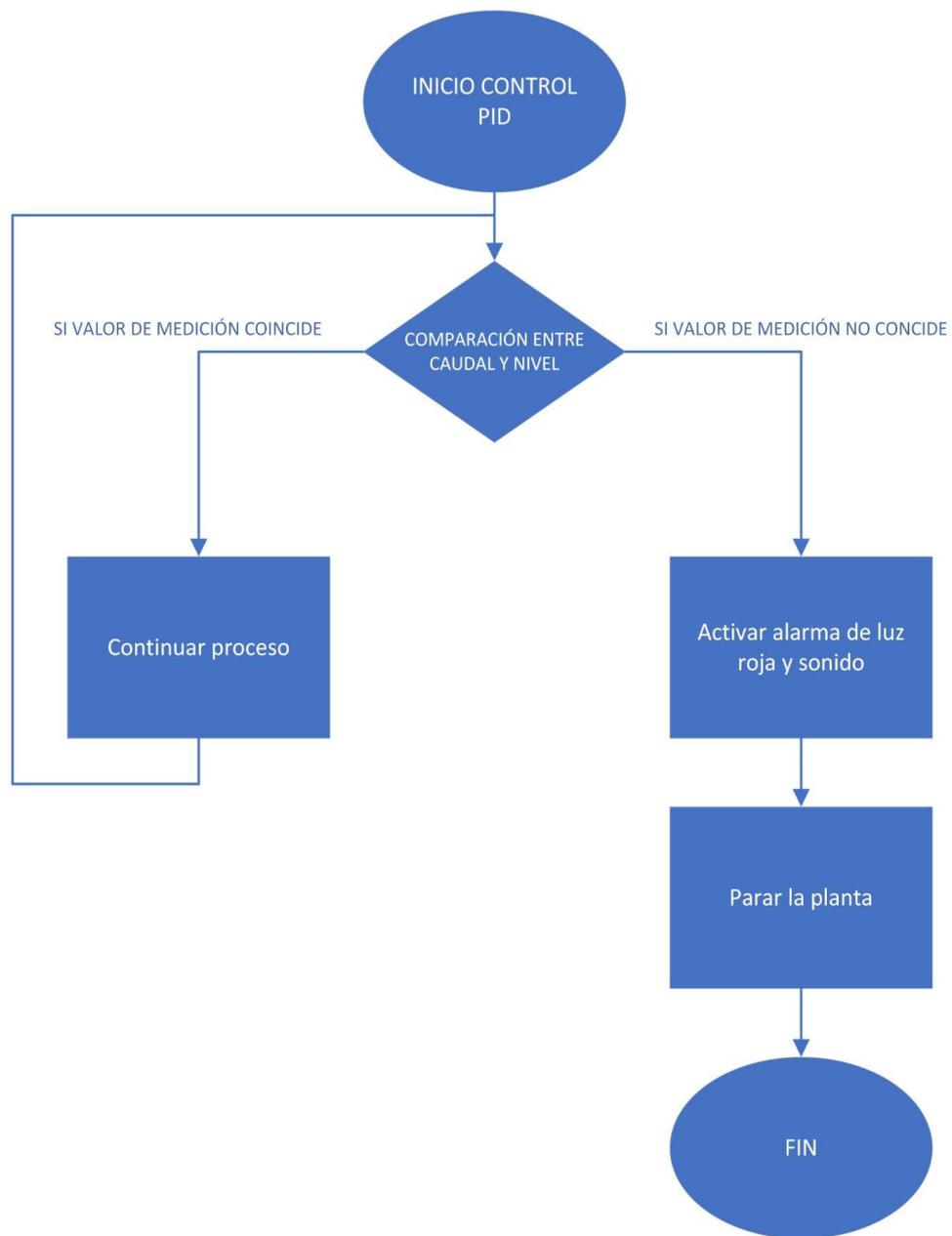
Tipo de Alarma	Significado
Alarma color naranja	<ul style="list-style-type: none">- La planta B se encuentra detenida- Aproximación al límite alto de nivel del tanque- Inicio de proceso de emergencia de control ON/OFF
Alarma color rojo	<ul style="list-style-type: none">- Falla en la entrada de agua del proceso de control ON/OFF- Falla en la entrada de agua del proceso de control PID- Fuga de agua en proceso de control ON/OFF- Fuga de agua en proceso de control PID- Nivel máximo de agua en el tanque alcanzado
Alarma de sonido	<ul style="list-style-type: none">- Falla en la entrada de agua del proceso de control ON/OFF- Falla en la entrada de agua del proceso de control PID- Fuga de agua en proceso de control ON/OFF- Fuga de agua en proceso de control PID- Nivel máximo de agua en el tanque alcanzado
Alarma color verde	<ul style="list-style-type: none">- Inicio de proceso de control ON/OFF- Inicio de proceso de emergencia de control ON/OFF- Inicio de proceso de control PID

Fuente: (Autor)

3.3.3. Programación de alarmas.

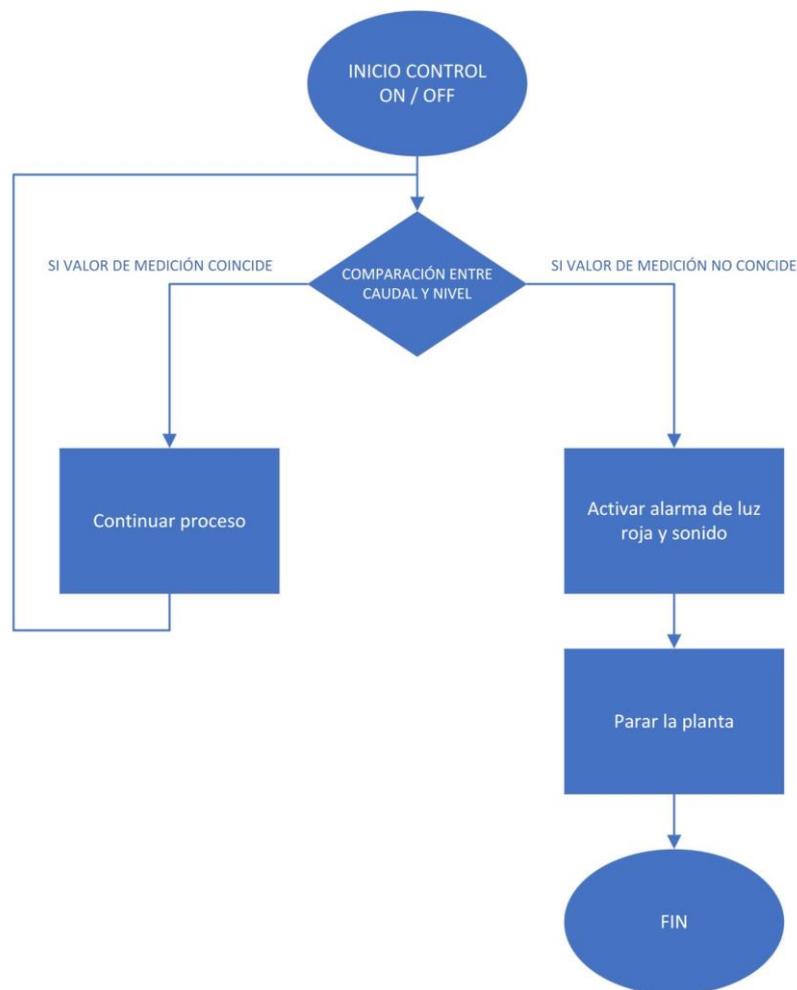
Para la programación de las alarmas se utilizó la siguiente lógica para ambos procesos:

Figura 42 Diagrama de bloques de programación de alarmas de proceso PID.



Fuente: (Autor)

Figura 43 Diagrama de bloques de programación de alarmas de proceso ON/OFF.



Fuente: (Autor)

Se puede observar que una vez se inicia cualquiera de los dos procesos, el programa está constantemente preguntando y comparando los valores ideales de mediciones que deben haber de flujo, tiempo y nivel en la planta. Si estos valores no coinciden significa que existe algún fallo como: fuga de agua en el tanque, problemas en la bomba, problemas en la válvula de entrada o que la válvula de desfogue manual de la planta está abierta.

Para realizar la programación de las alarmas se utilizó bloques de función en el software TIA PORTAL V15 de Siemens, los cuales depositan sus valores permanentemente en bloques de datos de instancia, con esto se logra que sigan disponibles luego de procesar el bloque. En otras palabras, que se consiga que las alarmas estén siempre disponibles para funcionar cuando exista un problema mientras la planta esté encendida.

3.3.4. Identificación de seguridades necesarias para la planta.

Toda planta industrial debe tener las respectivas seguridades que le proporcionan al operador y a la industria la confiabilidad de que, en caso de un accidente o fallo, no pase a “mayores” el problema. Dentro de esta planta los principales riesgos pueden ser: La fuga del líquido del tanque, el daño de una de las válvulas de entradas o de desfogue, daño del variador de frecuencia o algún daño en la bomba. Por ende, las seguridades establecidas dentro de la planta están directamente proporcionales a las alarmas que el programa del proceso detecte. De forma manual el tablero de la planta posee un botón de emergencia el cual puede ser accionado por el operador para dejar inactiva y sin funcionamiento a la planta al instante. Mientras el programa de la planta, como se mencionó anteriormente, está constantemente preguntando las condiciones de las variables de importancia en la planta (nivel, tiempo, caudal), si alguna de las alarmas por fallo de una de estas variables llegase a ocurrir, la planta de forma automática e instantánea se detiene, esperando la revisión del operador a cargo.

3.3.5. Programación de seguridades.

La lógica de programación para las seguridades respectivas fue esta:

Figura 44 Diagrama de bloques de programación de seguridades de proceso ON/OFF.



Fuente: (Autor)

Figura 45 Diagrama de bloques de programación de seguridades de proceso PID.



Fuente: (Autor)

Donde se puede distinguir que, si las alarmas de emergencia de color rojo y sonido se llegasen a activar por algún fallo importante en la planta, se activarán la seguridad de emergencia la cuál apaga completamente la planta evitando que continúe ingresando líquido en la planta.

3.3.6. Identificación de avisos necesarios para la planta.

Los avisos deben especificar cuando una acción se acaba de ejecutar en la planta, el problema que se detecta en la planta durante una alarma, y las posibles soluciones para arreglar ese fallo. Así mismo dentro de todos los avisos se especifica en qué proceso ocurre el evento y en qué fecha/hora.

Tabla 8 Lista de avisos de la planta B.

Nombre	Texto de Aviso
Aviso Fuga ON/OFF	Fuga Tanque ON/OFF Posibles soluciones: Revisar válvula de desfogue manual revisar si el tanque no tiene una fuga

Aviso Fuga PID	Fuga Tanque PID Posibles soluciones: Revisar válvula de desfogue manual revisar si el tanque no tiene una fuga
Aviso Nivel Máximo	Nivel Máximo Alcanzado Posibles soluciones: Revisar sensor de Nivel Alto y válvula de desfogue
Aviso Falla Entrada de Agua ON/OFF	ONOFF Falla Entrada de agua. Posibles soluciones: revisar la presión del aire de la válvula Revisar si la configuración de la válvula proporcional no está en manual Revisar Variador de frecuencia Revisar Bomba de agua
Aviso Falla Entrada de Agua PID	PID Falla entrada de agua. Posibles soluciones: revisar la presión del aire de la válvula Revisar si la configuración de la válvula proporcional no está en manual Revisar Variador de frecuencia Revisar Bomba de agua
Aviso Paro de Planta	Parada de la Planta
Aviso Inicio Proceso Emergencia ONOFF	Inicio Proceso Emergencia ONOFF
Aviso Inicio Proceso Llenado ONOFF_1	Inicio Proceso LLENADO ONOFF
Aviso Inicio Proceso Vaciado ONOFF_2	Inicio Proceso VACIADO ONOFF

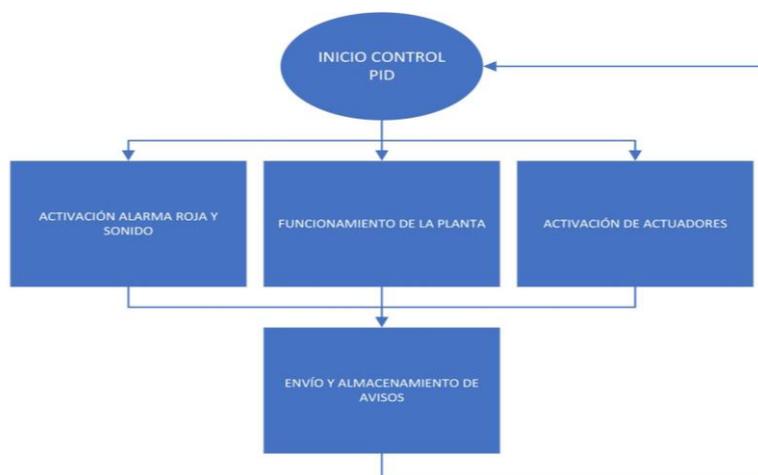
PID <i>Setpoint</i> 10%	PID <i>Setpoint</i> en 10%
PID <i>Setpoint</i> 20%	PID <i>Setpoint</i> en 20%
PID <i>Setpoint</i> 30%	PID <i>Setpoint</i> en 30%
PID <i>Setpoint</i> 40%	PID <i>Setpoint</i> en 40%
PID <i>Setpoint</i> 50%	PID <i>Setpoint</i> en 50%
PID <i>Setpoint</i> 60%	PID <i>Setpoint</i> en 60%
PID <i>Setpoint</i> 70%	PID <i>Setpoint</i> en 70%
PID <i>Setpoint</i> 80%	PID <i>Setpoint</i> en 80%
PID <i>Setpoint</i> 90%	PID <i>Setpoint</i> en 90%
PID <i>Setpoint</i> 100%	PID <i>Setpoint</i> en 100%

Fuente: (Autor)

3.3.7. Programación de avisos.

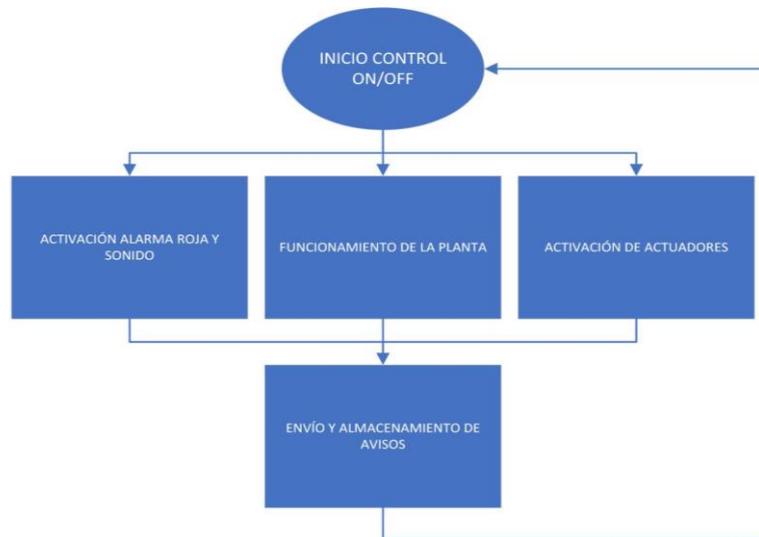
La lógica utilizada para los avisos en el programa del PLC es coherente a la programación de las alarmas y seguridades. De la misma forma se adapta al programa principal de cada proceso para indicar todos los eventos que se realizan en la misma.

Figura 46 Diagrama de bloques de programación de avisos de proceso PID.



Fuente: (Autor)

Figura 47 Diagrama de bloques de programación de avisos de proceso ON/OFF.

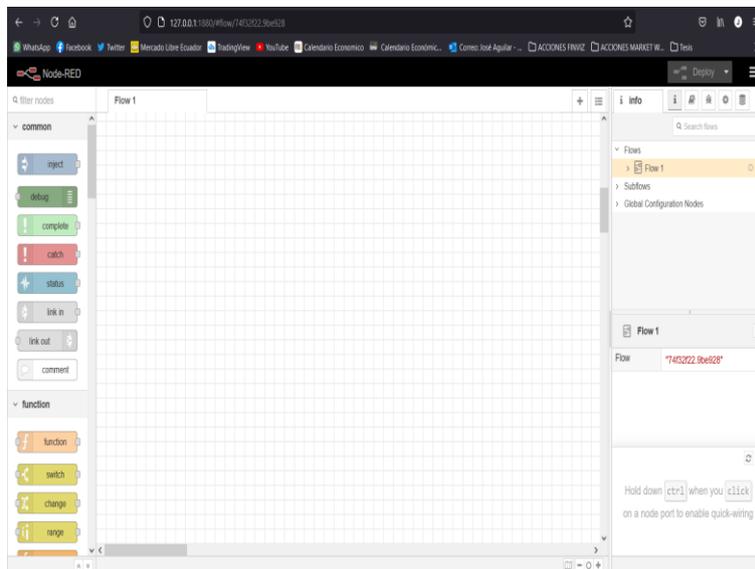


Fuente: (Autor)

3.4. Implementación del Sistema IIoT Local

Para ingresar al servicio de Node-RED se realiza por medio de un navegador web colocando la ip de nuestro IoT-2040 y el puerto de conexión. Ejemplo, <http://127.0.0.1:1880>

Figura 48 Interfaz web de Node-RED en IoT-2040.



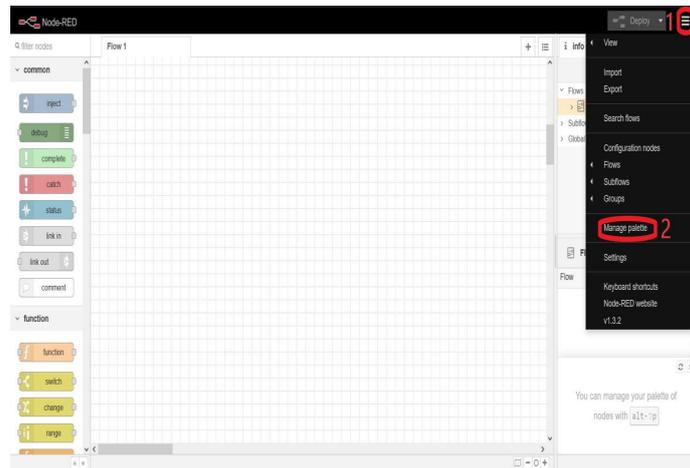
Fuente: (Autor)

3.4.1. Instalación y configuración de los paquetes de Node-RED en el IoT-2040.

Por defecto Node-RED tiene nodos básicos, para nuestro proyecto se procede a instalar los paquetes de Nodos necesarios para establecer conexión con el PLC y el servicio de la

nube en nuestro caso PLC Siemens S7-1200 e IBM WATSON respectivamente. Para realizar la instalación se dirige a la parte superior derecha de la interfaz, dar clic en el icono de las 3 barras se despliega el menú y luego seleccionar Manage palette.

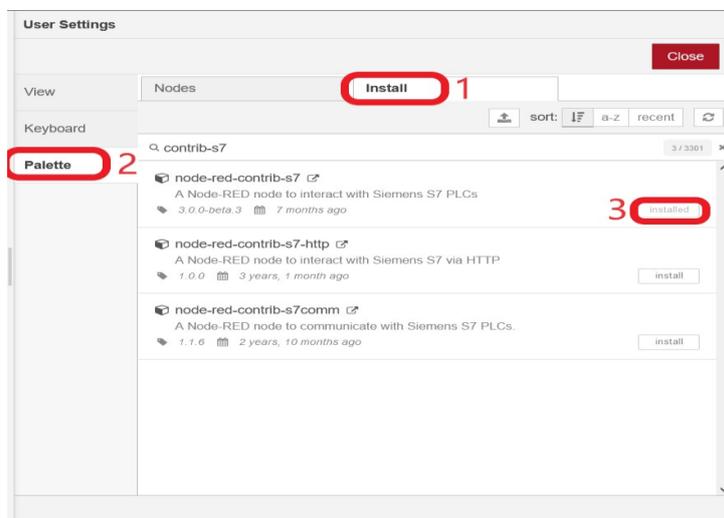
Figura 49 Ingreso a Manage Palette en Node-RED.



Fuente: (Autor)

Posterior a eso, se muestra una ventana en la cual seleccionamos en la pestaña Install y escribimos “node-red-contrib-s7” en la barra de búsqueda, luego clic en install. Se realiza el mismo procedimiento para instalar los nodos correspondientes con el servicio en la nube “node-red-contrib-scx-ibmiotapp” y “node-red-contrib-ibm-watson-iot”, los cuales son necesarios para la comunicación entre el PLC y el servicio en la nube IBM WATSON CLOUDANT.

Figura 50 Instalación de nodo S7 en Node-RED.

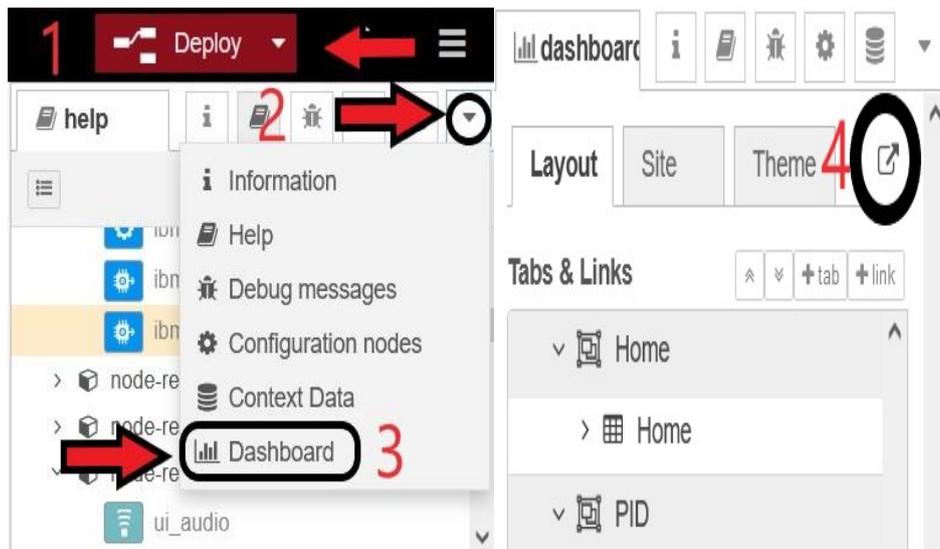


Fuente: (Autor)

3.4.2. Compilación y visualización de programa en *Dashboard*.

Para visualizar el *Dashboard* programado, primero Compilar en ‘Deploy’, luego clic en el menú desplegable en la esquina superior derecha, luego seleccionar el ítem *Dashboard*.

Figura 51 Compilación y visualización de Dashboard.

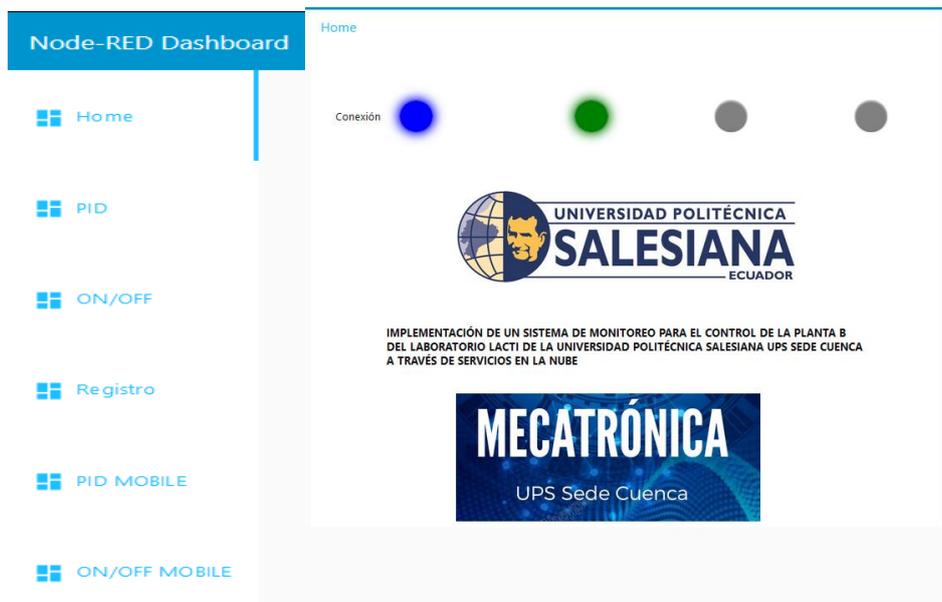


Fuente: (Autor)

El *Dashboard* se carga automáticamente en una nueva ventana del navegador con el siguiente enlace:

<https://node-red-tesisje.mybluemix.net/ui/#!/0?socketid=wHmx2KPdNfRoSH0iAAAO>.

Figura 52 Dashboard del servicio en la nube IBM Watson Cloudant.

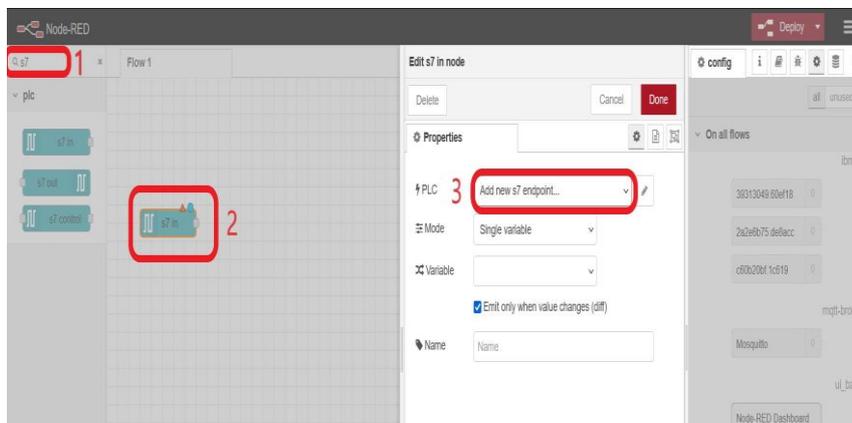


Fuente: (Autor)

3.4.3. Configuración de Nodos para la comunicación entre el IoT-2040 y el PLC Siemens S7-1200.

Para configurar el nodo “node-red-contrib-s7” lo seleccionamos en el panel izquierdo de la interfaz escribiendo “s7” en la barra de búsqueda, arrastramos el nodo al workspace dar doble clic en el nodo y se abre una nueva ventana en donde seleccionamos “Add new s7 endpoint...” para proceder a insertar los parámetros de configuración del PLC.

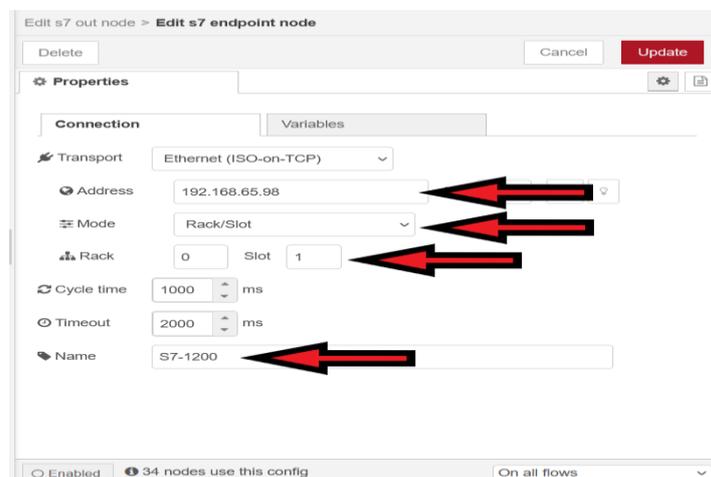
Figura 53 Agregar nuevo dispositivo PLC a Node-RED.



Fuente: (Autor)

En esta ventana se configura los parámetros del PLC como el IP, el número de ‘Rack’, ‘Slot’ y el nombre.

Figura 54 Configuración de parámetros de conexión del PLC en Node-RED.



Fuente: (Autor)

3.4.4. Programación de variables a controlar entre IoT-2040 y PLC.

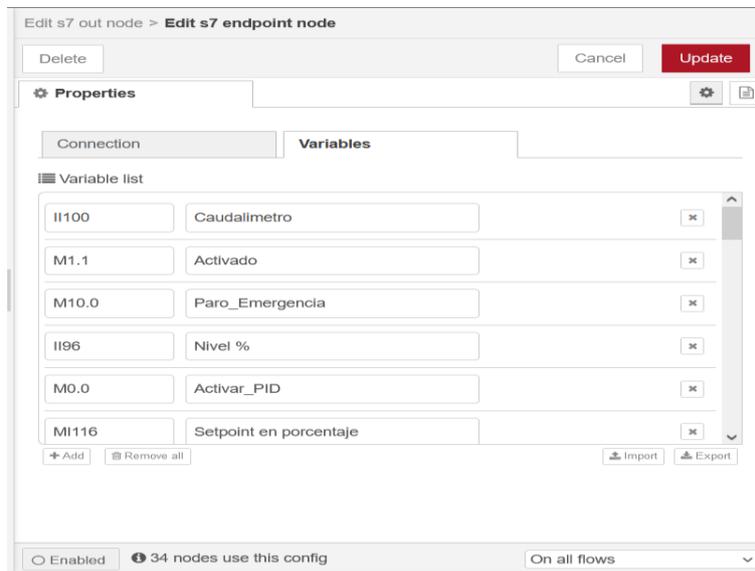
En la pestaña “Variables” se configura las variables del PLC, donde se puede configurar las entradas y salidas. Las variables y sus direcciones siguen un esquema ligeramente diferente al utilizado en TIA Portal. En la siguiente tabla se proporcionan ejemplos de cómo utilizar las direcciones.

Tabla 9 Caracterización de las variables del nodo “node-red-contrib-s7”.

Address	Step7 equivalent	JS Data type	Description
I1.0 or E1.0	I1.0 or E1.0	Boolean	Bit 0 of byte 1 of input area
Q2.1 or A2.1	Q2.1 or A2.1	Boolean	Bit 1 of byte 2 of output area
M3.2	QM3.2	Boolean	Bit 2 of byte 3 of memory area
IB4 or EB4	IB4 or EB4	Number	Byte 4 (0 -255) of input area
MB6	MB6	Number	Byte 6 (0 -255) of memory area
MI14	MW14	Number	Signed 16-bit number at byte 14 of memory area
IW16 or EW16	IW16 or EW16	Number	Unsigned 16-bit number at byte 16 of input area
QW18 or AW18	QW18 or AW18	Number	Unsigned 16-bit number at byte 18 of output area
MW20	MW20	Number	Unsigned 16-bit number at byte 20 of memory area
MD32	MD32	Number	Unsigned 32-bit number at byte 32 of memory area

Fuente: (Node-RED, 2020)

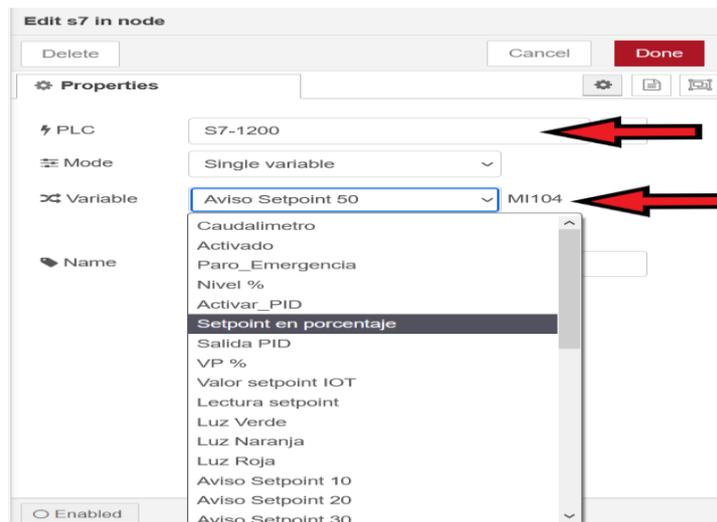
Figura 55 Agregar variables del PLC en Node-RED.



Fuente: (Autor)

Finalmente, para asignar una variable al nodo, sea de entrada o salida, se selecciona el nombre del PLC, luego seleccionamos la variable a utilizar.

Figura 56 Asignar Variables a nodo S7.



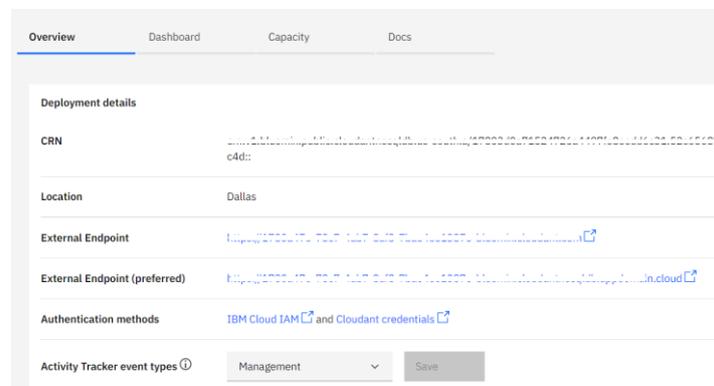
Fuente: (Autor)

3.5. Implementación del Sistema de Control y Supervisión desde el Servicio de la Nube (IBM WATSON).

3.5.1. Configuración del servicio en la nube en IBM WATSON.

En primer lugar, se crea una cuenta en IBM Cloud en la siguiente página: <https://cloud.ibm.com/registration>. Luego se creó un recurso Cloudant y se configuraron las credenciales del servicio. Los pasos para la creación de este servicio se encuentran con más detalle en la siguiente guía: <https://cloud.ibm.com/docs/Cloudant/getting-started.html?locale=es>

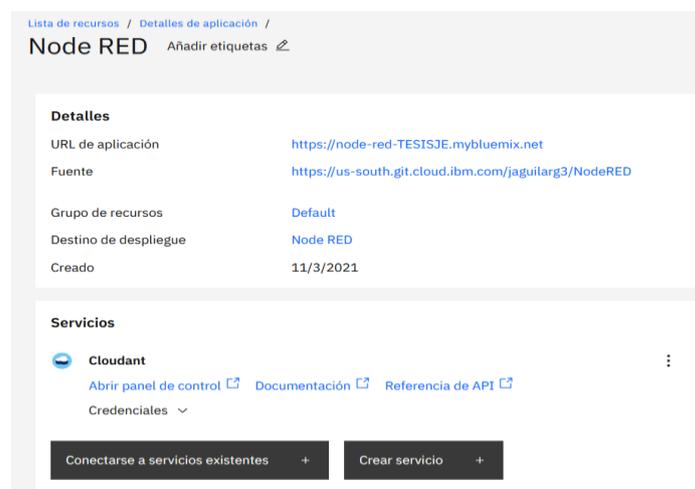
Figura 57 Configuración de credenciales de servicio Cloudant en IBM Watson Cloudant.



Fuente: (Autor)

Posterior a eso, se creó una aplicación de Node-RED que se ejecuta en IBM Cloud.

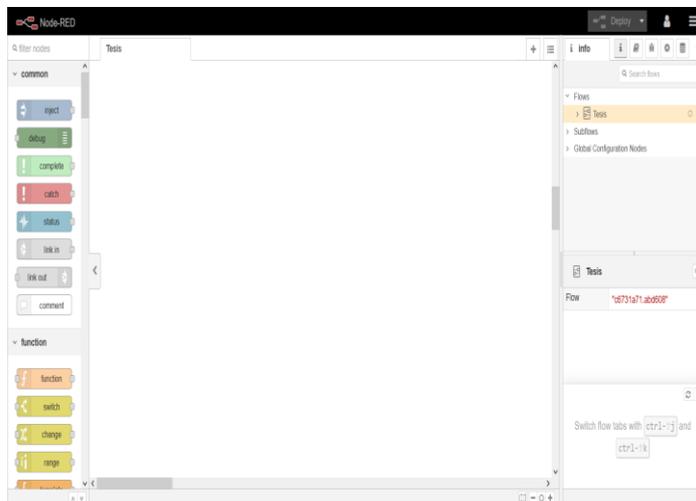
Figura 58 Detalles de la aplicación Node-RED creada en el servicio en la nube IBM Watson.



Fuente: (Autor)

Es importante asegurar nuestra aplicación de Node-RED creando un usuario y contraseña para realizar modificaciones.

Figura 59 Interfaz de aplicación Node-RED.



Fuente: (Autor)

Los pasos para crear la aplicación de inicio Node-RED en IBM Cloud se encuentran con más detalle en la siguiente página: <https://developer.ibm.com/components/node-red/tutorials/how-to-create-a-node-red-starter-application/>.

3.5.2. Configuración del protocolo de comunicación entre el IoT y el IBM WATSON.

Para establecer comunicación con el dispositivo Siemens IoT-2040 desde IBM Watson Cloud se utiliza el recurso 'Internet Of Things Platform'. Para crear el recurso procedemos a escribir el nombre del recurso en la barra de búsqueda de recursos y lo seleccionamos haciendo clic como se muestra en la siguiente imagen.

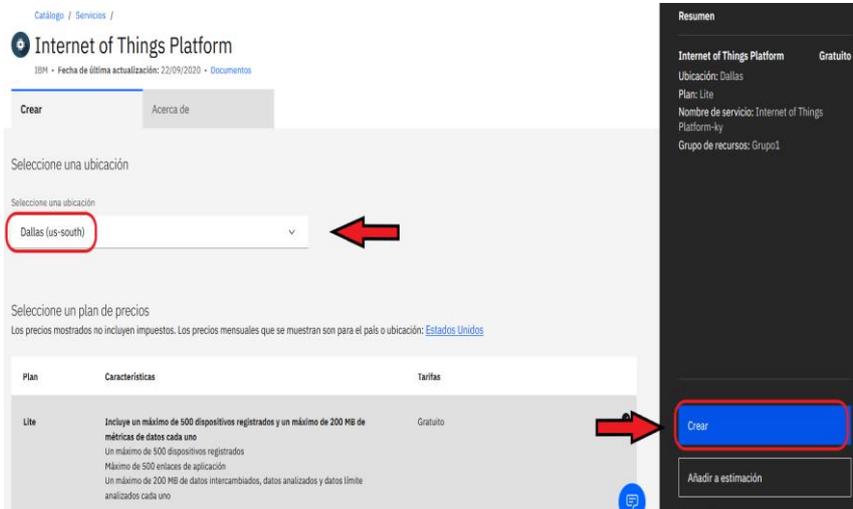
Figura 60 Resultado de búsqueda del servicio IoT Platform en IBM Watson.



Fuente: (Autor)

Luego seleccionamos la ubicación ‘Dallas (us-south)’ y pulsamos el botón crear.

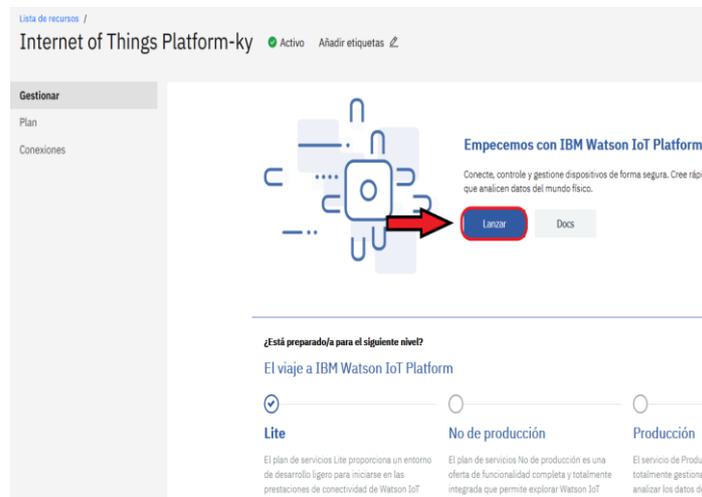
Figura 61 Creación de recurso IoT Platform.



Fuente: (Autor)

Una vez creado se muestra una página en la cual pulsamos en ‘Lanzar’.

Figura 62 Página principal de recurso IoT Platform.



Fuente: (Autor)

Se abre una nueva ventana en la que se observa el recurso ‘IBM Watson IoT Platform’, luego creamos un dispositivo con los datos del Siemens IoT-2040 y con su respectiva seguridad porque es el único dispositivo con el cual se creará la comunicación. Para esto, pulsar en ‘Cree un dispositivo’.

Para lograr la comunicación es necesario una clave API, estas permiten que los productos y servicios se comuniquen con otros, sin necesidad de saber cómo están implementados. Para lograr esto, pulsamos en ‘Aplicaciones’ que se encuentra en la barra lateral izquierda y luego pulsar en ‘Generar clave de API’.

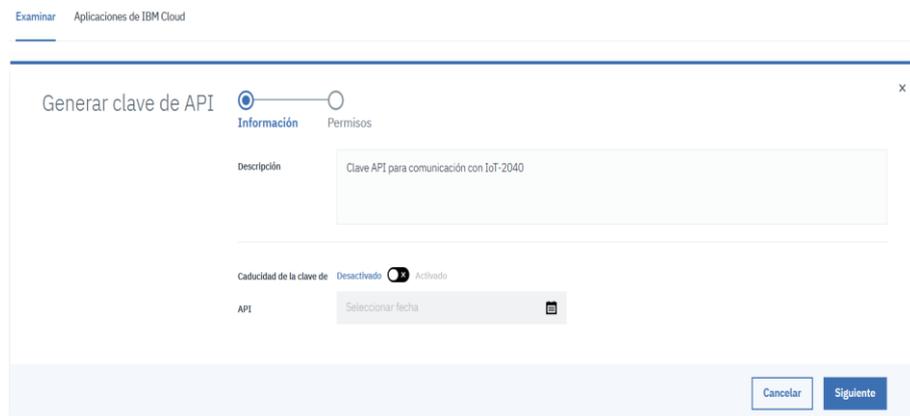
Figura 66 Creación de clave API.



Fuente: (Autor)

Colocar una descripción de la Clave API como información. Se recomienda desactivar la caducidad de la clave.

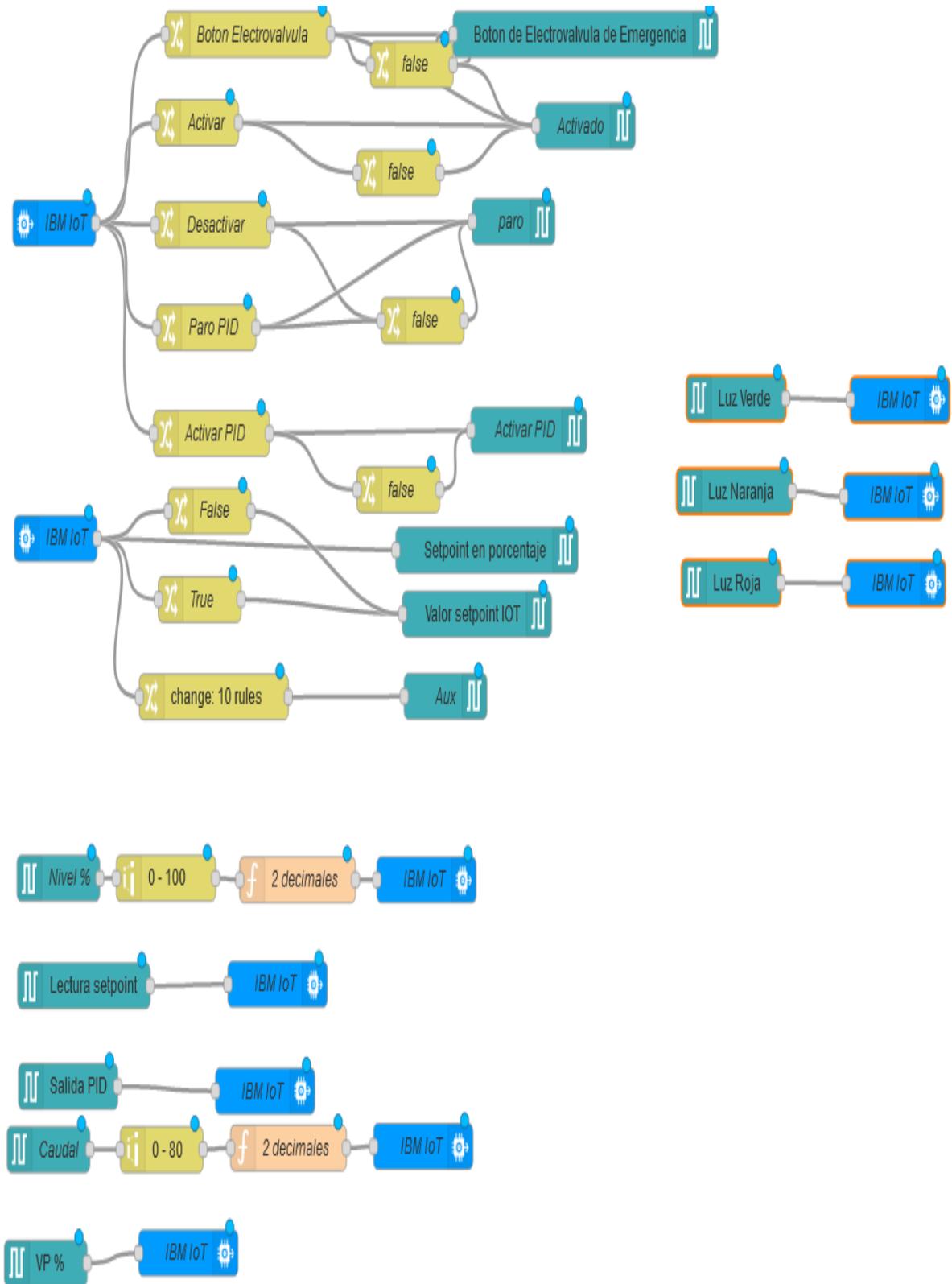
Figura 67 Configuración de clave API.



Fuente: (Autor)

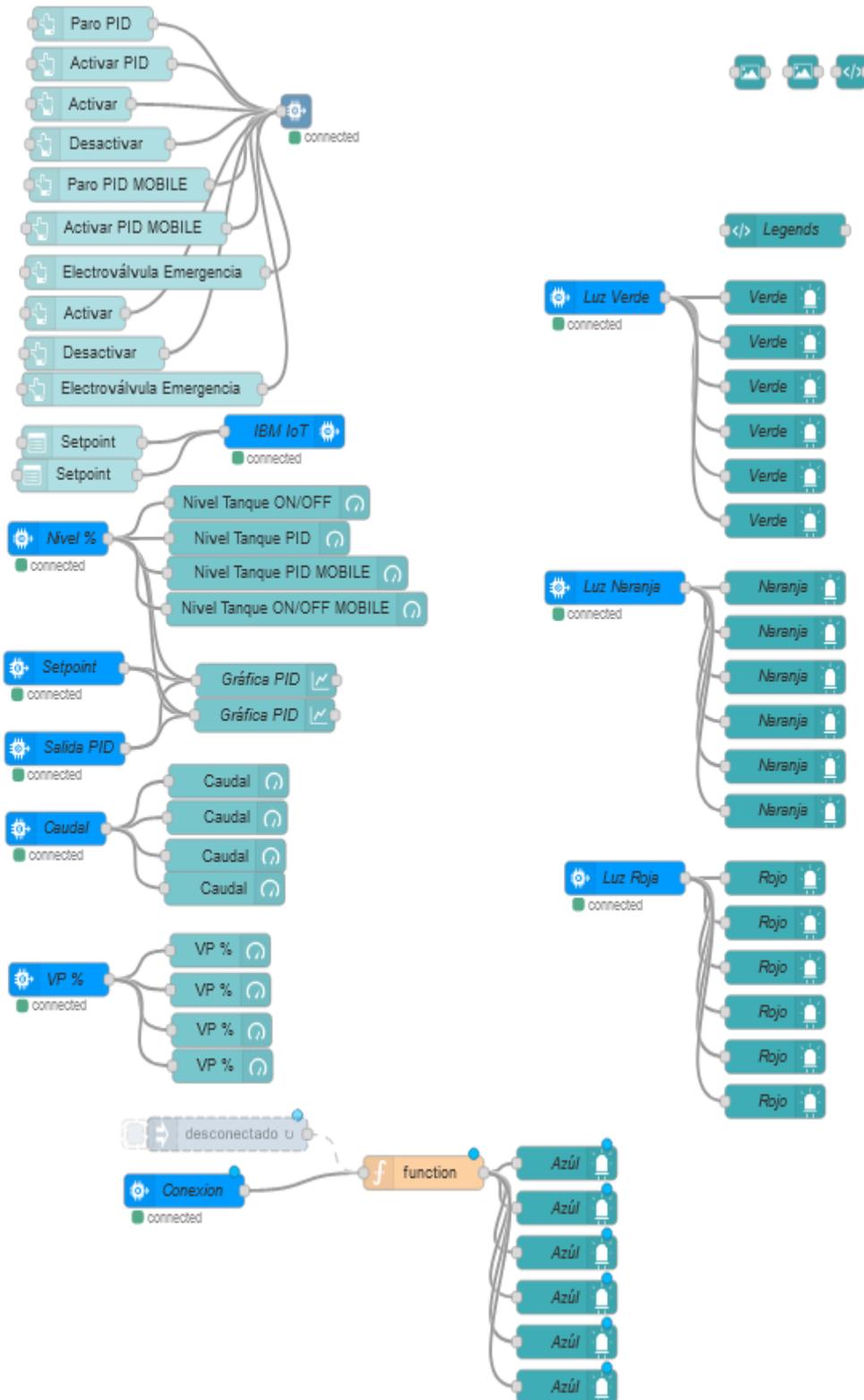
Posterior a eso, seleccionamos el rol de la clave API, este paso es importante ya que esto depende mucho de los permisos que tenga nuestra conexión con el dispositivo, para lo cual se recomienda seleccionar ‘Aplicación estándar’ y pulsar en ‘Generar clave’.

Figura 70 Programación de nodos de control y visualización de Dashboard en Node-RED del módulo Siemens IoT-2040.



Fuente: (Autor)

Figura 71 Programación de nodos de control y visualización de Dashboard en Node-RED del servicio en la nube IBM Watson.



Fuente: (Autor)

Para programar los nodos IBM IoT primero debemos conocer que existen los nodos de entrada y salida, estos permiten enviar comandos a un dispositivo o enviar un evento en nombre de un dispositivo.

Para hacer uso de los botones de acción en el *Dashboard* se configura en la aplicación Node-RED del servicio en la nube. Esto porque el *Dashboard* se encuentra en el servicio en la nube.

Para programar el nodo 'WatsonIoT output' elegimos el modo de conexión si es como dispositivo o como 'gateway'. En este caso es como dispositivo, luego seleccionamos 'Registered' dado que se creó unas credenciales de conexión, lo siguiente es configurar las credenciales, el tipo de evento y el formato.

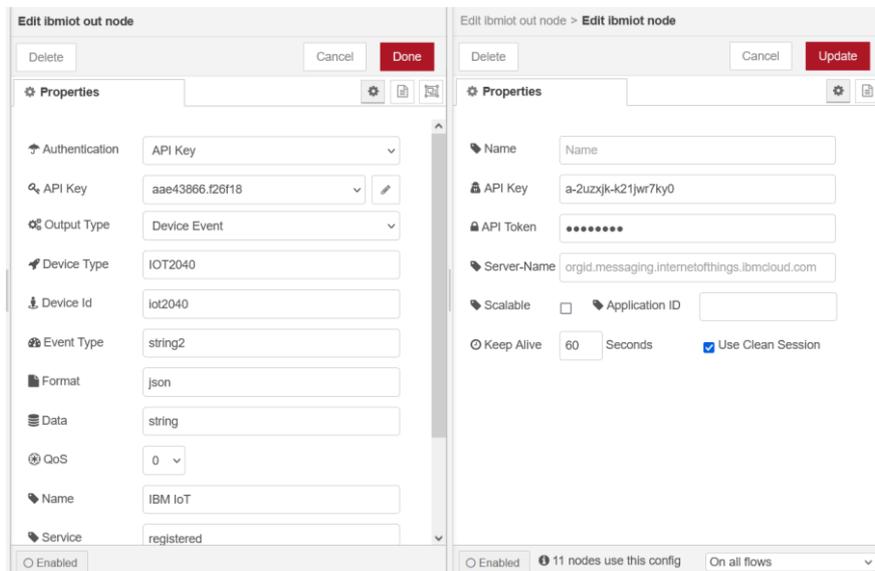
Figura 72 Configuración de nodo 'Watson IoT' de salida.

The image displays two side-by-side screenshots of the Node-RED configuration interface for a Watson IoT node. The left screenshot, titled 'Edit Watson IoT node', shows the 'Properties' section with the following settings: 'Connect as' set to 'Device', 'Registered' selected as the connection mode, 'Credentials' set to 'IOT2040/iot2040', 'Event type' set to 'event', and 'Format' set to 'true'. The right screenshot, titled 'Edit Watson IoT node > Edit wiotp-credentials node', shows the 'Properties' section with the following settings: 'Organization' set to '2uzxjk', 'Server-Name' set to 'orgid.messaging.internetofthings.ibmcloud.com', 'Device Type' set to 'IOT2040', 'Device ID' set to 'iot2040', and 'Auth Token' masked with dots. Both screenshots have red circles highlighting the 'Connect as', 'Registered', 'Credentials', 'Event type', 'Format', 'Organization', 'Device Type', and 'Device ID' fields.

Fuente: (Autor)

Para la configuración de los nodos 'ibmiot out' e 'ibmiot in', se rellena todos los campos, estos son los datos que obtuvimos anteriormente junto con las credenciales y con la clave API.

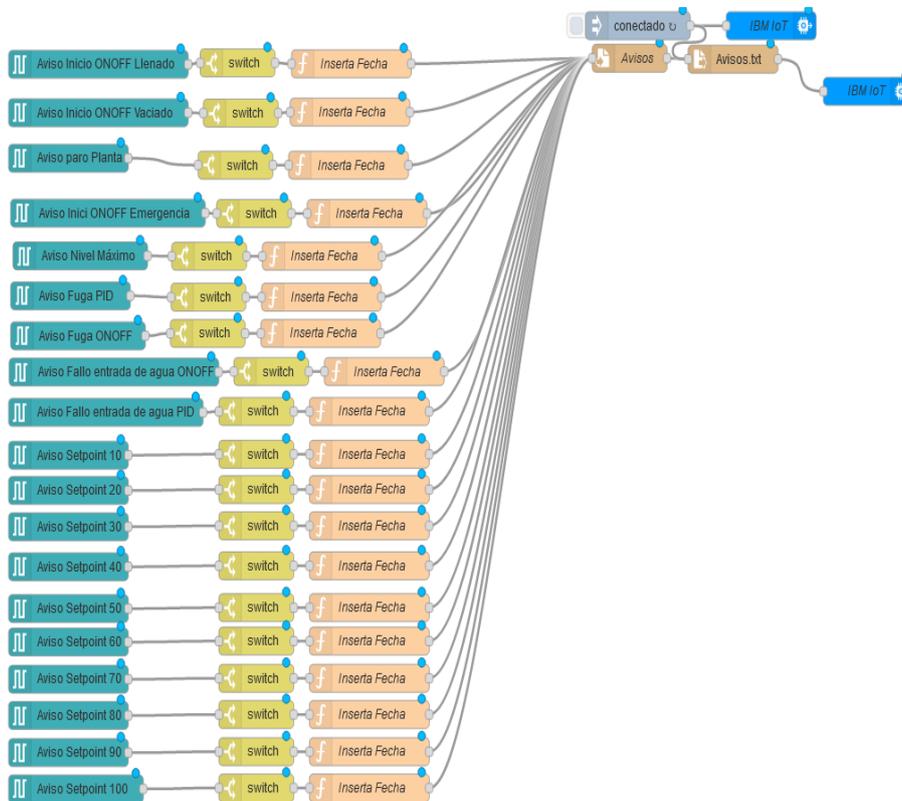
Figura 73 Configuración de nodo ‘ibmiot’ de salida.



Fuente: (Autor)

La base de datos en el IBM Cloudant se crea automáticamente después de programar los nodos ‘*node-red-node-cf-cloudant*’, estos ya vienen instalados de manera predeterminada en el Node-RED del servicio en la nube IBM Watson Cloudant. En la programación, para almacenar todos los avisos de la planta B en el servicio de la nube, se programó tanto en Node-RED de IoT-2040 como en Node-RED de IBM Watson Cloudant. Para programar en Node-RED de IoT-2040 se utilizó el nodo de ‘s7’ de entrada dado que se está recibiendo el aviso del PLC, luego enrutar el mensaje payload por medio del nodo switch, posterior a eso insertar el texto del aviso en conjunto con la fecha por medio del nodo ‘*function*’ y finalmente crear un archivo con el nodo ‘*file*’ en el cual se insertan todos los avisos para así enviarlos hacía el servicio en la nube.

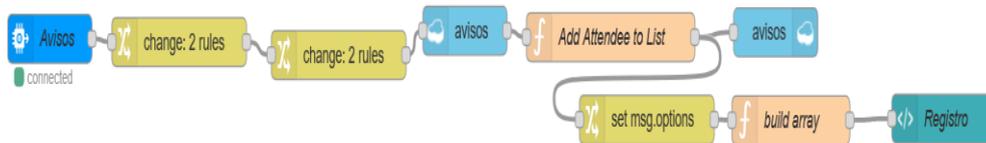
Figura 74 Programación de nodos para avisos en Node-RED de módulo IoT-2040.



Fuente: (Autor)

En la programación de Node-RED del servicio en la nube, se recibió el archivo de texto creado anteriormente con el nodo *'ibmiot'* de entrada.

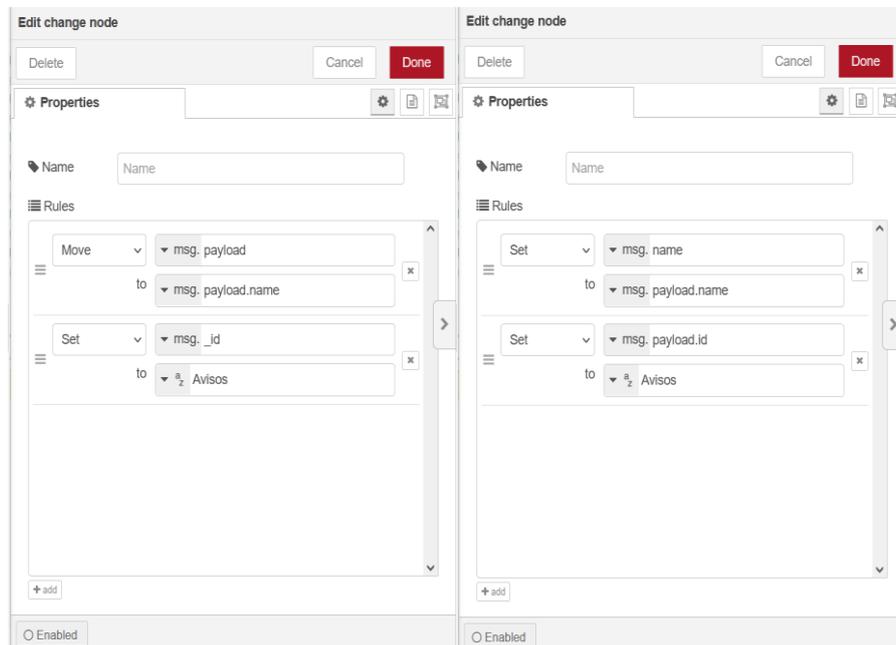
Figura 75 Programación de nodos para avisos en Node-RED del servicio en la nube IBM Watson.



Fuente: (Autor)

Luego se cambiaron las propiedades del mensaje entrante con el nodo *'Change'*. Esto es muy importante porque al momento de enviar el texto al servicio en la nube se da una identificación del mensaje y nombre, esto para que no se creen archivos adicionales en la nube.

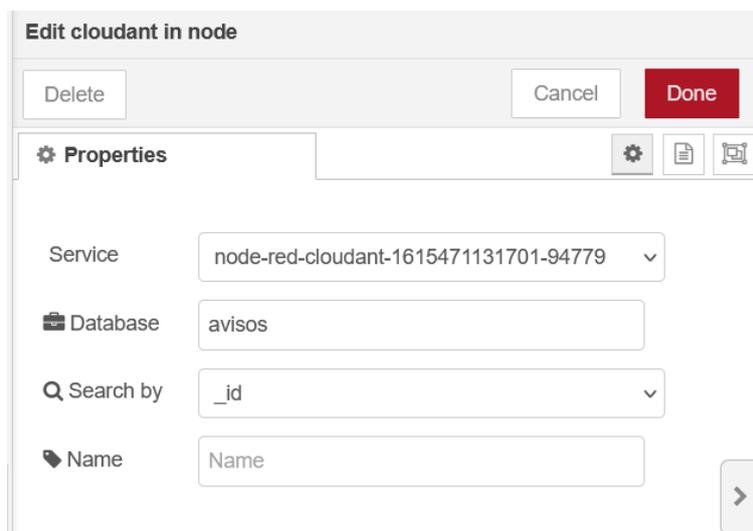
Figura 76 Configuración de nodo ‘change’.



Fuente: (Autor)

Posterior a eso, se utilizó el nodo ‘cloudant’ de entrada para buscar el archivo el id que en este caso es “avisos”.

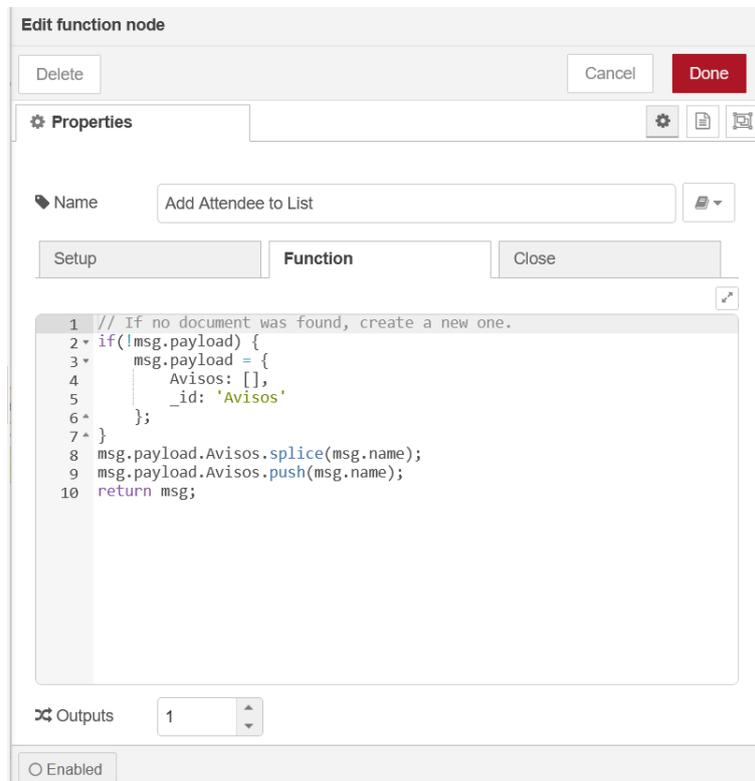
Figura 77 Configuración de nodo ‘cloudant’ de entrada.



Fuente: (Autor)

El siguiente paso fue el uso del nodo ‘function’ para almacenar el texto en un vector de una matriz y que los mensajes entrantes se inserten en el mismo vector.

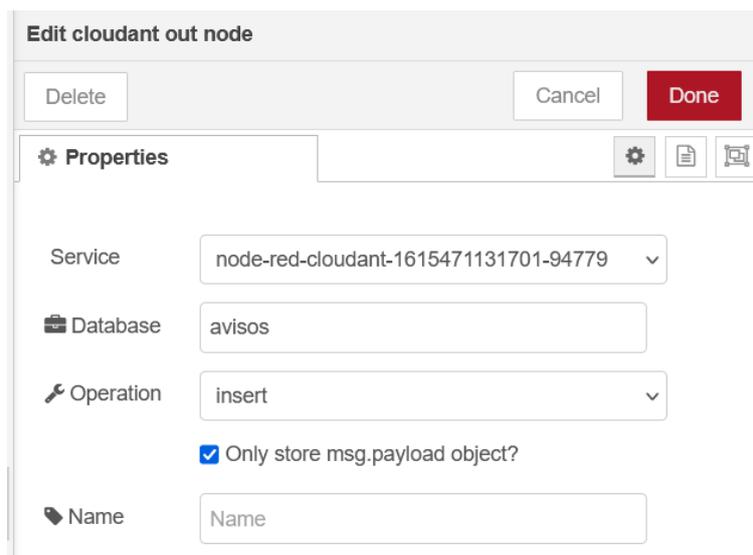
Figura 78 Configuración de nodo 'function'.



Fuente: (Autor)

Luego se creó la base de datos con el nombre “avisos” en el servicio en la nube por medio del nodo ‘cloudant’ de salida.

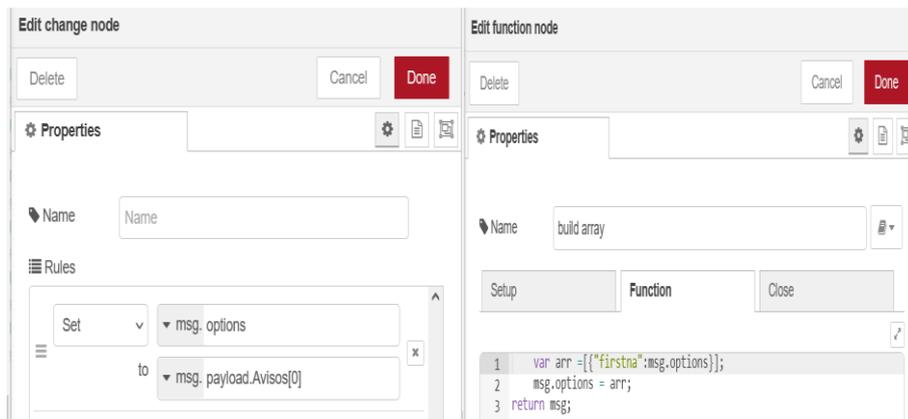
Figura 79 Configuración de nodo ‘cloudant’ de salida.



Fuente: (Autor)

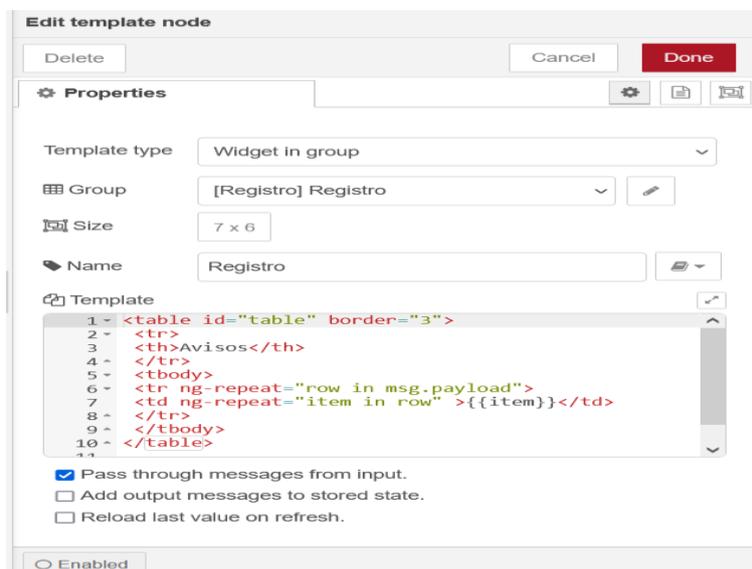
Finalmente se utilizaron los nodos 'change', 'function' y 'template' para mostrar en el *Dashboard* lo que se almacena en tiempo real en el servicio de la nube, los cuales son, los avisos de la planta B.

Figura 80 Configuración de nodos 'change' y 'function'.



Fuente: (Autor)

Figura 81 Configuración de nodo 'template'.

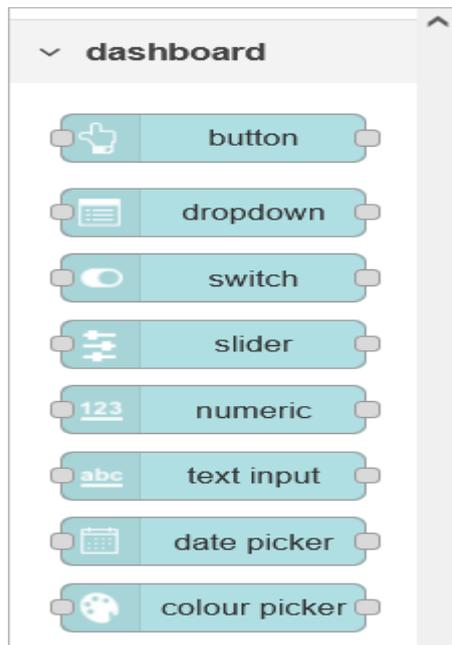


Fuente: (Autor)

3.5.4. Programación de los nodos para la configuración del *Dashboard*.

El *Dashboard* es una herramienta que permite representar un cuadro de mando de manera visual, Node-RED proporciona esta utilidad a través de un nodo, en la cual se encuentran diferentes interfaces de visualización, como: botones, medidores, diagramas, etc.

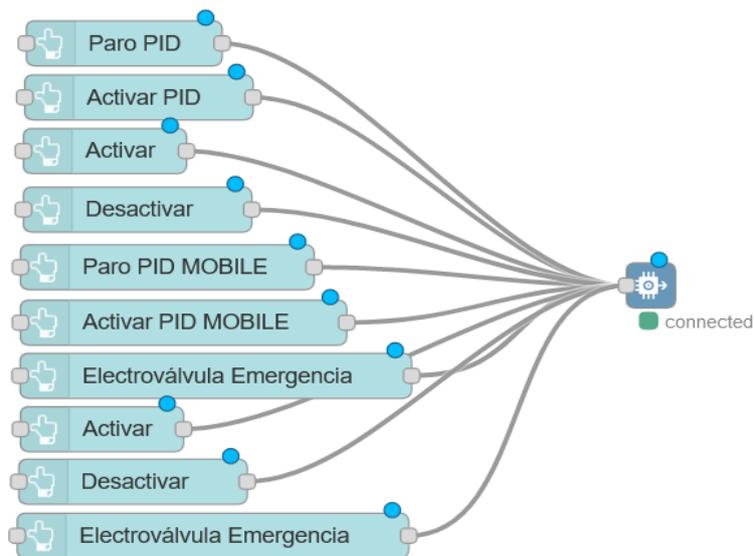
Figura 82 Nodos Dashboard.



Fuente: (Autor)

En la siguiente figura se observa los botones de acción para los distintos procesos del proyecto, estos nodos envían información al PLC por medio del nodo de conexión de IBM WATSON IOT.

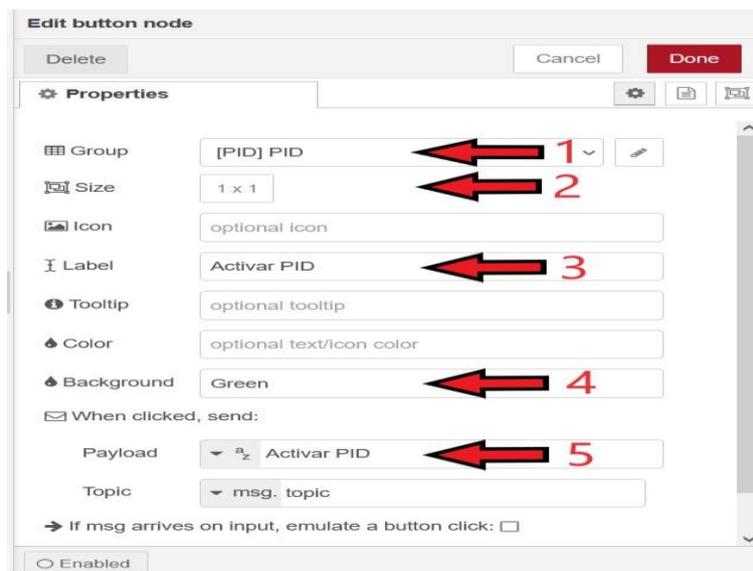
Figura 83 Programación de nodos de control en Node-RED del servicio en la nube IBM Watson.



Fuente: (Autor)

En la programación de los nodos del *Dashboard* de manera general se asigna un grupo con su respectiva etiqueta, esto se utiliza para mantener ordenados los nodos en las pestañas en donde se visualicen. Posterior a eso para los botones se designa el tamaño, etiqueta, el color de fondo y el mensaje *'Payload'*, que es el texto, número, booleano, etc; que se envía al hacer clic en el botón.

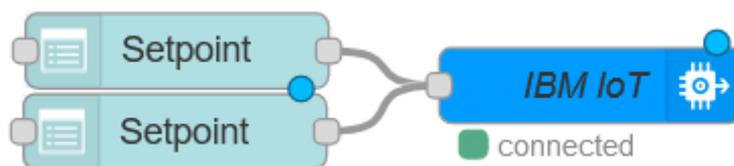
Figura 84 Configuración de nodo 'button'.



Fuente: (Autor)

Los nodos *'Dropdown'* también forman parte del *Dashboard*, se utilizan para crear menús desplegables, en nuestro proyecto se empleó para seleccionar el *Setpoint* para el proceso PID. Así mismo estos nodos envían información al PLC por medio del nodo de conexión de IBM WATSON IOT.

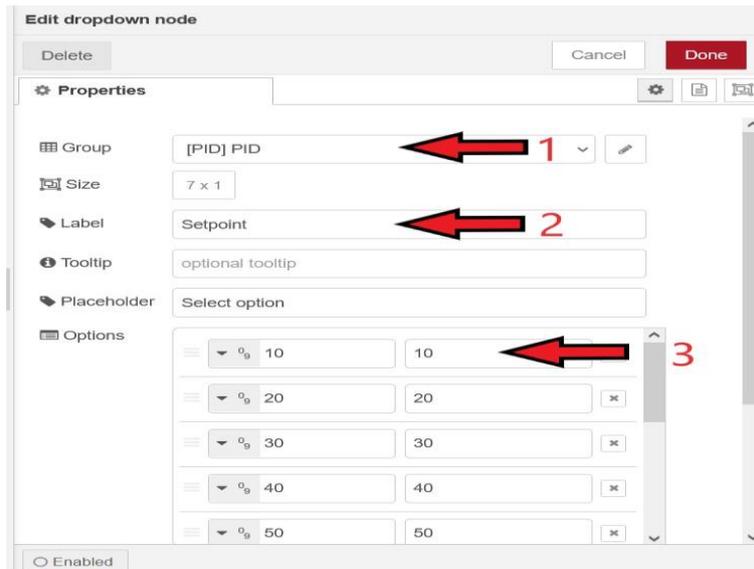
Figura 85 Programación de nodo para Setpoint de proceso PID en Node-RED del servicio en la nube IBM Watson.



Fuente: (Autor)

Para la programación de los nodos Dropdown se seleccionó el grupo ‘PID’, luego se asignó la etiqueta para reconocer visualmente en la interfaz de Node-RED y finalmente añadir las opciones, que, para el proyecto, fueron valores de 10 a 100 que representan los porcentajes de nivel del tanque.

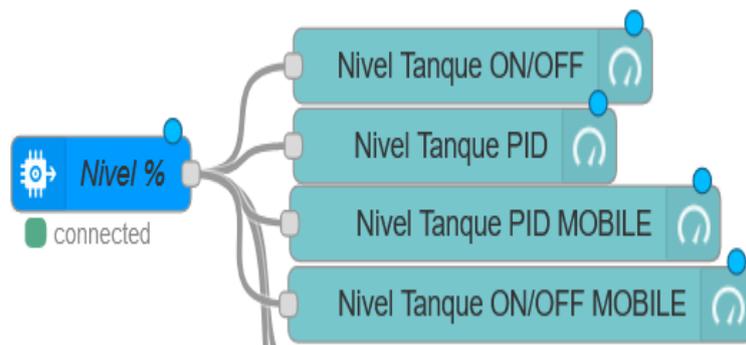
Figura 86 Configuración de nodo ‘dropdown’.



Fuente: (Autor)

El siguiente grupo de nodos son indicadores tipo ‘widget’ los cuales, se utilizaron para indicar el nivel del tanque, caudal y porcentaje de la apertura de la válvula proporcional. Estos nodos reciben información del PLC por medio del nodo de conexión de IBM WATSON IOT.

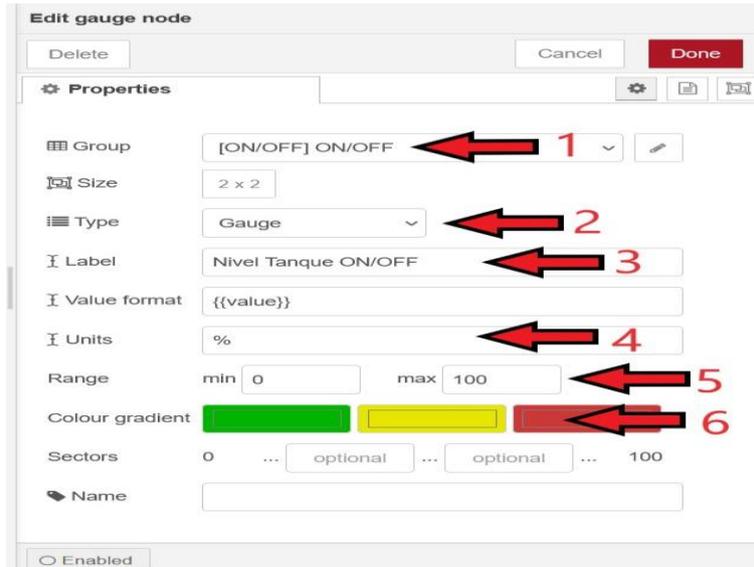
Figura 87 Programación de nodos para indicar nivel del tanque en Node-RED del servicio en la nube IBM Watson.



Fuente: (Autor)

Para la programación de los nodos indicadores tipo ‘widget’ se seleccionó el grupo según correspondía, luego el tipo de medidor. Este tiene varios modos: Calibre regular, rosquilla, brújula y onda. Posterior a eso, se seleccionó la etiqueta, las unidades, el rango y el color gradiente.

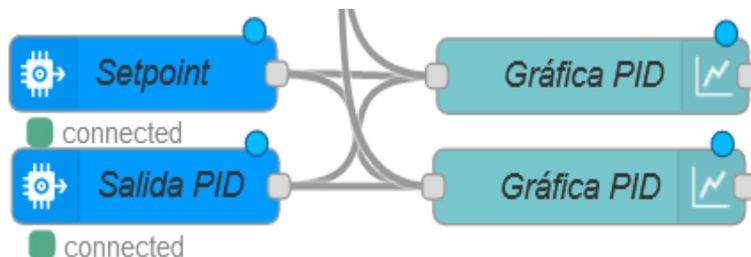
Figura 88 Configuración de nodo ‘gauge’.



Fuente: (Autor)

El siguiente grupo de nodos se utilizó para visualizar gráficos, en este caso para visualizar la gráfica del proceso PID, la cual recibe datos del PLC por medio del nodo de conexión IBM WATSON IOT.

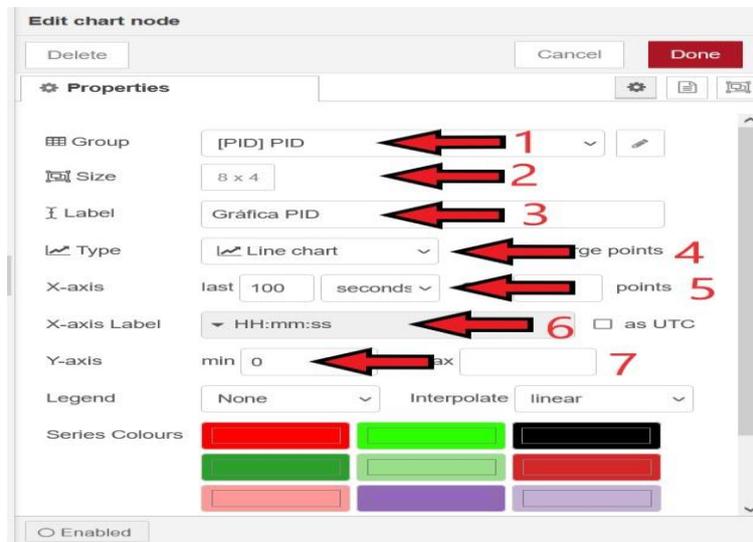
Figura 89 Configuración de nodos para visualización de gráfica PID en Node-RED del servicio en la nube IBM Watson.



Fuente: (Autor)

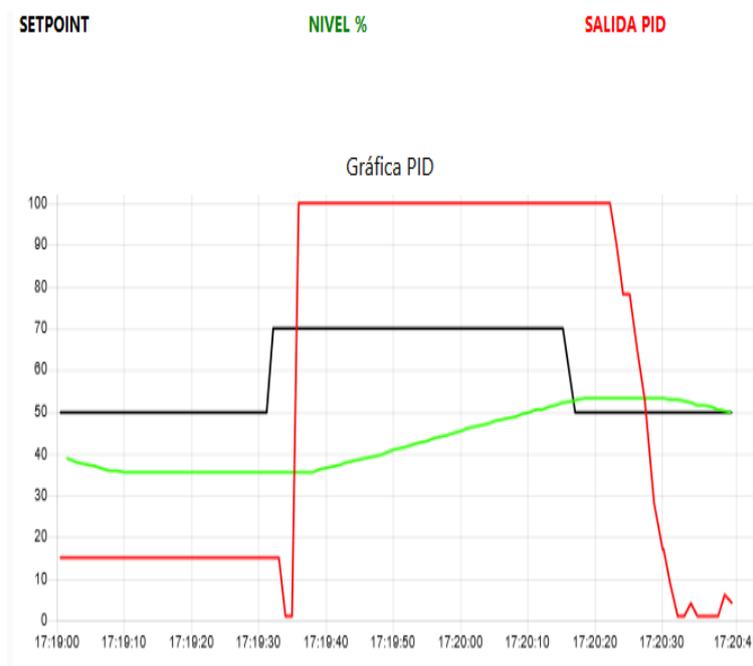
Para la programación de este grupo de nodos se seleccionó el grupo PID, el tamaño de la gráfica, etiqueta, el tipo de gráfico, este puede ser un gráfico de líneas basado en el tiempo, un gráfico de barras (vertical u horizontal) o un gráfico circular. Finalmente se configura el eje ‘X’ para el tiempo y el eje ‘Y’ para los valores recibidos.

Figura 90 Configuración de nodo 'chart'.



Fuente: (Autor)

Figura 91 Gráfica PID en el Dashboard del servicio en la nube.



Fuente: (Autor)

Donde la gráfica de color verde representa el nivel del tanque en el sistema, la gráfica negra representa el *Setpoint* elegido desde el *Dashboard* de control y la gráfica roja representa la válvula proporcional que controla el sistema PID.

3.6. Comprobación del Sistema de Monitoreo y Resultados

3.6.1. Pruebas de control y supervisión desde el *Dashboard* del servicio de la nube IBM Cloudant en la planta B en tiempo real.

Se realizaron varias pruebas de funcionamiento para comprobar que el sistema de control y supervisión desde la nube funciona correctamente, donde se podrá apreciar en la Figura 91 que se colocó un *Setpoint* de 70% de nivel e inmediatamente en el sistema actúa el control PID. Además, se puede apreciar la supervisión de todos los datos que los sensores están detectando en la planta.

Figura 92 Proceso PID con Setpoint al 70% visualizado en el Dashboard del servicio en la nube IBM Watson Cloudant.



Fuente: (Autor)

Figura 93 Proceso PID con Setpoint al 50% visualizado en el Dashboard del servicio en la nube IBM Watson Cloudant.



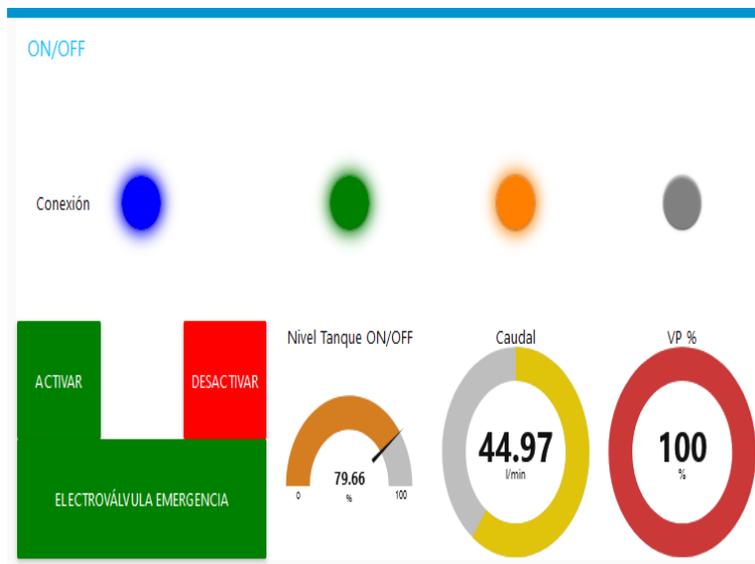
Fuente: (Autor)

Figura 94 Proceso ON/OFF alcanzando el nivel máximo de nivel visualizado en el Dashboard del servicio en la nube IBM Watson Cloudant.



Fuente: (Autor)

Figura 95 Proceso ON/OFF de emergencia visualizado en el Dashboard del servicio en la nube IBM Watson Cloudant.



Fuente: (Autor)

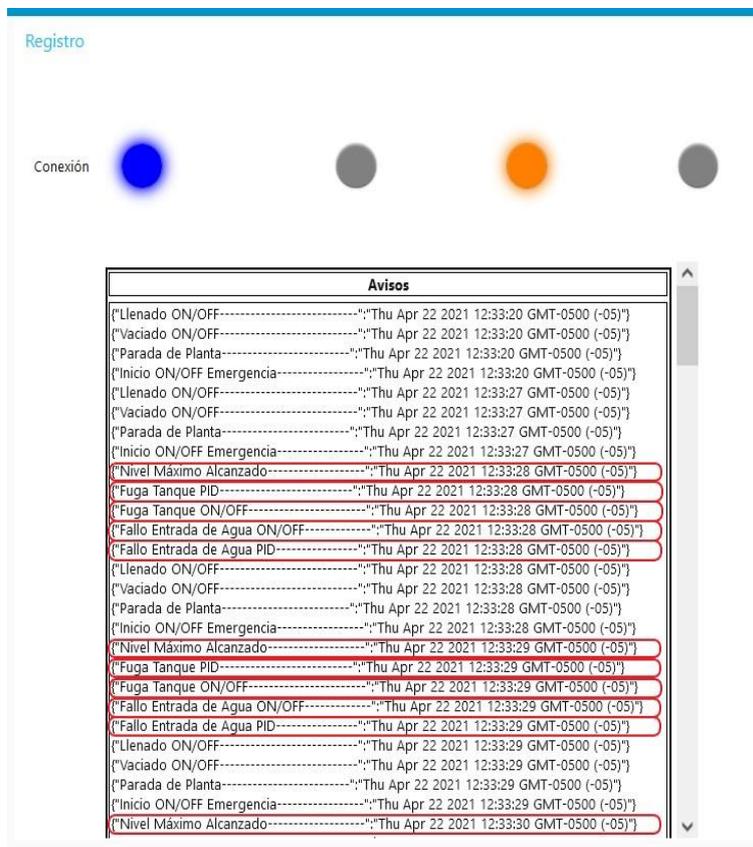
3.6.2. Prueba de alarmas y seguridades en la planta B desde el servicio de la nube. (En tiempo real)

Figura 96 Activación de alarma de fuga en proceso PID visualizado en el Dashboard del servicio en la nube IBM Watson Cloudant.



Fuente: (Autor)

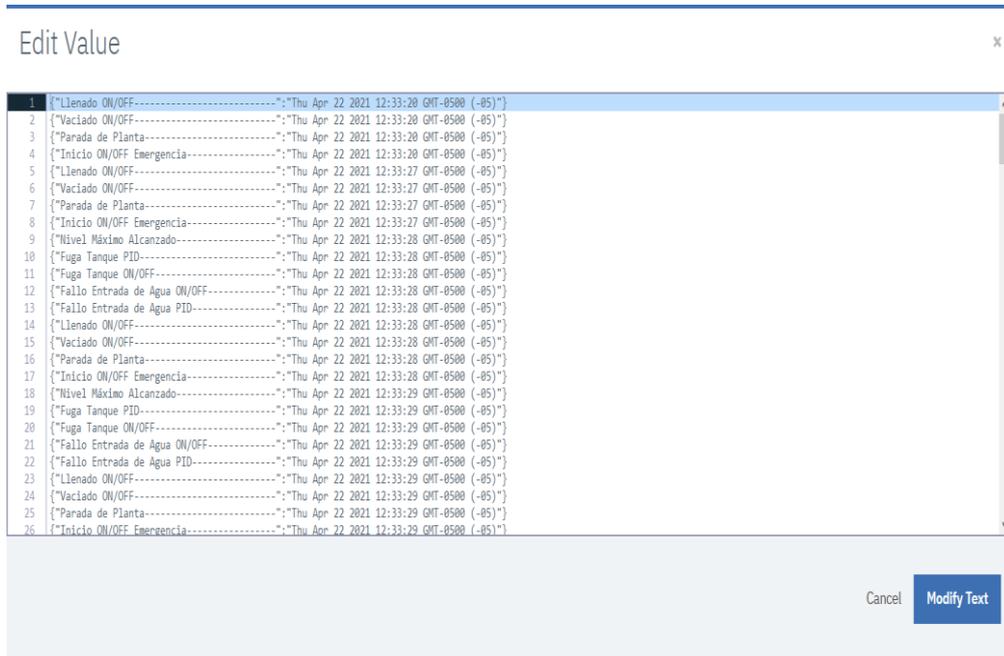
Figura 97 Visualización de alarmas y seguridades de la planta B en el Dashboard del servicio en la nube IBM Watson Cloudant.



Fuente: (Autor)

3.6.3. Prueba de recolección de datos de los avisos en la base de datos de nuestro servicio en la nube. (En tiempo real)

Figura 98 Visualización de alarmas, seguridades y avisos de la planta B en la base de datos servicio en la nube IBM Watson Cloudant.



Fuente: (Autor)

4. CAPÍTULO

4.1. Conclusiones y Recomendaciones

Este proyecto logró demostrar que la actualización de una planta automatizada a un nivel superior de control y supervisión desde la nube puede implementarse de forma exitosa en plantas que no necesariamente sean totalmente automatizadas. Incluso si la planta trabaja procesos simples, se puede obtener un mejor rendimiento de control y supervisión con esta actualización.

Fue importante realizar un correcto levantamiento de la planta. Gracias a ello se pudo empezar a planificar en orden los pasos para llegar a nuestro objetivo final.

Se identificó que para actualizar una planta al nivel de IIoT, es necesario contar por lo menos con un sistema SCADA o similar. Es por eso que en este proyecto se programó una pantalla HMI que permite supervisar y controlar de forma local a la planta. A partir de un buen control y supervisión local, se puede empezar a implementar un servicio de la nube para que realice las mismas funciones, pero con mayores ventajas que no se pueden conseguir localmente.

Las alarmas y seguridades de una planta industrial deben ser analizadas cuidadosamente para que sean exitosas y funcionales en el sistema. La programación de las alarmas y seguridades en este sistema fue uno de los pasos más extensos en el proyecto. Las variables importantes del proceso fueron la clave que priorizamos en esta programación. Incluso, a pesar de contar con sensores muy limitados en la planta, identificando las variables precisas y obteniendo los datos necesarios, fue suficiente para diseñar seguridades importantes en el sistema como posibles fugas en el tanque o fallas en la entrada de agua.

Fue un gran acierto escoger el dispositivo IoT-2040 de la marca Siemens para este proyecto. Este dispositivo demuestra tener prestaciones industriales adecuadas para plantas automatizadas de bajo y alta manufactura. Nuestro proyecto no posee procesos complejos, pero se escogió este dispositivo para simular lo mejor posible a un ambiente industrial complejo. El dispositivo demostró tener alta compatibilidad con el PLC Siemens S7-1200 y con los programas de conexión, programación y comunicación hacia la nube.

Node-Red demostró ser una gran opción gratuita para proyectos de actualización de sistemas IIoT. Es un entorno de programación visual que fue desarrollado con pocos errores y con muchas opciones de nodos para establecer comunicaciones entre los niveles del sistema. Se encuentra mucha información que ayuda a la programación de los nodos y tiene una gran compatibilidad con el servicio de la nube IBM Watson, el cual ofrece servicios muy buenos de forma gratuita pero limitada.

Es importante incentivar la investigación y el desarrollo de sistemas IIoT en nuestro ambiente industrial nacional. Con estos servicios se puede conseguir ahorrar mucho dinero en mantenimientos, en supervisión de la producción y en la prevención de posibles fallos. A nivel gerencial, este nivel de supervisión y control desde la nube ayuda mucho a mantener una exacta regulación de la producción, permitiendo hacer mejores análisis a futuro para llegar a los objetivos de la empresa.

4.2. Referencias

Amazon. (14 de enero de 2020). *AWS IoT*. Recuperado el 11 de diciembre de 2020, de Amazon.com: <https://aws.amazon.com/es/iot/solutions/industrial-iot/>

Andy Toro, Gustavo Sánchez, Miguel Strefezza, & Ernesto Granado. (20 de Junio de 2017). *IIoT y sistemas de control: oportunidades, desafíos y arquitecturas*. Recuperado el 09 de Junio de 2021, de IIoT y sistemas de control: oportunidades, desafíos y arquitecturas: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/5075/507555085001/html/index.html>

ARIMETRICS. (s.f.). *Qué es Wearable*. Recuperado el 13 de Junio de 2021, de ARIMETRICS: <https://www.arimetrics.com/glosario-digital/wearable>

Burkert. (s.f.). *Tipo 2702 - Válvula reguladora de asiento inclinado de 2 vías accionada neumáticamente*. Recuperado el 14 de mayo de 2021, de Productos Burkert: <https://www.burkert.es/es/type/2702#:~:text=La%20válvula%20de%20control%202702,las%20válvulas%20de%20control%20convencionales.>

Burkert. (s.f.). *Tipo 8792 - Regulador de posición electroneumático digital: Positioner SideControl*. Recuperado el 14 de mayo de 2021, de Productos Burkert: <https://www.burkert.es/es/type/8792>

- Burkert. (s.f.). *Tipo 8798 - Sensor remoto para válvulas de proceso con accionamiento neumático*. Recuperado el 14 de mayo de 2021, de Productos Burkert: <https://www.burkert.es/es/type/8798>
- Burkert. (s.f.). *Válvulas de cierre on/off*. Recuperado el 14 de mayo de 2021, de Tipo 2000 - Válvula de asiento inclinado de 2/2 vías accionada neumáticamente: <https://www.burkert.es/es/type/2000>
- Danfoss. (s.f.). *Bobina para solenoide, Tipo: BB024DS*. Recuperado el 14 de mayo de 2021, de Tienda de Danfoss oficial: <https://store.danfoss.com/es/es/Climate-Solutions---cooling/Válvulas/Bobinas-para-válvula/Bobinas-para-válvulas-solenoide/Bobina-para-solenoide%2C-BB024DS/p/018F7397>
- E. Crespo. (2017). *Aprendiendo Arduino*. Recuperado el 16 de diciembre de 2020, de Aprendiendo Arduino: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2018/11/11/arquitecturas-iot/>
- Endress + Hauser. (s.f.). *Liquiphant T FTL20*. Recuperado el 13 de mayo de 2021, de Productos Endress + Hauser: <https://www.es.endress.com/es/instrumentacion-campo/medicion-nivel/detector-nivel-liquiphant>
- Endress + Hauser. (s.f.). *Medición de nivel capacitiva Liquicap FMI51*. Recuperado el 11 de mayo de 2021, de Productos Endress + Hauser: <https://www.es.endress.com/es/instrumentacion-campo/medicion-nivel/medicion-nivel-capacitiva-adherencias?highlight=fmi51&highlight=fmi51&highlight=fmi51&highlight=fmi51>
- Endress + Hauser. (s.f.). *Promag 50W*. Recuperado el 11 de 05 de 2021, de Productos Endress & Hauser: <https://www.es.endress.com/es/instrumentacion-campo/medicion-caudal/caudalimetro-electromagnetico-aplicaciones-exigentes>
- FESTO. (s.f.). *FESTO LOE-D-MINI BD43*. Recuperado el 14 de mayo de 2021, de Lubricadores LOE: <https://www.festo.com/media/pim/773/D15000100149773.PDF>

- Fractal. (10 de octubre de 2018). *Las 9 aplicaciones más importantes del Internet de las Cosas (IoT)*. Recuperado el 13 de junio de 2021, de Página web de Fractal: <https://www.fractal.com/es/blog/2018/10/10/9-aplicaciones-importantes-iot>
- Google Sites. (s.f.). *características scada*. Recuperado el 14 de junio de 2021, de Automatización y control: <https://sites.google.com/site/automatizacionycontrol4/automatizacion/scada/caracteristicas-scada>
- Google. (s.f.). *Supervisión remota y alertas de IoT*. Recuperado el 09 de junio de 2021, de Cloud Architecture Center: <https://cloud.google.com/architecture/remote-monitoring-and-alerting-for-iot?hl=es-419>
- Hidráulica & Neumática S.A. (s.f.). *UNIDADES DE MANTENIMIENTO FRL*. Recuperado el 14 de mayo de 2021, de HNSA: <http://www.hnsa.com.co/unidades-de-mantenimiento-frl/>
- IBM Watson. (s.f.). *¿Qué es Watson IoT Platform?* Recuperado el 15 de Junio de 2021, de Watson IoT Platform: <https://www.ibm.com/es-es/cloud/watson-iot-platform>
- ISOTools Excellence. (23 de Octubre de 2018). *Avances tecnológicos y de la información asociados a la Industria 4.0*. Recuperado el 09 de junio de 2021, de Blog Calidad y Excelencia: <https://www.isotools.org/2018/10/23/avances-tecnologicos-informacion-asociados-industria-4-0/>
- L. Atzori, A. Lera, & G. Morabito. (2010). *The internet of Things: A survey* (Computer Networks ed., Vol. 54).
- Luis Amendola. (diciembre de 2014). *Reportero Industrial*. Recuperado el 11 de diciembre de 2020, de Reportero Industrial: <https://www.reporteroindustrial.com/temas/Monitoreo-de-la-condicion-de-los-activos-fisicos-alineados-al-estandar-PAS-55-ISO-55000+102071?pagina=2>
- Microsoft. (s.f.). *¿Qué es PaaS?* Recuperado el 15 de Junio de 2021, de Plataforma como servicio: <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/what-is-paas/>

- Microsoft. (s.f.). *Protocolos y tecnologías IoT*. Recuperado el 17 de diciembre de 2020, de Microsoft.com: <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/internet-of-things-iot/iot-technology-protocols/>
- Node-RED. (Noviembre de 2020). *Node-RED Library*. Recuperado el 08 de Junio de 2021, de node-red-contrib-s7: <https://flows.nodered.org/node/node-red-contrib-s7>
- Node-RED. (s.f.). *Node-RED*. Recuperado el 24 de junio de 2021, de Home Node-RED: <https://nodered.org>
- ORACLE. (s.f.). *¿Qué es el IoT?* Recuperado el 15 de Junio de 2021, de Internet Of Things: <https://www.oracle.com/ar/internet-of-things/what-is-iot/#link2>
- Red Hat. (s.f.). *¿Qué son los servicios de nube?* Recuperado el 15 de Junio de 2021, de Cloud Computing Red Hat: [https://www.redhat.com/es/topics/cloud-computing/what-are-cloud-services#:~:text=Los%20servicios%20de%20nube%20son,de%20front-end%20\(p](https://www.redhat.com/es/topics/cloud-computing/what-are-cloud-services#:~:text=Los%20servicios%20de%20nube%20son,de%20front-end%20(p)
- S. F. P. W. S. R. P. F. D. S. K. L. H. C. W. V. M. R. A. J. T. J. B. L. K. D. S. R. P. S. C. D. R. W. Nathaniel Palmer. (2015). *BPM Everywhere: Internet of Things, Process of Everything*. Future Strategies Inc.
- Siemens. (08 de Abril de 2016). *¿Cómo se pueden escalar los valores enteros para entradas/salidas analógicas en valores reales y los valores reales en valores enteros, utilizando el STEP 7 (TIA Portal) y S7-1200/S7-1500?* Recuperado el 14 de Mayo de 2021, de Cursos: [https://support.industry.siemens.com/cs/document/39334504/%C2%BFc%C3%B3mo-se-pueden-escalar-los-valores-enteros-para-entradas-salidas-anal%C3%B3gicas-en-valores-reales-y-los-valores-reales-en-valores-enteros-utilizando-el-step-7-\(tia-portal\)-y-s7-1200-s7-1](https://support.industry.siemens.com/cs/document/39334504/%C2%BFc%C3%B3mo-se-pueden-escalar-los-valores-enteros-para-entradas-salidas-anal%C3%B3gicas-en-valores-reales-y-los-valores-reales-en-valores-enteros-utilizando-el-step-7-(tia-portal)-y-s7-1200-s7-1)
- Siemens. (14 de octubre de 2018). *Introducción a SIMATIC IOT2040 - Primer programa en Node-red*. Recuperado el 23 de mayo de 2021, de infoPLC: <https://www.infopl.net/descargas/109-siemens/comunicaciones/2847-manual-simatic-iot2040-node-red>

Siemens. (14 de julio de 2020). *Imagen ejemplo para la SD-Card de un SIMATIC IOT2020/IOT2040*. Recuperado el 23 de mayo de 2021, de Product Support: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109741799/imagen-ejemplo-para-la-sd-card-de-un-simatic-iot2020-iot2040?dti=0&lc=es-ES>

T.N.T. Company. (s.f.). *NCtech*. Recuperado el 10 de diciembre de 2020, de NCtech.com: <https://nctech.com.mx/la-importancia-de-monitorear-los-procesos-industriales-de-una-empresa/#:~:text=La%20medici%C3%B3n%20y%20el%20control,decir%2C%20lograr%20una%20unidad%20productiva>

telemetrik. (s.f.). *Teleprocess*. Recuperado el 10 de diciembre de 2020, de Telemetrik.com: <https://telemetrik.co/internet-de-las-cosas-iot-automatizacion-industrial-instrumentacion-monitoreo-de-procesos-industriales-control-de-procesos-industriales/>

4.3. Anexos

	VICERRECTORADO DOCENTE	Código: GUIA-PRL-001
	CONSEJO ACADÉMICO	Aprobación:
Formato: Guía de Práctica de Laboratorio / Talleres / Centros de Simulación		

		FORMATO DE GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO / TALLERES / CENTROS DE SIMULACIÓN – PARA DOCENTES																													
CARRERA: Ingeniería Mecatrónica		ASIGNATURA:																													
NRO. PRÁCTICA:	01	TÍTULO PRÁCTICA: Apertura y cierre de válvula solenoide Danfoss de la planta B desde el dashboard del dispositivo IoT-2040.																													
OBJETIVO: <ul style="list-style-type: none"> ● Conocer el funcionamiento del software TIA PORTAL V15. ● Conocer los pasos para poner en red el PLC con Iot-2040 y el PLC S7-1200. ● Conocer el funcionamiento de Node red. ● Realizar el mando de apertura y cierre de la válvula solenoide Danfoss. 																															
INSTRUCCIONES (Detallar las instrucciones que se dará al estudiante):	1. Requisitos y conocimientos previos <ol style="list-style-type: none"> Instalaciones industriales Electrónica básica Instrumentación industrial Automatización industrial Redes de computadoras 																														
	2. Equipos, instrumentos y software <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Descripción</th> <th style="width: 10%;">Cantidad</th> <th style="width: 15%;">Marca</th> <th style="width: 25%;">Identificación / serie</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Computadora S.O. Windows 10, 64 bits</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>PLC S7-1200</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">SIEMENS</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Cable cruzado ETHERNET</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Software TIA PORTAL V15</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>IOT-2040</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">SIEMENS</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Router</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">TP LINK</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> </tbody> </table>			Descripción	Cantidad	Marca	Identificación / serie	Computadora S.O. Windows 10, 64 bits	1	-	-	PLC S7-1200	1	SIEMENS	-	Cable cruzado ETHERNET	2	-	-	Software TIA PORTAL V15	1	-	-	IOT-2040	1	SIEMENS	-	Router	1	TP LINK	-
	Descripción	Cantidad	Marca	Identificación / serie																											
	Computadora S.O. Windows 10, 64 bits	1	-	-																											
	PLC S7-1200	1	SIEMENS	-																											
Cable cruzado ETHERNET	2	-	-																												
Software TIA PORTAL V15	1	-	-																												
IOT-2040	1	SIEMENS	-																												
Router	1	TP LINK	-																												
3. Exposición <p>El SIMATIC s7-1200 representa el perfeccionamiento de los sistemas de automatización SIMATIC, dentro de las cuales las características más relevantes son:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Mayor rendimiento del sistema ● Funcionalidad Motion Control integrada ● PROFINET IO IRT ● Innovaciones de lenguaje STEP 7 manteniendo las funciones probadas <p>El sistema S7-1200 puede estar compuesto de un máximo de 8 módulos de señales y 3 módulos de comunicación como se puede apreciar en la Figura 1.</p>																															



Fig. 1 Módulo S7-1200.

1. Módulo de alimentación del sistema.
2. CPU.
3. Módulos de periferia.
4. Perfil soporte con perfil DIN integrado.

- **TIA PORTAL v15:** es un software que posee dos vistas diferentes de las herramientas disponibles, las cuales son: las funciones de las herramientas (vista del portal) o una vista orientada a los elementos del proyecto (vista del proyecto). La vista del portal ofrece una vista funcional de las tareas del proyecto y organiza las funciones de las herramientas según las tareas que deban realizarse, por ejemplo, configurar los componentes de hardware y las redes. La vista del proyecto proporciona acceso a todos los componentes del proyecto. Puesto que todos estos componentes se encuentran en un solo lugar, es posible acceder fácilmente a todas las áreas del proyecto. El proyecto contiene todos los elementos que se han creado o finalizado.
- **IoT 2040:** es una herramienta que permite que aquellos equipos que no tienen la funcionalidad de conexión a la nube puedan enviar datos mediante el IOT2040.

Esta placa cuenta con las siguientes características, que son vitales para la automatización industrial, tales como:

Es compatible con todos los softwares industriales. Cuenta con garantía de calidad SIEMENS que optimiza la producción.

Además, el SIMATIC IoT usa una puerta de enlace inteligente, que permite recabar los datos de diferentes fuentes, los analiza y redirige la información correspondiente. Con ello, facilita la implementación de este sistema, sin importar en qué industria estés trabajando.

4. Indicar al profesor para su evaluación de funcionamiento.

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR

(Anotar las actividades que deberá seguir el estudiante para el cumplimiento de la práctica)

1. Abrir el software TIA PORTAL V15

2. A continuación, elegir la opción crear proyecto, y proceder a asignar un nombre al proyecto, así como la ruta de acceso y luego dar clic en crear. Ver la figura 2

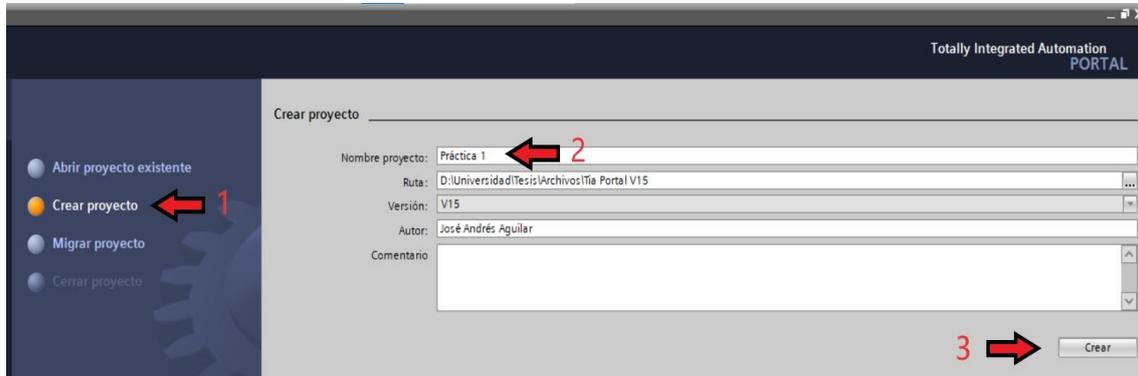


Fig 2. Crear proyecto

3. A continuación dentro de los primeros pasos se procederá a configurar un dispositivo. Ver figura 3

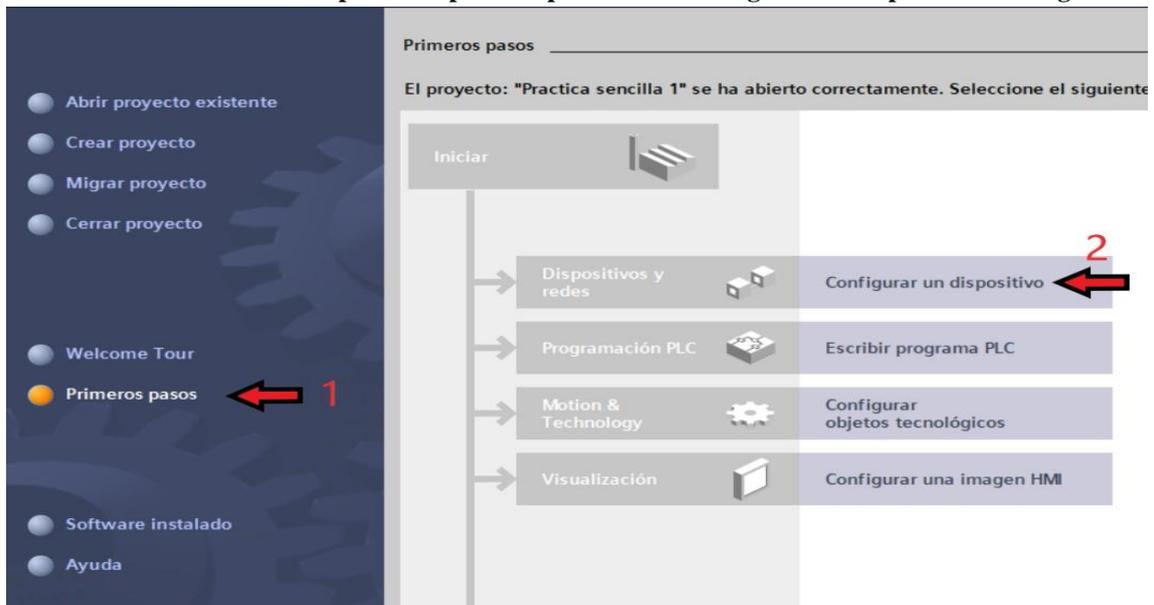


Fig 3. Configurar un dispositivo

4. Dentro de agregar un dispositivo elegimos la opción SIMATIC S7-1200, y a continuación el CPU que para este caso es 1516-3 PN/DP, también se debe elegir la versión, y dar clic en agregar. Ver figura 4

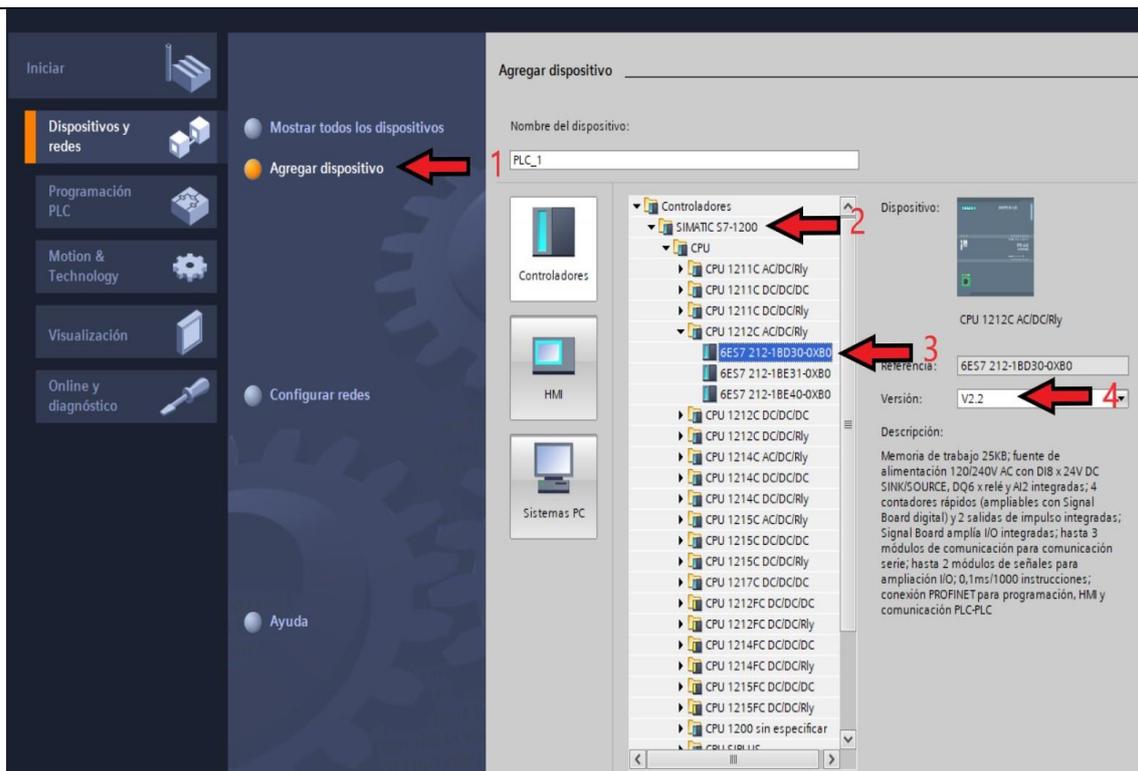


Fig 4. Agregar un dispositivo

- Una vez que tengamos agregado el dispositivo se abrirá una ventana en la cual se mostrará el CPU, y en la sección catálogo de hardware tendremos los módulos que se pueden agregar. Ver figura 5

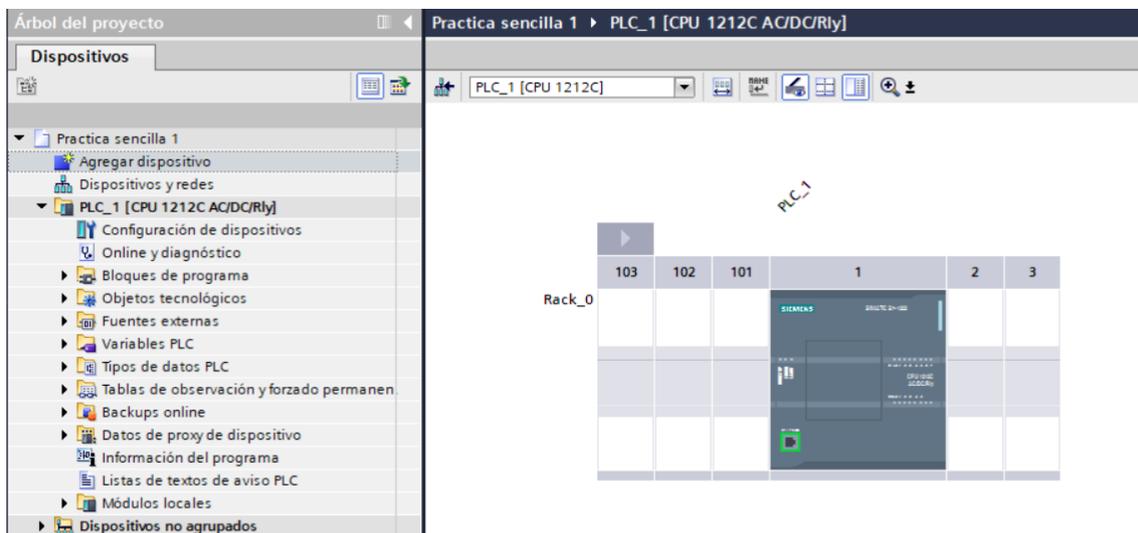


Fig 5. Vista de dispositivos

6. A continuación, desde la ventana árbol de proyecto, dentro de la opción PLC_1 dar clic sobre variables PLC, y elegir la opción mostrar todas las variables, y se abrirá una ventana con todas las variables del proyecto. En nuestro caso esta sección está vacía. Ver figura 7

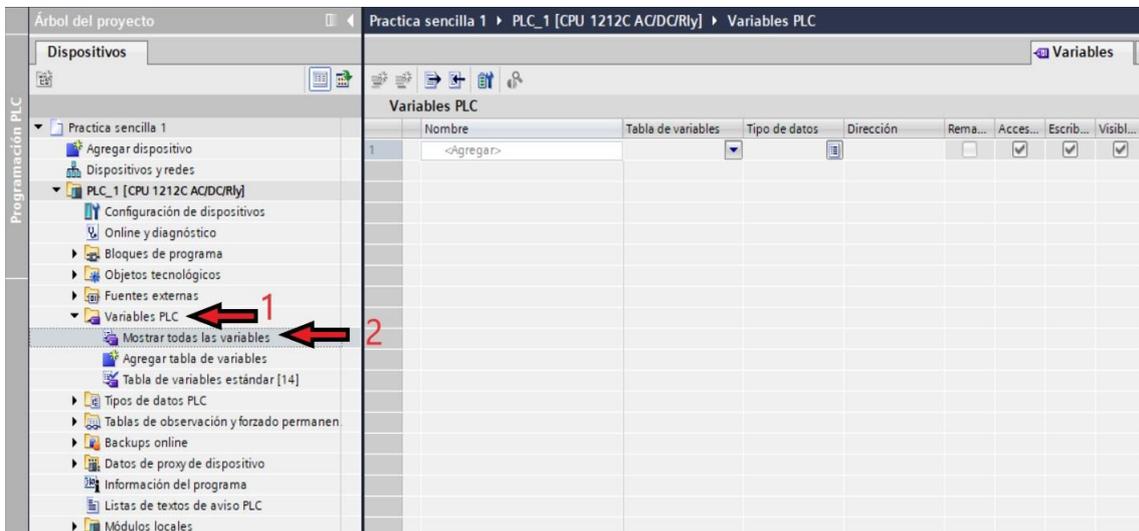


Fig. 6 Variables

7. Para nuestra primera aplicación se procede a declarar las siguientes variables. Ver figura 8

Variables PLC								
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...
1	Paro de Emergencia	Tabla de variables e..	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	S1	Tabla de variables e..	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Válvula Danfoss	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	<Agregar>				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Fig. 7 Declaración de variables

8. Luego de crear las variables, se procederá a crear el bloque de programa, para lo cual se debe elegir desde la ventana de árbol de proyecto la opción bloque de programa y dar clic sobre Main [OB1], para que se abra la ventana bloques de programa. Ver figura 8

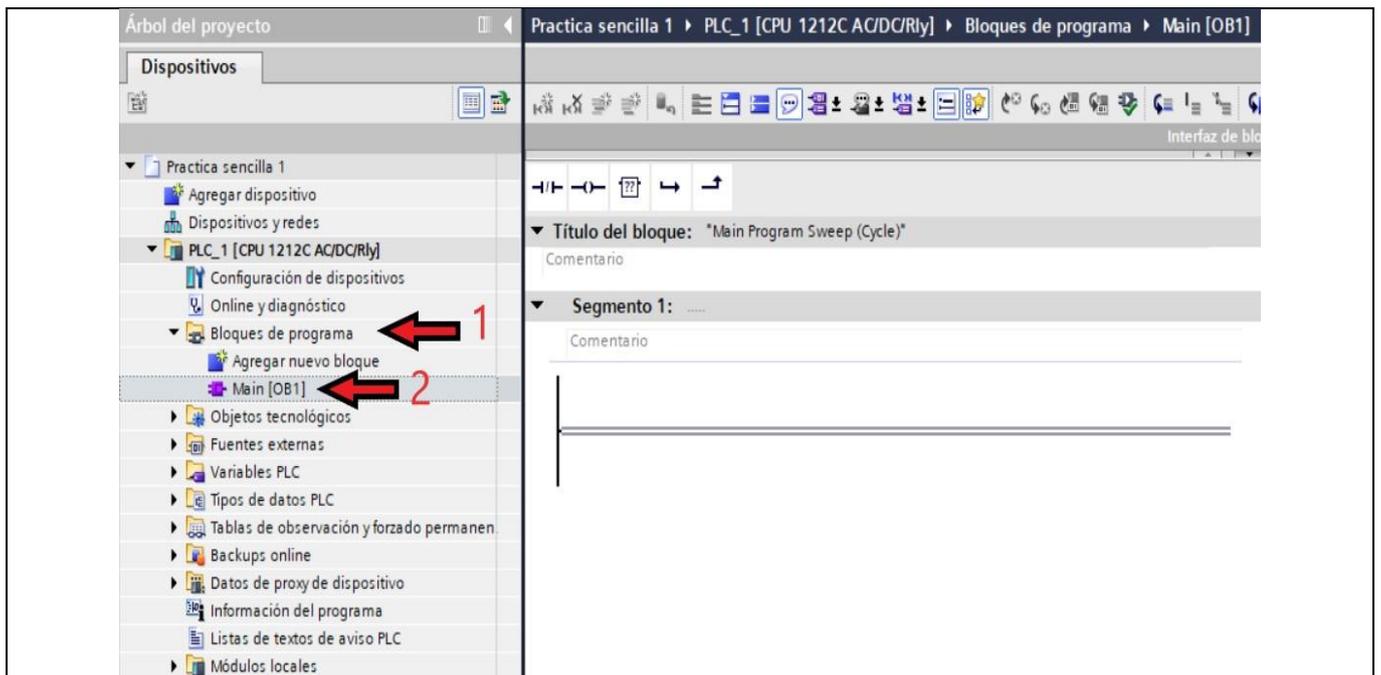


Fig. 8 Bloques de programa

9. A continuación, se procederá a crear el siguiente segmento, para lo cual se utilizarán las herramientas ubicadas en la parte superior del segmento. Ver figura 9

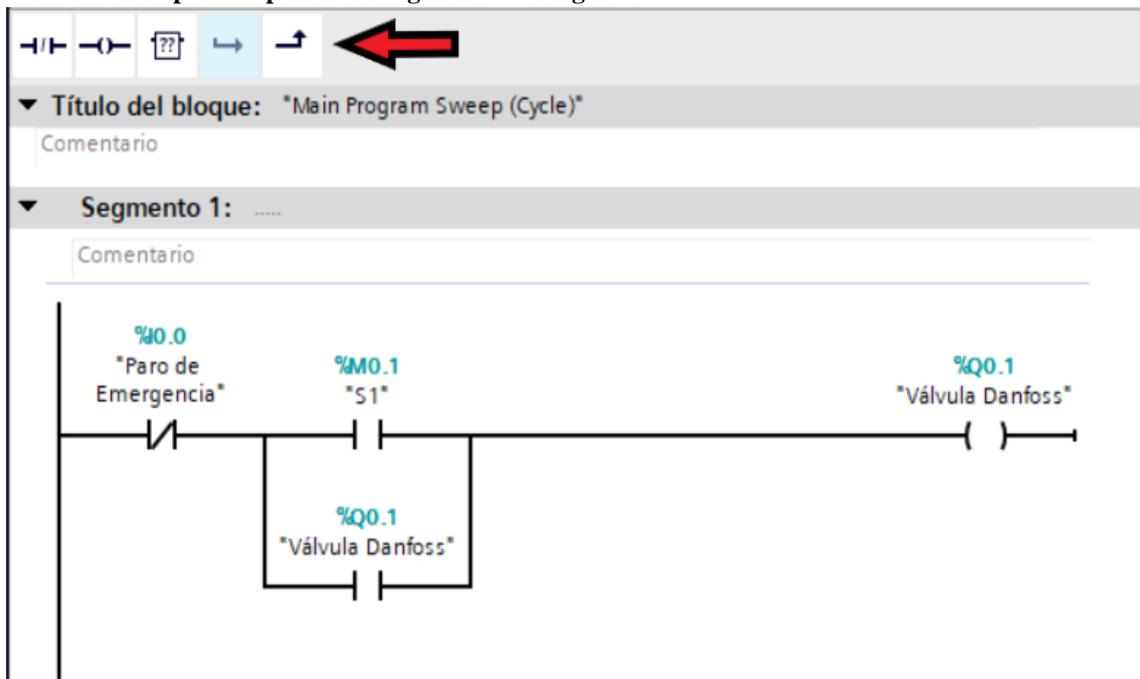


Fig. 9 Encendido de una bobina desde un puesto.

10. Dar clic en guardar proyecto. Ver figura 10

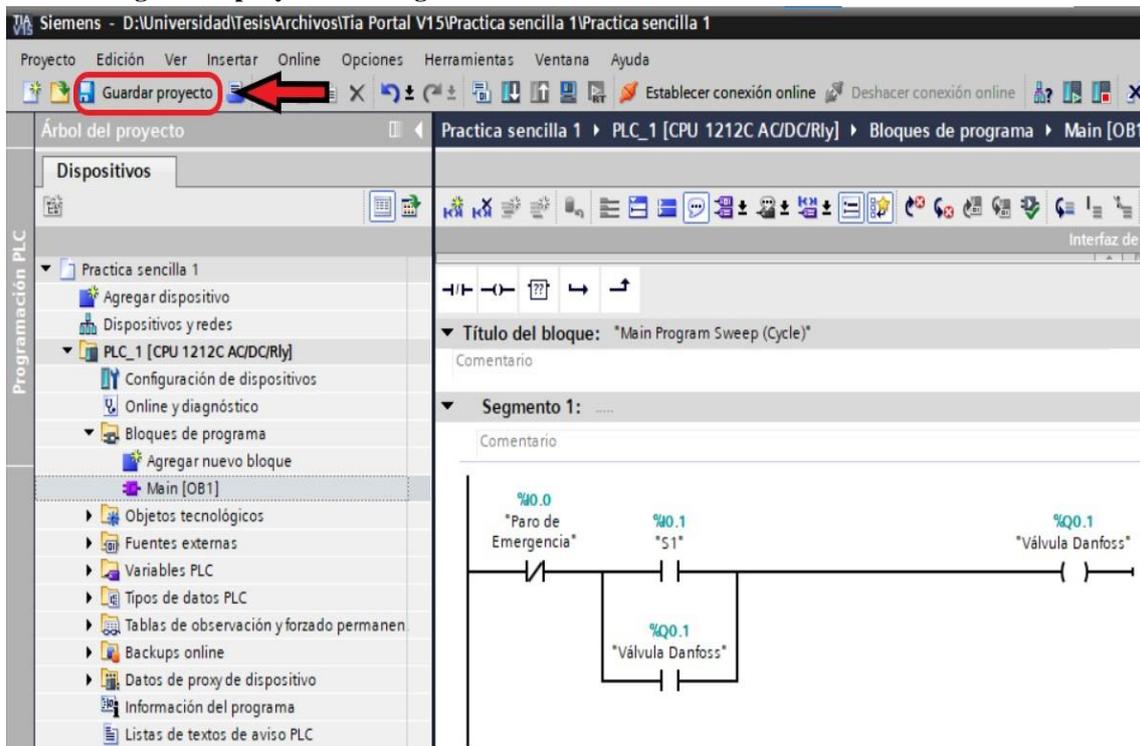


Fig. 10 Guardar proyecto

11. Antes de cargar nuestro proyecto al PLC, se cambia la dirección IP en las propiedades del PLC como se observa en la siguiente figura.

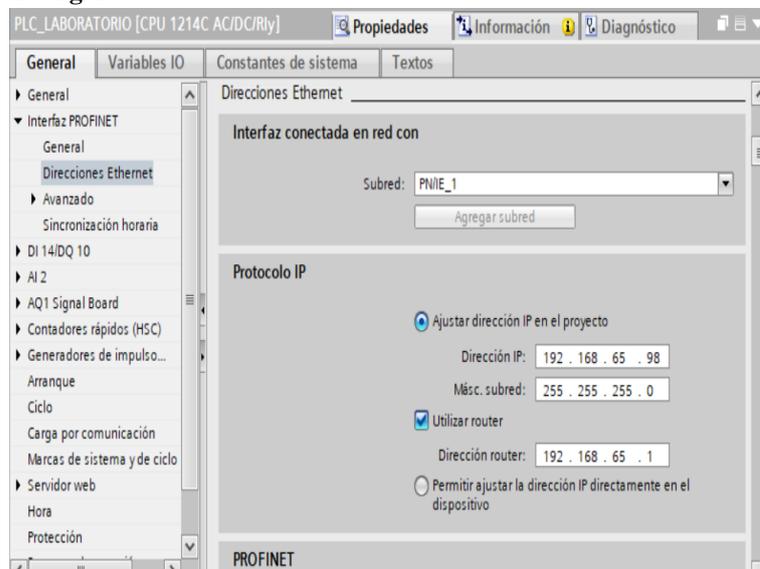


Fig. 11 Asignación de IP en el PLC

12. Cargamos el programa al PLC dando clic en la pestaña Online y luego en Cargar en dispositivo.

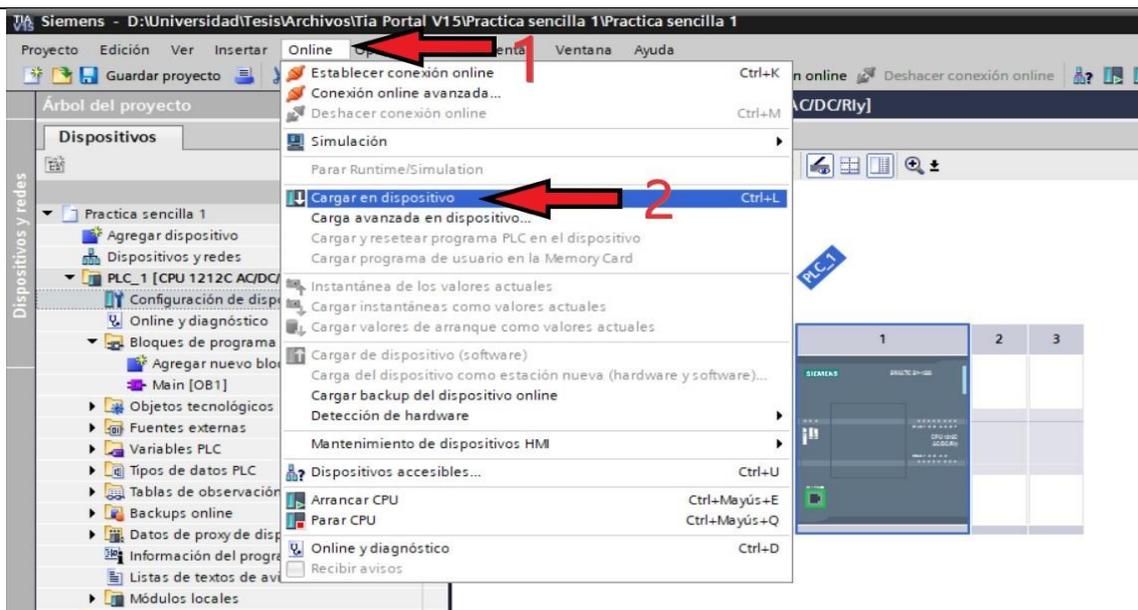


Fig. 12 Carga del programa en el PLC

13. Se abre una nueva ventana en la cual seleccionamos el PLC y damos clic en cargar.

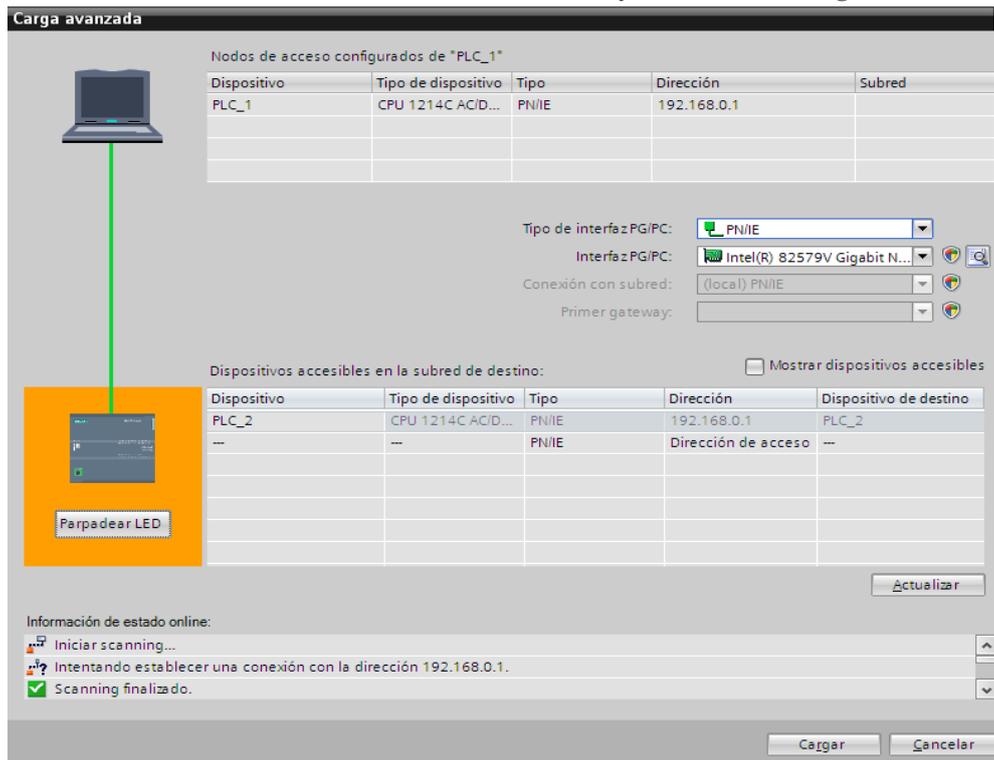


Fig. 13 Paso final de carga del programa al PLC

14. A continuación, se abrirá la siguiente ventana en donde daremos clic en sobre escribir todo, cargar y finalizar.

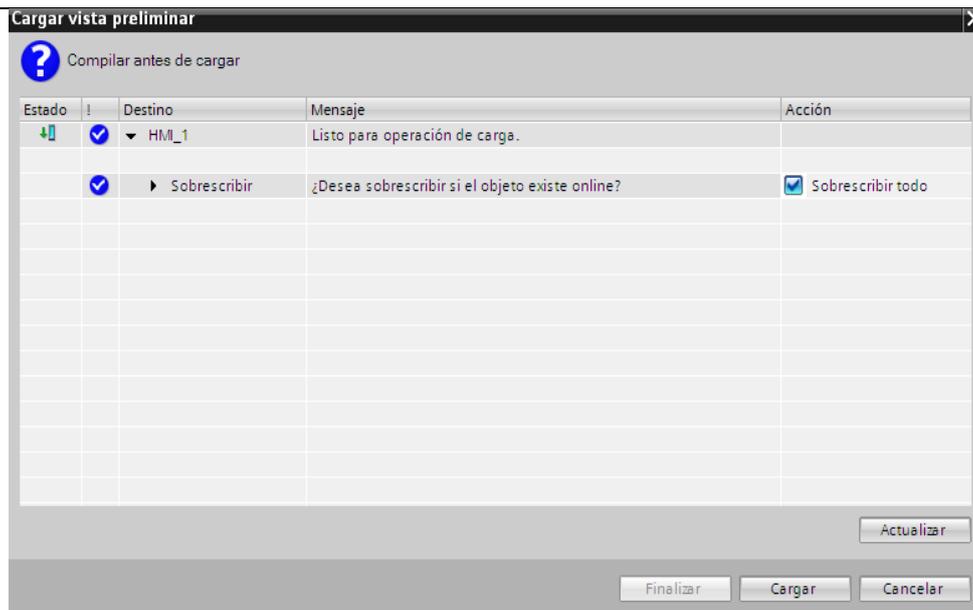


Fig 14. Cargar programa al PLC

15. Instalar el sistema operativo en la micro SD del IoT-2040. Para realizar la instalación se necesita descargar una imagen de firmware el cual contiene el sistema operativo Yocto Linux, para lo cual es necesario registrarse en el foro de Siemens y luego descargar el archivo de imagen.

SIEMENS

Industry Online Support España English Contacto Ayuda Support Request

Inicio Product Support

Product Support ID de artículo 109741799, Fecha del artículo: 16/06/2021

Ejemplos de aplicación

Servicios

Forum

mySupport en producto(s)

★★★★☆ (36)
> Evaluar

para la SD-Card de un SIMATIC IOT2020/IOT2040

Para implementar las tareas de puesta en servicio de la automatización con un IOT2020/IOT2040 se puede utilizar la siguiente imagen de la SD-Card.

Una descripción de cómo poner en servicio la imagen ejemplo de la SD-Card está disponible en el foro SIMATIC IOT2000.

Descarga

📄 📄 Example_Image_V3.1.1.zip (454,8 MB)
Suma de comprobación SHA-256: 02C550841DC595E6DAE17AC84260AD27A36F82CD527FEA764C26604A35D4D07

📄 📄 Open_Source_Software_V3.1.1.zip (3,5 GB)
Suma de comprobación SHA-256: 6C5B8DD5C88E2CA4BF765B84C9DCE30FACF6CC30F7141835A1639AF48764D1E9

📄 📄 ReadMe_OSS_Multilanguage_V3.1.1.zip (35,0 KB)
Suma de comprobación SHA-256: CD65ABC90E1B4B4440C81E8A7FC6E25B53A810280D1B1F9EA9C268F52F22A098

Fig 15. Descargar imagen de firmware para IoT-2040

16. Descargar el software Win32DiskImager para cargar la imagen en la tarjeta microSD la cual se instala en el dispositivo IoT 2040.

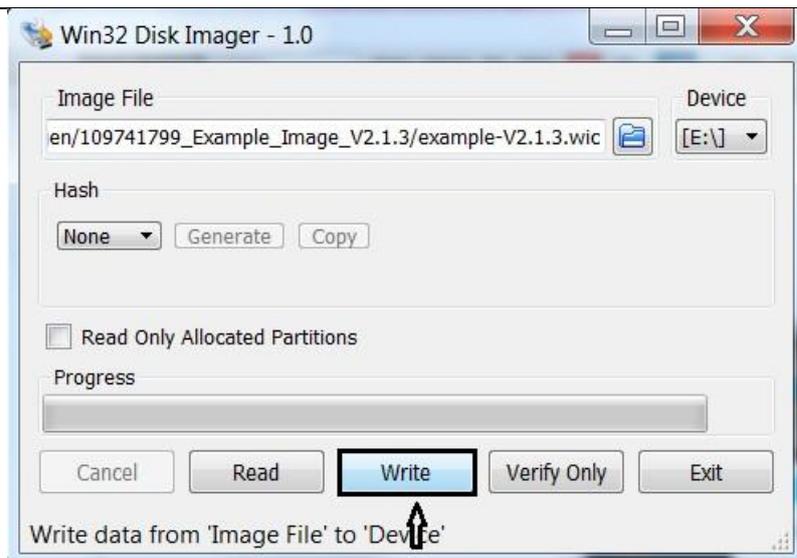


Fig 16. Software Win32DiskImager

17. El siguiente paso fue introducir la tarjeta microSD en el dispositivo IoT 2040 y conectar el cable Ethernet desde el puerto X1 del SIMATIC IOT 2040 al PC. Para acceder al dispositivo el PC el dispositivo debe estar en la misma red IP la dirección IP predeterminada del dispositivo la cual es 192.168.200.1. Por lo cual realizamos los siguientes pasos:

- a. Abrir Panel de control, luego ir a Redes e Internet y después a Centro de redes y recursos compartidos.
- b. Clic en Cambiar configuración del adaptador.
- c. Clic con el botón derecho en Conexión de área local.
- d. Clic con el botón izquierdo en Propiedades.
- e. Clic con el botón izquierdo en Protocolo de Internet versión 4 (TCP/IPv4) y clic en Propiedades.
- f. Seleccionar Usar la siguiente dirección IP.
- g. Se introduce una dirección IP que esté en el rango 192.168.200.2 – 192.168.200.254, y la máscara de subred 255.255.255.0

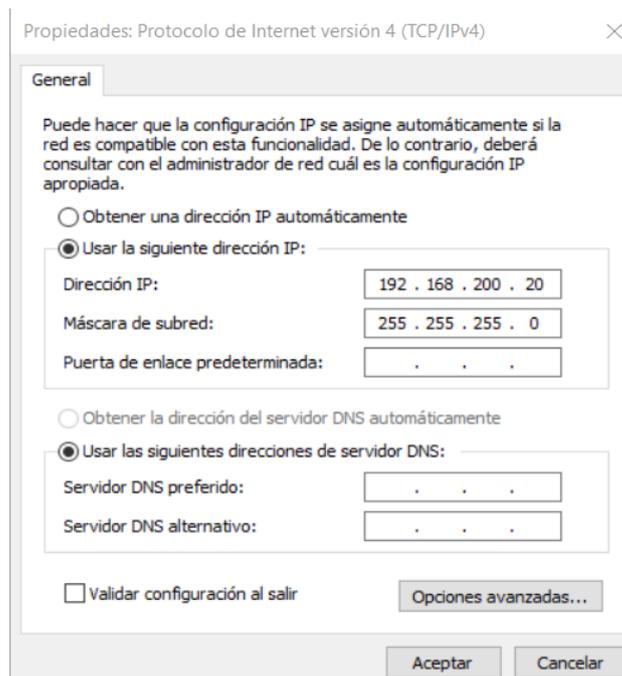


Fig 17. Configuración de IP

18. Para configurar nuestro dispositivo ingresamos al software PuTTY con una conexión SSH al dispositivo IoT-2040, ingresamos la IP predeterminada del dispositivo la cual es 192.168.200.1 y clic en open.

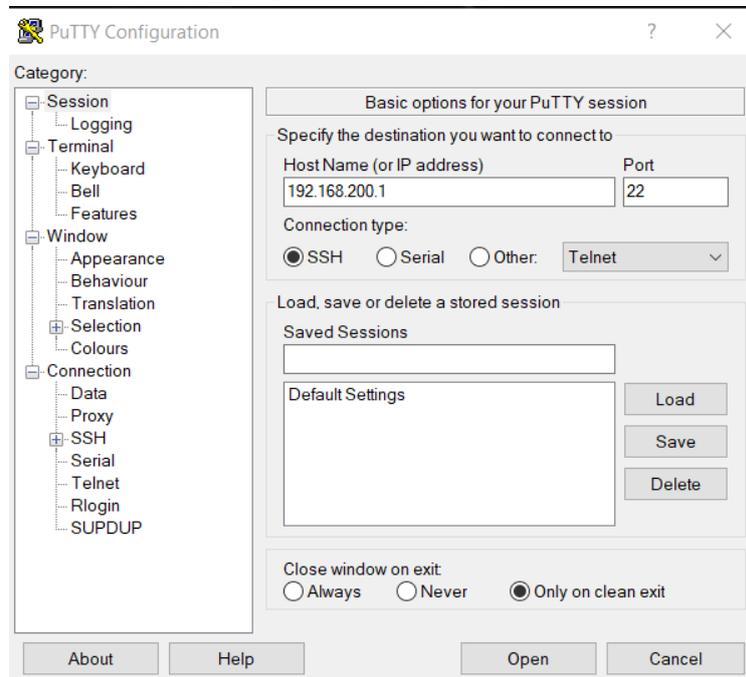


Fig 18. Conexión SSH con software PuTTY

19. Se abrirá una ventana en la cual escribimos root, posterior a eso para configurar nuestro dispositivo se ingresa el comando `iot2000setup` y nos aparece la siguiente ventana:

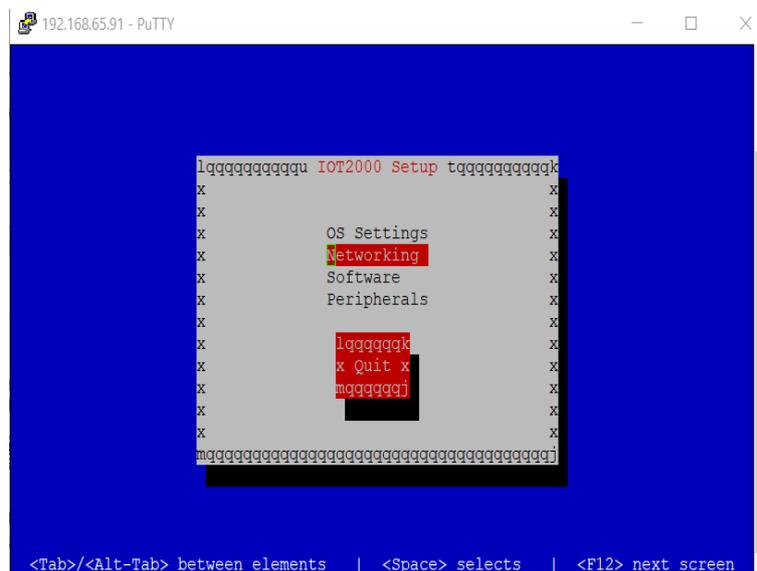


Fig 19. IOT2000 Setup Configuración

Nos dirigimos a Networking para configurar la dirección IP que nos proporcione el router al cual está conectado el dispositivo SIMATIC IoT 2040.

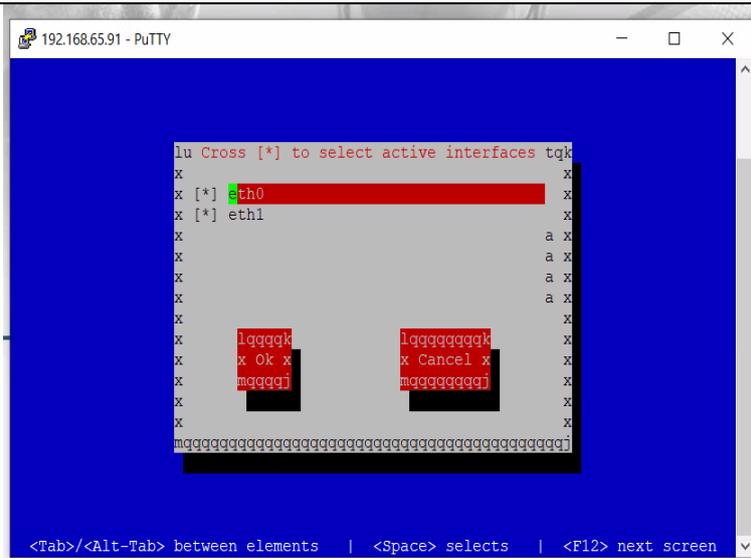


Fig 20. IoT2000 Setup selección de interface

Configuramos ambos puertos tanto el eth0 como el eth1 en dhcp.

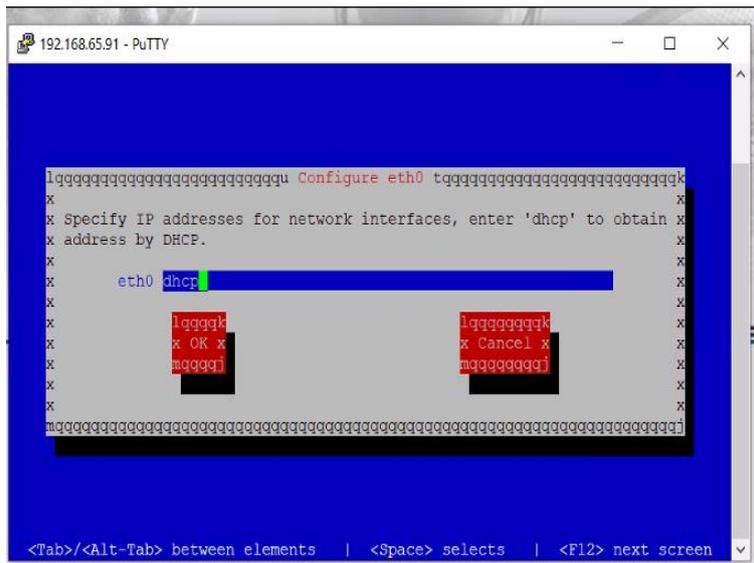


Fig 21. IoT2000 Setup configuración de IP

Por último, nos dirigimos a Software y configuramos los servicios que se van a iniciar de forma automática al prender nuestro dispositivo.

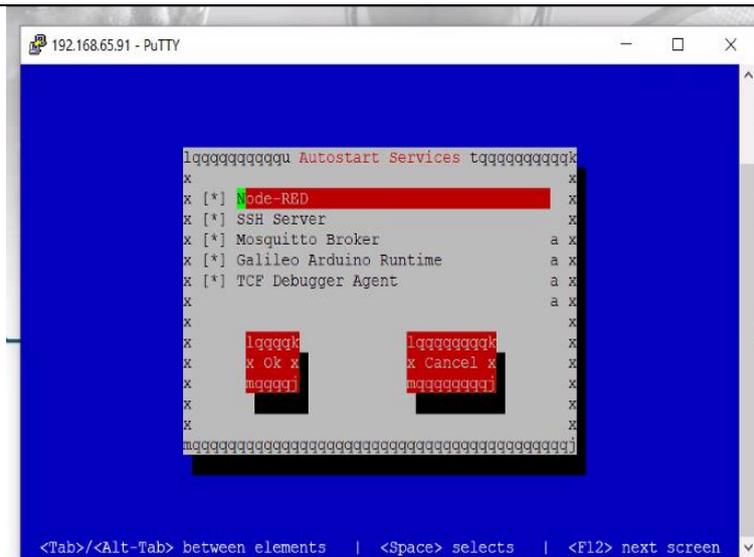


Fig 22. IoT2000 Setup Selección de servicios que inician con el sistema

20. Ingresar al entorno de Node-RED del dispositivo IoT-2040 para lo cual se abre un navegador web y se escribe la dirección IP asignada por el router y el puerto, por ejemplo: 127.0.0.1:1880. Posterior a eso, se abrirá una ventana como se muestra en la figura 15.

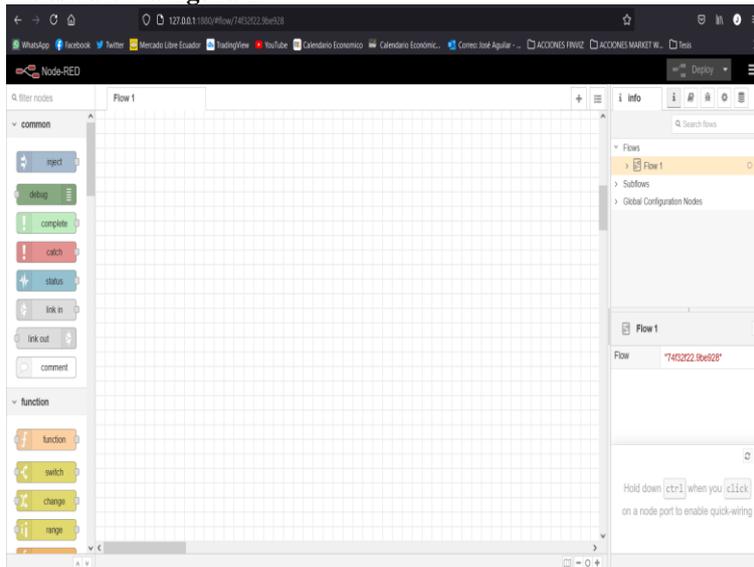


Fig. 23 Entorno del Node-RED

21. Por defecto Node-RED tiene nodos básicos, para la práctica se procede a instalar los paquetes de Nodos necesarios para establecer conexión con el PLC. Para realizar la instalación se dirige a la parte superior derecha de la interfaz, dar clic en el icono de las 3 barras se despliega el menú y luego seleccionar Manage palette.

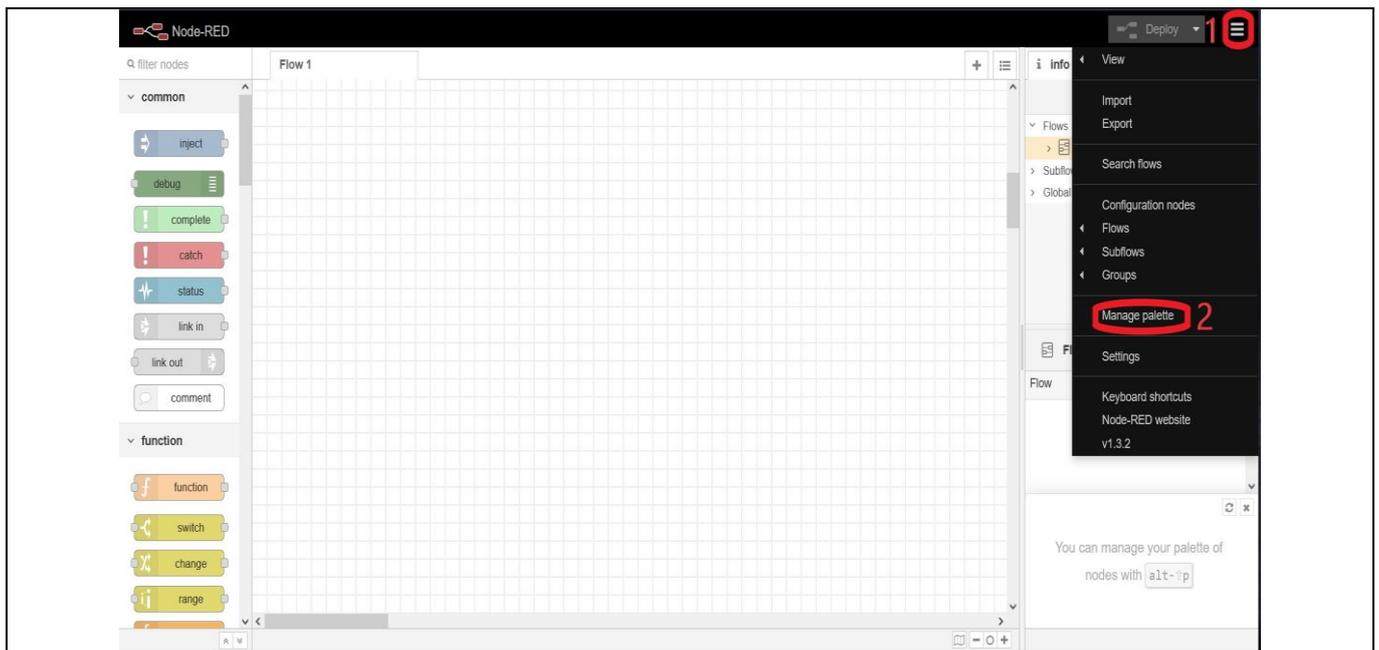


Fig. 24 Ingreso a Manage Palette en Node-RED

22. Posterior a eso, se muestra una ventana en la cual seleccionamos en la pestaña Install y escribimos “node-red-contrib-s7” en la barra de búsqueda, luego clic en install. Este nodo es necesario para la comunicación entre el PLC y el IoT-2040.

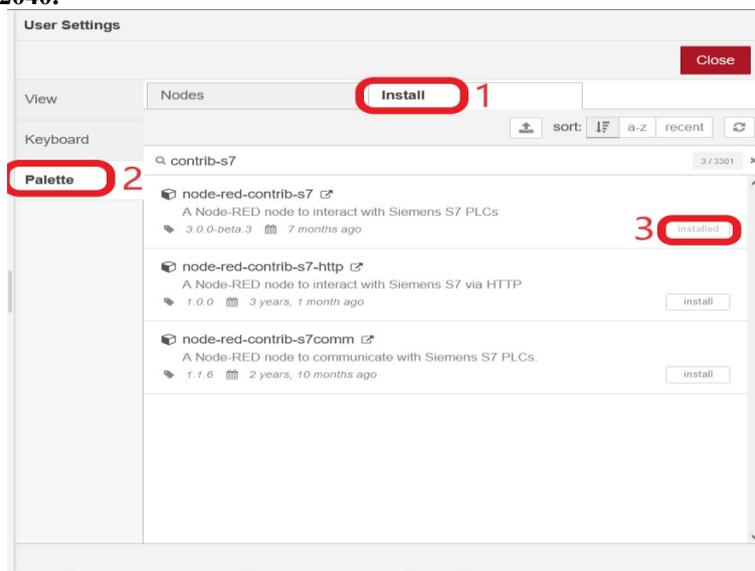


Fig. 25 Instalación de nodo S7 en Node-RED

23. Realizamos el paso 17 para instalar el nodo “node-red-contrib-ui-led”. Este se utiliza para mostrar un led en el dashboard de Node-RED.

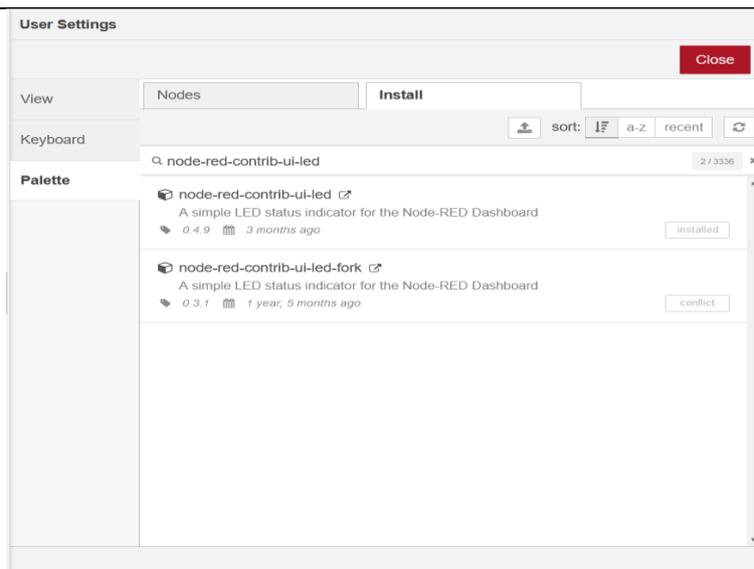


Fig. 26 Instalación de nodo ui-led en Node-RED

24. Agregamos los siguientes nodos desde la paleta que se encuentra en la parte izquierda del entorno como se muestra en la figura 19.

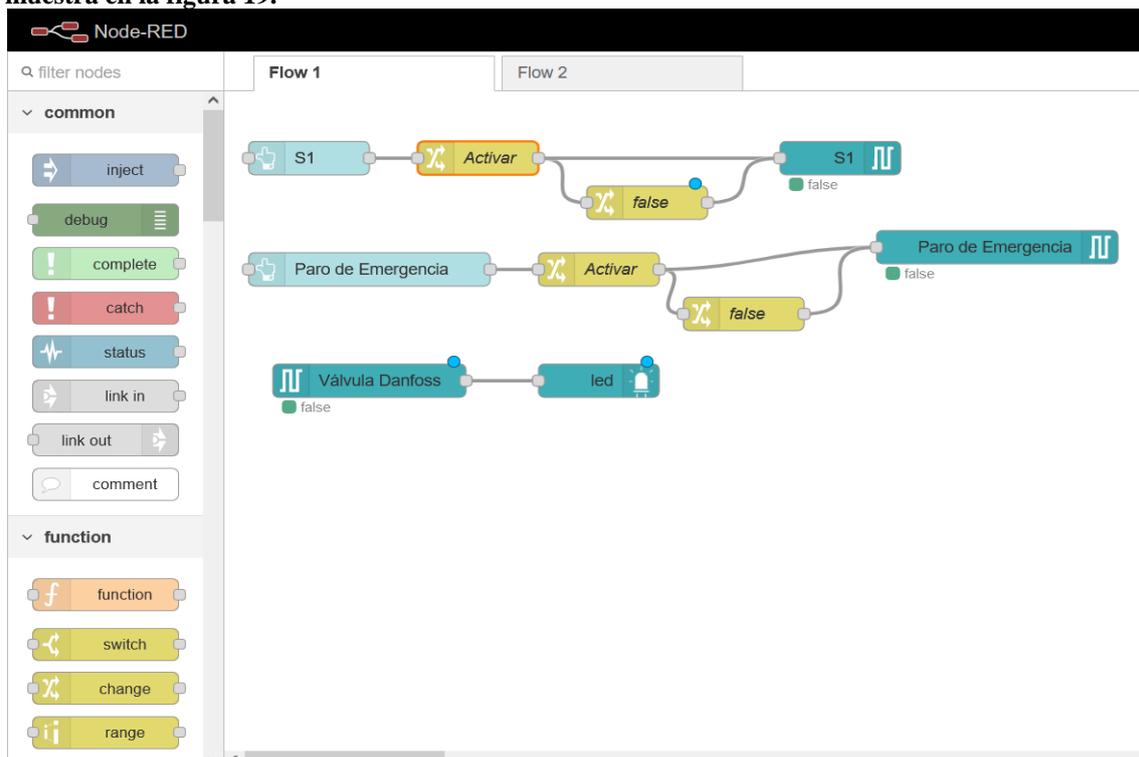


Fig. 27 Conexión de nodos en entorno Node-RED

25. Programar los nodos de botones, para lo cual hacemos doble clic los nodos con los nombres “S1” y “Paro de Emergencia” respectivamente y se mostrará una ventana en la cual insertamos el mensaje ‘Activar’ en Payload.

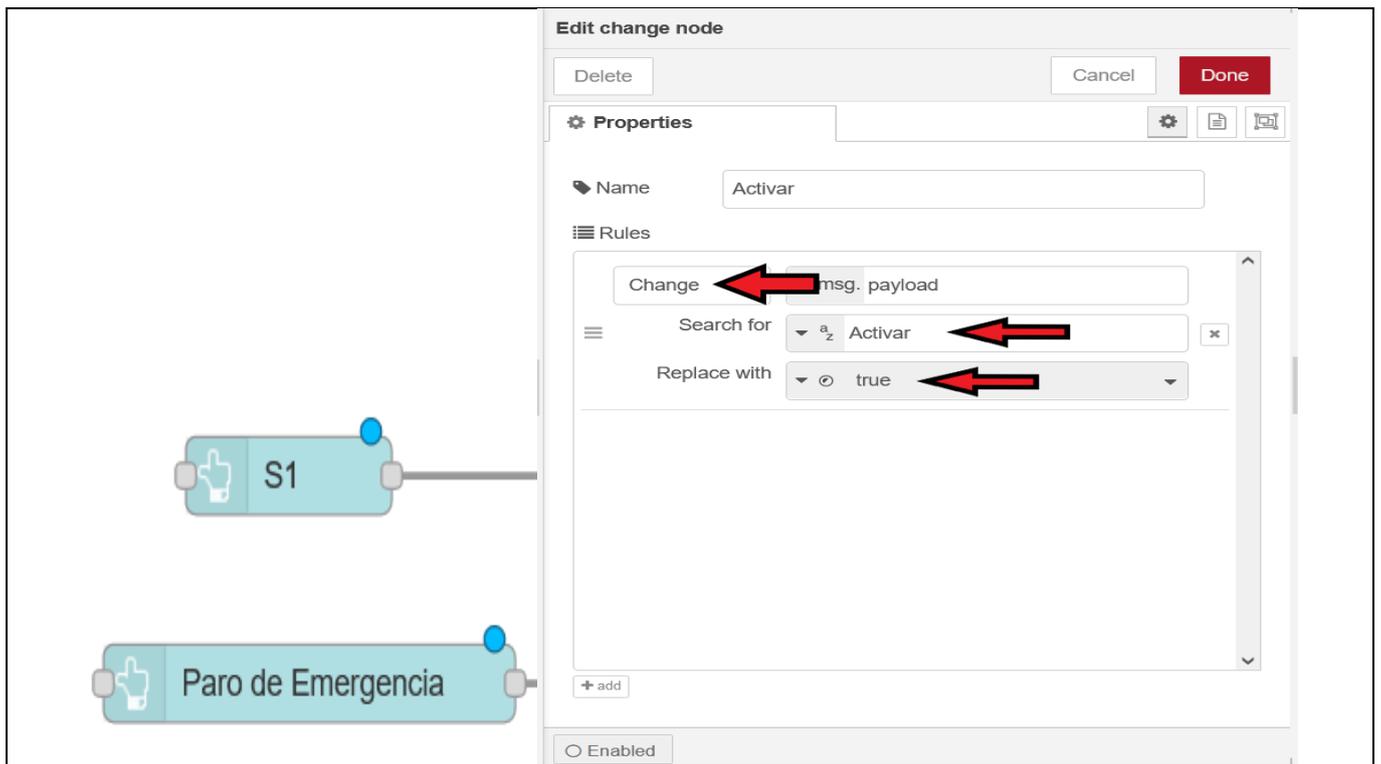


Fig. 28 Configuración de nodos de Botones

26. Programar los nodos “changes”, para lo cual hacemos doble clic los nodos con el nombre “activar” y se mostrará una ventana en la cual seleccionamos “Change” y luego insertamos el mensaje ‘Activar’ en “search for” y un valor booleano “true” en “Replace with”.

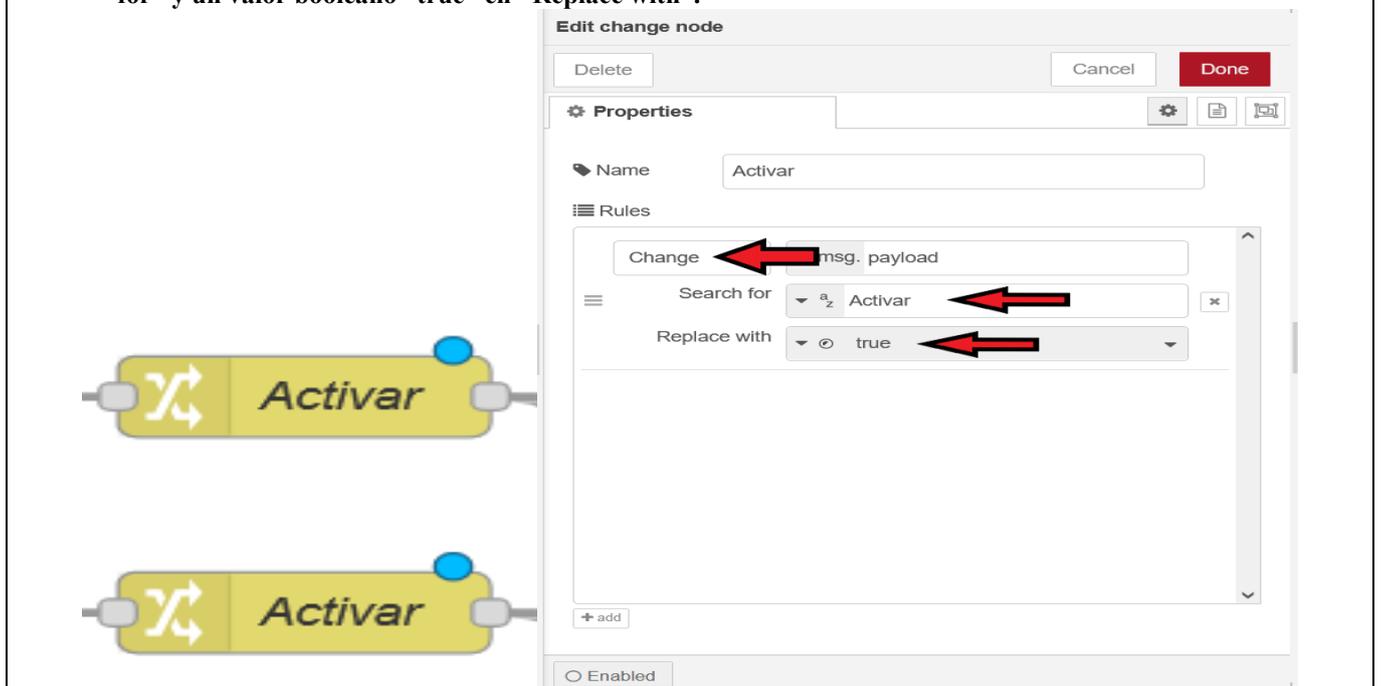


Fig. 29 Configuración de nodos Change

27. Programar los nodos “changes”, para lo cual hacemos doble clic los nodos con el nombre “false” y se mostrará una ventana en la cual insertamos un valor booleano “false” en “to”.

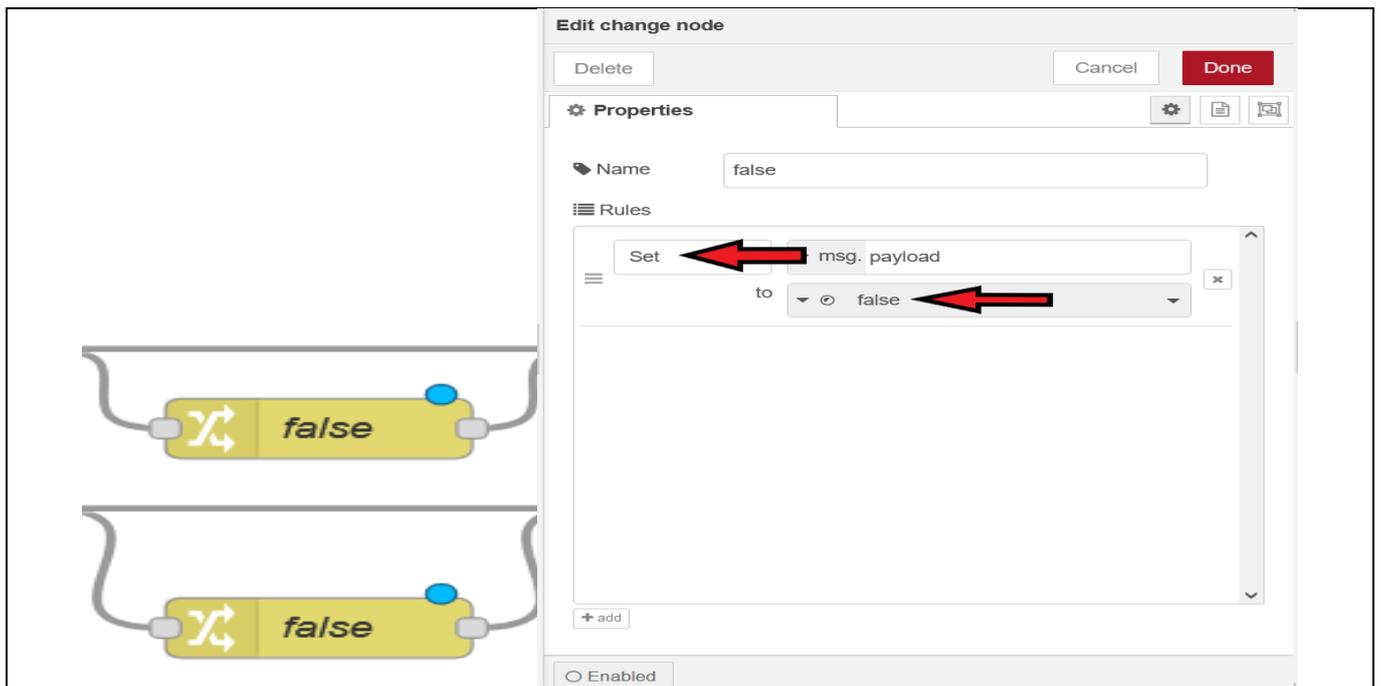


Fig. 30 Configuración de nodos Change

28. Programar los nodos “S7”, para lo cual hacemos doble clic los nodos con los nombres “S1” y “Paro de Emergencia” respectivamente y se mostrará una ventana en la que hacemos clic en el icono de lápiz para así configurar las propiedades del PLC.

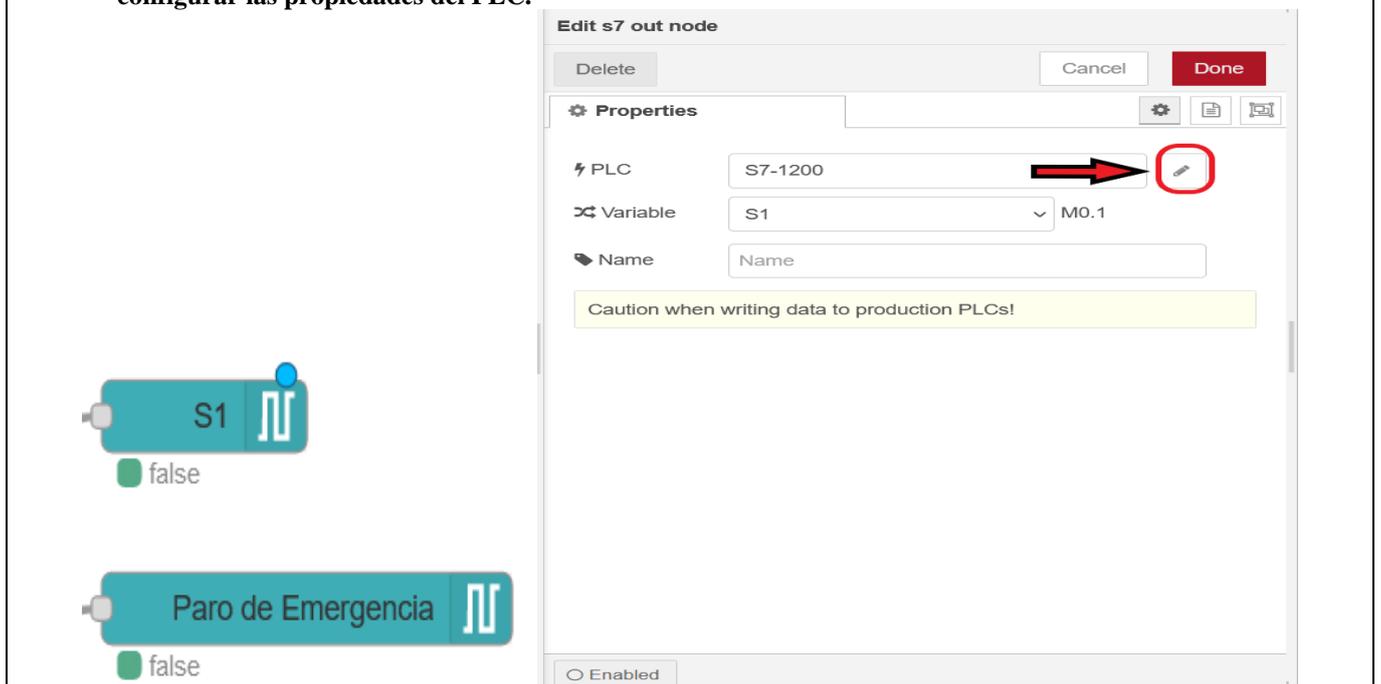


Fig. 31 Configuración de nodos S7

Configuramos la dirección IP de nuestro PLC y seleccionamos el “Rack” y “Slot”, luego nos dirigimos a la pestaña ‘Variables’ e insertamos las variables correspondientes como se muestra en la figura 24.

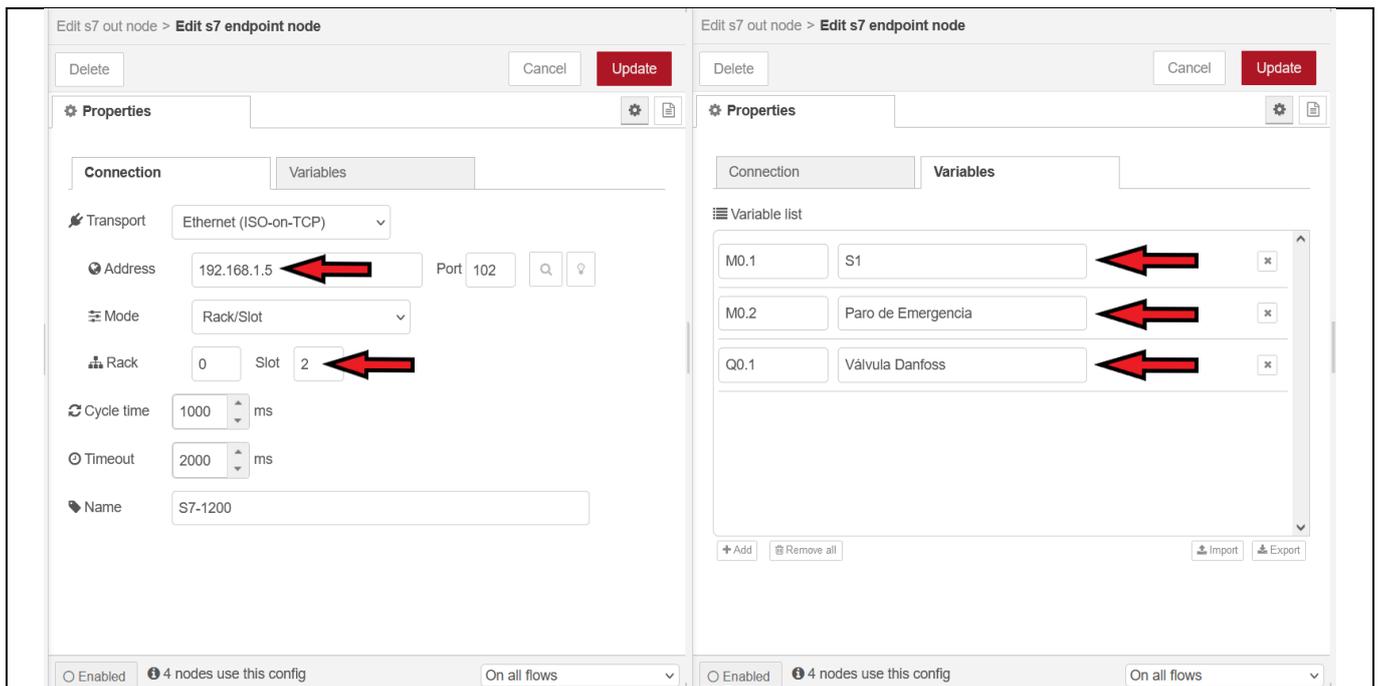


Fig. 32 Configuración de nodos S7

25. Para el nodo “S7” con el nombre Válvula Danfoss realizamos la misma configuración de la figura 24, para el nodo “LED” en la parte 1 configuración la posición del LED en el dashboard, en la parte 2 seleccionamos los colores para cuando el valor booleano es verdadero y para cuando es falso.

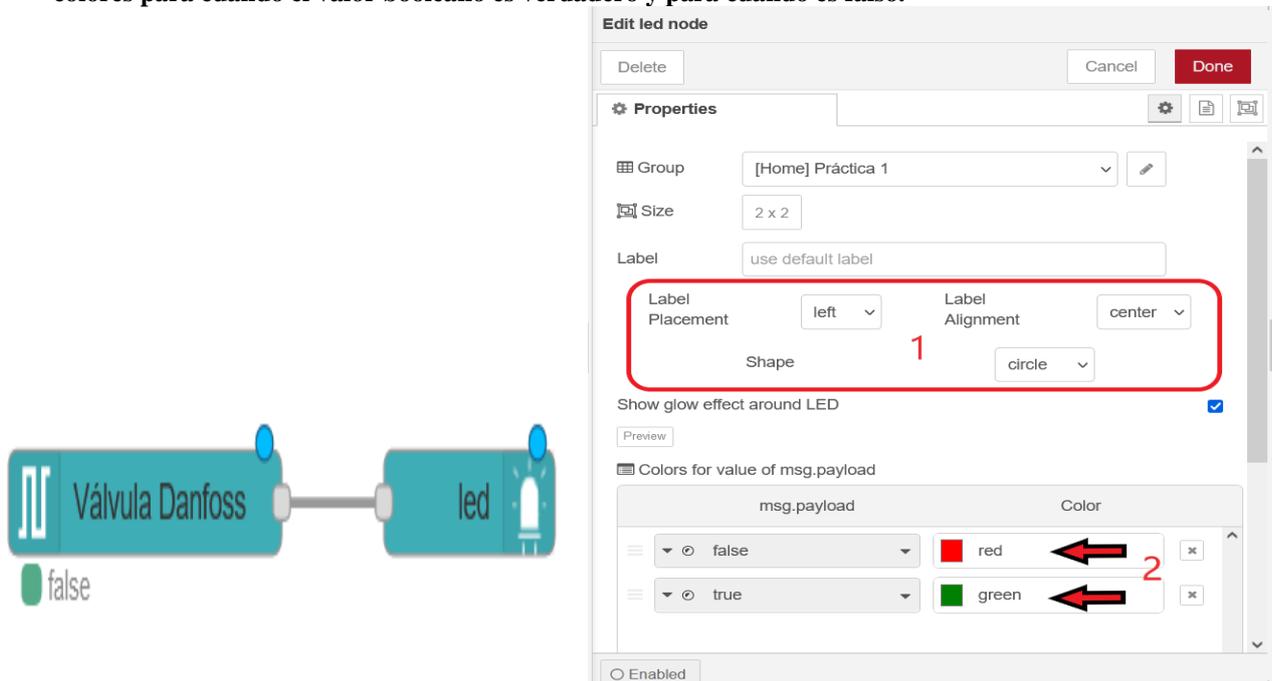


Fig. 33 Configuración de nodo “LED”

26. Finalmente para visualizar el dashboard programado, primero **Compilar** en ‘Deploy’, luego clic en el menú desplegable en la esquina superior derecha, luego seleccionar el ítem **dashboard**.

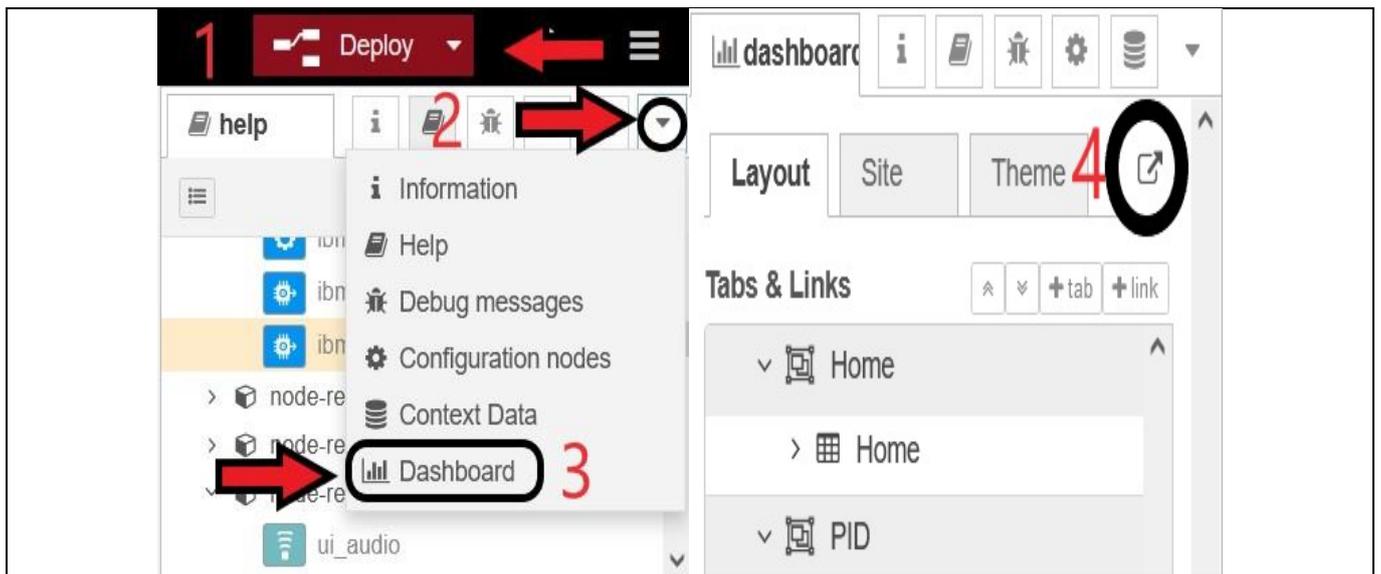


Fig. 34 Compilación y visualización de dashboard

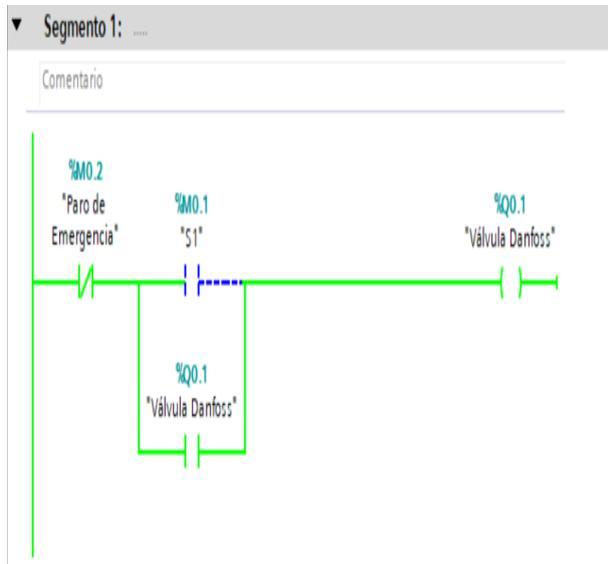
27. El dashboard se carga automáticamente en una nueva ventana del navegador.



Fig. 35 Dashboard de IoT-2040

RESULTADO(S) OBTENIDO(S):

Al dar clic en el botón 'S1' en el dashboard del IoT-240, Q0.1, la cual es la válvula solenoide Danfoss, se activa encendiendo un led como en la figura 28, y permanece iluminado hasta dar clic en el botón 'Paro de Emergencia' de paro general. Ver figura 29



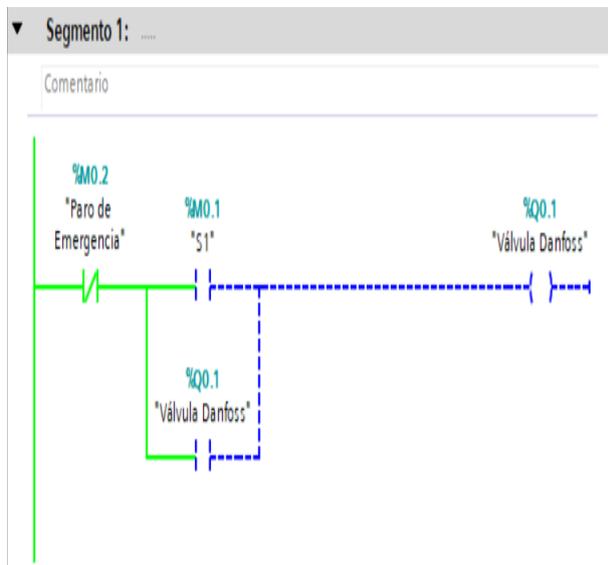
Práctica 1

S1

PARO DE EMERGENCIA



Fig. 36 Apertura de válvula Solenoide Danfoss



Práctica 1

S1

PARO DE EMERGENCIA



Fig. 37 Cierre de válvula Solenoide Danfoss

CONCLUSIONES:

Se ha procedido a crear y transferir un bloque de programa para el encendido de una electroválvula solenoide Danfoss de la Planta B en el PLC S7-1200 utilizando el software TIA PORTAL, así mismo, se ha creado una conexión entre el dispositivo IoT-2040 y el PLC para accionar la válvula solenoide desde el dashboard en la computadora. A continuación se ha verificado su correcto funcionamiento y el cumplimiento de los objetivos planteados.

RECOMENDACIONES:

- Verificar que los módulos que se incorporan en el software TIA PORTAL V15 correspondan a los que se tienen en la estación de trabajo.
- Verificar las direcciones IP y máscara de subred tanto del PLC como de la PC.
- Verificar que el IoT-2040 disponga de la SD-Card.
- Hacer ping entre la PC y el PLC para verificar su conectividad.
- Asignar correctamente las direcciones de salidas y entradas digitales así como el tipo de dato.

Docente / Técnico Docente: _____

Firma: _____



**FORMATO DE INFORME DE PRÁCTICA DE LABORATORIO /
TALLERES / CENTROS DE SIMULACIÓN – PARA ESTUDIANTES**

CARRERA:		ASIGNATURA:
NRO. PRÁCTICA:		TÍTULO PRÁCTICA:
OBJETIVO ALCANZADO:		
ACTIVIDADES DESARROLLADAS		
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
N.		
RESULTADO(S) OBTENIDO(S):		
CONCLUSIONES:		
RECOMENDACIONES:		

Nombre de estudiante: _____

Firma de estudiante: _____

	VICERRECTORADO DOCENTE	Código: GUIA-PRL-001
	CONSEJO ACADÉMICO	Aprobación:
Formato: Guía de Práctica de Laboratorio / Talleres / Centros de Simulación		

		FORMATO DE GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO / TALLERES / CENTROS DE SIMULACIÓN – PARA DOCENTES																																	
CARRERA: Ingeniería Mecatrónica		ASIGNATURA:																																	
NRO. PRÁCTICA:	02	TÍTULO PRÁCTICA: Supervisión y control de datos desde el servicio en la nube IBM Watson Cloudant del sensor de nivel capacitivo Liquicap FMI51 y de la válvula solenoide Danfoss.																																	
OBJETIVO: <ul style="list-style-type: none"> ● Conocer el funcionamiento del software TIA PORTAL V15. ● Realizar el mando de apertura y cierre de la válvula solenoide Danfoss a través del servicio en la nube IBM Watson Cloudant. ● Conocer el funcionamiento del sensor de nivel capacitivo Liquicap FMI51. ● Conocer los pasos para poner en red el PLC con Iot-2040 y el PLC S7-1200. ● Conocer el funcionamiento del servicio de la nube IBM Watson Cloudant. ● Conocer el funcionamiento de Node red en el IoT 2040 y el servicio de la nube. 																																			
INSTRUCCIONES (Detallar las instrucciones que se dará al estudiante):	1. Requisitos y conocimientos previos <ol style="list-style-type: none"> Instalaciones industriales Instrumentación industrial Electrónica básica Automatización industrial Redes de computadoras 																																		
	2. Equipos, instrumentos y software <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Descripción</th> <th style="width: 10%;">Cantidad</th> <th style="width: 15%;">Marca</th> <th style="width: 25%;">Identificación / serie</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Computadora S.O. Windows 10, 64 bits</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>PLC S7-1200</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">SIEMENS</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Cable cruzado ETHERNET</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Software TIA PORTAL V15</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>IOT-2040</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">SIEMENS</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Router</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">TP LINK</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>IBM Watson Cloudant</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">IBM</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> </tbody> </table>			Descripción	Cantidad	Marca	Identificación / serie	Computadora S.O. Windows 10, 64 bits	1	-	-	PLC S7-1200	1	SIEMENS	-	Cable cruzado ETHERNET	2	-	-	Software TIA PORTAL V15	1	-	-	IOT-2040	1	SIEMENS	-	Router	1	TP LINK	-	IBM Watson Cloudant	1	IBM	-
	Descripción	Cantidad	Marca	Identificación / serie																															
	Computadora S.O. Windows 10, 64 bits	1	-	-																															
PLC S7-1200	1	SIEMENS	-																																
Cable cruzado ETHERNET	2	-	-																																
Software TIA PORTAL V15	1	-	-																																
IOT-2040	1	SIEMENS	-																																
Router	1	TP LINK	-																																
IBM Watson Cloudant	1	IBM	-																																
3. Exposición <p>El SIMATIC s7-1200 representa el perfeccionamiento de los sistemas de automatización SIMATIC, dentro de las cuales las características más relevantes son:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Mayor rendimiento del sistema ● Funcionalidad Motion Control integrada ● PROFINET IO IRT ● Innovaciones de lenguaje STEP 7 manteniendo las funciones probadas <p>El sistema S7-1200 puede estar compuesto de un máximo de 8 módulos de señales y 3 módulos de comunicación como se puede apreciar en la Figura 1.</p>																																			



Fig. 1 Módulo S7-1200.

1. Módulo de alimentación del sistema.
2. CPU.
3. Módulos de periferia.
4. Perfil soporte con perfil DIN integrado.

- **TIA PORTAL v15:** es un software que posee dos vistas diferentes de las herramientas disponibles, las cuales son: las funciones de las herramientas (vista del portal) o una vista orientada a los elementos del proyecto (vista del proyecto). La vista del portal ofrece una vista funcional de las tareas del proyecto y organiza las funciones de las herramientas según las tareas que deban realizarse, por ejemplo configurar los componentes de hardware y las redes. La vista del proyecto proporciona acceso a todos los componentes del proyecto. Puesto que todos estos componentes se encuentran en un solo lugar, es posible acceder fácilmente a todas las áreas del proyecto. El proyecto contiene todos los elementos que se han creado o finalizado.
- **IoT 2040:** es una herramienta que permite que aquellos equipos que no tienen la funcionalidad de conexión a la nube puedan enviar datos mediante el IOT2040.

Esta placa cuenta con las siguientes características, que son vitales para la automatización industrial, tales como:

Es compatible con todos los softwares industriales. Cuenta con garantía de calidad SIEMENS que optimiza la producción.

Además, el SIMATIC IoT usa una puerta de enlace inteligente, que permite recabar los datos de diferentes fuentes, los analiza y redirige la información correspondiente. Con ello, facilita la implementación de este sistema, sin importar en qué industria estés trabajando.

- **IBM Watson Cloudant:** IBM Cloudant es una base de datos distribuida, totalmente gestionada y optimizada para cargas de trabajo pesadas y aplicaciones móviles y web de rápido crecimiento, está disponible como un servicio IBM Cloud con un SLA (Acuerdo de nivel de servicio) del 99,99%. Cloudant posee un gran rendimiento y almacenamiento, y su API con sus protocolos de replicación son compatibles con Apache CouchDB para arquitecturas híbridas o multinube.

4. Indicar al profesor para su evaluación de funcionamiento.

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR

(Anotar las actividades que deberá seguir el estudiante para el cumplimiento de la práctica)

1. Abrir el software TIA PORTAL V15

2. A continuación elegir la opción crear proyecto, y proceder a asignar un nombre al proyecto, así como la ruta de acceso y luego dar clic en crear. Ver la figura 2

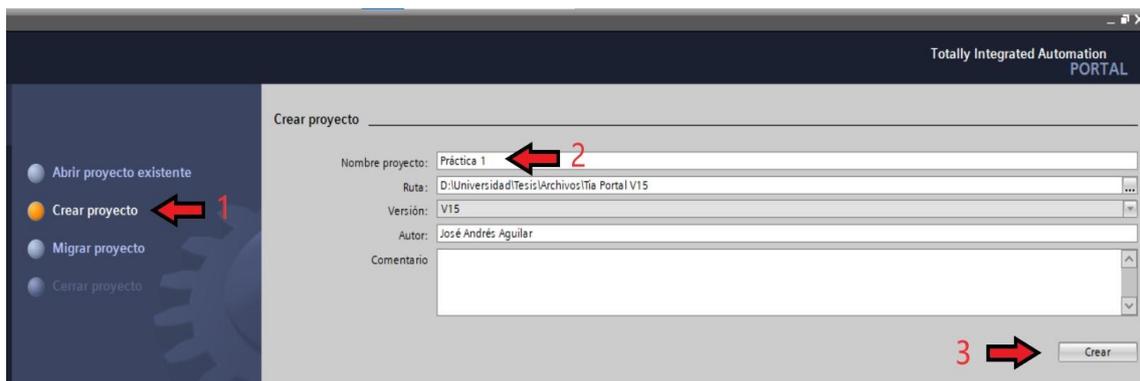


Fig 2. Crear proyecto

3. A continuación dentro de los primeros pasos se procederá a configurar un dispositivo. Ver figura 3

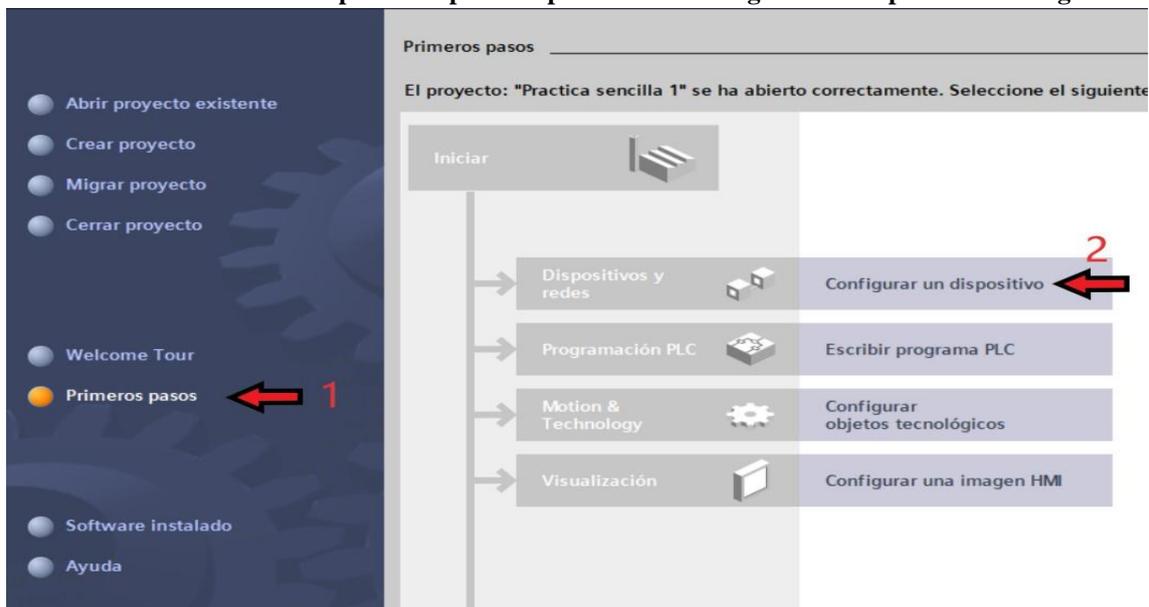


Fig 3. Configurar un dispositivo

4. Dentro de agregar un dispositivo elegimos la opción SIMATIC S7-1200, y a continuación el CPU que para este caso es 1516-3 PN/DP, también se debe elegir la versión, y dar clic en agregar. Ver figura 4

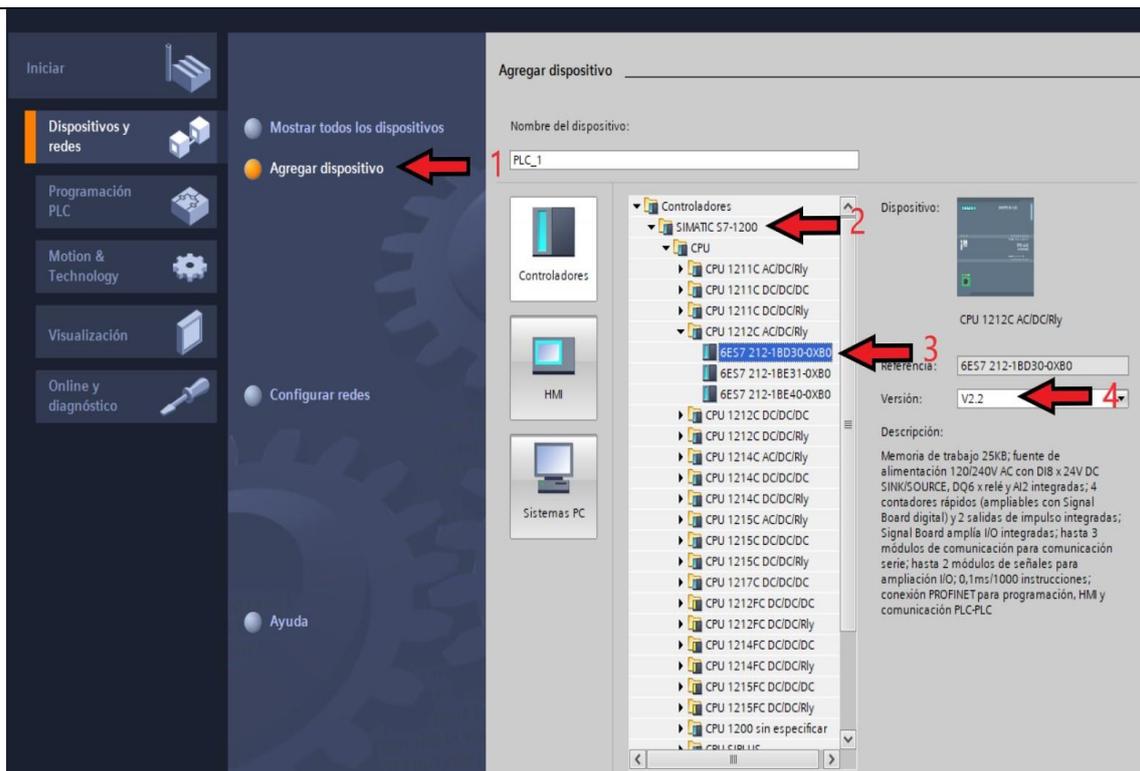


Fig 4. Agregar un dispositivo

- Una vez que tengamos agregado el dispositivo se abrirá una ventana en la cual se mostrará el CPU, y en la sección catálogo de hardware tendremos los módulos que se pueden agregar. Ver figura 5

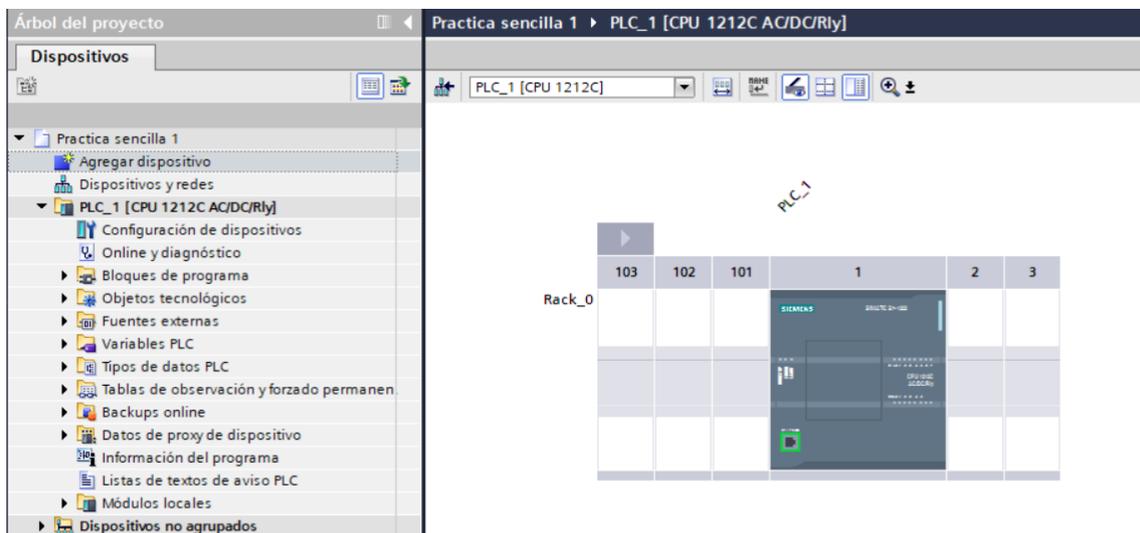


Fig 5. Vista de dispositivos

6. A continuación desde la ventana árbol de proyecto, dentro de la opción PLC_1 dar clic sobre variables PLC, y elegir la opción mostrar todas las variables, y se abrirá una ventana con todas las variables del proyecto. En nuestro caso esta sección está vacía. Ver figura 7

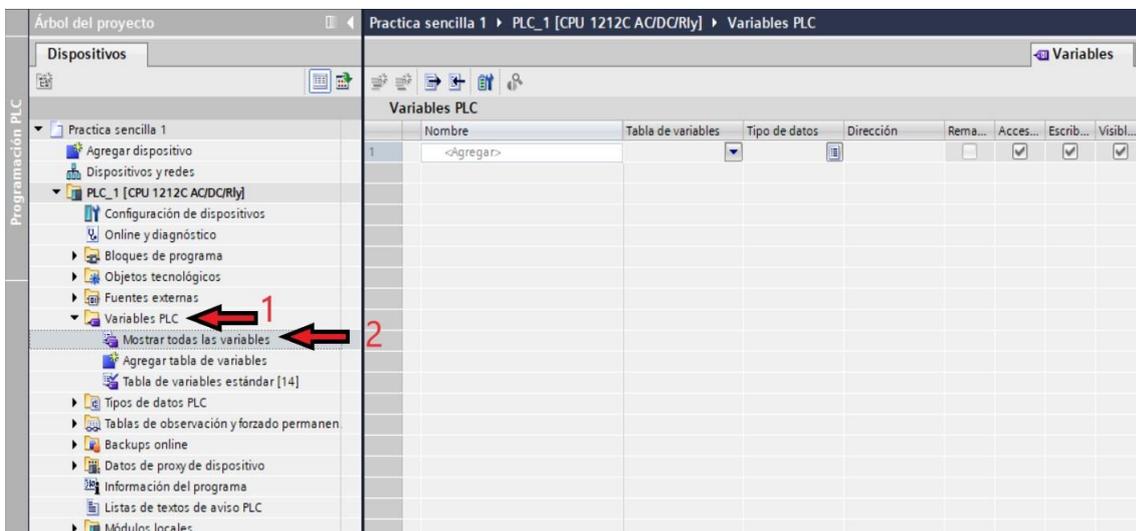


Fig. 6 Variables

7. Para nuestra primera aplicación se procede a declarar las siguientes variables. Ver figura 8

	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...
1	Sensor de nivel capacitivo	Tabla de variabl...	Word	%IW96	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Aux_nivel	Tabla de variables e..	Real	%MD10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Nivel%	Tabla de variables e..	Real	%MD14	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Aviso valvula abierta	Tabla de variables e..	Int	%MW18	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Aviso valvula cerrada	Tabla de variables e..	Int	%MW22	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	S1	Tabla de variables e..	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Parada de Emergencia	Tabla de variables e..	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Válvula Danfoss	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	<Agregar>				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Fig. 7 Declaración de variables

8. Luego de crear las variables, se procederá a crear el bloque de programa, para lo cual se debe elegir desde la ventana de árbol de proyecto la opción bloque de programa y dar clic sobre Main [OB1], para que se abra la ventana. En este caso el programa tiene dos variables que ayudarán a avisar cuando el nivel esté en 80% y en 30%. Ver figura 8 y 9.

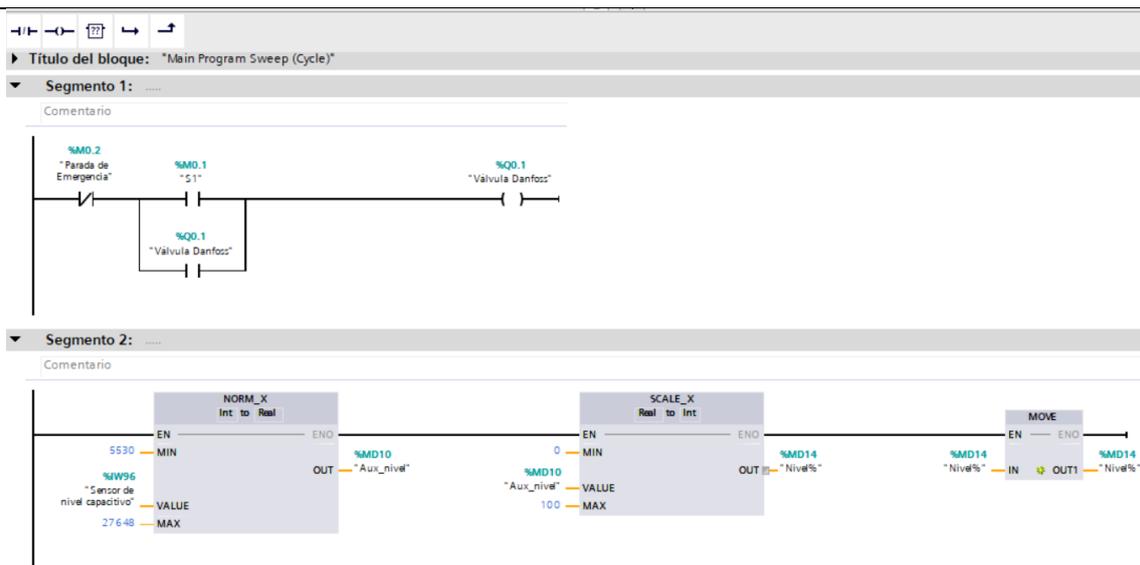


Fig. 8 Bloques de programa con aviso en 30%

9. Dar clic en guardar proyecto. Ver figura 10

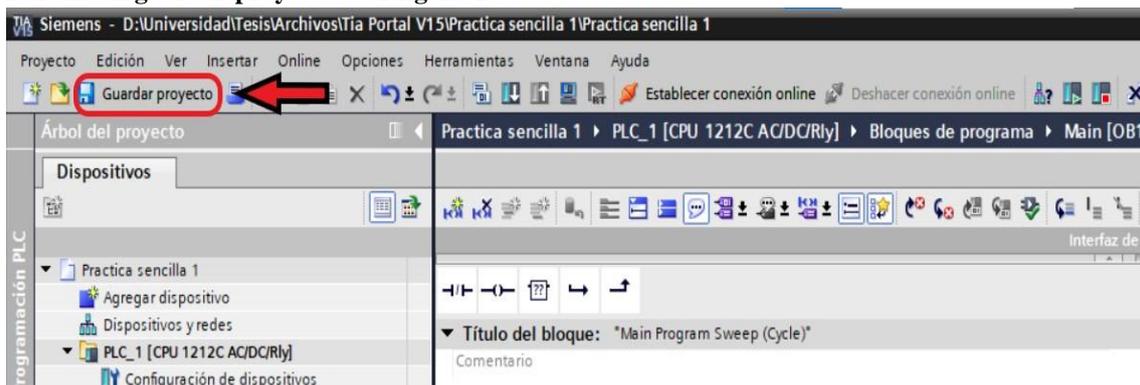


Fig. 9 Guardar proyecto

10. Antes de cargar nuestro proyecto al PLC, se cambia la dirección IP en las propiedades del PLC como se observa en la siguiente figura.

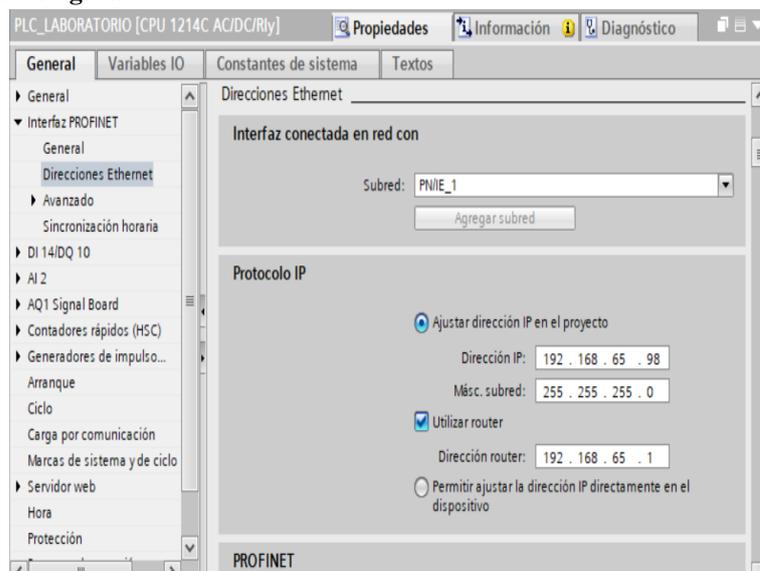


Fig. 10 Asignación de IP en el PLC

11. Cargamos el programa al PLC dando clic en la pestaña Online y luego en Cargar en dispositivo.

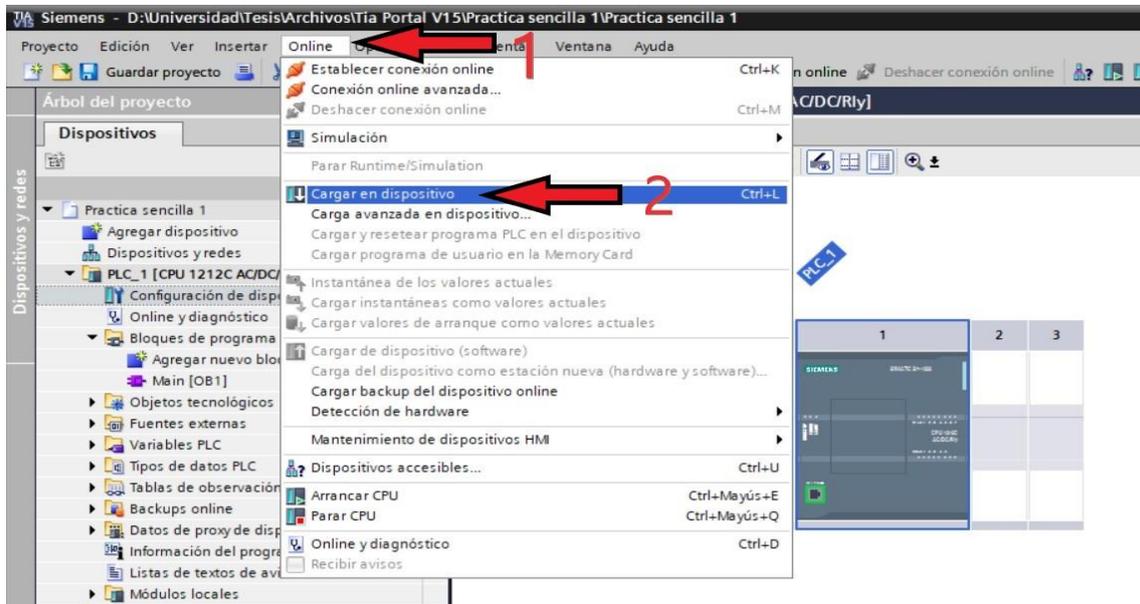


Fig. 11 Carga del programa en el PLC

12. Se abre una nueva ventana en la cual seleccionamos el PLC y damos clic en cargar.

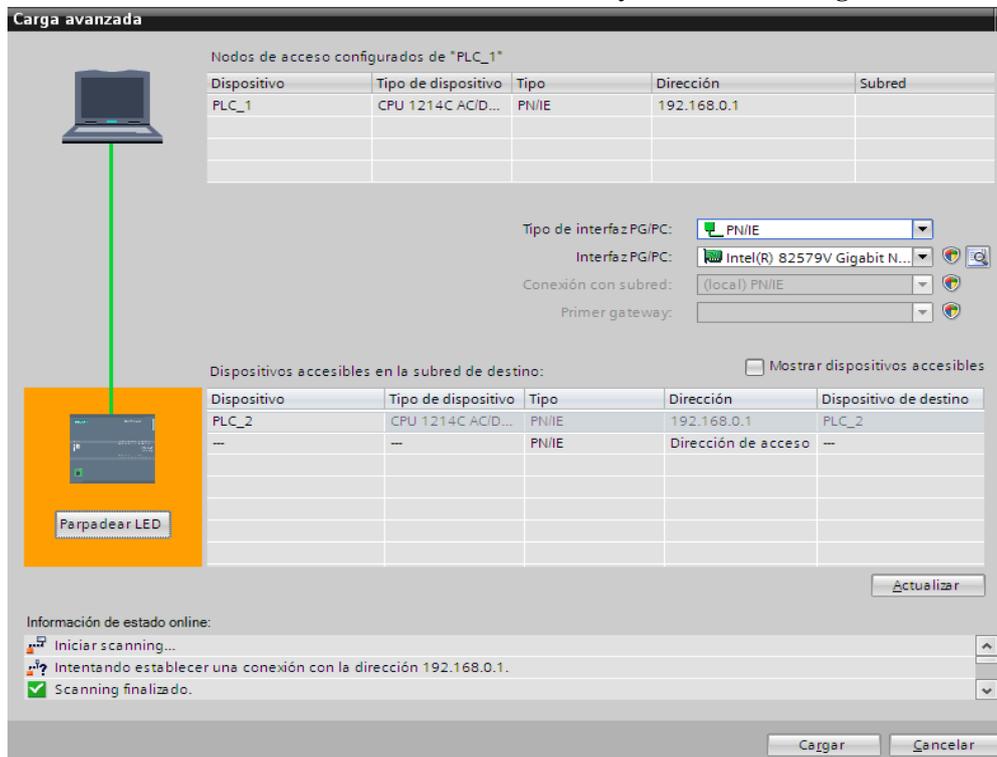


Fig. 12 Paso final de carga del programa al PLC

13. A continuación, se abrirá la siguiente ventana en donde daremos clic en sobre escribir todo, cargar y finalizar.

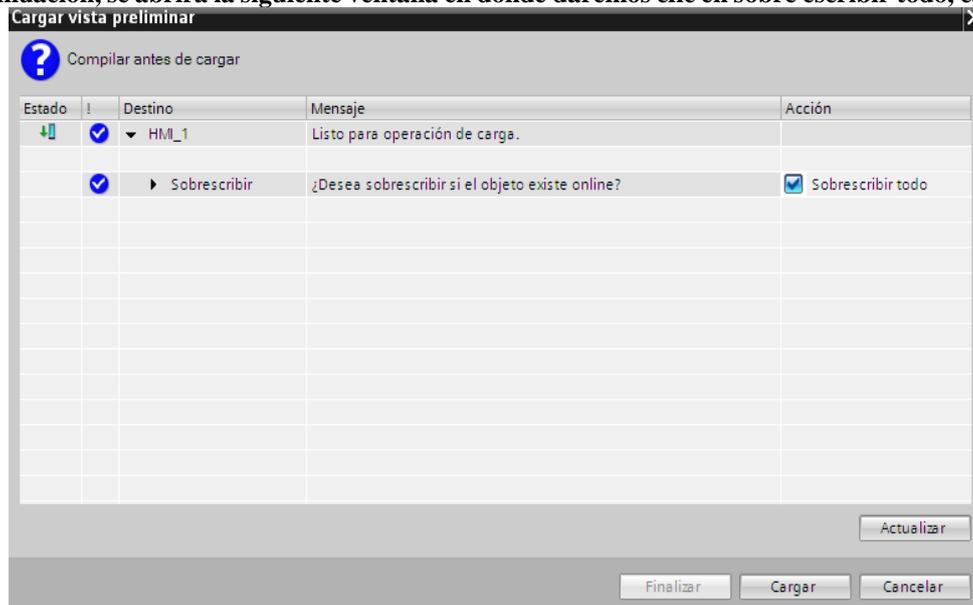


Fig 13. Cargar programa al PLC

14. Instalar el sistema operativo en la micro SD del IoT-2040. Para realizar la instalación se necesita descargar una imagen de firmware el cual contiene el sistema operativo Yocto Linux, para lo cual es necesario registrarse en el foro de Siemens y luego descargar el archivo de imagen.



Fig 14. Descargar imagen de firmware para IoT-2040

15. Descargar el software Win32DiskImager para cargar la imagen en la tarjeta microSD la cual se instala en el dispositivo IoT 2040.

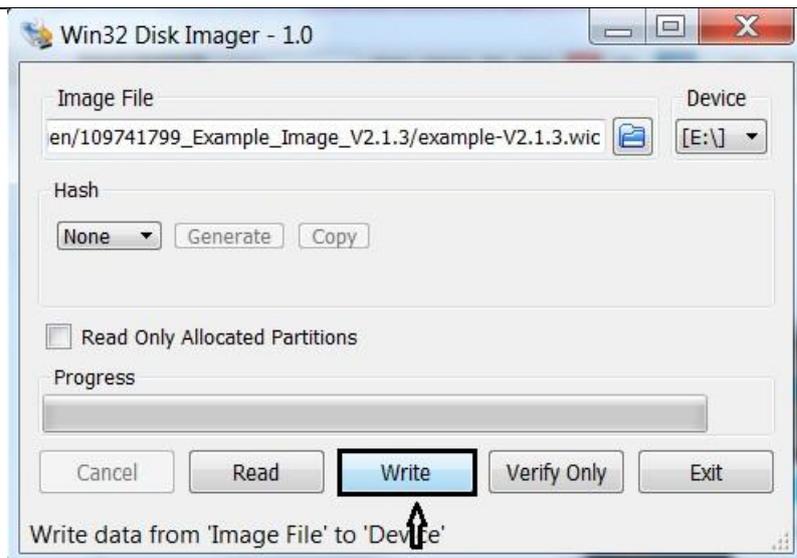


Fig 15. Software Win32DiskImager

16. El siguiente paso fue introducir la tarjeta microSD en el dispositivo IoT 2040 y conectar el cable Ethernet desde el puerto X1 del SIMATIC IOT 2040 al PC. Para acceder al dispositivo el PC el dispositivo debe estar en la misma red IP la dirección IP predeterminada del dispositivo la cual es 192.168.200.1. Por lo cual realizamos los siguientes pasos:

- a. Abrir Panel de control, luego ir a Redes e Internet y después a Centro de redes y recursos compartidos.
- b. Clic en Cambiar configuración del adaptador.
- c. Clic con el botón derecho en Conexión de área local.
- d. Clic con el botón izquierdo en Propiedades.
- e. Clic con el botón izquierdo en Protocolo de Internet versión 4 (TCP/IPv4) y clic en Propiedades.
- f. Seleccionar Usar la siguiente dirección IP.
- g. Se introduce una dirección IP que esté en el rango 192.168.200.2 – 192.168.200.254, y la máscara de subred 255.255.255.0

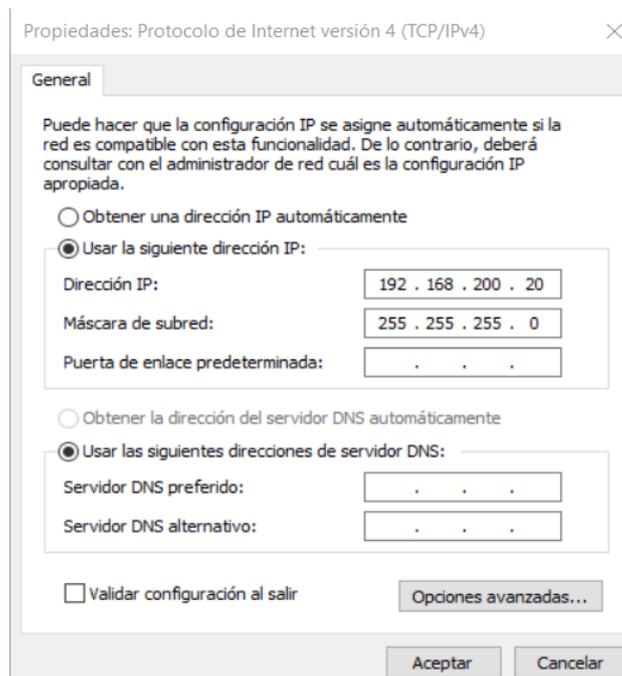


Fig 16. Configuración de IP

17. Para configurar nuestro dispositivo ingresamos al software PuTTY con una conexión SSH al dispositivo IoT-2040, ingresamos la IP predeterminada del dispositivo la cual es 192.168.200.1 y clic en open.

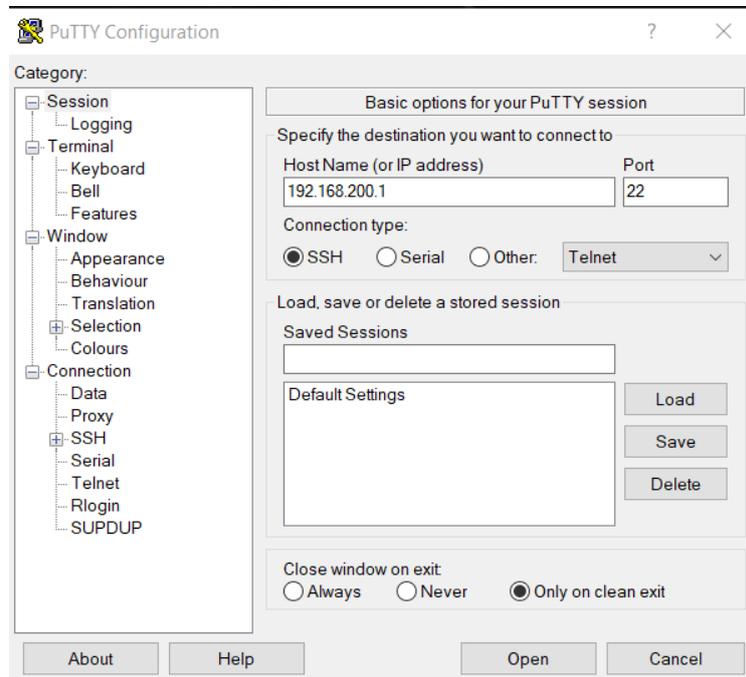


Fig 17. Conexión SSH con software PuTTY

18. Se abrirá una ventana en la cual escribimos root, posterior a eso para configurar nuestro dispositivo se ingresa el comando `iot2000setup` y nos aparece la siguiente ventana:

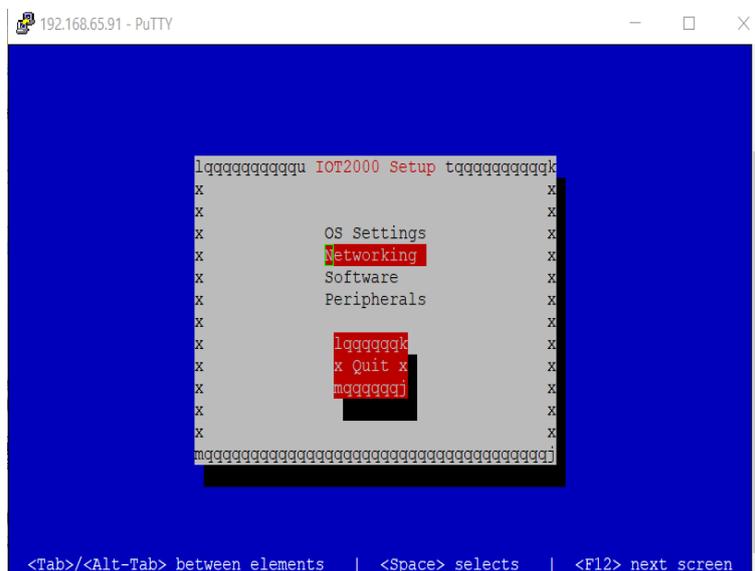


Fig 18. IOT2000 Setup Configuración

Nos dirigimos a Networking para configurar la dirección IP que nos proporcione el router al cual está conectado el dispositivo SIMATIC IoT 2040.

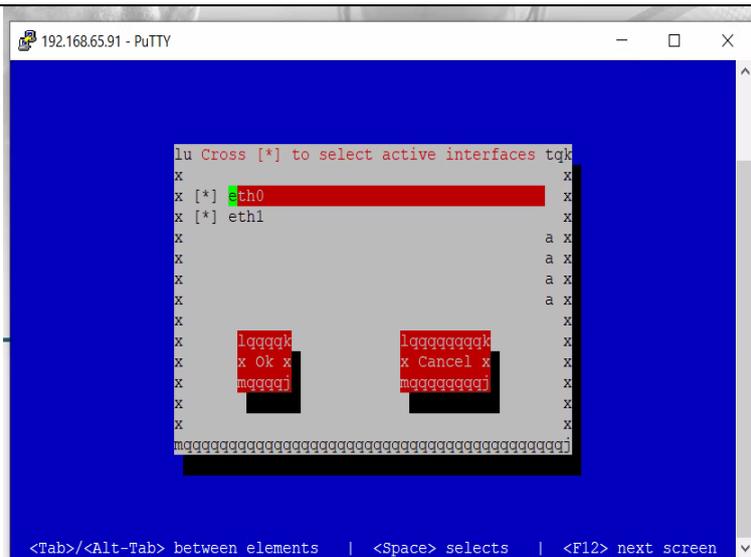


Fig 19. IoT2000 Setup selección de interface

Configuramos ambos puertos tanto el eth0 como el eth1 en dhcp.

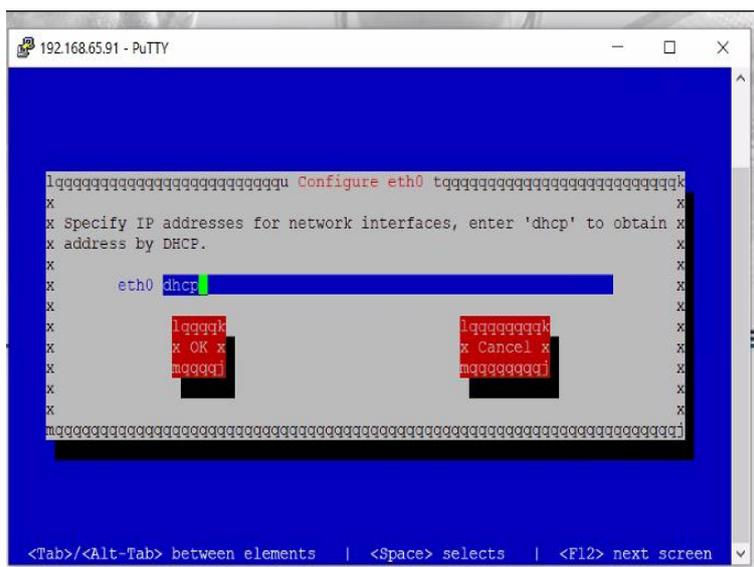


Fig 20. IoT2000 Setup configuración de IP

Por último, nos dirigimos a Software y configuramos los servicios que se van a iniciar de forma automática al prender nuestro dispositivo.

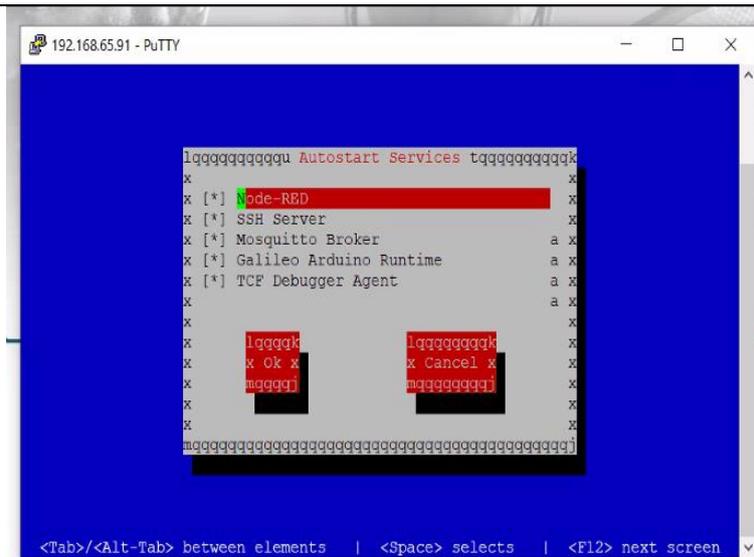


Fig 21. IoT2000 Setup Selección de servicios que inician con el sistema

19. Ingresar al entorno de Node-RED del dispositivo IoT-2040 para lo cual se abre un navegador web y se escribe la dirección IP asignada por el router y el puerto, por ejemplo: 127.0.0.1:1880. Posterior a eso, se abrirá una ventana como se muestra en la figura 15.

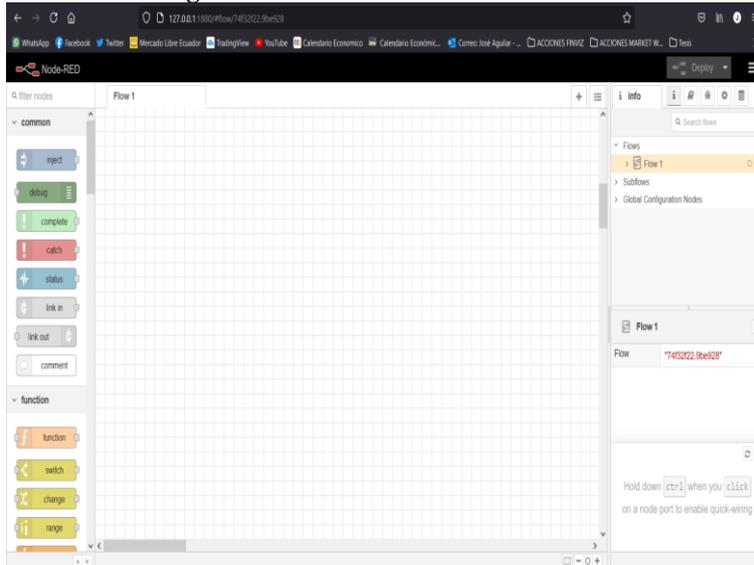


Fig. 22 Entorno del Node-RED

20. Por defecto Node-RED tiene nodos básicos, para la práctica se procede a instalar los paquetes de Nodos necesarios para establecer conexión con el PLC. Para realizar la instalación se dirige a la parte superior derecha de la interfaz, dar clic en el icono de las 3 barras se despliega el menú y luego seleccionar Manage palette.

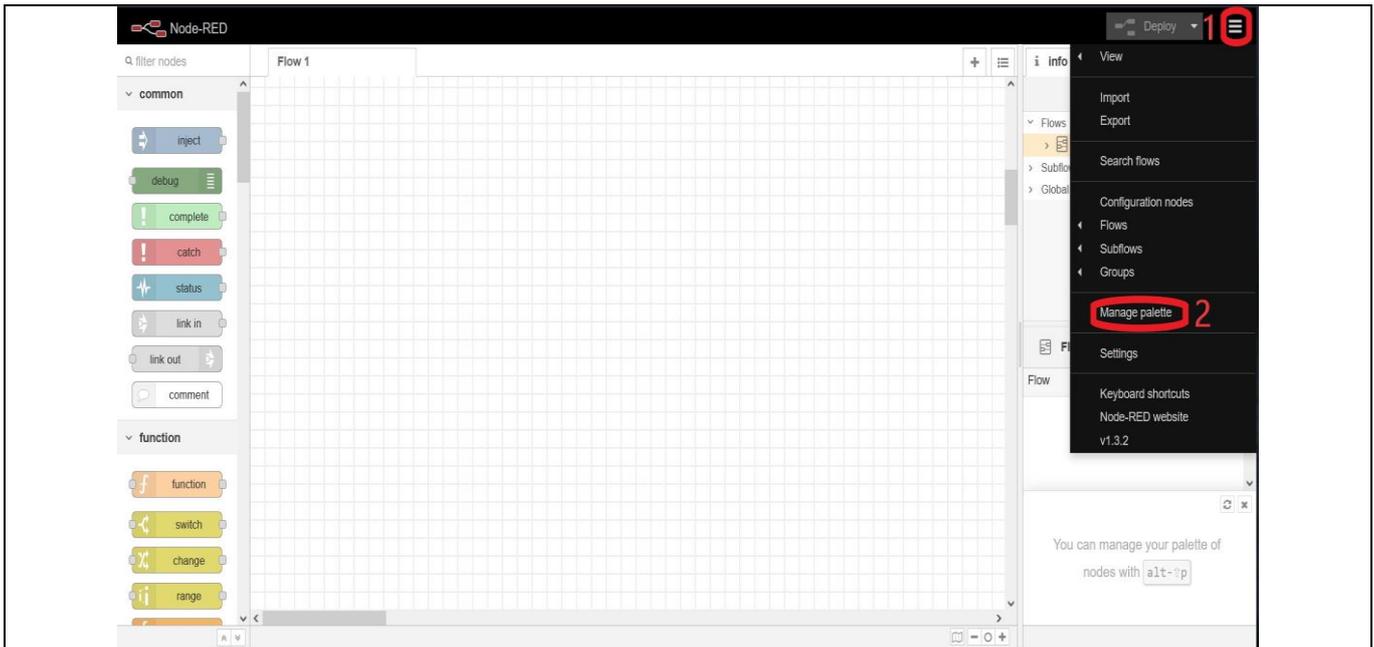


Fig. 23 Ingreso a Manage Palette en Node-RED

21. Posterior a eso, se muestra una ventana en la cual seleccionamos en la pestaña Install y escribimos “node-red-contrib-s7” en la barra de búsqueda, luego clic en install. Este nodo es necesario para la comunicación entre el PLC y el IoT-2040.

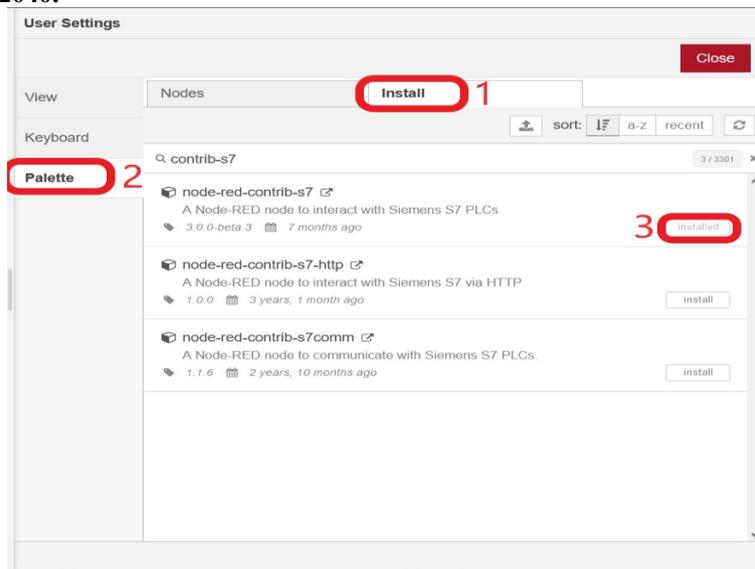


Fig. 24 Instalación de nodo S7 en Node-RED

22. Agregamos los siguientes nodos desde la paleta que se encuentra en la parte izquierda del entorno como se muestra en la figura 19.

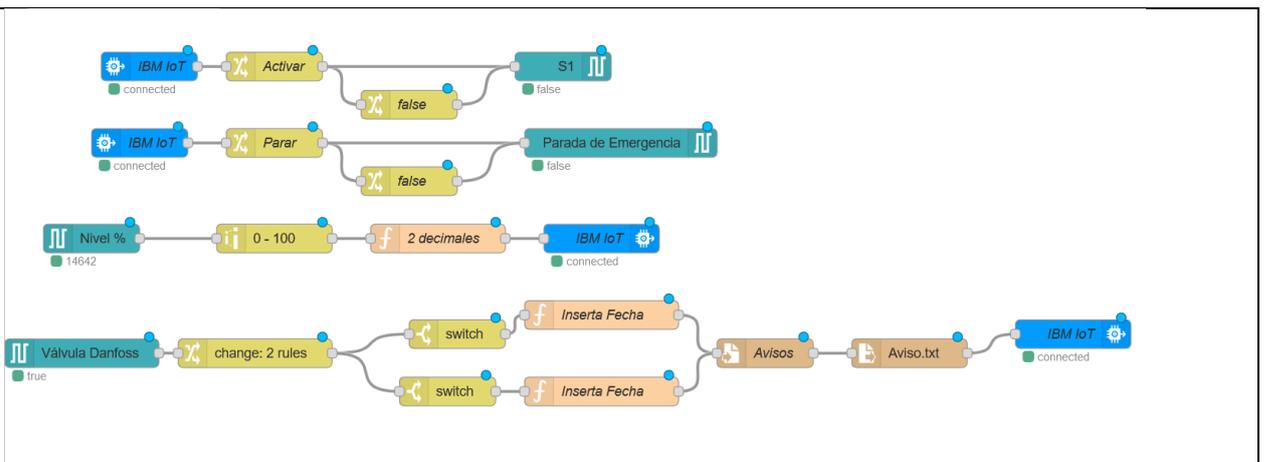


Fig. 25 Conexión de nodos en entorno Node-RED del Iot-2040

23. Programar el nodo de rango, para lo cual hacemos doble clic en el nodo. Primero se ingresa que la propiedad del nodo debe ser en msg.payload y después se ingresan los valores de entrada del sensor que son de 5530 a 27648 y los valores de rango que se quieren visualizar que son de 0 a 100 representados en porcentaje.

Edit range node

Delete Cancel Done

Properties ⚙️ 📄 🖼️

Property: msg.payload 1

Action: Scale the message property

Map the input range:

from: to:

to the target range:

from: to:

Round result to the nearest integer?

Name:

Tip: This node ONLY works with numbers.

Enabled

Fig. 26 Configuración de nodos de rango

24. Para poder enviar desde el Iot-2040 los valores del nivel en porcentaje con un máximo de 2 decimales se debe programar el nodo function como se muestra en la figura 20.

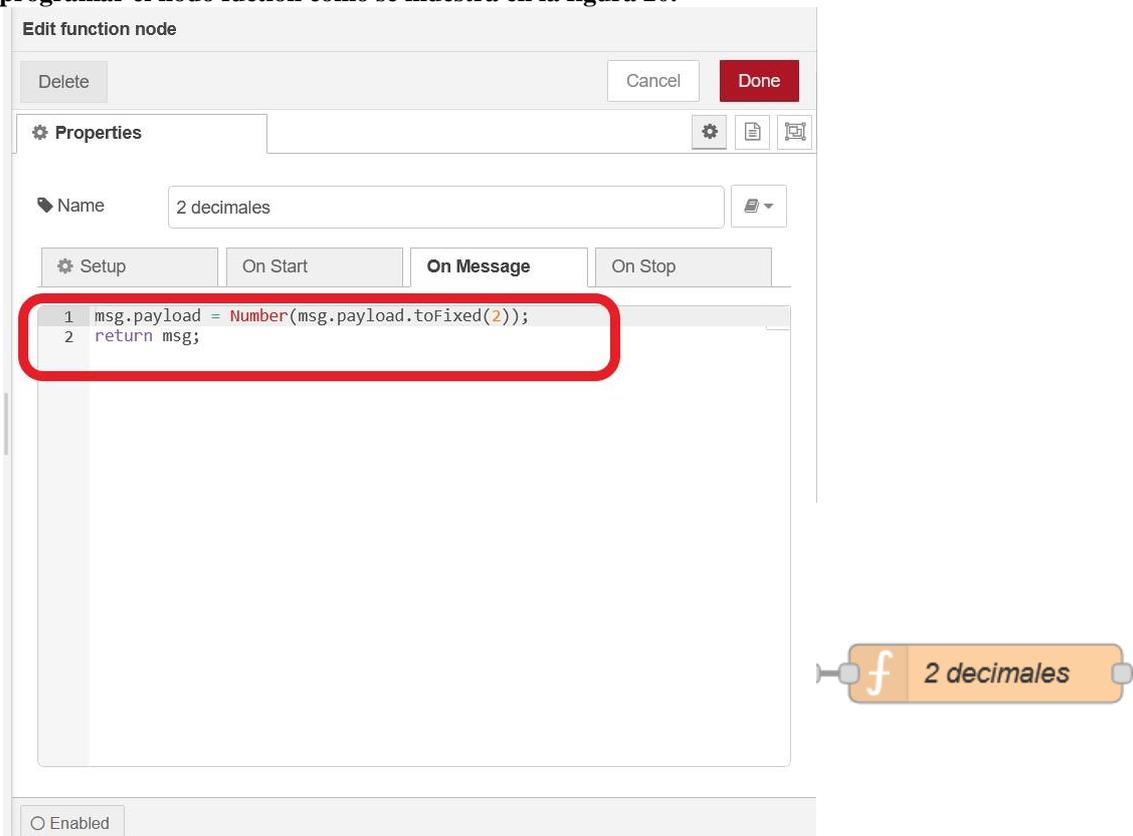
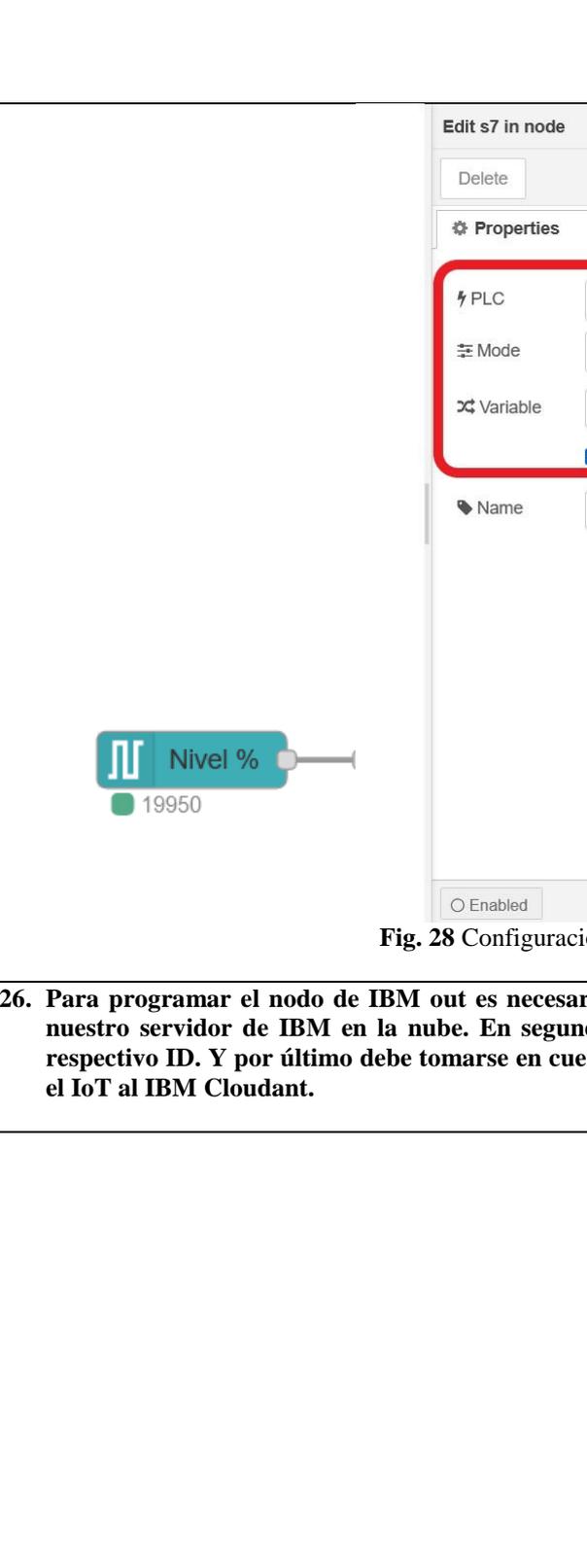


Fig. 27 Configuración de nodo function

25. En la programación del PLC S7 in node se deben configurar las propiedades de la siguiente manera.



Edit s7 in node

Delete Cancel Done

⚙ Properties

⚡ PLC S7-1200

⚙ Mode Single variable

🔗 Variable Nivel % I196

Emit only when value changes (diff)

📄 Name Name

Enabled

Nivel %
19950

Fig. 28 Configuración de nodo S7 in Node

26. Para programar el nodo de IBM out es necesario configurar en primer lugar el API Key que tenemos en nuestro servidor de IBM en la nube. En segundo lugar, se debe configurar el Tipo de dispositivo con su respectivo ID. Y por último debe tomarse en cuenta el tipo de formato y data que se quiere transmitir desde el IoT al IBM Cloudant.

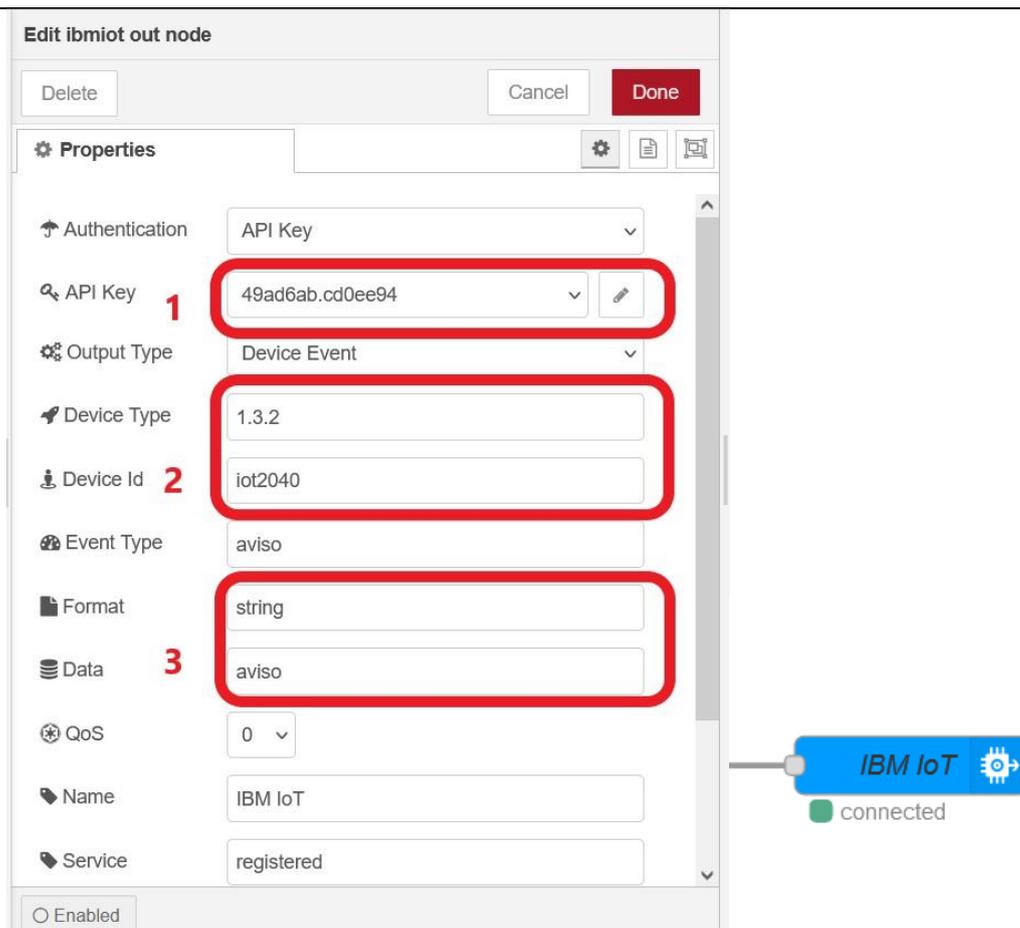


Fig. 29 Configuración de nodos IBM out

27. Para el nodo de s7 endpoint de la válvula Danfoss configuramos de la siguiente forma: Primero la dirección IP de nuestro PLC y seleccionamos el “Rack” y “Slot”, luego nos dirigimos a la pestaña ‘Variables’ e insertamos las variables correspondientes como se muestra en la figura 23.

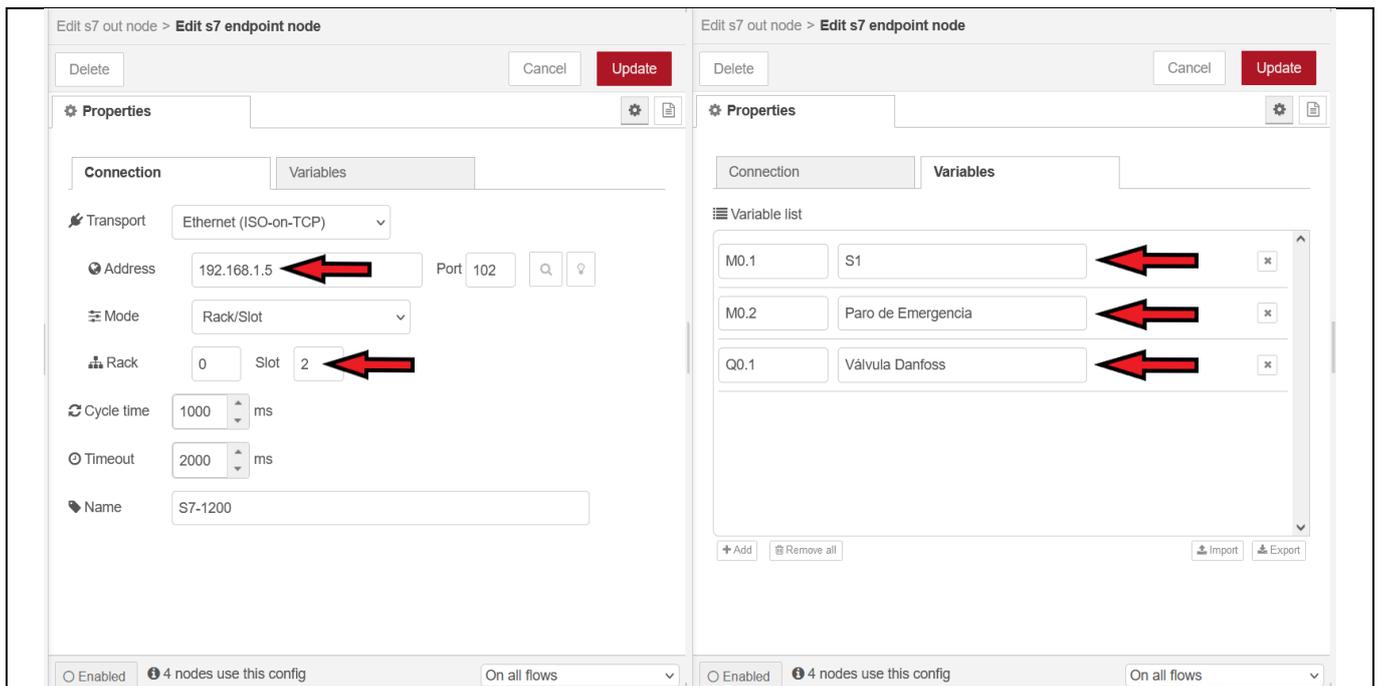


Fig. 30 Configuración de nodos S7

25. Para los nodos de switch y change se deben configurar de la siguiente forma.

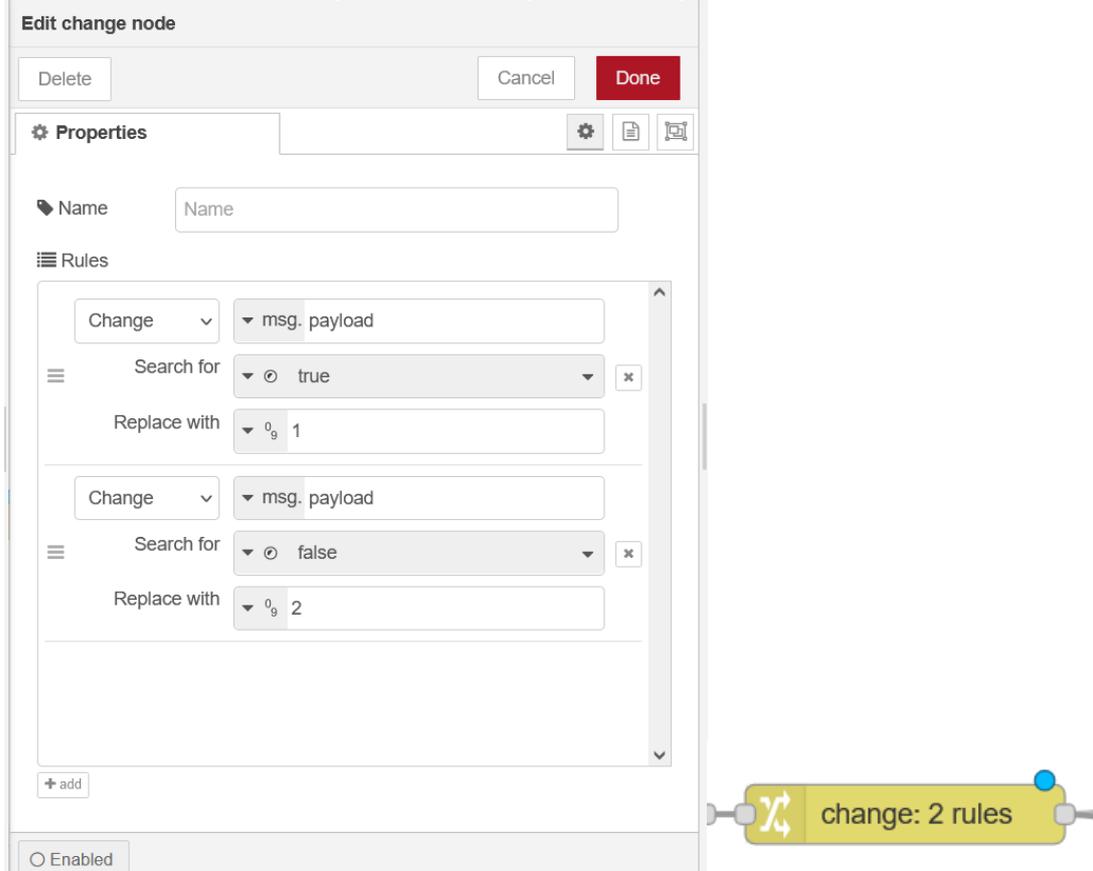


Fig. 31 Configuración de nodo change

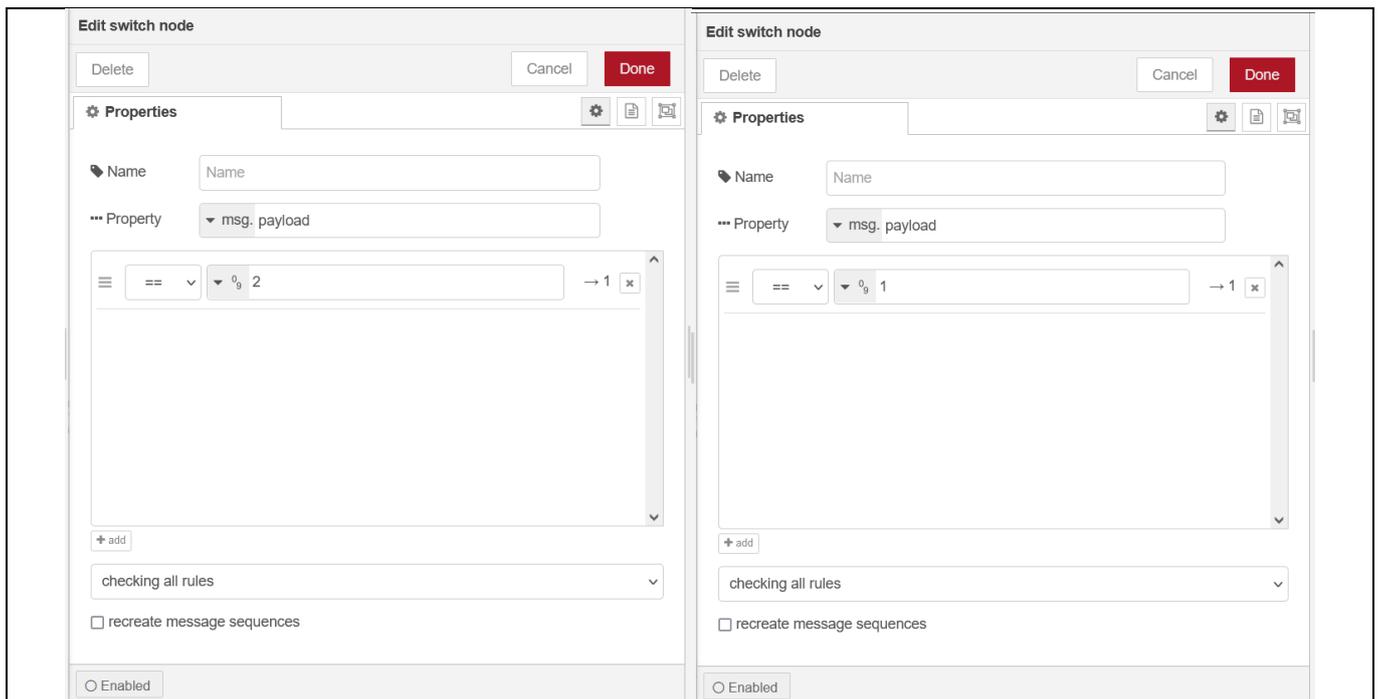


Fig. 32 Configuración de los nodos switch

26. Para los nodos que van a ser usados para los avisos se deben configurar desde nodos de File. Donde es muy importante colocar el nombre y formato del archivo que se va a utilizar para guardar los registros de los avisos y se debe configurar las acciones de cada nodo de File usados como se muestra en la figura 25. Y así mismo se debe configurar el mensaje con la fecha y hora que se debe mostrar en los avisos como se muestra en la figura 26.

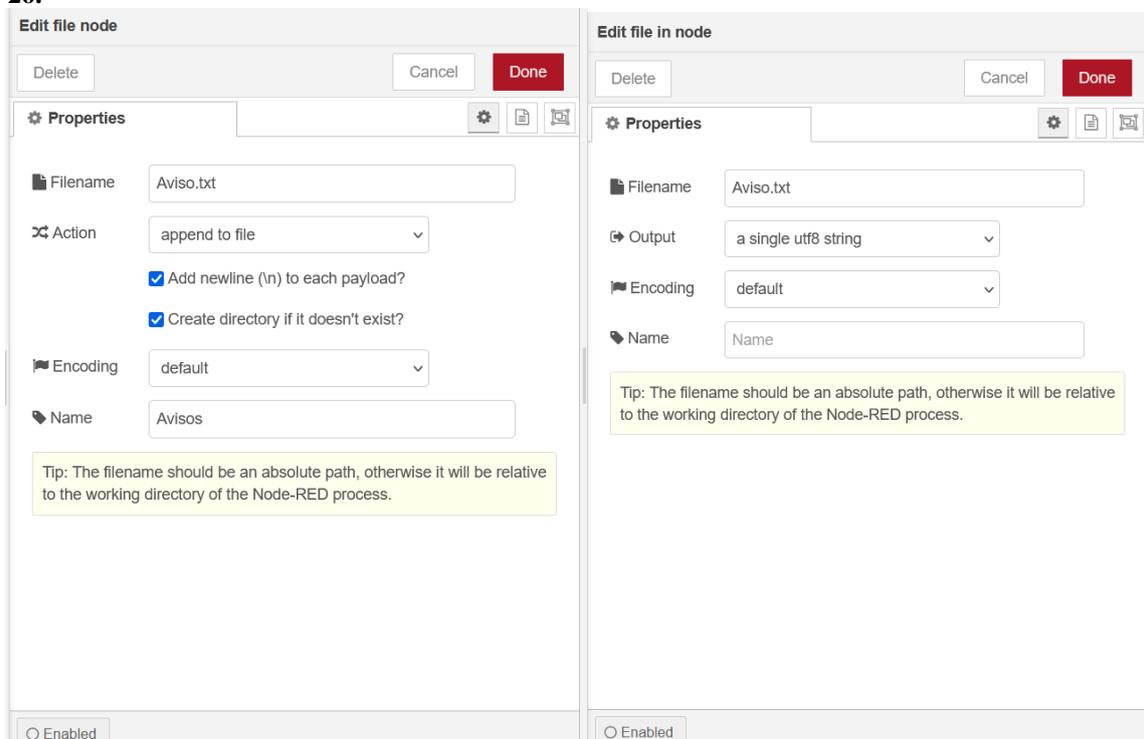


Fig. 33 Configuración de los nodos File para los avisos

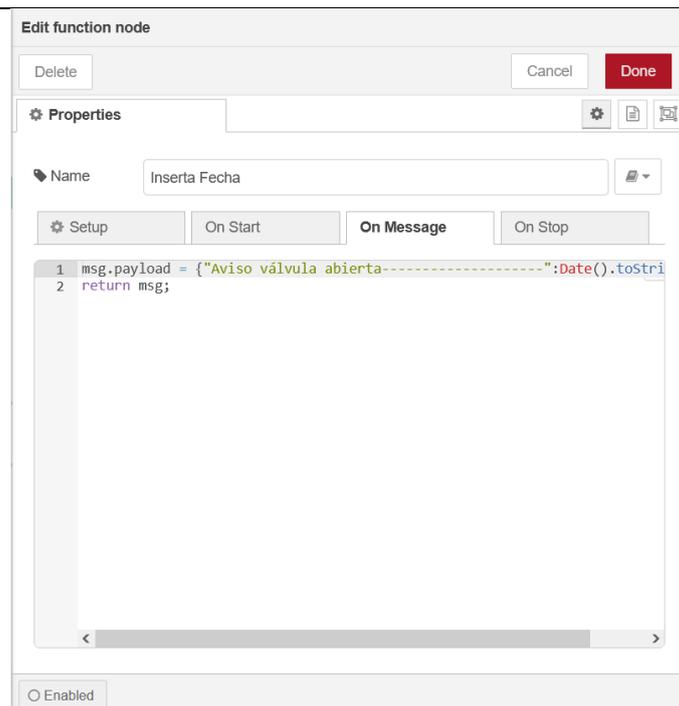


Fig. 34 Configuración del nodo Function para la fecha y hora de los avisos

27. Para crear el servicio de la nube se debe crear en primer lugar una cuenta en la página de IBM Cloudant con su correo electrónico. Después se debe crear la aplicación de Node Red en nuestro servicio de la nube IBM Cloudant como se muestra en la figura 27.

IBM Cloud

Catálogo / Crear aplicación /

Node-RED

Acerca de **Crear**

Detalles de aplicación

Nombre de aplicación

Node RED IJLVS 2021-06-25 **1**

Acepte el nombre predeterminado, o bien especifique un valor entre 2 y 128 caracteres.

Grupo de recursos

Grupo1

Etiquetas ⓘ

Ejemplos: env:dev, version-1

Plataforma

Node.js

Detalles del servicio

Cloudant★

★ - Tiene instancias existentes de este servicio que están disponibles para ser utilizadas con este kit. Si desea utilizar el servicio existente, selecciónelo del desplegable del plan de precios.

Región Dallas Grupo de recursos Grupo1

Plan de precios

Cloudant-s9 **2**

[Detalles de precios](#) [Condiciones](#)

Cancelar **Crear** **3**

Fig. 35 Creación de la aplicación Node-Red e IBM Cloudant

Posteriormente se debe desplegar la aplicación una vez creada siguiendo los siguientes pasos.

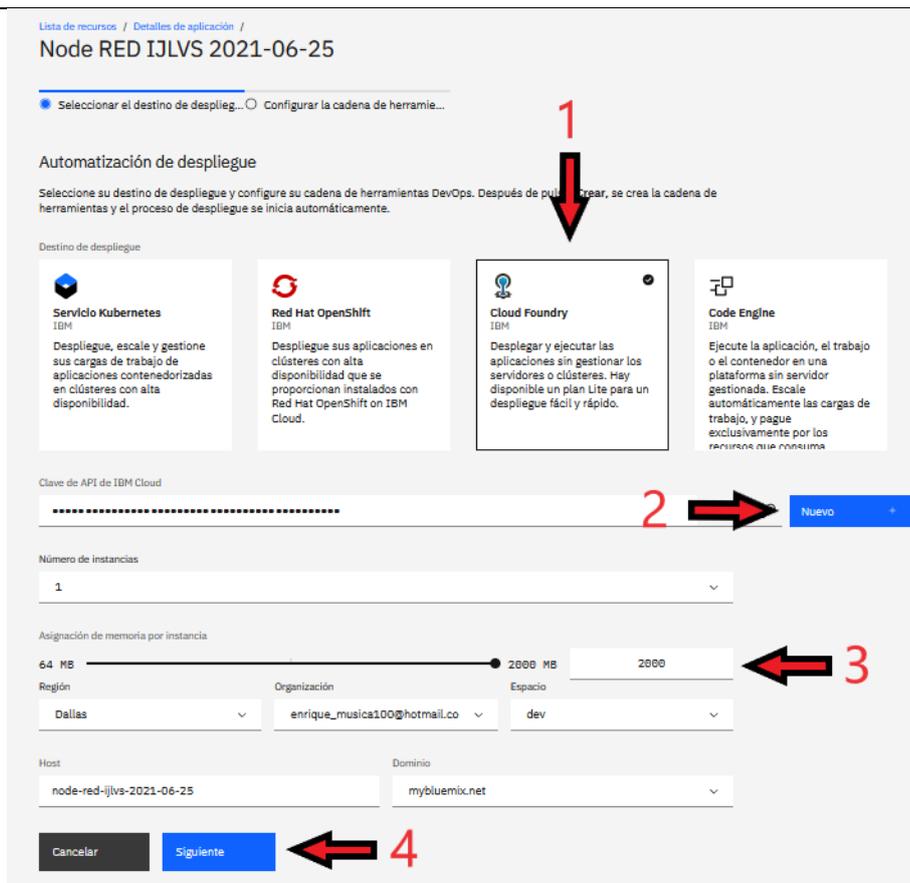


Fig. 36 Creación de la aplicación Node-Red e IBM Cloudant

28. Una vez creada la aplicación Node-Red en el IBM Cloudant, tenemos que acceder a el flow editor. Para eso vamos a la lista de recursos y buscamos la aplicación en nuestra cuenta de IBM como se muestra en la figura 29. Hay que entrar en la aplicación.

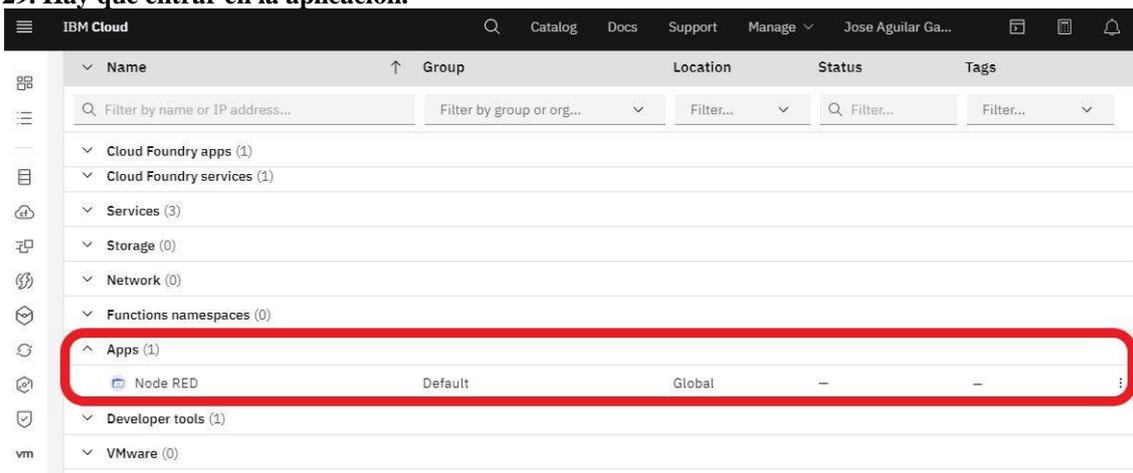


Fig. 37 Lista de Recursos del IBM Cloudant

Dentro de los detalles de la Aplicación podremos encontrar información importante como la URL para entrar a programar y visualizar la aplicación, la referencia de la API de la aplicación con Cloudant y el estado de conexión de la aplicación Node-Red con el servicio de la nube IBM Cloudant.

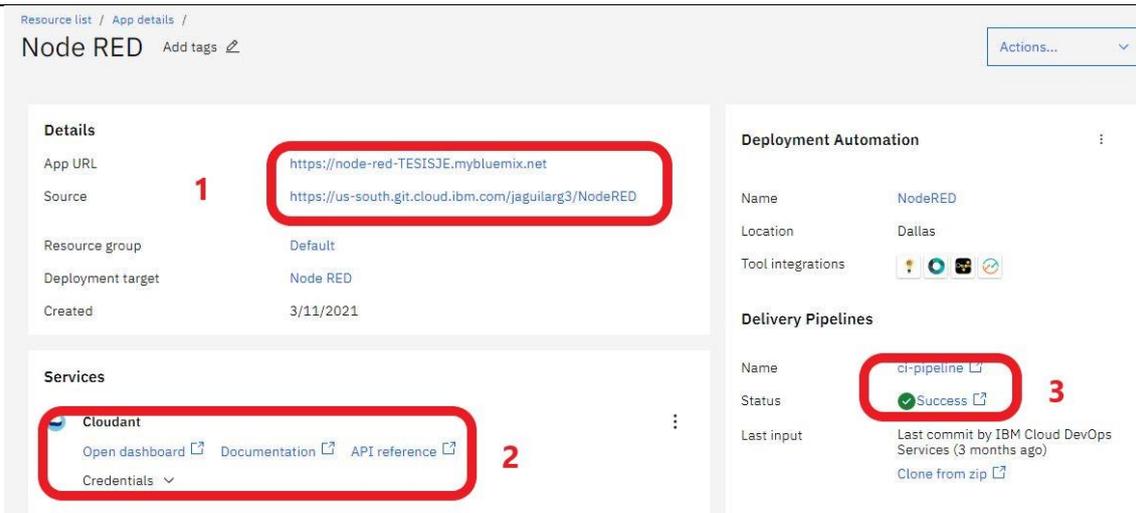


Fig. 38 Detalles de la aplicación Node-Red en el IBM Cloudant

29. Desde el link URL de la aplicación podremos entrar en el editor del Node-Red, donde podremos programar los nodos que van a recibir los datos desde el IoT y el nuevo Dashboard para visualizar y controlar desde la Nube. Como se muestra en la figura 31.

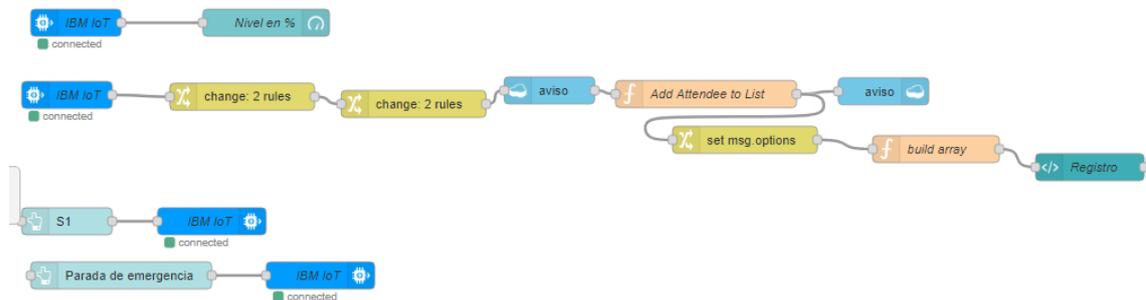


Fig. 39 Programación de los nodos en el Node-Red del IBM Cloudant

30. Primero hay que programar los nodos de IBM IoT In, los cuales van a recibir los datos del nivel para poder mostrar y visualizar en el Dashboard y también recibir los datos del aviso. El nodo para poder visualizar el nivel es muy sencillo se lo configura como se muestra en la Figura 32.

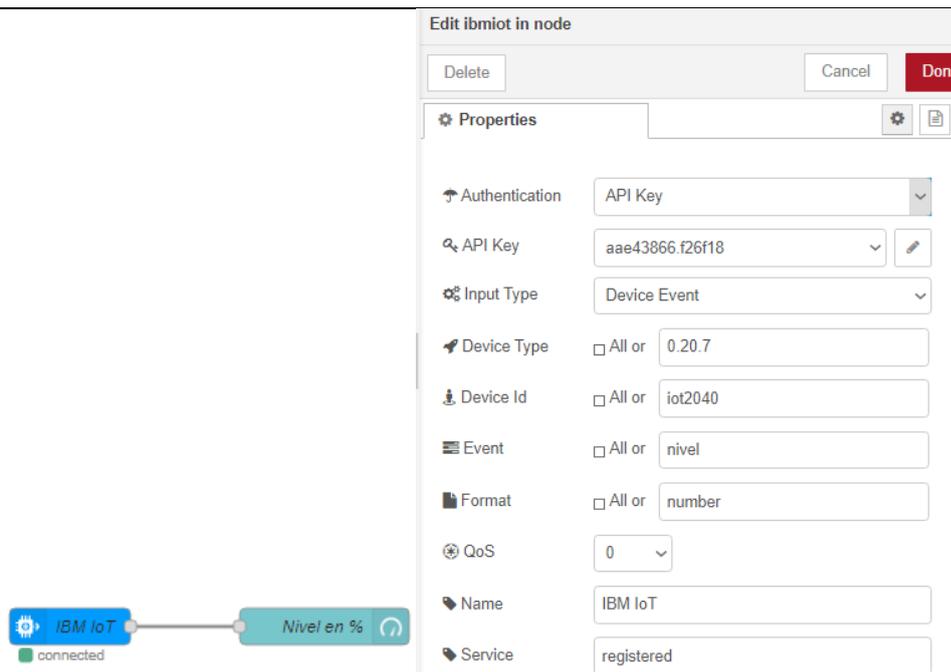


Fig. 40 Configuración del Nodo IBM IoT In

El visualizador se lo configura de la siguiente manera:

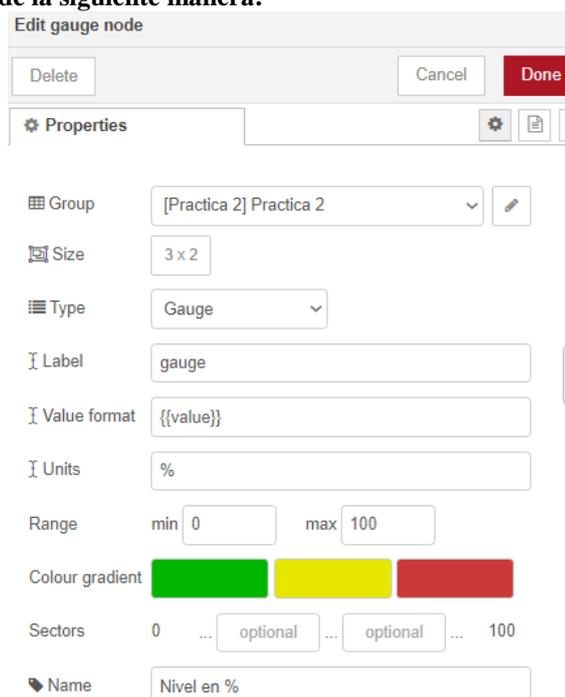


Fig. 41 Configuración del visualizador del Nivel

31. Para configurar el nodo de los avisos que se van a recibir y visualizar en el Dashboard del Node-Red del IBM Cloudant se debe empezar configurando el nodo de IBM que recibirá los datos

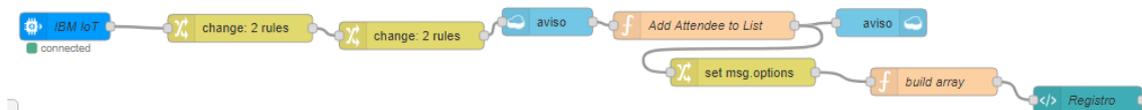


Fig. 42 Programación de los nodos en el Node-Red del IBM Cloudant

Esta es la configuración para el nodo de IBM IoT In

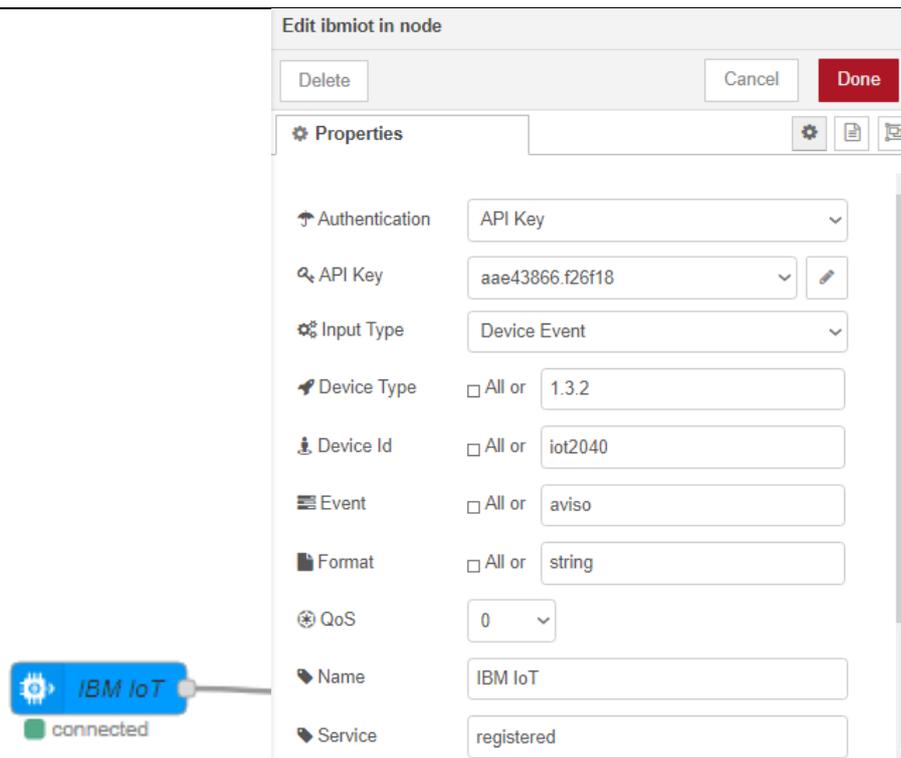


Fig. 43 Configuración del IBM IoT In para el flujo de avisos

Para configurar los nodos change se procede de la siguiente manera.

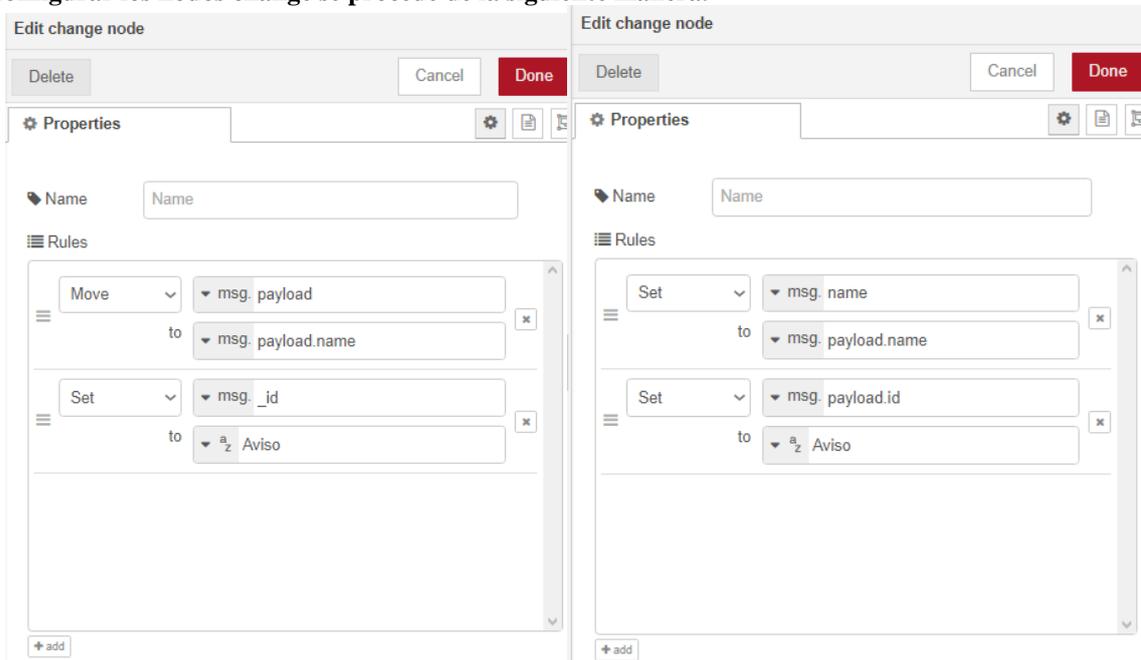


Fig. 44 Configuración de los nodos change en el flujo.

La configuración del nodo Cloudant In es muy importante, se debe configurar como se indica en la figura 37.

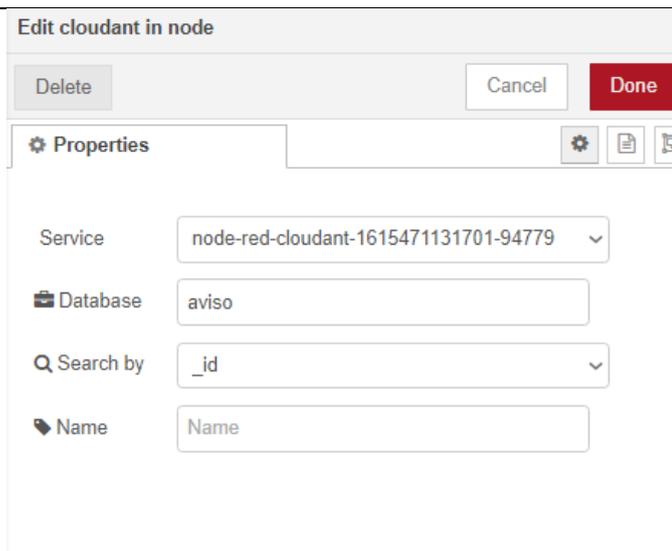


Fig. 45 Configuración del nodo Cloudant In

Posterior a esta configuración se debe programar los nodos de Función y Change como se indica a continuación.

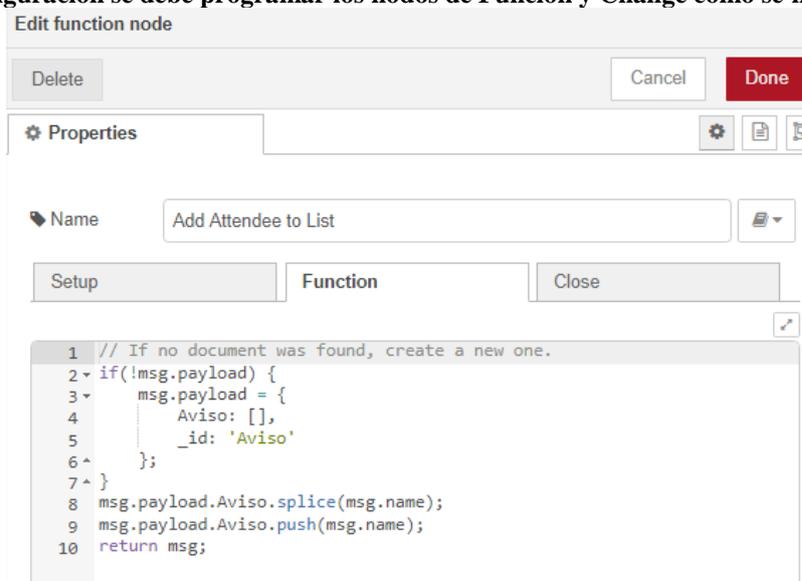


Fig. 46 Configuración del nodo función

El nodo función es muy importante para poder programar que los avisos lleguen de forma individual a nuestro registro de la nube. Así después se programa de la siguiente forma el nodo change.

Fig. 47 Configuración del nodo change

El nodo de Cloudant Out va a enviar los datos a nuestra base de datos en la nube para que se guarden y registren nuestros avisos. Este nodo se configura de la siguiente manera.

Fig. 48 Configuración del nodo Cloudant Out

Por último para poder visualizar el registro en nuestro Dashboard, se debe programar un nodo de Template como se muestra en la figura 41.

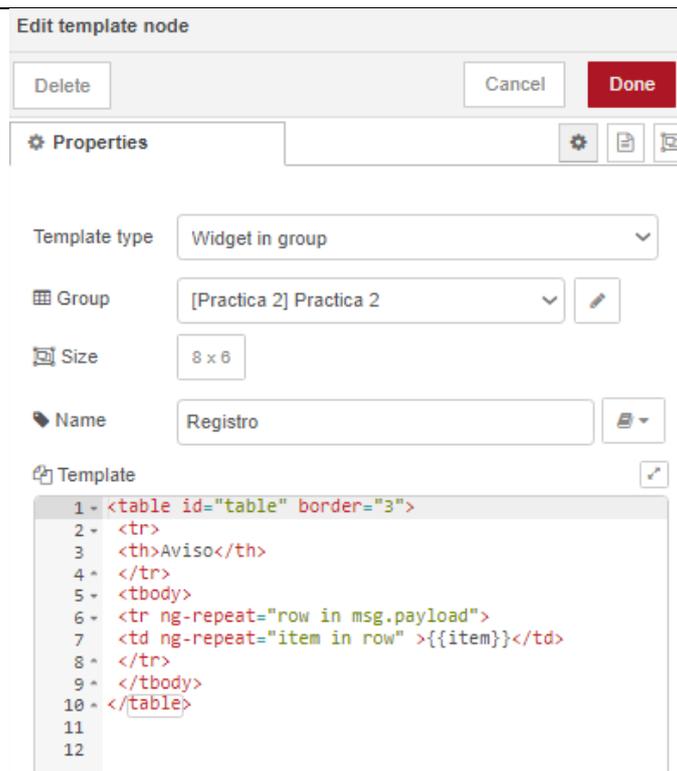


Fig. 49 Configuración del nodo Template.

32. La programación de los botones que estarán en el Dashboard los cuales abren y cierran la electroválvula desde nuestro servicio de la nube se programa de la siguiente manera.

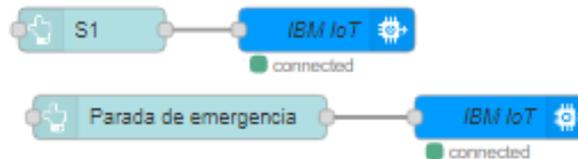


Fig. 50 Flujo de nodos para los botones de apertura y cierre.

33. Para poder acceder al registro en la nube se debe ir primero a la lista de recursos, identificar los servicios y hacer click en el node-red-cloudant como se muestra en la figura 43

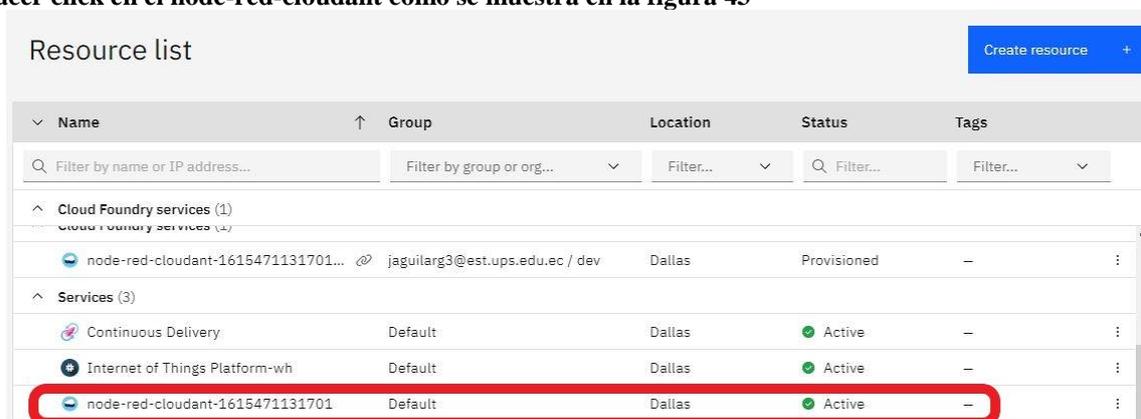
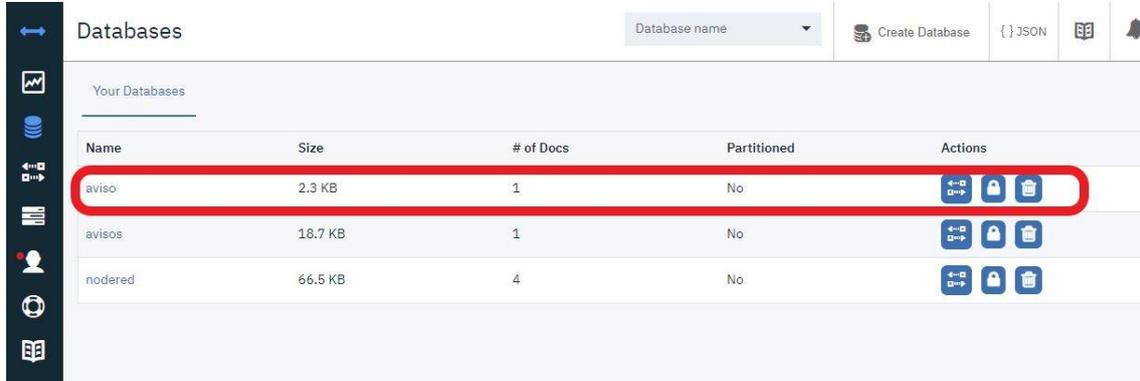


Fig. 51 Ingreso a la ventana de registros en la base de datos

Donde se encontrará la siguiente ventana con todos los registros creados. La de nuestro proyecto es el registro llamado “Aviso”



Name	Size	# of Docs	Partitioned	Actions
aviso	2.3 KB	1	No	[Icons]
avisos	18.7 KB	1	No	[Icons]
nodered	66.5 KB	4	No	[Icons]

Fig. 52 Ingreso a la ventana de registros en la base de datos

RESULTADO(S) OBTENIDO(S):

Al dar clic en el botón ‘S1’ en el dashboard del IoT-240, Q0.1, la cual es la válvula solenoide Danfoss, se activa encendiendo un led como en la figura 28, y permanece iluminado hasta dar clic en el botón ‘Paro de Emergencia’ de paro general. Ver figura 29

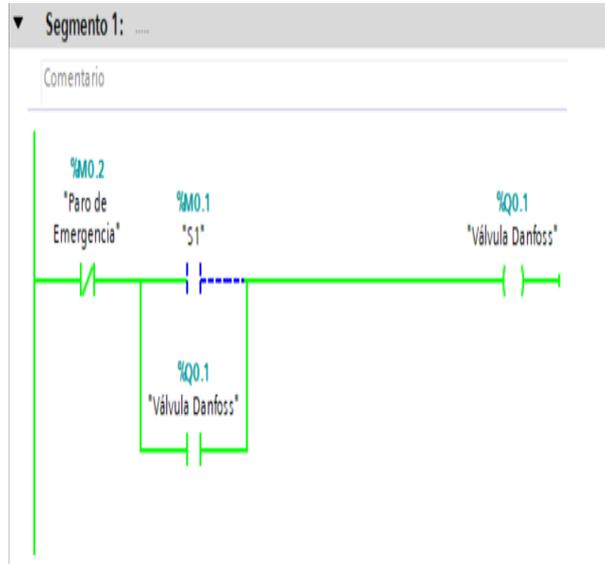


Fig. 53 Apertura de válvula Solenoide Danfoss

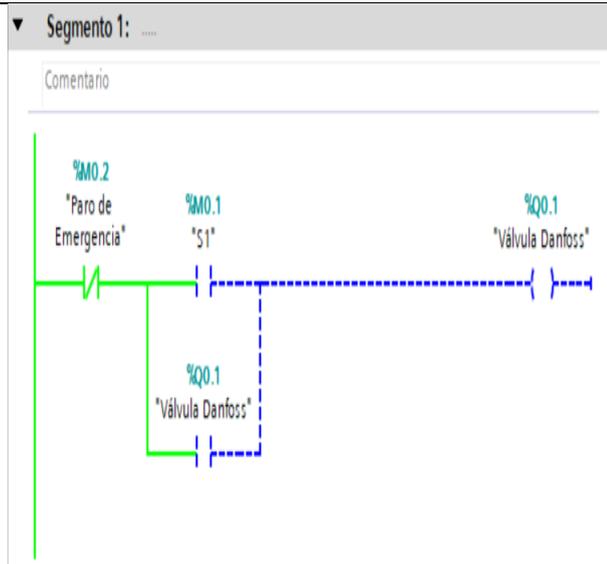


Fig. 54 Cierre de válvula Solenoide Danfoss

Practica 2

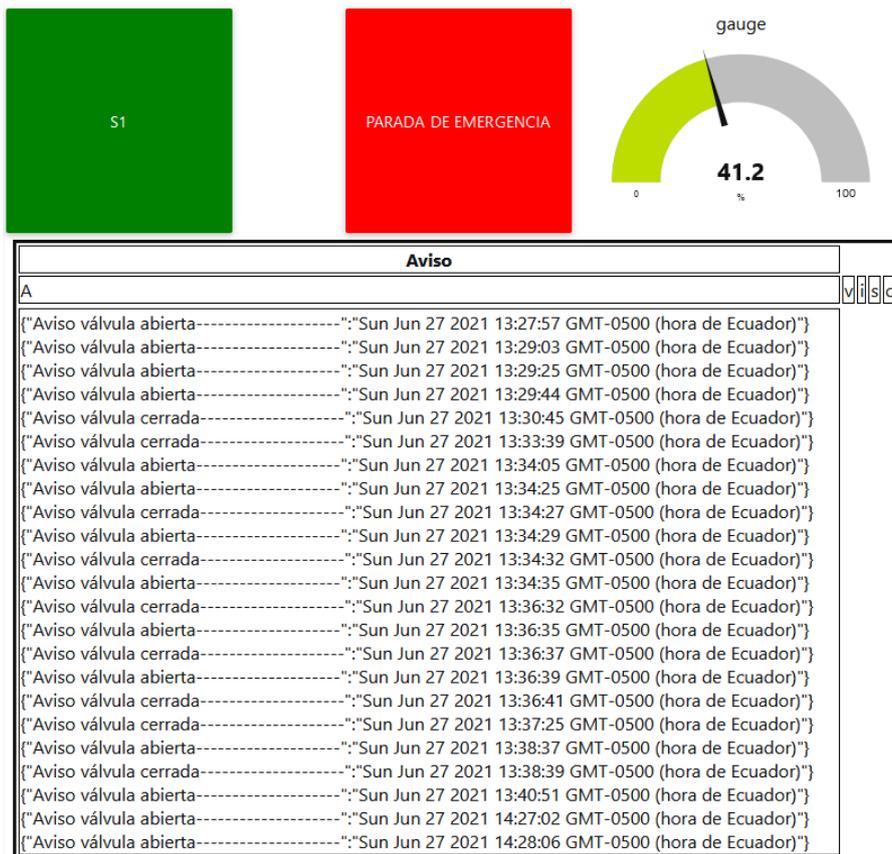


Fig. 55 Dashboard final



Fig. 48 Ventana de registro de aviso en la base de datos

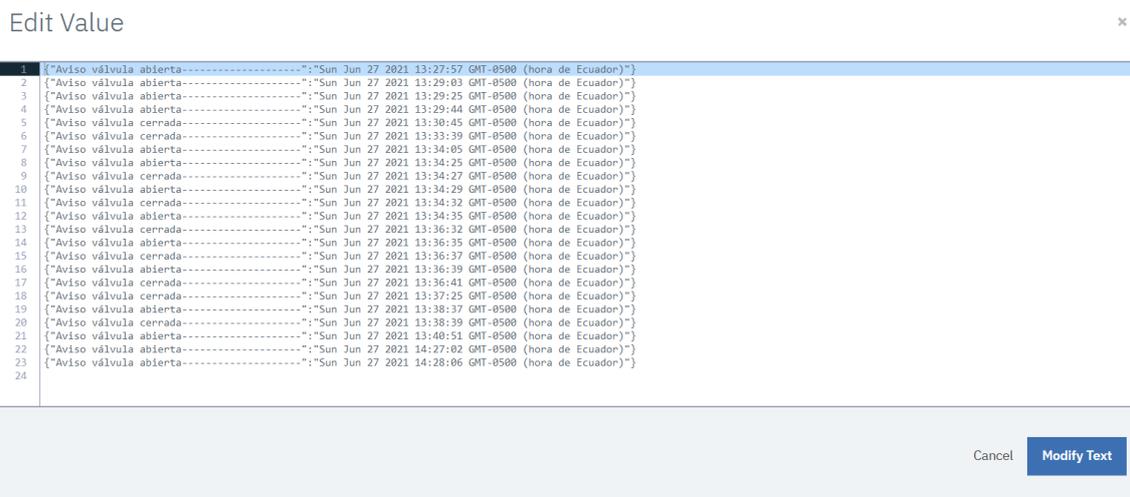


Fig. 56 Ventana de visualización de avisos en la base de datos

CONCLUSIONES:

Se ha procedido a crear y transferir un bloque de programa para el encendido de una electroválvula solenoide Danfoss de la Planta B en el PLC S7-1200 utilizando el software TIA PORTAL, así mismo, la programación de Node-Red en la nube del IBM Cloudant para poder visualizar el porcentaje de nivel, los registros de encendido y apagado de válvula y poder controlar desde la nube la apertura y cierre de la misma. Se ha creado una conexión entre el dispositivo IoT-2040, el servicio de la nube IBM Cloudant y el PLC para accionar la válvula solenoide desde el dashboard en la computadora. A continuación se ha verificado su correcto funcionamiento y el cumplimiento de los objetivos planteados.

RECOMENDACIONES:

- Verificar que los módulos que se incorporan en el software TIA PORTAL V15 correspondan a los que se tienen en la estación de trabajo.
- Verificar las direcciones IP y máscara de subred tanto del PLC como de la PC.
- Verificar que el IoT-2040 disponga de la SD-Card.
- Hacer ping entre la PC y el PLC para verificar su conectividad.
- Asignar correctamente las direcciones de salidas y entradas digitales así como el tipo de dato.
- Configurar de forma correcta las credenciales de ID y dispositivo para los nodos de conexión entre el IoT-2040 y el IBM Cloudant
- Programar de forma correcta los nodos del Cloudant para crear el registro en la Base de datos en la nube.

Docente / Técnico Docente: _____

Firma: _____



**FORMATO DE INFORME DE PRÁCTICA DE LABORATORIO /
TALLERES / CENTROS DE SIMULACIÓN – PARA ESTUDIANTES**

CARRERA:		ASIGNATURA:
NRO. PRÁCTICA:		TÍTULO PRÁCTICA:
OBJETIVO ALCANZADO:		
ACTIVIDADES DESARROLLADAS		
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
N.		
RESULTADO(S) OBTENIDO(S):		
CONCLUSIONES:		
RECOMENDACIONES:		

Nombre de estudiante: _____

Firma de estudiante: _____